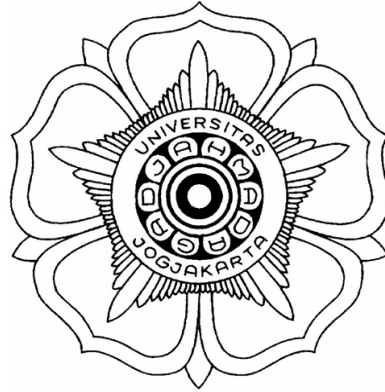


SKRIPSI

**EVALUASI PERAWATAN KOREKTIF PADA STASIUN
GILINGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE
EFFECT ANALYSIS* (FMEA) UNTUK MENGURANGI *MODE
KEGAGALAN***

(Studi Kasus di PT. Madu Baru PG-PS Madukismo)



Disusun Oleh:

Dherma Triniasih

07/258671/ET/05710

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA**

2010



Diajukan untuk memenuhi

persyaratan guna memperoleh gelar

SARJANA

Di Program Studi Teknik Industri

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik

Universitas Gadjah Mada

Yogyakarta

Disusun Oleh :

Nama : Dherma Triniasih

NIM : 07/258671/ET/05710

Disetujui untuk diuji,

Dosen Pembimbing

Dr. Samsul Kamal, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195305231964031002

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Nomor Mahasiswa : 07/258671/ET/05710

Topik Tugas Akhir : Teknik Produksi

Nomor Pendaftaran : TRI 4959/D/10/2010/EKST

EVALUASI PERAWATAN KOREKTIF PADA STASIUN GILINGAN
MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS
(FMEA) UNTUK MENGURANGI MODE KEGAGALAN

(Studi Kasus di PT. Mada Garm PT-PS Madyanegara)

Yogyakarta, Februari 2010



Dherma Triniasih

NIM. 07/258671/ET/05710



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**EVALUASI PERAWATAN KOREKTIF PADA STASIUN GILINGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE
MODE EFFECT ANALYSIS
(FMEA) UNTUK MENGURANGI MODE KEGAGALAN**
Dherma Triniasih, Prof. Ir. Samsul Kamal, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN DAN PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Dherma Triniasih

Nomor Mahasiswa : 07/258671/ET/05710

Topik Tugas Akhir : Teknik Produksi

Nomor Persoalan : TKI 4999T/010/2010/EKST

EVALUASI PERAWATAN KOREKTIF PADA STASIUN GILINGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS* (FMEA) UNTUK MENGURANGI *MODE* KEGAGALAN

(Studi Kasus di PT. Madu Baru PG-PS Madukismo)

Yogyakarta, 07 Juli 2009

Dosen Pembimbing

Dr. Samsul Kamal, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195305231964031002

Tugas Akhir Ini Kupersembahkan Untuk

Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang

Papa Tarjo, Papa Giono, Mama Nia, Mama Hasim

Mba Mira Family, Mas Anjar

*Sahabat-Sahabatku Herna, Corry, Ida, Bang Dhirga, Bang Fahmi, Mas
Makhfud, Oyan, Evi, Mitha*

Terimakasih K uucapkan

INTISARI

Gula merupakan komoditas penting karena keberadaannya termasuk dalam sembilan bahan kebutuhan pokok masyarakat. Peningkatan kebutuhan gula yang dilatarbelakangi oleh peningkatan jumlah penduduk, beragamnya menu makanan masyarakat dan bertambah banyaknya industri makanan dan minuman. Diperkirakan pada tahun 2020 jumlah penduduk Indonesia mencapai 290 juta jiwa dengan konsumsi gula sebesar 17,6 kg/kapita dalam satu tahun sehingga kebutuhan gula nasional akan mencapai 5,1 juta ton. Tingginya permintaan gula di pasar nasional tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas mesin yang dapat disebabkan oleh pemakaian mesin secara terus menerus pada jangka panjang serta aktivitas perawatan yang tidak tepat. Masalah utama pada mayoritas pabrik gula di Indonesia adalah penggunaan mesin-mesin pabrik yang sudah tua. PG-PS Madukismo menerapkan perawatan korektif (perbaikan) dan perawatan *preventive*. Penerapan keduanya belum mendapatkan hasil yang maksimal. Hal tersebut dicerminkan dengan terjadinya kegagalan yang memiliki jenis kerusakan yang sama dengan frekuensi yang besar pada suatu mesin yang terjadi pada musim giling. Terjadinya kegagalan mesin tersebut menyebabkan *downtime* yang cukup besar. Oleh karena itu diperlukan evaluasi sistem perawatan korektif sehingga dapat diketahui penyebab kegagalan yang terjadi sehingga dapat mengurangi munculnya kegagalan dengan menggunakan *failure mode effect analysis* (FMEA).

Tujuan Penelitian ini adalah penentuan nilai MTBF terendah pada stasiun gilingan, identifikasi fungsi, kegagalan fungsi, mode kegagalan dan efek kegagalan dan memberikan usulan perbaikan perawatan korektif untuk mengurangi munculnya kegagalan. Pertama dilakukan penentuan interval kerusakan mesin, uji distribusi statistik, uji kecocokan distribusi menggunakan Stat::fit pada *software* ProModel, perhitungan distribusi setiap mesin, perhitungan MTBF, memilih mesin dengan nilai MTBF terendah, analisis prioritas kerusakan komponen, analisis kegagalan komponen dengan FMEA.

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa mesin yang memiliki nilai MTBF terendah pada stasiun gilingan adalah IMC I-II sebesar 44,24521 jam, kerusakan pada IMC I-II yang memiliki frekuensi terbesar adalah mur garu hilang dan baut garu patah. Usulan perbaikan yang disarankan untuk mur garu yang hilang adalah dilakukan pengecekan untuk setiap *siftnya*, melakukan pengencangan mur saat pemasangan, dan penggunaan pengam tambahan seperti *lock nut* dan *spring washer*. Usulan perbaikan yang disarankan untuk baut yang patah adalah penggantian ukuran baut yang diikuti dengan penggantian ukuran mur dan diperlukan adanya form khusus untuk setiap laporan tindakan korektif yang dilakukan agar setiap kegagalan dapat didefinisikan secara spesifik.

Kata kunci :IMC I-II, MTBF, FMEA, Perawatan Korektif

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan YME atas rahmat yang diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ”**Evaluasi Perawatan Korektif Pada Stasiun Gilingan Menggunakan Metode *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* untuk Mengurangi *Mode Kegagalan*** (Studi Kasus di PT. Madu Baru PG-PS Madukismo).”

Karya ini adalah syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata Satu di Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Mesin Dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penulis telah berusaha sebaik mungkin dalam penyusunan karya tulis ini, namun penulis juga menyadari karya tulis ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kesempatan, pengetahuan, dan pengalaman yang dimiliki penulis.

Penulis banyak menerima bantuan dalam menyusun karya tulis dari berbagai pihak baik dukungan moral maupun materi. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ungkapan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama ini. Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada:

1. Bapak. Dr. Ir. Suhanan, DEA., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
2. Bapak Ir. Subagyo, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
3. Bapak Dr. Samsul Kamal, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selama ini telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran didalam memberikan arahan maupun bimbingan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan karya tulis ini.
4. Bapak Budi Arifivianto, ST., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing kami selama 2 tahun studi kami di Universitas Gadjah Mada.

5. Segecap Dosen di Program Studi teknik Industri Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Pak Harto, Pak Eko Sudrajat, Pak Alim, Pak Sutarno, Pak Martono, seluruh karyawan bagian Instalasi dan seluruh pekerja di stasiun gilingan.
7. Papa, Mama, dan kakak penulis yang selalu memberi motivasi dan semangat dalam menyelesaikan pendidikan S1.
8. Om Bambang, Bulik Ngadilah dan keluarga besar di Bantul
9. Joko, Tika, Mba Dewi dan Mas Bram
10. Temen-temen kos Wandah, Mba Santi, Owry, Juli, Furi, Mumuy, Ovi dan Ria
11. Seluruh teman-teman Teknik Industri - Swadaya B angkatan 2007 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sehingga nantinya karya tulis ini dapat berguna bagi kajian karya ilmiah selanjutnya. Penulis mohon maaf jika ada hal-hal yang kurang berkenan dan semoga karya tulis ini berguna bagi kita semua.

Yogyakarta, Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR/SKRIPSI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III LANDASAN TEORI	6
3.1. Konsep Perawatan	6
3.2. Tujuan Perawatan	6
3.3. Jenis Perawatan	7
3.4. Bentuk Perawatan	9
3.5. Kehandalan	10
3.5.1. Fungsi Kehandalan	10
3.5.2. Fungsi Laju Kerusakan	11
3.5.3. <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i>	11

	3.6.	Penentuan Distribusi	12
	3.7.	<i>Lifetime</i> Berdasarkan Distribusi	15
	3.6.1	Distribusi Eksponensial	15
	3.6.2	Distribusi Lognormal	16
	3.6.3	Distribusi Weibull	16
	3.8.	<i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)	17
BAB IV		METODOLOGI PENELITIAN	18
	4.1.	Obyek Penelitian	18
	4.2.	Diagram Alir Penelitian	18
	4.3.	Pengumpulan Data	19
	4.4.	Pengolahan Data	19
	4.5.	Analisa Hasil	22
	4.6.	kesimpulan	23
BAB V		HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	25
	5.1.	Hasil Penelitian	25
	5.2.	Analisis Data	26
	5.3.	Uji Kecukupan Data	26
	5.4.	Penentuan Interval Kerusakan	28
	5.5.	Analisa Uji Secara Statistik	28
	5.6.	Uji Kecocokan Data	30
	5.7.	Perhitungan Distribusi Mesin	32
	5.8.	Perhitungan MTBF	35
	5.8.1.	Perhitungan MTBF Distribusi Eksponensial	35
	5.8.2.	Perhitungan MTBF Distribusi Logormal	36
	5.8.3.	Perhitungan MTBF Distribusi Weibull	36
	5.9.	Kerusakan Komponen Mesin IMC I-II	37
	5.10.	Sistem Pencatatan Kerusakan Di PG-PS Madukismo	39
	5.11.	AnalisisKegagalan Komponen Dengan FMEA	40
	5.11.1.	Analisis Hilangnya Mur Garu IMC I-II	40
	5.11.2.	Analisa Kerusakan Baut IMC I-II	41
	5.12.	Perawatan Korektif	43

5.12.1	Tindakan Perbaikan Mur Garu IMC I-II	43
15.12.2	Tindakan Perbaikan Baut Garu IMC I-II	43
5.13.	Usulan Perbaikan	43
5.13.1.	Perbaikan Form Kerusakan Mesin	43
5.13.2.	Usulan Perbaikan Mur Yang Hilang	44
5.13.3.	Usulan Perbaikan Baut Patah	44
BAB VI	PENUTUP	46
6.1.	Kesimpulan	46
6.2.	Saran	46
	DAFTAR PUSTAKA	47
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Tampilan Depan Software Stat::Fit	12
Gambar 3.2	Tampilan Perintah Membuka File Baru	13
Gambar 3.3	Tampilan Pilihan Input	13
Gambar 3.4	Tampilan Distribution Fit	14
Gambar 3.5	Fitting	14
Gambar 3.6	Tampilan Hasil <i>Goodness of Fit</i>	14
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 4.2	Diagram Alir Pengolahan Data	22
Gambar 4.3	Diagram Analisis Hasil	23
Gambar 5.1	Grafik Distribusi Kerusakan IMC I-II	30
Gambar 5.2	<i>Distribution Fitting</i>	31
Gambar 5.3	Uji <i>Goodness of Fit</i>	31
Gambar 5.4	Gambar IMC I-II (<i>intermediate carier</i>)	38
Gambar 5.5	Diagram Batang Kerusakan Komponen IMC I-II	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Tabel FMEA	17
Tabel 5.1.	Proporsi IMC I-II Gagal	27
Tabel 5.2.	Data Interval Kerusakan IMC I-II	28
Tabel 5.3.	Uji Distribusi IMC I-II Secara Statistik	29
Tabel 5.4.	Distribusi Weibull IMC I-II	33
Tabel 5.5.	Nilai Perbandingan Nilai MTBF	37
Tabel 5.6.	Tabel Frekuensi Kerusakan Komponen IMC I-II	39
Tabel 5.7.	Analisis Kegagalan Mur Garu IMC I-II	42
Tabel 5.8.	Analisa Kegagalan Baut Garu IMC I-II	42
Tabel 5.9.	Usulan <i>Form</i> kerusakan Mesin	44

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

cm	=	Centi meter
e	=	Eksponensial
FMEA	=	<i>Failure mode effect analysis</i>
F(t)	=	Fungsi Kegagalan
IMC	=	<i>Intermediate carier</i>
Kg	=	Kilogram
Ln(t)	=	logaritma dari nilai t
n	=	Ukuran Sampel Minimum
N	=	Banyaknya Data Yang Diamti Pada Setiap Mesin
MTBF	=	<i>Mean Time Between Failure</i>
p	=	Proporsi Kejadian Sukses
q	=	Proporsi Kejadian Gagal
t	=	Waktu
R	=	Range
R(t)	=	Fungsi Kehandalan
η	=	alpha
β	=	Beta
Γ	=	Fungsi Gamma
$I(t)$	=	Fungsi Laju Kerusakan
μ'	=	rata-rata dari ln t
σ_T'	=	Standar deviasi dari ln t

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Kerusakan Mesin
- Lampiran 2. Data Interval Kerusakan Mesin
- Lampiran 3. Perhitungan Kecukupan Data
- Lampiran 4. Perhitungan Uji Secara Statistik
- Lampiran 5. *Output* Promodel
- Lampiran 6. Perhitungan Distribusi Tiap Mesin
- Lampiran 7. Perhitungan MTBF
- Lampiran 8. Diagram Alir Proses Pemerahan Nira
- Lampiran 9. Tabel Fungsi Gamma
- Lampiran 10. Surat Keterangan Pengambilan Data di Perusahaan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gula merupakan komoditas yang cukup penting karena keberadaannya termasuk kedalam sembilan bahan kebutuhan pokok masyarakat. Peningkatan kebutuhan gula yang dilatarbelakangi oleh peningkatan jumlah penduduk, beragamnya menu makanan masyarakat dan bertambah banyaknya industri makanan dan minuman. Diperkirakan pada tahun 2020 jumlah penduduk Indonesia mencapai 290 juta jiwa dengan konsumsi gula sebesar 17,6 kg/kapita dalam satu tahun sehingga kebutuhan gula nasional akan mencapai 5,1 juta ton (Hutabarat, 1998).

Tingginya permintaan gula di pasar nasional tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas mesin yang dapat disebabkan oleh pemakaian mesin secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama serta aktivitas perawatan yang tidak tepat. Penggunaan mesin-mesin pabrik yang sudah tua dapat menjadi penyebab utama terjadinya *downtime* yang tinggi. Hal tersebut merupakan masalah yang umumnya terjadi pada mayoritas pabrik gula di Indonesia, hal tersebut menyebabkan inefisiensi pada pabrik gula tidak hanya disebabkan oleh tingginya beban biaya perbaikan (*repair cost*) namun konsekuensi operasional (*operational consequence cost*) yang harus ditanggung akibat tidak tercapainya target produksi. Maka untuk mengatasi masalah yang terjadi diperlukan suatu system perawatan yang baik. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kegagalan mesin yaitu dengan melakukan perbaikan mesin dengan tepat dan seksama. Jika perbaikan mesin tidak dilakukan secara tepat dan seksama maka akan memungkinkan terjadinya kegagalan yang serupa.

Berdasarkan harian kompas tanggal 20 Juni 2007, menyatakan bahwa sebagian dari 52 PG di seluruh Indonesia berada dalam kondisi memprihatinkan dan membutuhkan dana untuk revitalisasi. Langkah tersebut diperlukan untuk mendukung swasembada gula pada tahun 2009. Langkah lain yang ditempuh pemerintah untuk mencapai swasembada gula yaitu pada musim panen tahun

2007 pemerintah Indonesia berusaha keras untuk mengejar produksi gula untuk tahun kedepan demi mencapai swasembada gula. Industri gula terus digenjut, mulai dari pembenahan bibit, regulasi perkebunan gula rakyat, proteksi gula lokal sampai dengan revitalisasi mesin pabrik gula yang rata-rata berusia tua.

Untuk mendukung program pemerintah tersebut maka PT Madu Baru PG-PS Madukismo yang merupakan pabrik gula satu-satunya di Yogyakarta yang telah berusia setengah abad melakukan tindakan untuk memenuhi ketersediaan gula salah satunya dengan tindakan perawatan mesin yang tepat untuk menjamin ketersediaan mesin (*availability*) dan kehandalan mesin (*reliability*) yang diperlukan untuk kegiatan produksi gula. Tindakan perawatan yang telah dilakukan oleh PT Madu Baru PG-PS Madukismo adalah perawatan korektif (perbaikan) dan perawatan *preventive*. Penerapan kedua perawatan tersebut tersebut belum mendapatkan hasil yang maksimal. Hal tersebut dicerminkan dengan terjadinya kegagalan yang memiliki jenis kerusakan yang sama dengan frekuensi yang besar pada suatu mesin yang terjadi pada musim giling. Terjadinya kegagalan mesin tersebut menyebabkan *downtime* yang cukup besar. Oleh karena itu diperlukan evaluasi sistem perawatan korektif sehingga dapat diketahui penyebab kegagalan yang terjadi sehingga dapat mengurangi munculnya kegagalan dengan menggunakan *failure mode effect analysis* (FMEA).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini dititik beratkan pada evaluasi perawatan korektif menggunakan metode FMEA (*failure mode effect analysis*) untuk mengurangi mode kegagalan.

1.3. Batasan Masalah

1. Data diperoleh dengan cara observasi data dan wawancara langsung terhadap operator atau karyawan stasiun gilingan.
2. Penelitian difokuskan pada kegiatan perawatan korektif Stasiun Gilingan di PG-PS Madukismo.

3. Analisis dilakukan pada mesin yang memiliki nilai MTBF terendah pada stasiun gilingan.
4. Analisa dilakukan pada 2 komponen yang mempunyai kerusakan tertinggi
5. Tidak melibatkan komponen biaya yang berkaitan dengan aktivitas *maintenance*.
6. Tidak melakukan desain ulang atau perancangan mesin.
7. Struktur organisasi pada bagian *maintenance* dan personal yang terlibat didalamnya tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis interval waktu kerusakan untuk mengetahui nilai *Mean Time Between Failure* pada stasiun gilingan.
2. Mengidentifikasi *function* (fungsi) dan *functional failure* (kegagalan fungsional) *failure mode* (mode kegagalan), dan *failure effect* (efek kegagalan) dari mesin atau asset di PG-PS Madukismo.
3. Memberikan usulan perbaikan perawatan korektif yang dapat diterapkan untuk mengurangi munculnya kegagalan.

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Memberikan alternatif usulan perbaikan kegagalan mesin yang terjadi di PG-PS Madukismo pada stasiun gilingan untuk meningkatkan kelancaran produksi.
- b. Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan terutama keputusan mengenai perawatan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Astusi (2004) pada proses perakitan ICU-ICCU *Electric Bed* yang bertujuan untuk mengidentifikasi kegagalan-kegagalan yang terjadi pada proses perakitan produk tersebut, maka dilakukan pengidentifikasian kegagalan potensial serta penyebab dan akibat yang ditimbulkannya menggunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Kegagalan yang dianalisis mengacu pada resiko kegagalan yang tertinggi yang kemudian diusulkan tindakan perbaikannya berupa tindakan perawatan pada mesin produksi yang sesuai agar dapat menghasilkan komponen yang memenuhi standar spesifikasi. Pada penelitian tersebut kegagalan tertinggi terjadi pada proses pembuatan *bush* lengan pada lengan (rakitan pendorong *hi-low*). Salah satu penyebab mode kegagalan adalah *center* lubang pada lengan tidak segaris. Untuk mengatasi penyebab tersebut, diperlukan perawatan pada mesin *milling* kondia yang digunakan untuk membuat lubang pada lengan tersebut. Tindakan perawatan yang disarankan adalah *unconditional maintenance* yang dilakukan pada interval 21,75 jam mesin kerja dan pemeriksaan kecenteran *as spindell*, pengencangan *worm gear*, adaptor *pivot stud*, adaptor *lock bolt* serta pemeriksaan getaran atau suara yang tidak lazim saat *spindel* berputar.

Penelitian yang dilakukan oleh Sirait, (2009) dilakukan dengan identifikasi *function*, *functional failure* dan *failure mode* yang dapat mengakibatkan *functional failure* pada lift Sudirman Park Zone 1 menggunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Kegagalan tertinggi terjadi pada *landing door* (pintu pendaratan), dengan mode kegagalan adalah terdapat benda asing pada lintasan *landing door* dan penyebab mode kegagalan adalah serpihan batu atau kotoran dari dalam *hoistyway*. Tindakan perbaikan yang disarankan adalah modifikasi desain pada *landing door* untuk mengantisipasi pengaruh debu dan kotoran yang mengganggu konektivitas *door switch* pada saat lift beroperasi yaitu dengan penambahan *cover switch* yang berfungsi untuk melindungi *door switch* dari debu

atau serpihan kotoran yang berasal dari dalam *hoistway*. *Cover switch* dibuat dengan bahan dasar alumunium atau bahan lain yang bersifat isolator.

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Konsep Perawatan

Menurut Mourbay (1997) perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk memastikan bahwa setiap aset fisik secara kontinyu bekerja memenuhi fungsi yang diinginkan. Sedangkan menurut Gopalakrishnan dan Benerji (1997) perawatan merupakan suatu aktifitas yang diperlukan untuk memelihara fasilitas sedemikian rupa sehingga memiliki kemampuan produksi sesuai dengan kondisi aslinya. Tanggung jawab dari fungsi pemeliharaan akan memastikan bahwa peralatan dan produksi tersedia untuk penggunaan produktif dengan biaya minimum, jam yang terjadwal, standar operasi yang disetujui dan pemborosan yang minimum.

3.2. Tujuan Perawatan

Tujuan perawatan menurut Wireman (1990) antara lain :

1. Memaksimalkan produksi atau ketersediaan fasilitas dengan biaya terendah, kualitas terbaik dan standar keselamatan yang optimum.
2. Mengidentifikasi dan mengimplementasikan pengurangan biaya.
3. Menyediakan perekaman data perawatan secara akurat.
4. Mengumpulkan informasi biaya perawatan yang diperlukan.
5. Mengoptimalkan sumberdaya perawatan.
6. Mengoptimalkan umur pakai peralatan.
7. Meminimalkan penggunaan energi.
8. Meminimalkan ketersediaan suku cadang digudang.

3.3. Jenis Perawatan

Menurut Gopalakrishnan dan Benerji (1997) sistem perawatan diklasifikasikan menjadi beberapa tipe yaitu :

1. *Breakdown Maintenance*

Breakdown Maintenance dikenal sebagai perawatan perbaikan. Dimana perawatan hanya dapat dilakukan ketika terjadi kerusakan pada mesin akibat kegagalan fungsi mesin sehingga mesin tidak dapat berfungsi dengan baik.

2. *Routine Maintenance*

Routine Maintenance dapat didefinisikan sebagai prosedur kegiatan perawatan yang dilakukan secara teratur atau siklus yang selalu berulang pada waktu tertentu. Jangka waktu perawatan ini dilakukan secara rutin misalnya setiap hari, setiap dua minggu sekali, sebulan sekali, setiap setengah tahun dan sebagainya. Yang termasuk dalam kegiatan *routine maintenance* adalah pengecekan, pelumasan, pemeriksaan, dan *service*.

3. *Planned Maintenance*

Planned Maintenance adalah pemeliharaan yang terdiri dari pengawasan, pencatatan yang diorganisir dan dilaksanakan sesuai dengan rencana awal yang telah ditetapkan. Sistem ini menekankan pada kebutuhan mesin dan kebutuhan yang diharapkan mesin agar dapat beroperasi dengan baik. Faktor-faktor yang harus diperhatikan antara lain :

- a. Utilisasi, artinya apakah berapa lama mesin mampu beroperasi.
- b. Ketenangan utilisasi, artinya apakah mesin dapat bekerja dibawah atau kondisi normal.
- c. Kondisi operasi, artinya apakah mesin saat beroperasi mesin tergantung pada lingkungan sekitar mesin seperti derajat *corrosive*, kelembaban, temperatur, debu, hujan lebat atau salju.

- d. Apakah ada faktor lain yang mempengaruhi kinerja mesin, seperti kerusakan mesin.

4. *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi dan meminimumkan kegagalan yang terjadi pada komponen kritis pada sebuah mesin. Kegiatan perawatan ini adalah kegiatan perawatan yang mahal karena harus mengganti komponen sebelum komponen tersebut rusak. Penggantian komponen tersebut didasarkan pada analisa pada mesin atau alat yang rusak sehingga dapat dilakukan perbaikan yang tepat sesuai dengan kerusakan untuk mengurangi kerusakan yang terjadi.

5. *Predictive Maintenance*

Predictive Maintenance dapat didefinisikan sebagai kegiatan perawatan yang dilakukan dengan meramalkan kerusakan yang mungkin terjadi pada mesin atau peralatan yang dilakukan pada *condition monitoring*. *Condition monitoring* adalah metode pengumpulan informasi dari pabrik atau mesin untuk mengetahui kondisi suatu mesin dalam kurun waktu tertentu. *Predictive Maintenance* menggunakan 5S untuk memperbaiki metodologi pekerja.

6. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance didefinisikan sebagai perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan mesin yang telah berhenti kepada kondisi semula atau kondisi yang dapat diterima (termasuk penyesuaian dan perbaikan item).

7. *Total productive maintenance*

Total productive maintenance adalah sistem perawatan terpadu yang menggabungkan antara *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* serta melibatkan partisipasi semua pihak terutama operator sebagai pemakai alat dalam melaksanakan kegiatan perawatan dari peralatan tersebut.

3.4. Bentuk Perawatan

Menurut Gopalakrishnan dan Benerji (1997) beberapa bentuk perawatan antara lain :

1. Pemeriksaan terdiri dari tiga aktivitas sebagai berikut :
 - a. Sistem dalam kondisi siap pakai, bertujuan untuk melihat apakah ada hal-hal yang dapat menimbulkan kerusakan/kecelakaan. Kegiatannya merupakan tindakan pencegahan kerusakan, menentukan jenis dan tingkat kerusakan serta kebutuhan suku cadangnya, atau menentukan suatu pekerjaan telah dilaksanakan sesuai prosedur yang berlaku sehingga mutunya terjamin.
 - b. Pemeriksaan terhadap sistem yang dalam kondisi tidak siap pakai/rusak (*unserviceable*) untuk menentukan jenis dan tingkat kerusakan, serta suku cadang yang diperlukan.
 - c. Pemeriksaan yang dilakukan atau sistem yang selesai mengalami perawatan untuk melihat apakah prosedur dan mutunya sesuai.
2. *Servicing*, meliputi pencucian, pelumasan dan hal-hal yang sejenis. Kegiatan ini merupakan perawatan pencegahan, yang pelaksanaannya dilakukan sesuai petunjuk dan prosedur yang berlaku, misalnya pelumasan bagian-bagian yang bergerak dan sebagainya.
3. Perbaikan, meliputi pembongkaran dan penggantian komponen yang rusak, pemasangan kembali dan pengujian. Merupakan perawatan tidak terjadwal untuk memperbaiki bagian-bagian yang rusak atau tidak memenuhi ketentuan.
4. Perawatan pulih balik, bertujuan untuk memulihkan kondisi material agar dapat berfungsi sesuai standar persyaratan yang ditentukan. Kegiatan ini meliputi pekerjaan pembongkaran, penggantian, perbaikan, pemasangan kembali dan uji fungsi.
5. Modifikasi, meliputi kegiatan untuk mengadakan perubahan pada kondisi asli suatu sistem dengan cara menambah, mengurangi, atau membentuk

menjadi lain, dengan tujuan meningkatkan kapabilitas sistem, mempermudah perawatan dan pengoperasian, serta mengurangi biaya perawatan.

6. Perawatan bengkel, bertujuan untuk mencegah timbulnya kerusakan suatu barang, direncanakan secara terjadwal. Penggantian serta perbaikan dilakukan terbatas pada bagian-bagian yang kadar kerusakannya relatif lebih tinggi dari bagian yang lain.
7. Uji coba adalah pengujian yang dilakukan atas suatu item untuk mengetahui item dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan prosedur sederhana, tanpa atau dengan peralatan ukur.
8. Uji fungsi, pengujian yang dilakukan untuk mengetahui berfungsinya suatu item, apakah sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan peralatan ukur yang presisi.
9. Interval perawatan, merupakan jarak waktu antara dua kegiatan perawatan terjadwal yang berurutan.

3.5. Kehandalan

3.5.1. Fungsi Kehandalan

Menurut Ebeling (1997) kehandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai kemungkinan (probabilitas) sistem dapat berfungsi pada waktu tertentu (t) pada kondisi yang telah ditetapkan. Sehingga untuk mengetahui kehandalan suatu komponen atau elemen mesin diperlukan suatu fungsi yang disebut fungsi kehandalan. Probabilitas kegagalan suatu komponen atau mesin pada interval t_1, t_2 dapat dinyatakan sebagai fungsi kegagalan $f(t)$ sebagai berikut :

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = \int_{-\infty}^{t_2} f(t) dt - \int_{-\infty}^{t_1} f(t) dt \quad (3.1)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = F(t_2) - F(t_1) \quad (3.2)$$

$f(t)$ menunjukkan probabilitas unit atau sistem yang gagal pada saat t yang ditentukan berdasarkan konsep berikut :

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (3.3)$$

Hubungan fungsi kegagalan dengan fungsi kehandalan yaitu :

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - F(t) \\ &= \int_t^{\infty} f(t) dt \end{aligned} \quad (3.4)$$

dimana $r(t)$ merupakan fungsi kehandalan.

3.5.2. Fungsi Laju kerusakan

Fungsi laju kerusakan memungkinkan kecenderungan kegagalan suatu unit setelah waktu t berlalu yang disebut sebagai *hazard function* $h(t)$. Fungsi laju kerusakan secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.5)$$

3.5.3. Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean time between failure merupakan waktu rata-rata pada suatu komponen atau sistem ketika komponen tersebut dioperasikan sampai mengalami kerusakan. MTBF didefinisikan sebagai rata-rata atau besarnya *lifetime* dari suatu sistem. MTBF dirumuskan sebagai berikut

$$MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (3.6)$$

Secara umum MTBF dinyatakan dalam fungsi reliabilitas

$$\begin{aligned} MTBF &= \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt \\ &= \int_0^{\infty} R(t) dt \end{aligned} \quad (3.7)$$

MTBF memiliki kesamaan pengertian dengan MTTF (*Mean Time Between Failure*), tetapi memiliki perbedaan dalam hal penerapannya. MTBF digunakan untuk komponen yang dapat diperbaiki, sedangkan MTTF digunakan pada

komponen yang tidak dapat diperbaiki atau harus diganti dengan yang baru. Pada umumnya MTBF dapat digunakan pada keduanya, baik komponen yang dapat diperbaiki atau yang tidak dapat diperbaiki.

3.6. Penentuan distribusi

Dalam penentuan distribusi kerusakan digunakan *software* Stat::Fit yang merupakan *software* pendukung ProModel yang merupakan suatu aplikasi statistik untuk menentukan distribusi data yang akan digunakan sebagai input untuk membuat model dalam ProModel. Pada kasus perawatan Stat::Fit digunakan untuk menentukan distribusi kegagalan dari komponen atau suatu sistem. Pada aplikasi dalam sistem nyata, penentuan bentuk distribusi dari input data merupakan tugas utama yang sangat penting, karena akan berdampak pada hasil atau output yang akan diinterpretasikan atau dianalisa (Anonim, 2007).

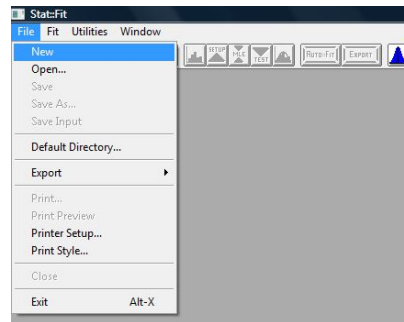
Menurut Anonim (2007) langkah-langkah menggunakan Stat::Fit dengan ProModel :

1. Klik *icon* ProModel
2. Pilih Stat::Fit



Gambar 3.1 Tampilan Depan *Software* Stat::Fit

3. Pilih menu *>new*

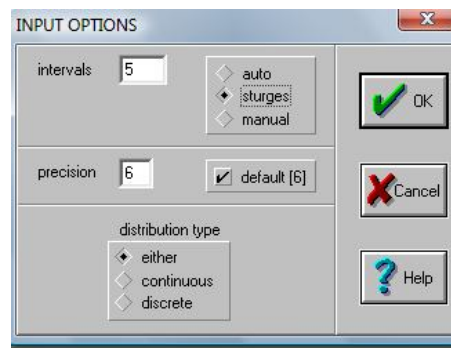


Gambar 3.2 Tampilan Perintah Membuka File Baru

4. Masukkan data yang akan dicari distribusinya baik secara langsung maupun melalui *notepad* atau Microsoft Excel.

5. Pilihan input

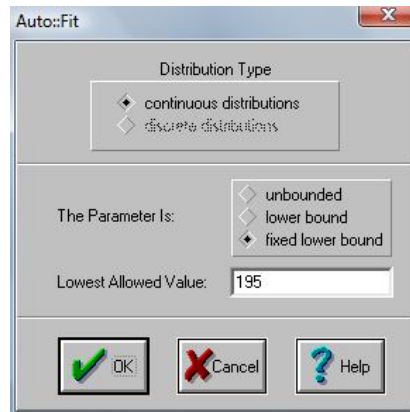
Menyediakan pilihan untuk mengolah sekumpulan data, diantaranya jumlah kelas, untuk histogram, uji Chi-squared, ketelitian data dan tipe distribusi yang akan ditampilkan.



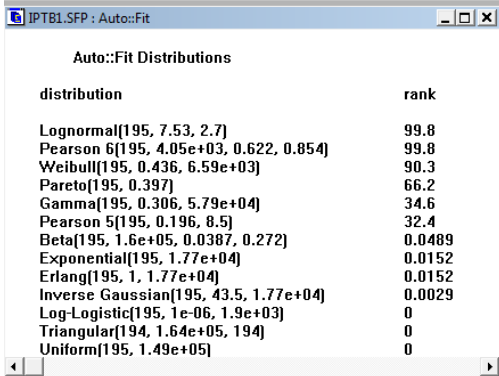
Gambar 3.3 Tampilan Pilihan Input

6. Pilih Fit *>Auto::Fit*

Dengan menjalankan perintah ini maka dapat diketahui hasil distribusi data yang dimiliki dengan mudah dan cepat.



Gambar 3.4 Tampilan Distribution Fit

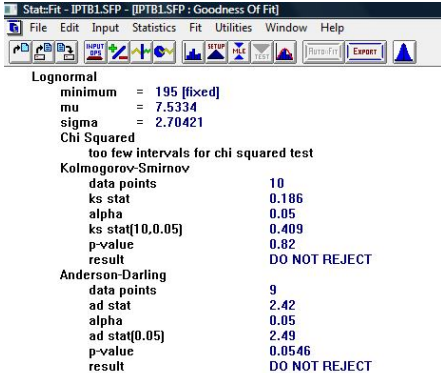


distribution	rank
Lognormal[195, 7.53, 2.7]	99.8
Pearson 6[195, 4.05e+03, 0.622, 0.854]	99.8
Weibull[195, 0.436, 6.59e+03]	90.3
Pareto[195, 0.397]	66.2
Gamma[195, 0.306, 5.79e+04]	34.6
Pearson 5[195, 0.196, 8.5]	32.4
Beta[195, 1.6e+05, 0.0387, 0.272]	0.0489
Exponential[195, 1.77e+04]	0.0152
Erlang[195, 1, 1.77e+04]	0.0152
Inverse Gaussian[195, 43.5, 1.77e+04]	0.0029
Log-Logistic[195, 1e-06, 1.9e+03]	0
Triangular[194, 1.64e+05, 194]	0
Uniform[195, 1.49e+05]	0

Gambar 3.5 Fitting

7. Fit > Goodness of Fit

Goodness of Fit dilakukan untuk menguji apakah distribusi probabilitas terpilih benar-benar tepat mewakili sampel data.



```

Stat-Fit - IPTB1.SFP - [IPTB1.SFP : Goodness Of Fit]
File Edit Input Statistics Fit Utilities Window Help
Lognormal
  minimum = 195 [fixed]
  mu = 7.5334
  sigma = 2.70421
Chi Squared
  too few intervals for chi squared test
Kolmogorov-Smirnov
  data points 10
  ks stat 0.186
  alpha 0.05
  ks stat(10,0.05) 0.409
  p-value 0.82
  result DO NOT REJECT
Anderson-Darling
  data points 9
  ad stat 2.42
  alpha 0.05
  ad stat(0.05) 2.49
  p-value 0.0546
  result DO NOT REJECT
  
```

Gambar 3.6 Tampilan Hasil *Goodness of Fit*

3.7. Lifetime Berdasarkan Distribusi

Untuk mengetahui *lifetime* atau waktu rata-rata antar kerusakan suatu peralatan atau komponen adalah dengan mengetahui probabilitas peralatan atau komponen yang dinyatakan dengan distribusi statistik. Terdapat beberapa distribusi yang umum digunakan seperti eksponensial, lognormal dan weibull (Reliasoft, 2000).

3.7.1. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial memiliki laju kerusakan yang konstan terhadap waktu dan merupakan distribusi yang paling sering digunakan dalam perhitungan kehandalan.

∅ Probabilitas fungsi kepadatan dari distribusi eksponensial (pdf) :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (3.8)$$

dengan $t \geq 0$

∅ Fungsi distribusi kumulatif (cdf)

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

$$F(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt$$

$$F(t) = \lambda \int_0^t \frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda} dt$$

$$F(t) = \frac{\lambda}{-\lambda} [e^{-\lambda t} - e^0]$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3.9)$$

∅ Fungsi Kehandalan

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

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3.10)$$

∅ MTBF

$$I(t) = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{\lambda}$$

$$\lambda(t) = \lambda$$

$$MTBF = \frac{1}{l} \quad (3.11)$$

3.7.2. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan penjabaran dari distribusi normal karena yang berdistribusi normal bukan nilai t melainkan logaritma dari nilai t .

Ø Fungsi distribusi kepadatan lognormal (pdf)

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.12)$$

Dimana : μ = rata-rata dari $\ln t$

σ = standar deviasi dari $\ln t$

Ø MTBF

$$MTBF = e^{\mu + 0,5\sigma^2} \quad (3.13)$$

3.7.3. Distribusi Weibull

Distribusi weibull memiliki dua parameter yaitu :

1. η (alpha), merupakan *scale parameter* yang menggambarkan nilai *item* untuk variabel acak t yang diukur
2. β (beta), merupakan *shape parameter* atau kemiringan bentuk distribusi. Adanya perubahan nilai β dapat digunakan untuk mengetahui bentuk kurva *lifetime* distribusi kerusakan.

Ø Fungsi distribusi kepadatan weibull

$$f(t) = \frac{b}{h} \left(\frac{t}{h}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{h}\right)^b\right] \quad (3.14)$$

Ø MTBF

$$MTBF = h \Gamma\left(\frac{1}{b} + 1\right) \quad (3.15)$$

Nilai Γ menunjukkan fungsi gamma yang nilainya dievaluasi dari $\frac{\Gamma(1/b + 1)}{b}$ didapatkan dari tabel fungsi gamma.

3.8. FMEA

Menurut Mourbay (1997), penggunaan FMEA bertujuan untuk menetapkan kegagalan komponen yang menyebabkan satu atau lebih kegagalan fungsional. Pada tabel FMEA terdapat beberapa istilah yaitu :

1. Fungsi (*Function*)

Merupakan suatu pernyataan fungsi yang terdiri dari kata kerja, sebuah objek dan standar *performance* yang diinginkan. Terdapat dua macam fungsi yaitu fungsi primer dan skunder. Fungsi primer merupakan fungsi yang muncul sebagai alasan mengapa alat tersebut ada, sedangkan fungsi skunder adalah fungsi tambahan dari fungsi utama,

2. Kegagalan fungsi (*Functional Failure*)

Kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan suatu alat, sistem atau aset untuk memenuhi *performace* standar.

3. Mode kegagalan (*Failure mode*)

Mode kegagalan adalah suatu kejadian yang menyebabkan *functional failure*.

4. Dampak kegagalan (*Failure Effect*)

Failure Effect menjelaskan akibat atau dampak yang terjadi akibat mode kegagalan (*Failure mode*).

Tabel 3.1. Tabel FMEA

<i>FMEA Worksheet</i>	<i>System :</i>			
	<i>Sub System :</i>			
<i>Component</i>	<i>Funtion</i>	<i>Funtional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
		A	1	
		B	1	
			2	
		C	1	

BAB IV

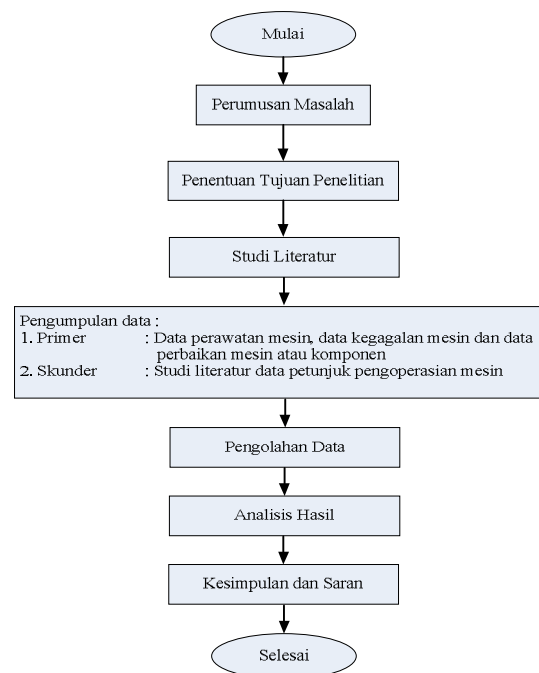
METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Obyek Penelitian

Obyek penelitian dilakukan di PT Madu Baru PG-PS Madukismo pada stasiun penggilingan. PT Madu Baru PG-PS Madukismo bergerak pada industri penghasil gula pasir dan penghasil spritus. PG-PS Madukismo terletak di Padokan, Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta. Berada \pm 5 km selatan kota Yogyakarta.

4.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dibawah ini berisi rencana tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian dari awal sampai selesai penelitian. Penelitian yang akan dilakukan digambarkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram alir penelitian

4.3. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa :

1. Data primer

Data primer diperoleh dengan cara observasi langsung dan wawancara terhadap operator atau karyawan. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Data perawatan mesin

Data perawatan mesin yang digunakan berupa data *downtime* mesin dan interval waktu kerusakan mesin pada stasiun gilingan. Data yang diambil untuk penelitian ini adalah Mei 2008 – September 2008 dan Mei 2009 – Juni 2009. Data tersebut diperoleh dari catatan mandor di stasiun gilingan.

b. Data kegagalan mesin, terdiri dari :

- Data komponen mesin yang mengalami kegagalan
- Penyebab kegagalan mesin

c. Data perbaikan yang dilakukan dari setiap kerusakan atau kegagalan yang terjadi. Data perbaikan diperoleh dengan cara wawancara secara langsung dengan operator dan mandor atau melihat secara langsung jika ada kerusakan yang terjadi.

2. Data sekunder

Merupakan data yang diperoleh dari hasil studi pustaka dengan cara mengumpulkan data yang berasal dari buku, jurnal, penelitian ilmiah atau literatur lainnya. Data sekunder yang digunakan antara lain:

- a. Studi tentang literatur *corrective maintenance*.
- b. Data petunjuk pengoperasian mesin dan alat.

4.4. Pengolahan Data

1. Analisis kecukupan data

Analisis kecukupan data dilakukan untuk mengetahui sampel minimum yang dapat digunakan. Penentuan jumlah sampel dihitung dari proporsi

mesin yang mengalami kegagalan dengan proporsi mesin beroperasi. Setelah diketahui jumlah sampel minimum yang harus dipenuhi, maka dapat ditetapkan jumlah sampel yang akan digunakan dan periode sampel yang akan diambil.

Ukuran sampel minimum (n) yang harus digunakan diperoleh dari rumus (Walpole, 1998)

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2} pq}{e^2} \quad (4.1)$$

dimana :

p = proporsi kejadian sukses

q = proporsi kejadian gagal

$Z_{\alpha/2} = 1,96$ untuk 95 % *confidence level*

$Z_{\alpha/2} = 2,57$ untuk 99% *confidence level*

Proporsi kejadian mesin mengalami kegagalan maupun sukses ditentukan berdasarkan *breakdown* mesin.

2. Penentuan interval kerusakan mesin

Penentuan interval kerusakan mesin diperoleh dari selisih waktu kerusakan yang terjadi pada mesin atau komponen. Data interval kerusakan mesin digunakan untuk pengujian statistik, pengujian kecocokan distribusi dan perhitungan MTBF.

3. Uji distribusi statistik

Uji distribusi secara statistik dilakukan untuk mengestimasi bentuk awal distribusi dengan menentukan jumlah (panjang) dan interval kelas, dengan menggunakan rumus struges :

$$\text{Jumlah kelas} = 1 + 3,3 \log n \quad (4.2)$$

$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,22 \log n} \quad (4.3)$$

Dimana : R = range, yaitu selisih antara data terbesar dengan data terkecil dari interval kerusakan mesin.

N = banyaknya data yang diamati pada setiap mesin.

Untuk mengetahui distribusi probabilitas dari data yang diperoleh maka dilakukan pemplotan data dalam bentuk grafik

4. Uji kecocokan distribusi

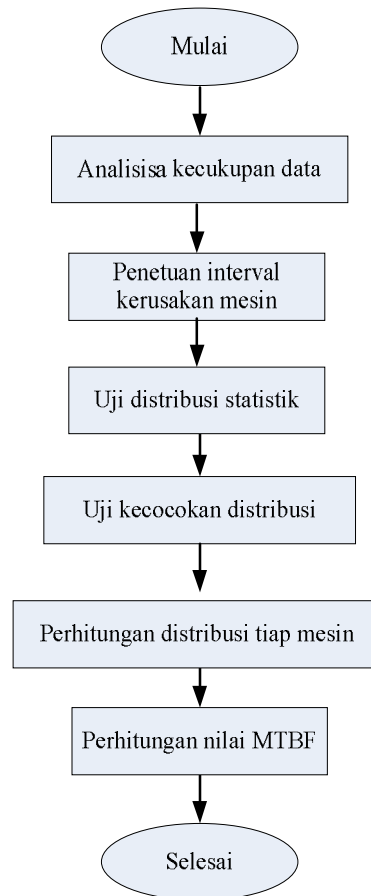
Uji ini dilakukan untuk menguji distribusi yang diestimasi. Pengujian distribusi dilakukan dengan menggunakan *software* Stat::Fit yang merupakan *software* pendukung ProModel dengan menggunakan input data interval kerusakan mesin. Dengan menggunakan *software* ini hasil pengujian memberikan prioritas distribusi yang mengikutinya.

5. Perhitungan distribusi tiap mesin

Perhitungan distribusi tiap mesin dilakukan sesuai dengan distribusi yang didapatkan dalam pengujian Stat::Fit. Perhitungan distribusi tiap mesin menggunakan data interval kerusakan tiap mesin yang diolah menggunakan rumus fungsi *probability density function* (pdf) sesuai distribusinya masing-masing dengan menggunakan persamaan 3.8, 3.12 dan 3.14.

6. Perhitungan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF)

Data *downtime* yang diperoleh dari mesin digunakan untuk menghitung *Mean Time Between Failure* (MTBF). Nilai MTBF ini digunakan untuk menentukan mesin yang akan diteliti. Perhitungan MTBF untuk masing-masing distribusi dilakukan menggunakan rumus 3.11, 3.13 dan 3.15



Gambar 4.2 Diagram alir pengolahan data

4.5. Analisis Hasil

1. Memilih mesin yang akan dianalisis

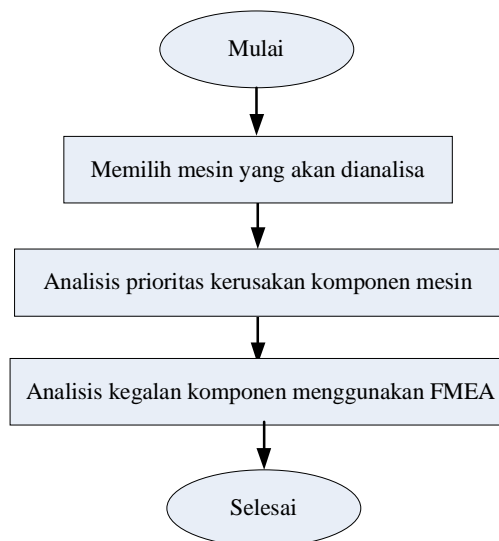
Pememilihan mesin yang akan dianalisis mengacu pada mesin yang memiliki nilai MTBF terendah

2. Analisis prioritas kerusakan komponen mesin

Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagian mesin yang mengalami kerusakan dan penyebab terjadinya kerusakan mesin. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan diagram batang. Diagram batang menggambarkan distribusi frekuensi atau histogram dari data yang disusun berdasarkan kategori.

3. Analisis Kegagalan Komponen

Analisis ini dapat dilakukan setelah komponen yang mengalami kerusakan prioritas diketahui. Untuk mengidentifikasi sumber dari akar penyebab dari permasalahan digunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Analisis ini dimaksudkan untuk menjelaskan bentuk-bentuk mode kegagalan yang terjadi pada suatu aset atau komponen yang menyusunnya dan mengevaluasi efek yang mungkin terjadi yang dapat mempengaruhi operasi aset. Data-data yang diperlukan untuk melakukan analisis FMEA dapat diperoleh dari wawancara dengan operator, mandor dan literatur. Setelah diketahui mode dan efek kegagalan yang terjadi maka dapat direkomendasikan usulan perbaikan untuk mencegah kegagalan yang serupa.



Gambar 4.3 Diagram analisis hasil

4.6. Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil yang diperoleh diambil kesimpulan mesin kritis adalah mesin yang memiliki nilai MTBF terendah dengan diketahuinya mode dan efek dari kegagalan sehingga dapat direkomendasikan perbaikan untuk mencegah kegagalan serupa. Selain itu bagian ini berisi saran bagi perusahaan dalam

pengaplikasian sistem perawatan yang baik dan saran bagi pihak lain yang bermaksud untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Madu Baru PG PS Madukismo. Perusahaan ini adalah pabrik penghasil gula pasir dan spirtus yang merupakan pabrik gula satu-satunya di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. PG-PS Madukismo dibangun pada tanggal 14 Juni 1955 dan mulai beroperasi tahun 1958. Pada tahun 1962 Pemerintah RI mengambil alih PG-PS Madukismo dan sejak itu bergabung menjadi perusahaan milik Negara (PN) yang dikelola Badan Pimpinan Umum Perusahaan Perkebunan Negara (BPUPPN). Pada tahun 1966 BPUPPN bubar, sehingga PG PS Madukismo memilih menjadi PT yang membawahi Pabrik Gula Madukismo dan Pabrik Spritus Madukismo yang diberi nama P2G Madubar P.T hingga tahun 1984. Pada tahun 1984 P2G Madu Baru P.T atas persetujuan Sri Sultan Hamengkubuwono IX dikelola oleh Departemen Pertanian dan Departemen Kehutanan serta PT Rajawali Nusantara Indonesia ditunjuk oleh pemerintah sebagai pengelola dan sejak tanggal 7 September 1998 nama P2G Madubar P.T diubah menjadi P.T Madu Baru yang telah disahkan Departemen Kehakiman dengan surat keputusan No.09-04.342 HT 01-04. Th 1998 tanggal 10 November 1998.

Mesin yang digunakan oleh PT Madu Baru adalah mesin buatan Jerman Timur dengan Merek Sangerhausen dan buatan Amerika Serikat dengan Merek Lafkin. Produksi perjam pabrik ini sekitar 3000 kuintal atau 300.000 kilogram.

Tebu yang digunakan untuk proses produksi berasal dari kebun yang dimiliki oleh PT Madu Baru dari kebun tebu milik rakyat, hal tersebut terjadi karena tebu yang dihasilkan dari kebun milik PT Madu Baru tidak mencukupi kebutuhan tebu yang akan digiling.

Semua mesin yang digunakan untuk menggiling tebu digerakan oleh turbin uap yang berjumlah 5 buah. Minimal tekanan uap yang dapat digunakan untuk dapat menggerakkan mesin adalah 13-15 kg/cm dan untuk membawa nira hasil dari stasiun gilingan menggunakan pipa.

PT Madu Baru memiliki perbedaan dengan industri pada umumnya karena terdapat dua musim yaitu musim giling (masa pabrik beroperasi) dan masa luar giling (masa pabrik tidak beroperasi). Masa luar giling dilakukan pada bulan Desember-April dimana pada bulan tersebut dilakukan kegiatan perawatan dan perbaikan mesin. Sedangkan musim giling dilaksanakan pada bulan Mei-Oktober tetapi disesuaikan dengan pasokan tebu yang ada. Namun, pada kenyataannya pada musim giling terdapat kegiatan perawatan.

Karyawan yang bekerja distasiun gilingan selain bertugas sebagai operator harus dapat melakukan perawatan atau perbaikan mesin, tetapi untuk pelistrikan dan instrumentasi menjadi tanggung jawab bagian listrik dan instrumentasi.

5.2. Analisis Data

Data mesin yang diperoleh berdasarkan data kerusakan mesin di stasiun gilingan pada musim giling Mei-September 2008 dan Mei-Juni 2009. Data kerusakan dapat dilihat pada Lampiran I.

5.3. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil telah mencukupi untuk dilakukan pengolahan data. Populasi pada penelitian ini adalah beroperasinya peralatan yang tidak tentu (*indefinite*) sehingga sampel yang berupa periode waktu tertentu harus dapat menggambarkan keseluruhan waktu beroperasinya peralatan sehingga diharapkan data waktu operasi mesin menunjukkan *lifetime* dari mesin. Uji kecukupan data ini dilakukan pada turbin I, turbin IV, turbin V, gilingan I, gilingan II, gilingan III, gilingan IV, gilingan V, IMC I-II, IMC II-III, IMC III-IV dan IMC IV-V, cara perhitungan kecukupan data ini mengikuti persamaan 4.1.

Pada penelitian ini menggunakan data *downtime* mesin dan data operasi setiap mesin selama 7 bulan, data tersebut kemudian diolah untuk mengetahui proporsi kegagalan mesin.

Tabel 5.1. Proporsi IMC I-II Gagal

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	130	40850	0.00318
2	Juni 08	43200	60	43140	0.00139
3	Juli 08	44640	15	44625	0.00034
4	Juni 09	30240	10	30230	0.00033

Berdasarkan data pada Tabel 5.1. dapat dihitung nilai p dan q sebagai berikut :

$$p = \frac{0,00318 + 0,00139 + 0,00034 + 0,00033}{4}$$

$$= 0,00131$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00131$$

$$= 0,99869$$

Pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2(0,00131)(0,99869)}{0,02^2}$$

$$= 12,56475 > N$$

Mengacu pada data historis kerusakan IMC I-II yang digunakan selama 7 bulan (272895 menit) diketahui terdapat 29 data kerusakan pada IMC I-II maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

Berdasarkan perhitungan uji kecukupan data pada mesin diketahui bahwa secara statistik jumlah sampel yang diambil pada turbin I, turbin IV, turbin V, gilingan I, gilingan II, gilingan III, gilingan IV, gilingan V, IMC I-II, IMC II-III,

IMC III-IV dan IMC IV-V sudah cukup. Hasil perhitungan uji kecukupan statistik secara lengkap untuk seluruh mesin dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.4. Penentuan Interval Kerusakan

Penentuan interval kerusakan mesin diperoleh dari selisih waktu kerusakan yang terjadi pada mesin atau komponen. Data interval kerusakan mesin digunakan untuk pengujian statistik, pengujian kecocokan distribusi dan perhitungan MTBF.

Tabel 5.2. Data Interval Kerusakan IMC I-II

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)	Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	340	16	1455
2	1520	17	35
3	550	18	70
4	2090	19	90
5	825	20	8945
6	685	21	4245
7	1100	22	2710
8	6020	23	6610
9	12040	24	10930
10	75	25	60
11	95	26	17490
12	20	27	10625
13	110	28	2275
14	100	29	53295
15	1215		

Data Interval kerusakan Mesin selengkapnya untuk seluruh mesin terdapat pada Lampiran 2.

5.5. Analisis Uji Secara Statistik

Pada uji ini perhitungan menggunakan data interval kerusakan mesin yang diolah menjadi distribusi frekuensi kerusakan mesin dengan menggunakan pendekatan struges yang mengikuti persamaan 4.2 dan 4.3 yang kemudian diplotkan dalam bentuk histogram. Berdasarkan grafik tersebut memperlihatkan distribusi atau pola waktu yang mengikuti pola distribusi tertentu.

Contoh untuk perhitungan uji secara statistik adalah IMC I-II dengan jumlah kerusakan selama 4 bulan adalah sebanyak 29 dengan interval kerusakan terkecil adalah 195 menit interval kerusakan terbesar adalah 148530 menit, maka selisih interval terbesar dan terkecil (R) adalah 148335 menit. Berdasarkan nilai R maka dapat ditentukan jumlah dan lebar kelas sebagai berikut :

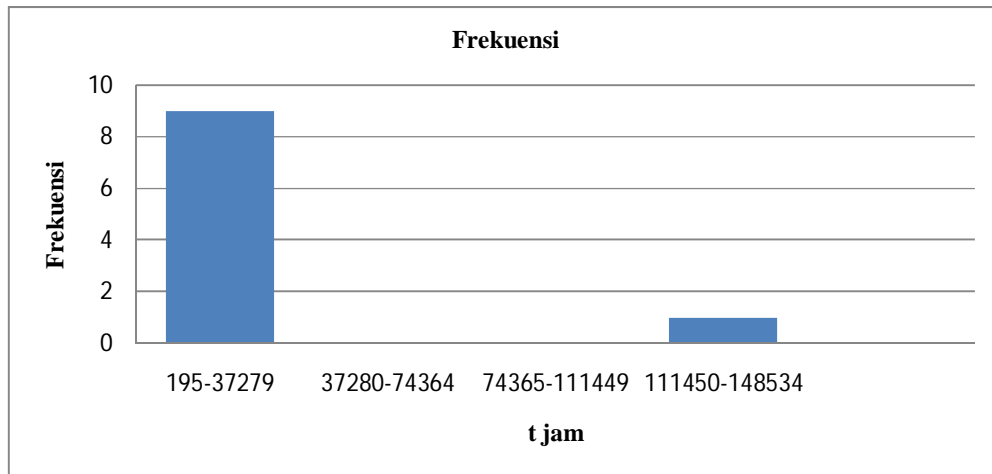
$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log(10) \\
 &= 1 + 3,322 (1) \\
 &= 4,322 \\
 &= 4 \\
 \\
 \text{Lebar interval kelas} &= \frac{R}{1 + 3,322 \log n} \\
 &= \frac{148335}{4} \\
 &= 37083,75 \\
 &= 37084
 \end{aligned}$$

Data jumlah kelas dan lebar interval kelas dapat digunakan untuk mencari frekuensi dalam setiap kelas seperti pada tabel 5.3. yang selanjutnya diplotkan dalam bentuk grafik.

Tabel 5.3. Uji Distribusi IMC I-II Secara Statistik

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	195	37279	9
2	37280	74364	0
3	74365	111449	0
4	111450	148534	1

Berdasarkan hasil perhitungan statistik dan plot grafik terlihat bahwa distribusi mengikuti atau mendekati distribusi weibull. Dari hasil perhitungan dan plot grafik ini digunakan untuk menentukan bentuk distribusi pola kerusakan yang sesuai yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya.




Gambar 5.1. Grafik distribusi kerusakan IMC I-II

Hasil perhitungan uji distribusi statistik selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

5.6. Uji Kecocokan Distribusi

Uji ini dilakukan untuk menguji distribusi yang diestimasi. Pengujian distribusi dilakukan dengan menggunakan *software* Stat::Fit yang merupakan *software* pendukung ProModel dengan menggunakan input data interval kerusakan mesin. Dengan menggunakan *software* ini hasil pengujian memberikan prioritas distribusi yang mengikutinya. Tahapan pengujian ini adalah :

- Klik *icon* ProModel
- Klik menu Stat::Fit
- Membuat lembar baru
- Mengkopi data interval kerusakan mesin yang terdapat pada Lampiran II dari *Microsoft Excel* yang kemudian di paste ke lembar baru
- Klik menu input>option>struges>ok
- Untuk mengetahui distribusinya, buka menu fit>Auto::Fit>*continuous distribution*>ok. *Outputnya* berupa distribusi yang paling mewakili data sesuai dengan tingkat rangkingnya. Dari *output* Auto::fit diperoleh hasil bahwa distribusi yang mewakili data kerusakan IMC I-II adalah distribusi weibull.

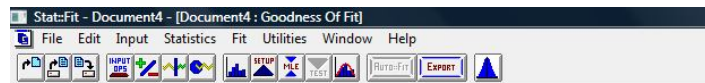


distribution	rank	acceptance
Weibull[20, 0.527, 2.77e+03]	92.2	accept
Gamma[20, 0.4, 1.25e+04]	90.6	accept
Lognormal[20, 6.87, 2.16]	65.2	accept
Log-Logistic[20, 0.769, 1.05e+03]	58.3	accept
Pearson 6[20, 1.12e+03, 0.759, 0.881]	40.1	accept
Pearson 5[20, 0.353, 50.9]	29.1	accept
Pareto[20, 0.26]	3.01	accept
Inverse Gaussian[20, 148, 5e+03]	0.107	reject
Exponential[20, 5e+03]	0.0242	reject
Erlang[20, 1, 5e+03]	0.0242	reject
Triangular[19, 5.53e+04, 19]	0	reject
Uniform[20, 5.33e+04]	0	reject
Beta[20, 7.53e+04, 0.0894, 1.59]	0	reject

Gambar 5.2. *Distribution Fitting*

Untuk *Distribution Fitting* secara lengkap untuk seluruh mesin terdapat pada lampiran V.

- g. Untuk menguji distribusi yang terpilih benar-benar tepat mewakili sampel data, dilakukan dengan memilih menu Fit>*Googness of Fit*. Berdasarkan hasil uji tersebut diperoleh hasil bahwa distribusi IMC I-II adalah weibull.



Weibull	
minimum	= 20 [fixed]
alpha	= 0.526557
beta	= 2770.28
Chi Squared	
total classes	6
interval type	equal probable
net bins	5
chi**2	3.93
degrees of freedom	4
alpha	0.05
chi**2[4,0.05]	9.49
p-value	0.415
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	29
ks stat	0.159
alpha	0.05
ks stat[29,0.05]	0.246
p-value	0.416
result	DO NOT REJECT
Anderson-Darling	
data points	28
ad stat	2.32
alpha	0.05
ad stat[0.05]	2.49
p-value	0.0618
result	DO NOT REJECT

Gambar 5.3. Uji *Goodness of Fit*

Untuk hasil uji *Goodness of Fit* secara lengkap untuk seluruh mesin terdapat pada lampiran 5.

5.7. Perhitungan Distribusi Mesin

Perhitungan distribusi tiap mesin dilakukan sesuai dengan distribusi yang didapatkan dalam pengujian Stat::Fit. Perhitungan distribusi tiap mesin menggunakan data interval kerusakan tiap mesin yang diolah menggunakan rumus fungsi distribusi kumulatif (pdf) sesuai distribusinya masing-masing dengan menggunakan persamaan 3.8, 3.12 dan 3.14.

Tabel 5.4. Distribusi Weibull IMC I-II

No	t	$\frac{\beta}{\eta}$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)$	$\beta-1$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$	$\text{Exp}\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	20	0.000190253	0.007220217	-0.473	10.30162515	0.001959912	-0.074379965	0.001819423
2	35	0.000190253	0.012635379	-0.473	7.905853198	0.00150411	-0.099893452	0.00136112
3	60	0.000190253	0.02166065	-0.473	6.126710921	0.001165623	-0.13270854	0.00102076
4	70	0.000190253	0.025270758	-0.473	5.695889532	0.001083658	-0.143939447	0.000938383
5	75	0.000190253	0.027075812	-0.473	5.513012195	0.001048865	-0.149269283	0.000903427
6	90	0.000190253	0.032490975	-0.473	5.05750387	0.000962204	-0.16432323	0.000816399
7	95	0.000190253	0.034296029	-0.473	4.929804143	0.000937909	-0.169072705	0.000792015
8	100	0.000190253	0.036101083	-0.473	4.81163783	0.000915427	-0.173705337	0.000769457
9	110	0.000190253	0.039711191	-0.473	4.599537783	0.000875075	-0.182653125	0.000728987
10	340	0.000190253	0.122743682	-0.473	2.69713946	0.000513138	-0.331056829	0.000368517
11	550	0.000190253	0.198555957	-0.473	2.148331907	0.000408726	-0.426564097	0.000266795
12	685	0.000190253	0.247292419	-0.473	1.936472306	0.000368419	-0.47887492	0.000228228
13	825	0.000190253	0.297833935	-0.473	1.773414329	0.000337397	-0.528182968	0.000198955
14	1100	0.000190253	0.397111913	-0.473	1.547797678	0.000294473	-0.614648897	0.00015926
15	1215	0.000190253	0.438628159	-0.473	1.476686659	0.000280944	-0.64771635	0.000147001
16	1455	0.000190253	0.525270758	-0.473	1.355997019	0.000257982	-0.712265582	0.000126548
17	1520	0.000190253	0.548736462	-0.473	1.328253331	0.000252704	-0.728861034	0.000121919
18	2090	0.000190253	0.754512635	-0.473	1.142519806	0.000217367	-0.86204563	0.000091794
19	2275	0.000190253	0.821299639	-0.473	1.097591482	0.00020882	-0.901451488	0.000084777

20	2710	0.000190253	0.97833935	-0.473	1.010411909	0.000192234	-0.98852573	0.000071535
21	4245	0.000190253	1.532490975	-0.473	0.817159401	0.000155467	-1.252289406	0.000044440
22	6020	0.000190253	2.173285199	-0.473	0.692697771	0.000131788	-1.505429814	0.000029247
23	6610	0.000190253	2.386281588	-0.473	0.662731541	0.000126086	-1.581464075	0.000025933
24	8945	0.000190253	3.229241877	-0.473	0.574374866	0.000109276	-1.854795371	0.000017100
25	10625	0.000190253	3.835740072	-0.473	0.529467543	0.000100733	-2.030899873	0.000013218
26	10930	0.000190253	3.945848375	-0.473	0.522426976	0.000099393	-2.061417635	0.000012650
27	12040	0.000190253	4.346570397	-0.473	0.499064413	0.000094948	-2.169218603	0.000010849
28	17490	0.000190253	6.314079422	-0.473	0.418266759	0.000079576	-2.640969534	0.000005673
29	53295	0.000190253	19.2400722	-0.473	0.246927939	0.000046979	-4.750911381	0.000000406

Untuk perhitungan distribusi mesin secara lengkap terdapat pada lampiran 6.

5.8. Perhitungan MTBF

Perhitungan MTBF mencerminkan besarnya *lifetime* suatu mesin atau komponen, sehingga dalam penelitian ini digunakan perhitungan MTBF sebagai penentu keputusan mesin yang akan dianalisis yang didasarkan pada nilai MTBF terkecil.

Rumus yang digunakan disesuaikan dengan distribusi yang mewakili. Berdasarkan uji kecocokan distribusi diperoleh hasil turbin 1, turbin 4, gilingan 4, imc III-IV, imc IV-V mengikuti distribusi lognormal, gilingan 1, gilingan 3 turbin 5, IMC 1-2 mengikuti distribusi weibull dan imc II-III, gilingan II, gilingan 5 mengikuti distribusi eksponensial.

5.8.1. Perhitungan MTBF Distribusi Eksponensial

Nilai laju kegagalan pada distribusi ini diperoleh melalui perbandingan jumlah kerusakan dengan waktu *uptime* mesin. Perhitungan nilai MTBF mengikuti persamaan 3.11. Berikut merupakan contoh perhitungan MTBF distribusi eksponensial pada gilingan II :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kerusakan yang terjadi} &= 11 \\
 \text{Total } \textit{down time} &= 55 \\
 \text{Total } \textit{up time} &= 159005 \\
 \text{Laju kegagalan } (\lambda) &= \frac{\text{jumlah kerusakan yang terjadi}}{\text{total } \textit{up time}} \\
 &= \frac{11}{159005} \\
 &= 0,000069180
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \frac{1}{\lambda} \\
 &= \frac{1}{0,000069180}
 \end{aligned}$$

$$\text{MTBF} = 159005,4529 \text{ menit}$$

$$\text{MTBF} = 2650,0915 \text{ jam}$$

5.8.2. Perhitungan MTBF Distribusi Lognormal

Perhitungan MTBF untuk distribusi Lognormal pada turbin I menggunakan persamaan 3.13 adalah sebagai berikut :

$$MTBF = e^{\mu' + 0,5\sigma T'^2}$$

Keterangan :

μ' = rata-rata ln t

$\sigma T'$ = standar deviasi ln t

$$\begin{aligned} MTBF &= e^{7,79015 + 0,5(2,04174)^2} \\ &= e^{7,79015 + 2,084351114} \\ &= e^{9,874501114} \end{aligned}$$

$$= 19428,59276 \text{ menit}$$

$$= 323,80987 \text{ jam}$$

5.8.3. Perhitungan MTBF Distribusi Weibull

Perhitungan MTBF untuk distribusi weibull menggunakan persamaan 3.15. Untuk perhitungan MTBF Distribusi Weibull menggunakan nilai *scale parameter* (η) adalah 2770 dan *shape parameter* (β) adalah 0,527 yang diperoleh dari pengujian menggunakan Stat::fit untuk masing-masing mesin. Perhitungan MTBF distribusi weibull untuk IMC I-II adalah sebagai berikut :

$$\beta = 0,527$$

$$\eta = 2770$$

$$\begin{aligned} MTBF &= \eta \Gamma(1 + 1/\beta) \\ &= 2770 \Gamma(1 + 1/0,527) \\ &= 2770 (1 + 1,897) \\ &= 2770 (0,95838) \\ &= 2654,7126 \text{ menit} \end{aligned}$$

= 44,24521 jam

Tabel 5.5. Nilai Perbandingan Nilai MTBF

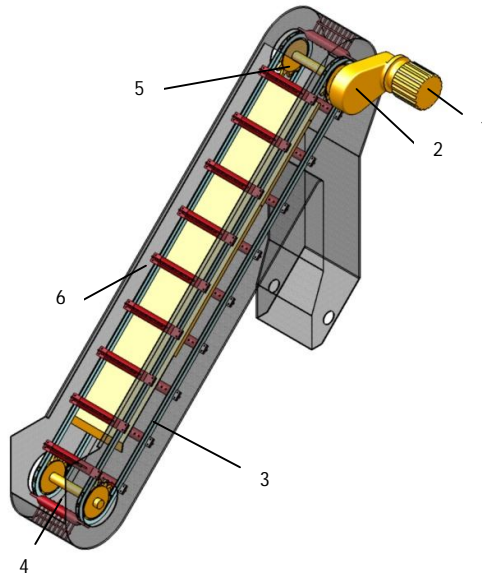
Nama Mesin	MTBF (menit)	MTBF (jam)
Turbin I	19428,59276 menit	323,80987 jam
Turbin IV	3189,296 menit	53,15493 jam
Turbin V	6493,6505 Menit	108,22750 jam
Gilingan I	9355,286 menit	155,9214 jam
Gilingan II	159005,4529 menit	2650,0915 jam
Gilingan III	19827,894 menit	330,4649 jam
Gilingan IV	11256,70537 menit	187,61176 jam
Gilingan V	23186,2551 menit	386,4375 jam
IMC I-II	2654,7126 menit	44,24521 jam
IMC II-III	18183,66667 menit	303,0611111 jam
IMC III-IV	40886,8605 menit	681,447675 jam
IMC IV-V	27475,8621 menit	457,931035 jam

Sesuai hasil perhitungan nilai MTBF, diperoleh hasil nilai MTBF terendah dimiliki oleh IMC I-II yaitu 2654,7126 menit atau 44,24521 jam. IMC I-II diperkirakan mengalami *downtime* atau jarak terjadinya kegagalan sekitar 44,24521 jam. Hal tersebut dianggap kritis karena diperkirakan setiap 2 hari selalu terjadi kegagalan pada mesin tersebut. Berdasarkan nilai tersebut maka IMC I-II dipilih sebagai mesin yang akan dianalisis untuk mengetahui komponen yang sering mengalami kerusakan.

5.9. Kerusakan Komponen Mesin IMC I-II

IMC (*intermediate carier*) atau krepyak tengah adalah suatu krepyak yang digerakkan dengan putaran motor listrik, putaran tersebut diperlambat dengan *gearbox* dan diteruskan untuk memutar roda gigi penggerak krepyak

menggunakan sebuah rantai. IMC berfungsi sebagai pembawa tebu cacah yang diperah antar gilingan mulai gilingan I sampai gilingan V.



Gambar 5.4. Gambar IMC (*intermediate carier*)

Keterangan :

1. Motor penggerak
Motor penggerak berfungsi sebagai penggerak IMC dengan menggunakan motor listrik sebagai penghasil tenaga gerak.
2. Gearbox
Gear box berfungsi sebagai transmisi daya mekanik dari motor listrik dan untuk mengubah gerakan yang dihasilkan motor listrik.
3. Rantai *intermediate carier*
Rantai ini berfungsi sebagai dukungan garu untuk mengangkut atau membawa ampas.
4. Plat pembawa ampas
Plat ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan ampas.

5. Roda gigi

Elemen mesin yang berfungsi meneruskan gaya putar dari sumber penggerak menuju IMC

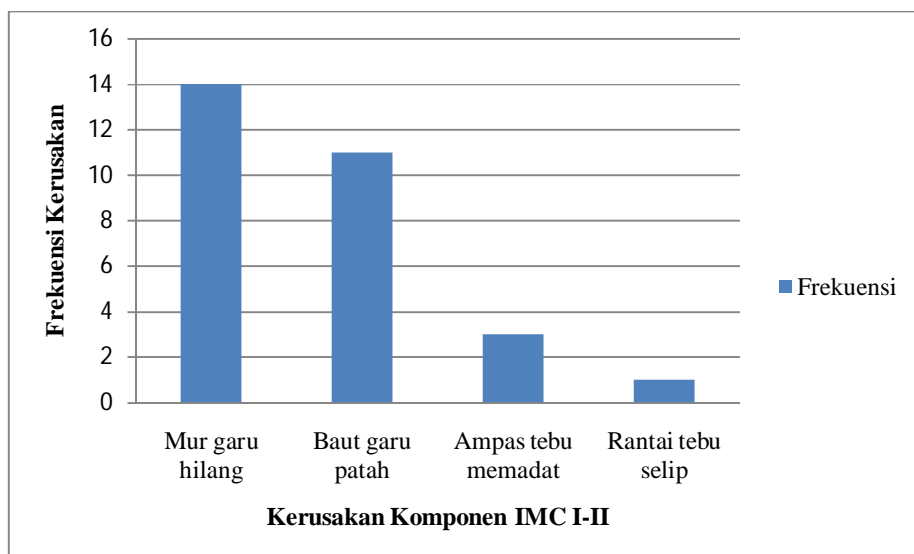
6. Plat samping

Plat ini berfungsi untuk menahan ampas agar tidak jatu kesamping.

Berdasarkan data kerusakan IMC I-II yang diperoleh dari PG-PS Madukismo selama 4 bulan, diperoleh informasi bahwa kerusakan yang paling sering terjadi adalah mur garu hilang dan baut patah seperti yang terlihat pada tabel 5.5. dan gambar 5.3. Mur dan baut merupakan alat pengikat antara garu dan ranatai IMC. Garu tersebut berfungsi sebagai penyapu ampas sepanjang plat pembawa ampas.

Tabel 5.6. Tabel Frekuensi Kerusakan Komponen IMC I-II

Kegagalan Komponen IMC I-II	Frekuensi
Mur garu hilang	14
Baut Patah	11
Ampas tebu memadat	3
Rantai tebu selip	1



Gambar 5.5. Diagram batang kerusakan komponen IMC I-II

5.10. Sistem Pencatatan Kerusakan Di PG-PS Madukismo

Pada PG-PS Madukismo setiap kerusakan yang terjadi dilaporkan oleh operator kepada mandor jaga, jika operator mampu memperbaiki sendiri maka perbaikan dapat dilakukan secara individu dan jika tidak dibantu oleh operator lainnya dan mandor jaga. Setiap kerusakan yang terjadi ditulis pada buku komunikasi milik mandor jaga. Berdasarkan buku komunikasi tersebut terdapat beberapa kelemahan antara lain :

1. Tidak adanya form khusus bagi mekanik atau operator untuk mencatat kerusakan yang terjadi dan perbaikan yang telah dilakukan. Buku komunikasi hanya berupa buku biasa tanpa tabel untuk kerusakan.
2. Terdapat banyak kerusakan yang terjadi yang tidak dicatat penyebabnya secara spesifik.
3. Terdapat banyak kerusakan yang tidak dijelaskan secara spesifik mengenai tindakan perbaikan yang telah dilakukan.
4. Tidak adanya lembar terpisah antara informasi kerusakan, karyawan yang izin peminjaman alat dan sebagainya.

Karena data yang diperoleh kurang cukup mewakili dan pada saat penelitian kerusakan mesin tidak dapat diamati semua, maka dilakukan wawancara terhadap operator mengenai kerusakan yang terjadi.

5.11. Analisis Kegagalan Komponen Dengan FMEA

Setelah mengetahui frekuensi kerusakan komponen IMC I-II maka dilakukan analisis FMEA untuk mengetahui penyebab dan tindakan yang dilakukan untuk mengatasi setiap kerusakan yang terjadi.

5.11.1. Analisis Hilangnya Mur Garu IMC-II

Pada setiap garu terdapat 4 buah mur yang dipasang yaitu dua buah disebelah kanan dan dua buah disebelah kiri. Mur ini harus dapat mengunci baut dan garu agar pada saat garu berjalan garu tidak akan lepas dan dapat menyapu ampas tebu. Prinsip kerja mur adalah mengikat dua obyek bersamaan dan sebagai pengunci untuk mengubah tenaga putaran menjadi gaya linear.

Berdasarkan data kerusakan Mur IMC I-II bulan Mei 2008 sampai Juni 2008 dan Mei 2009-Juni 2009 terdapat 1 fungsi utama, 2 mode kegagalan dan 3 efek yang ditimbulkan seperti yang tertera pada tabel 5.6, dimana kegagalan yang sering terjadi pada mur adalah hilang mur.

5.11.2. Analisis Kerusakan Baut Garu IMC I-II

Kerusakan yang sering terjadi selain pada mur terjadi pada baut garu IMC. Baut yang digunakan adalah baut baja dengan ukuran 14. Baut tersebut berfungsi sebagai pengikat untuk menahan dua obyek secara bersamaan dan untuk mengubah tembaga putaran menjadi gaya linear. Berdasarkan data kerusakan Mur IMC I-II bulan Mei 2008 sampai Juni 2008 dan Mei 2009-Juni 2009 terdapat 1 fungsi utama, 1 kegagalan fungsi, 3 mode kegagalan dan 1 efek kegagalan, hasil FMEA selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.7, dimana kegagalan yang sering terjadi pada baut patah.

Tabel 5.7. Analisa Kegagalan Mur Garu IMC I-II

Komponen	Fungsi	kegagalan Fungsi	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan
Mur Garu IMC	Sebagai pengunci antara baut dan garu	Mur Garu IMC tidak mengunci	Mur Garu Kendor	Mur garu hilang
			Mur Garu hilang	Garu tidak dapat menyapu ampas tebu yang ada pada plat dengan baik
				Ampas menumpuk pada plat ampas

Tabel 5.8. Analisa Kegagalan Baut Garu IMC I-II

Komponen	Fungsi	kegagalan Fungsi	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan
Baut Garu IMC	Sebagai pengikat anantara mur dan garu	Baut garu patah	Pemasangan antara baut dan mur tidak pas	Baut garu patah
			Getaran yang dihasilkan oleh motor listrik terlalu besar	
			Beban tebu yang disapu oleh garu terlalu berat	

5.12. Perawatan Korektif

5.12.1. Tindakan Perbaikan Mur Garu IMC I-II

Pada Mur Garu IMC terdapat kegagalan yang sering terjadi adalah hilang mur. Untuk tindakan perbaikan yang dilakukan pada mur yang hilang adalah mengganti dengan mur baru dan pada saat pemasangan dilakukan pengencangan agar mur tidak mudah lepas.

Langkah yang dilakukan untuk perbaikan pada mur yaitu dimulai dengan mematikan IMC kemudian dilakukan pemasangan mur.

5.12.2. Tindakan Perbaikan Baut Garu IMC I-II

Untuk baut garu IMC terdapat kegagalan yang sering terjadi yaitu kegagalan baut patah. Untuk baut yang patah tindakan yang dilakukan oleh operator adalah mengganti dengan baut baru, dan mengelas baut tersebut.

5.13. Usulan Perbaikan

5.13.1 Perbaikan Form Kerusakan Mesin

Form kerusakan mesin berfungsi untuk memberikan informasi atau laporan mengenai kerusakan mesin yang terjadi, tindakan perbaikan yang dilakukan oleh operator kepada Kabag Instalasi untuk dicatat pada buku besar. Penggunaan form ini akan memudahkan pengidentifikasian kerusakan yang terjadi secara spesifik. Form ini terdiri dari beberapa bagian yang akan diisi oleh operator setelah proses perbaikan mesin, antara lain:

1. Tanggal perbaikan
2. Waktu terjadinya kerusakan mesin
3. Downtime
4. Nama operator yang melakukan tindakan perbaikan
5. Mandor yang bertanggung jawab
6. Mesin atau komponen yang mengalami kerusakan
7. Jenis kerusakan mesin atau penyebab kerusakan mesin
8. Tindakan *corrective maintenance* yang dilakukan, bagian ini menjelaskan tindakan perbaikan yang dilakukan, dengan cara bagaimana tindakan perbaikan itu dilakukan dan pada bagian mana perbaikan tersebut dilakukan

Tabel 5.9. Usulan Form Kerusakan Mesin

Stasiun	:		Tanggal	:	
Mesin	:		Jam rusak	:	
Bagian Mesin	:		<i>Downtime</i>	:	
Kerusakan		Penyebab	Tindakan Perbaikan		
Opertor		Mandor	Masinis	Keterangan	

5.13.2 Usulan Perbaikan Mur Yang Hilang

Untuk kasus baut yang hilang maka tindakan perbaikan yang diusulkan adalah melakukan pengecekan untuk setiap sift, pengencangan pada saat pemasangan dan penggunaan pengaman tambahan seperti *log nut* dan *spring washer*. Untuk persediaan suku cadang mur stasiun gilingan hanya memiliki baut dan mur standar dengan jenis dan ukuran yang biasa digunakan jika terdapat pergantian suku cadang yang tidak dimiliki oleh stasiun gilingan maka dilakukan pemesanan pada bagian bengkel atau jika masih dapat dibuat maka akan dibuat dan jika tidak dilakukan pembelian diluar.

5.13.3 Usulan Perbaikan Baut Patah

Untuk mengatasi baut yang patah usulan perbaikan yang disarankan adalah penggantian ukuran baut menjadi ukuran yang lebih besar dan pada saat pemasangan baut pada mur operator lebih teliti agar pemasangannya tepat. Diharapkan dengan penggunaan baut yang memiliki ukuran lebih besar diameter dan plat yang dimiliki dapat menahan getaran dan beban yang diterima oleh baut. Untuk persediaan suku cadang baut stasiun gilingan hanya memiliki baut standar dengan jenis dan ukuran yang biasa digunakan jika terdapat pergantian suku cadang yang tidak dimiliki oleh stasiun gilingan maka dilakukan pemesanan pada

bagian bengkel atau jika masih dapat dibuat maka akan dibuat dan jika tidak dilakukan pembelian diluar.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

1. Pada stasiun gilingan mesin yang paling kritis adalah IMC I-II dengan *lifetime terendah* sebesar 44,24521 jam
2. Kerusakan pada IMC I-II yang memiliki frekuensi terbesar adalah mur garu hilang, baut garu patah dan mur garu kendur.
3. Usulan perbaikan yang disarankan untuk mur garu yang hilang adalah melakukan pengecekan untuk setiap sift, pengencangan pada saat pemasangan dan penggunaan pengaman tambahan seperti *log nut* dan *spring washer*.
4. Usulan perbaikan yang disarankan untuk baut yang patah adalah penggantian ukuran baut yang diikuti dengan penggantian ukuran mur
5. Diperlukan adanya *form* khusus untuk setiap laporan tindakan korektif yang dilakukan agar setiap kegagalan dapat didefinisikan secara spesifik

6.2. Saran

1. Berdasarkan nilai *lifetime* IMC I-II maka pihak stasiun gilingan sebaiknya segera melakukan tindakan untuk mengatasi kegagalan yang terjadi sehingga tidak mengganggu proses pemerahan di stasiun gilingan.
2. Peenerapan *form* kerusakan mesin sebaiknya segera dilaksanakan dan disosialisasikan pada operator dan mandor agar setiap kegagalan yang terjadi dapat didefinisikan secara spesifik sehingga dapat ditentukan perawatan yang tepat

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, *Pabrik gula Riwayatmu Kini*, *www.kompas.com*, Diakses pada tanggal 28 Februari 2009.
- Anonim, 2007, *Modul Praktikum Simulasi*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri. Yogyakarta,
- Astuti, Tri, 2004, *Analisa Mode Kegagalan Dan Efeknya Pada Proses Produksi ICU-ICCU Electric Bed dan Usulan Tindakan Perawatan Untuk Meminimalkan Munculnya Kegagalan Menggunakan Konsep RCM (Studi Kasus PT. Mega Andalan Kalasan)*, Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Ebeling, C., 1997, *An Introduction and Mainability Engineering*, Mc Graw Hill. New York.
- Gopalakrishan, P., dan Benerji, A.K., 1997, *Maintenance and Spare Parts Management*, Prentice Hall. India.
- Hutabarat, B.S.M., 1998, *Konsep Dasar Pengembangan Industri Gula Nasional*, Majalah Gula Indonesia, Vol XXIII/4.
- Moubray, J., 1997, *Reliability Centered Maintenance*, second edition, Industrial Press, Inc., New York.
- ReliaSoft., 2000, *Life Data Analysis Reference*, Reliasoft Corporation, Arizona
- Sirait, Daniel, 2009, *Evaluasi Perawatan Lift Menggunakan Konsep Reliability Centered Maintenance*, Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Walpole, R., E, Mayers, Raymond, H.H., dan Haron, L., 1998, *Probability and Statistical for engineer and Scientist*, 6th Edition, Prentice Hall International Inc., USA.
- Wireman, T, 1990, *World Class Maintenance Manajemen*, Iindustrial Press, New York.

Lampiran 1

Data Kerusakan Mesin

Data Kerusakan Mesin (Mei-September 2008 – Mei-Juni 2009)

Bulan	Tahun	Lama Down Time Tiap Mesin (Menit)					
		Turbin I	Turbin IV	Turbin V	Gilingan I	Gilingan II	Gilingan III
Mei	2008	5	5	5	5	5	5
		5	5	5	5	5	
		5	5	5	5		
		5	5	5	5		
		5		5			
		5		5			
		5		5			
		5		5			
				5			
Juni	2008				5	5	10
						5	5
						5	5
						5	
						5	
Juli	2008				5	5	5
					5	5	
					5	5	

Mei	2008			5			
				5			
				5			
				15			
Juni	2008	5	5	10	5	10	10
		10		5			5
		5		10			
				15			
				5			
				15			
Juli	2008		5	5	10	5	20
			5	10	20	10	
						50	
						10	
						10	
						10	
						15	
Agustus	2008	5	5		5	5	5
		5	5		5	5	20
					5		5
September	2008		5		5		10
			10				10
Mei	2009	5	5		10	10	5
		5	5		5	10	
		5			5		
					10		
Juni	2009		5	10	30	10	
					5	5	
Total		65	55	215	140	170	95
N		12	10	29	15	15	10

Lampiran 2

Data Interval Kerusakan Mesin

Data Kerusakan Interval Mesin
(Mei-September 2008 – Mei-Juni 2009)

1. Turbin I

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	195
2	1110
3	385
4	5740
5	2370
6	200
7	3115
8	12040
9	148530
10	5380

2. Turbin IV

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	285
2	705
3	25
4	30
5	2350
6	145
7	145
8	17605
9	210
10	2510

3. Turbin V

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	1765
2	5655
3	590
4	5245
5	8255
6	7990
7	10375
8	20
9	10
10	90505
11	55

4. Gilingan I

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	2170
2	5840
3	1380
4	12980
5	15795
6	22545
7	17350
8	3660
9	4205
10	13455
11	15825
12	9140
13	860
14	9205
15	625
16	3245
17	4525

5. Gilingan II

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	13655
2	12835
3	17995
4	8815
5	8965
6	3335
7	16825
8	7415
9	8930
10	15010
11	55675

6. Gilingan III

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	16170
2	91320
3	2950
4	10515
5	15530
6	11505
7	55
8	60
9	182415
10	140

7. Gilingan IV

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	11310
2	22215
3	7140
4	85
5	3485
6	18805
7	20
8	109455
9	50
10	2775
11	15
12	250

8. Gilingan V

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	83200
2	6090
3	23800
4	26140
5	24240
6	11910
7	9515
8	190
9	36410
10	11370

9. IMC I-II

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	340
2	1520
3	550
4	2090
5	825
6	685
7	1100
8	6020
9	12040
10	75
11	95
12	20
13	110
14	100
15	1215
16	1455
17	35
18	70
19	90
20	8945
21	4245
22	2710
23	6610
24	10930
25	60
26	17490
27	10625
28	2275
29	53295

10. IMC II-III

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	13085
2	5395
3	30530
4	57660
5	8405
6	27835
7	7100
8	21165
9	8330
10	19325
11	5735
12	12745
13	1010
14	7140
15	5915

11. IMC III-IV

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	37690
2	3935
3	46455
4	2855
5	1405
6	20
7	9830
8	4485
9	8395
10	36055
11	11075
12	31815
13	8455
14	12985
15	620

12. IMC IV-V

Pengamatan	Interval waktu kerusakan (menit)
1	37570
2	3935
3	15900
4	73570
5	35795
6	6705
7	13610
8	3095
9	13155
10	40280

Lampiran 3

Perhitungan Kecukupan Data

Perhitungan Kecukupan Data

1. Uji Kecukupan Data Turbin I

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	40	40940	0.00098
2	September 09	27915	10	27905	0.00036

$$p = \frac{0,00098 + 0,00036}{2}$$

$$= 0,00067$$

$$q = 1 - p$$

$$q = 1 - 0,00067$$

$$q = 0,99933$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,00067)(0,99933)}{0,02^2}$$

$$n = 6,43036$$

Mengacu pada data historis kerusakan turbin I yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 10 data kerusakan pada turbin I maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

2. Uji Kecukupan Data Turbin IV

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	20	40960	0.00049
2	Mei 09	41280	30	41250	0.00073

$$p = \frac{0,00049 + 0,00073}{2}$$

$$= 0,00061$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00061$$

$$= 0,99939$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,00061)(0,99939)}{0,02^2}$$

$$n = 5,85486$$

Mengacu pada data historis kerusakan turbin IV yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 10 data kerusakan pada turbin IV maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

3. Uji Kecukupan Data Turbin V

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	45	40935	0.00110
2	Agustus 08	44640	10	44630	0.00022

$$p = \frac{0.00110 + 0.00022}{2}$$

$$= 0.00066$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0.00066$$

$$= 0.99934$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0.00066)(0.99934)}{(0,02)^2}$$

$$n = 6.33445$$

Mengacu pada data historis kerusakan turbin V yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 11 data kerusakan pada turbin V maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

4. Uji Kecukupan Data Gilingan I

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	20	40960	0.00049
2	Juni 08	43200	5	43195	0.00012
3	Juli 08	44640	15	44625	0.00034
4	Agustus 08	44640	25	44615	0.00056
5	September 09	27915	20	27895	0.00072

$$p = \frac{0,00049 + 0,00012 + 0,00034 + 0,00056 + 0,00072}{5}$$

$$= 0,00044$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,000320$$

$$= 0,99956$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00044) (0,99956)}{0,02^2}$$

$$= 4,22390$$

Mengacu pada data historis kerusakan Gilingan I yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 17 data kerusakan pada gilingan I maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

5. Uji Kecukupan Data Gilingan II

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	Up time	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	10	40970	0.00024
2	Juni 08	43200	25	43175	0.00058
3	Juli 08	44640	15	44625	0.00034
4	Juni 09	30240	5	30235	0.00017

$$p = \frac{0,00024 + 0,00058 + 0,00034 + 0,00017}{4}$$

$$= 0,00033$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00033$$

$$= 0,99967$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00033)(0,99967)}{0,02^2}$$

$$= 3,16827$$

Mengacu pada data historis kerusakan Gilingan II yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 11 data kerusakan pada gilingan II maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

6. Uji Kecukupan Data Gilingan III

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	5	40975	0.00012
2	Juni 08	43200	20	43180	0.00046
3	Juli 08	44640	5	44635	0.00011
4	Agustus 08	44640	15	44625	0.00034
5	Sepember 09	27915	10	27905	0.00036

$$p = \frac{0,00012 + 0,00046 + 0,00011 + 0,00034 + 0,00036}{5}$$

$$= 0,00028$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00028$$

$$= 0,99972$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00028)(0,99972)}{0,02^2}$$

$$= 2,68836$$

Mengacu pada data historis kerusakan Gilingan III yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 10 data kerusakan pada gilingan III maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

7. Uji Kecukupan Data Gilingan IV

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	20	40960	0.00049
2	Juni 08	43200	20	43180	0.00046
3	Agustus 08	44640	10	44630	0.00022
4	Mei 09	41280	15	41265	0.00036

$$p = \frac{0,00049 + 0,00046 + 0,00022 + 0,00036}{4}$$

$$= 0,00038$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00038$$

$$= 0,99962$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00038) (0,99962)}{0,02^2}$$

$$= 3,64813$$

Mengacu pada data historis kerusakan Gilingan IV yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 12 data kerusakan pada gilingan IV maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

8. Uji Kecukupan Data Gilingan V

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Juni 08	43200	5	43195	0,00012
2	Juli 08	44640	10	44630	0.00022
3	Agustus 08	44640	10	44630	0.00022
4	Sepember 09	27915	15	27900	0.00054
5	Mei 09	41280	10	41270	0.00024
6	Juni 09	30240	5	30235	0.00017

$$p = \frac{0,00012 + 0,00022 + 0,00022 + 0,00054 + 0.00024 + 0.00017}{6}$$

$$= 0,00025$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00025$$

$$= 0,99975$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00025)(0,99975)}{0,02^2}$$

$$= 2,40039$$

Mengacu pada data historis kerusakan Gilingan V yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 10 data kerusakan pada gilingan V maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

9. Uji Kecukupan Data IMC I-II

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	130	40850	0.00318
2	Juni 08	43200	60	43140	0.00139
3	Juli 08	44640	15	44625	0.00034
4	Juni 09	30240	10	30230	0.00033

$$p = \frac{0,00318 + 0,00139 + 0,00034 + 0,00033}{4}$$

$$= 0,00131$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00131$$

$$= 0,99869$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00131) (0,99869)}{0,02^2}$$

$$= 712,56475 > N$$

Mengacu pada data historis kerusakan IMC I-II yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 29 data kerusakan pada IMC I-II maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

10. Uji Kecukupan Data IMC II-III

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	20	40960	0.00049
2	Juni 08	43200	5	43195	0.00012
3	Juli 08	44640	30	44610	0.00067
4	Agustus 08	44640	15	44625	0.00034
5	Sepember 09	27915	5	27910	0.00018
6	Mei 09	41280	30	41250	0.00073
7	Juni 09	30240	35	30205	0.00116

$$p = \frac{0,00049 + 0,00012 + 0,00067 + 0,00034 + 0,00018 + 0,00073 + 0,00116}{7}$$

$$= 0,00053$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00053$$

$$= 0,99947$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00053) (0,99947)}{0,02^2}$$

$$= 5,08742$$

Mengacu pada data historis kerusakan IMC II-III yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 15 data kerusakan pada IMC II-III maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

11. Uji Kecukupan Data IMC III-IV

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	5	40975	0.00012
2	Juni 08	43200	10	43190	0.00023
3	Juli 08	44640	110	44530	0.00247
4	Agustus 08	44640	10	44630	0.00022
5	Mei 09	41280	20	41260	0.00048
6	Juni 09	30240	15	30225	0.00050

$$p = \frac{0,00012 + 0,00023 + 0,00247 + 0,00022 + 0,00048 + 0,00050}{6}$$

$$= 0,00067$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0,00067$$

$$= 0,99933$$

pengujian data dilakukan dengan menggunakan nilai $z = 1,96$, dengan *confident level* 95% dan batas ketelitian $e = 2\%$ atau 0,02, sehingga jumlah data minimal adalah :

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00067) (0,99933)}{0,02^2}$$

$$= 6,43036$$

Mengacu pada data historis kerusakan IMC III-IV yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 15 data kerusakan pada IMC III-IV maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

12. Uji Kecukupan Data IMC IV-V

No	Bulan	<i>Operating time</i> (menit)	<i>Down Time</i> (menit)	<i>Up time</i>	Proporsi Mesin Gagal
1	Mei 08	40980	5	40975	0.00012
2	Juni 08	43200	15	43185	0.00035
3	Juli 08	44640	20	44620	0.00045
4	Agustus 08	44640	30	44610	0.00067
5	Sepember 09	27915	20	27895	0.00072
6	Mei 09	41280	5	41275	0,00012

$$p = \frac{0,00012 + 0,00035 + 0,00045 + 0,00067 + 0,00072 + 0,00012}{6}$$

$$= 0.00040$$

$$q = 1 - p$$

$$= 1 - 0.00040$$

$$= 0,99960$$

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pq}{e^2}$$

$$= \frac{(1,96)^2 (0,00040) (0,99960)}{0,02^2}$$

$$= 3,84006$$

Mengacu pada data historis kerusakan IMC IV-V yang digunakan selama 7 bualan (272895 menit) diketahui terdapat 10 data kerusakan pada IMC IV-V maka secara statistik jumlah sampel dapat mewakili kondisi populasi.

Lampiran 4

Perhitungan Uji Secara Statistik

Perhitungan Uji Secara Statistik

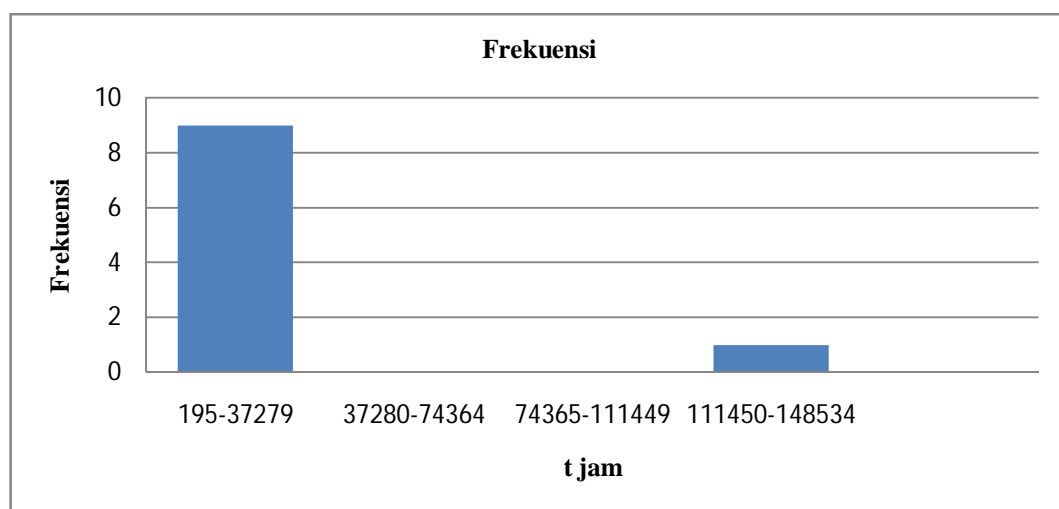
1. Turbin I

$$\begin{aligned} R &= \text{interval kerusakan terbesar} - \text{interval kerusakan terkecil} \\ &= 148530 - 195 \\ &= 148335 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\ &= 1 + 3,322 \log(10) \\ &= 1 + 3,322 (1) \\ &= 4,322 \\ &= 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar interval kelas} &= \frac{R}{1 + 3,322 \log n} \\ &= \frac{148335}{4} \\ &= 37083,75 \\ &= 37084 \end{aligned}$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	195	37279	9
2	37280	74364	0
3	74365	111449	0
4	111450	148534	1



2. Turbin IV

$R = \text{interval kerusakan terbesar} - \text{interval kerusakan terkecil}$

$$= 17605 - 25$$

$$= 17580$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(10)$$

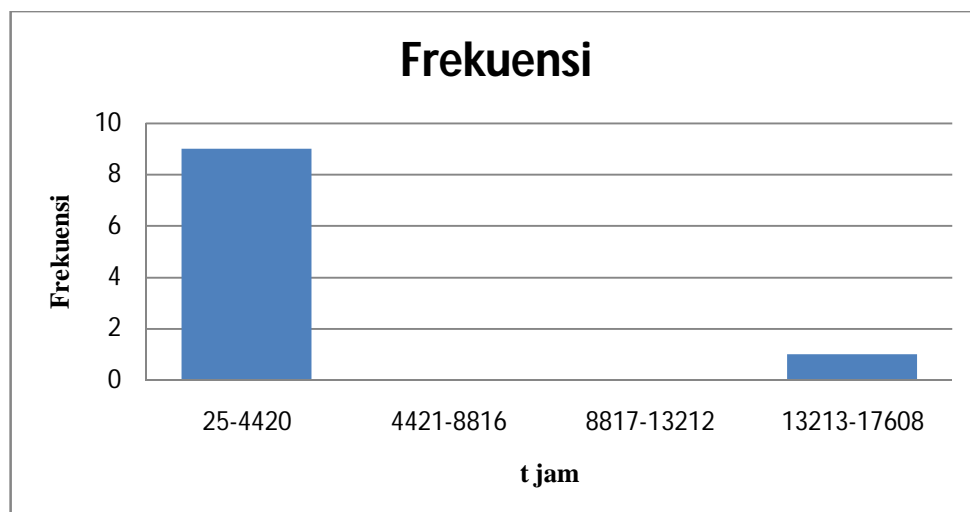
$$= 1 + 3,322 (1)$$

$$= 4,322$$

$$= 4$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar interval kelas} &= \frac{R}{1 + 3,32 \log n} \\ &= \frac{17580}{4} \\ &= 4395 \end{aligned}$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	25	4420	9
2	4421	8816	0
3	8817	13212	0
4	13213	17608	1



3. Turbin V

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 90505-10$$

$$= 90495$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(11)$$

$$= 1 + 3,322 (1,041392685)$$

$$= 1 + 3,4595065$$

$$= 4.4595065$$

$$= 4$$

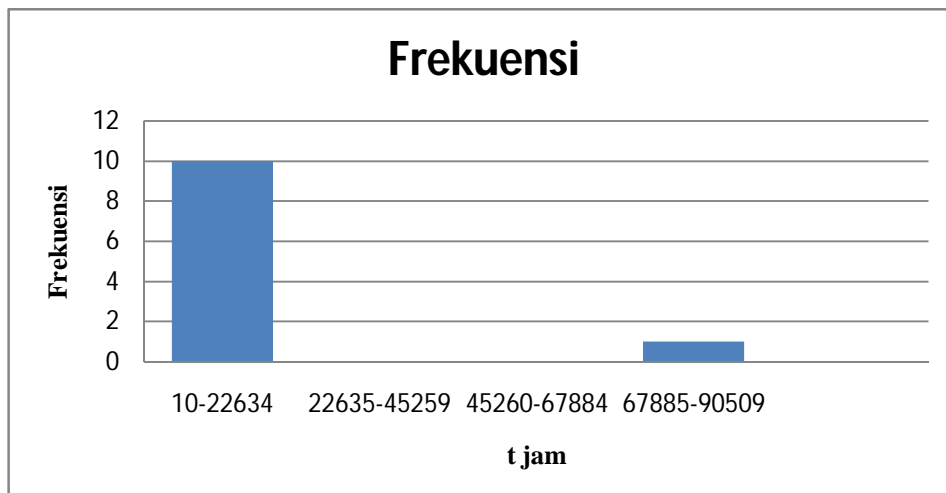
$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3.32 \log n}$$

$$= \frac{90495}{4}$$

$$= 22623,75$$

$$= 22624$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	10	22634	10
2	22635	45259	0
3	45260	67884	0
4	67885	90509	1



4. Gilingan I

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 22545 - 625$$

$$= 21920$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(17)$$

$$= 1 + 3,322 (1,230448921)$$

$$= 1 + 4,087551317$$

$$= 5,087551317$$

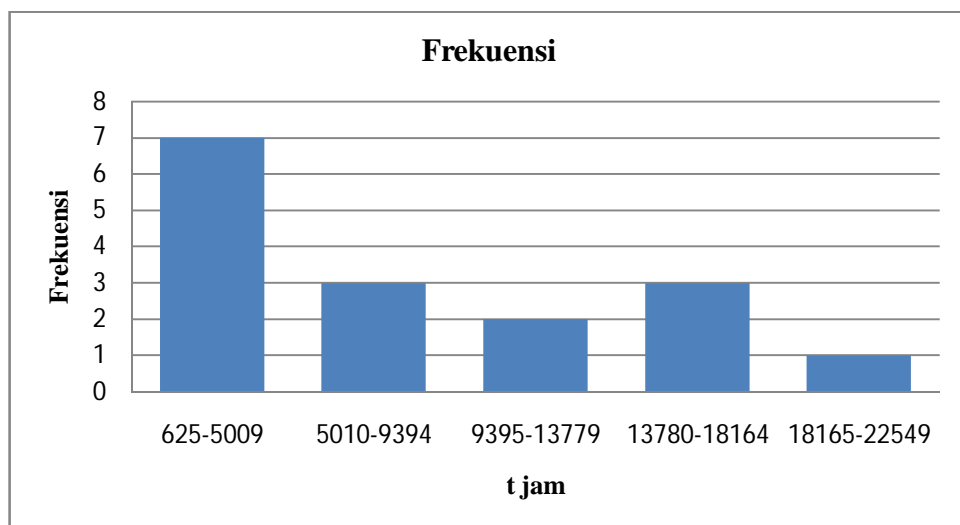
$$= 5$$

$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{21920}{5}$$

$$= 4384$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	625	5009	7
2	5010	9394	3
3	9395	13779	2
4	13780	18164	3
5	18165	22549	1



5. Gilingan II

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 55675 - 3335$$

$$= 52340$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(11)$$

$$= 1 + 3,322 (1,041392685)$$

$$= 1 + 3,4595065$$

$$= 4,4595065$$

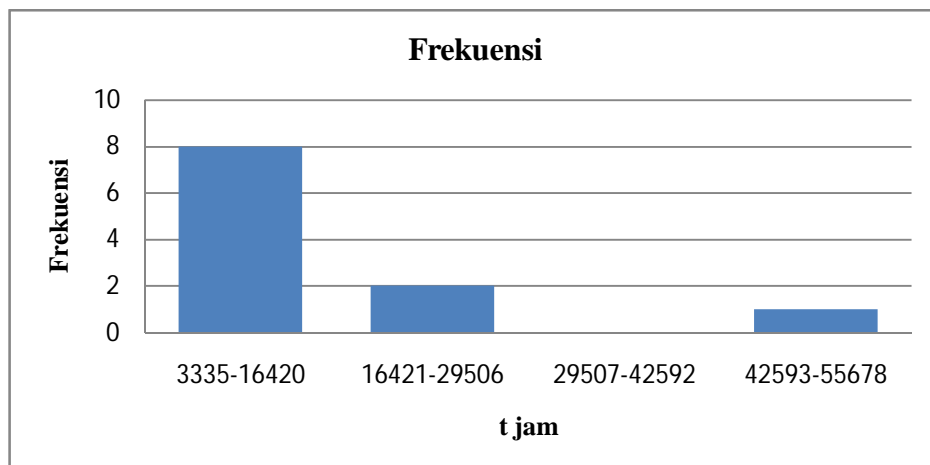
$$= 4$$

$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{52340}{4}$$

$$= 13085$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	3335	16420	8
2	16421	29506	2
3	29507	42592	0
4	42593	55678	1



6. Gilingan III

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 182415 - 55$$

$$= 182360$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(10)$$

$$= 1 + 3,322 (1)$$

$$= 1 + 3,322$$

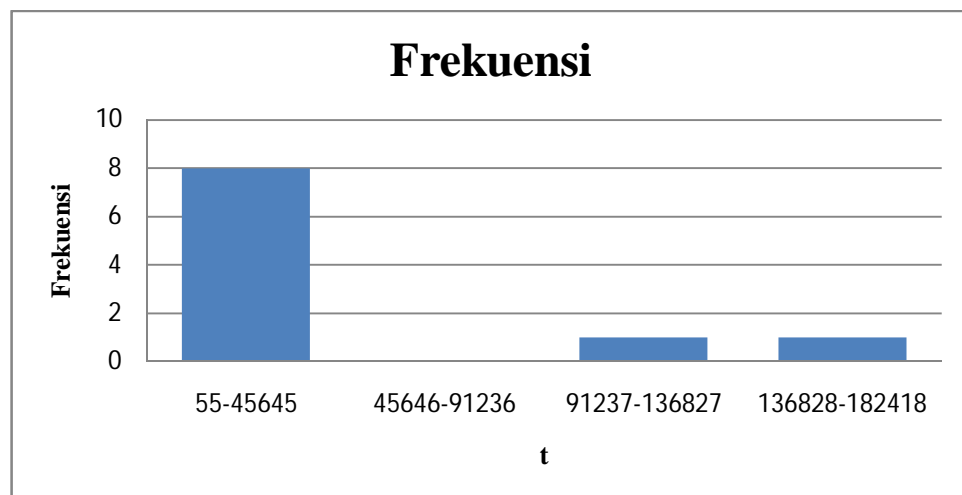
$$= 4,322$$

$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{182360}{4}$$

$$= 45590$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	55	45645	8
2	45646	91236	0
3	91237	136827	1
4	136828	182418	1



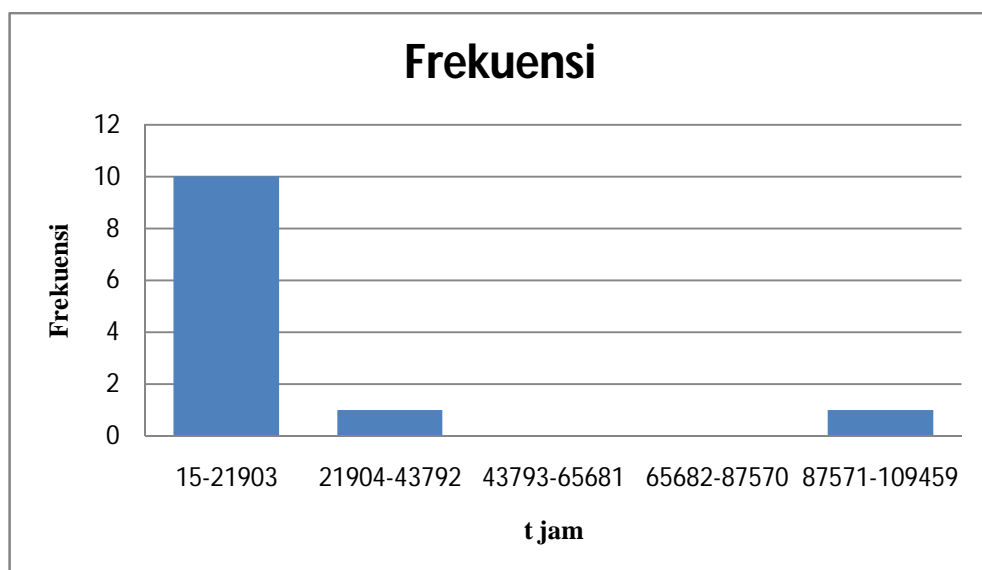
7. Gilingan IV

$$\begin{aligned} R &= \text{interval kerusakan terbesar} - \text{interval kerusakan terkecil} \\ &= 109455 - 15 \\ &= 109440 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\ &= 1 + 3,322 \log(12) \\ &= 1 + 3,322 (1,079181246) \\ &= 1 + 3,585040099 \\ &= 4,585040099 \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar interval kelas} &= \frac{R}{1 + 3,32 \log n} \\ &= \frac{109440}{5} \\ &= 21888 \end{aligned}$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	15	21903	10
2	21904	43792	1
3	43793	65681	0
4	65682	87570	0
5	87571	109459	1



8. Gilingan V

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 83200 - 190$$

$$= 83010$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(10)$$

$$= 1 + 3,322 (1)$$

$$= 1 + 3,322$$

$$= 4,322$$

$$= 4$$

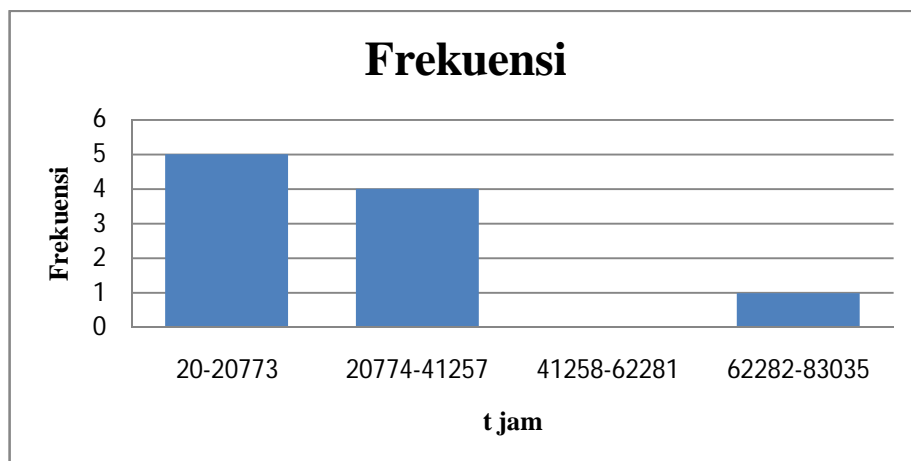
$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{83010}{4}$$

$$= 20752,5$$

$$= 20753$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	20	20773	5
2	20774	41527	4
3	41528	62281	0
4	62282	83035	1



9. IMC I-II

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 53295 - 20$$

$$= 53275$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(29)$$

$$= 1 + 3,322 (1,462397998)$$

$$= 1 + 4,858086149$$

$$= 5,85086149$$

$$= 6$$

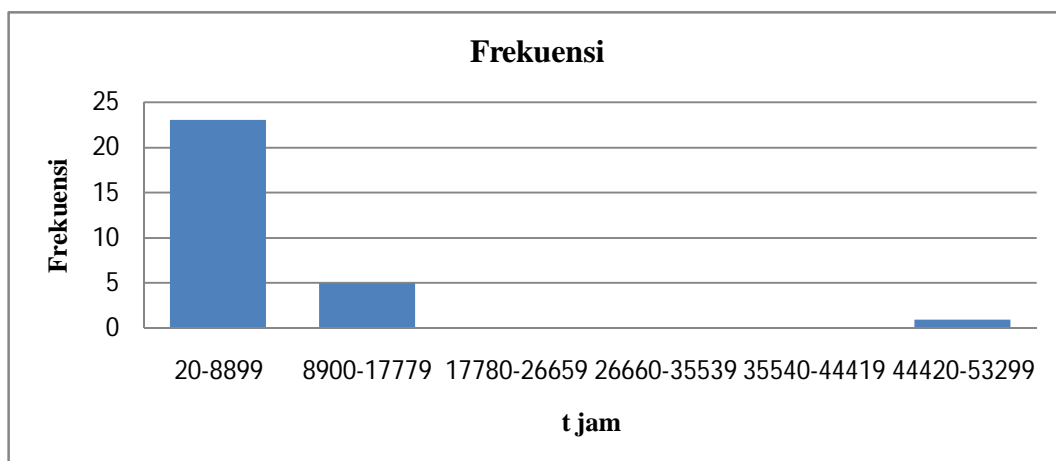
$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{53275}{6}$$

$$= 8879,16$$

$$= 8879$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	20	8899	23
2	8900	17779	5
3	17780	26659	0
4	26660	35539	0
5	35540	44419	0
6	44420	53299	1



10. IMC II-III

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 57660 - 1010$$

$$= 56650$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(15)$$

$$= 1 + 3,322 (1,176091259)$$

$$= 1 + 3,906975162$$

$$= 4,906975162$$

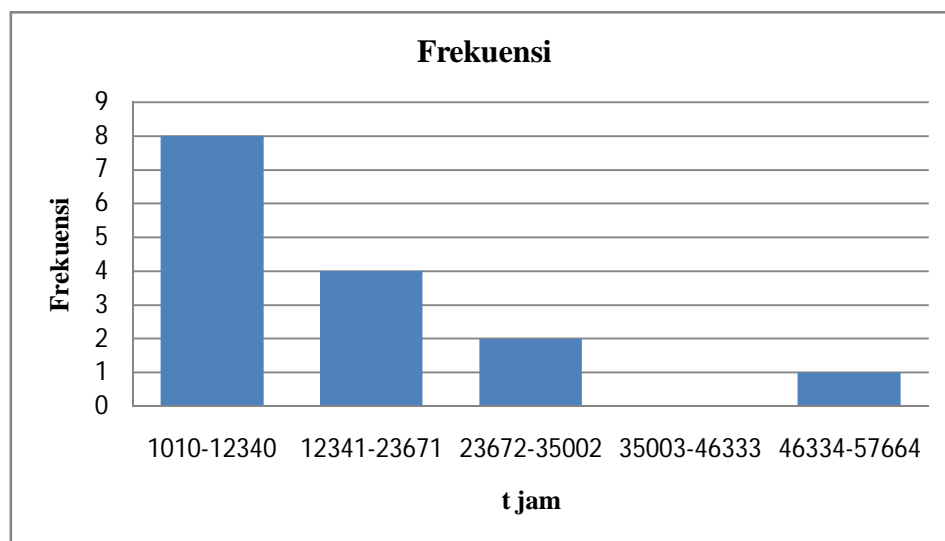
$$= 5$$

$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{56650}{5}$$

$$= 11330$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	1010	12340	8
2	12341	23671	4
3	23672	35002	2
4	35003	46333	0
5	46334	57664	1



11. IMC III-IV

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 46455 - 20$$

$$= 46435$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(15)$$

$$= 1 + 3,322 (1,176091259)$$

$$= 1 + 3,906975162$$

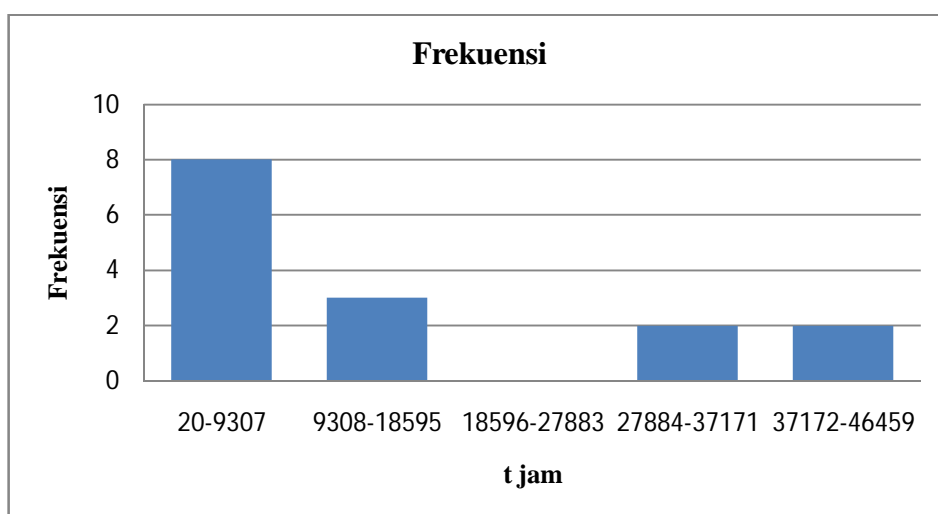
$$= 4,906975162$$

$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{46435}{5}$$

$$= 9287$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	20	9307	8
2	9308	18595	3
3	18596	27883	0
4	27884	37171	2
5	37172	46459	2



12. IMC IV-V

R = interval kerusakan terbesar – interval kerusakan terkecil

$$= 73570 - 3095$$

$$= 70475$$

Jumlah kelas = $1 + 3,322 \log n$

$$= 1 + 3,322 \log(10)$$

$$= 1 + 3,322 (1)$$

$$= 1 + 3,322$$

$$= 4,322$$

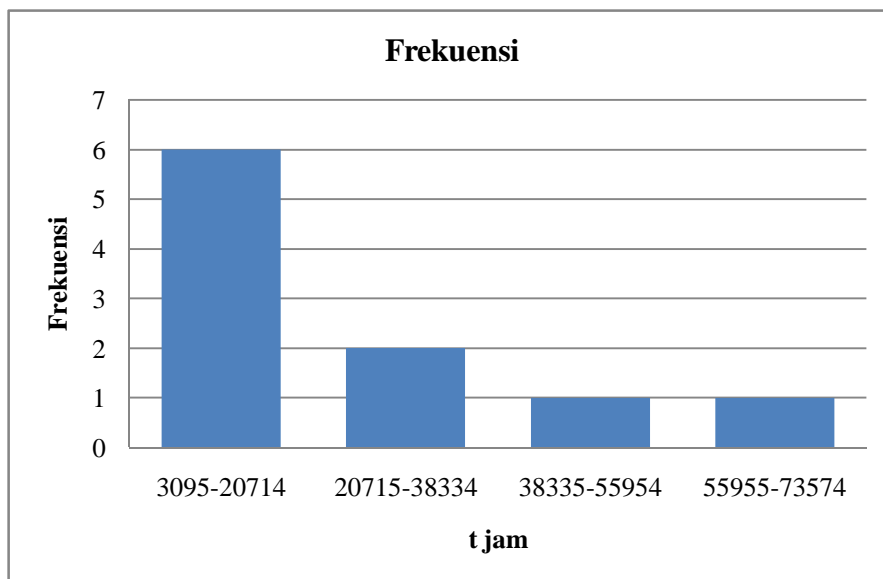
$$\text{Lebar interval kelas} = \frac{R}{1 + 3,32 \log n}$$

$$= \frac{70475}{4}$$

$$= 17618,75$$

$$= 17619$$

No	Nilai awal kelas	Nilai akhir kelas	Frekuensi
1	3095	20714	6
2	20715	38334	2
3	38335	55954	1
4	55955	73574	1



Lampiran 5

Output Promodel

Gilingan I



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Weibull(625, 1.14, 8.62e+03)	92	accept
Log-Logistic(625, 1.54, 5.76e+03)	87.3	accept
Lognormal(625, 8.52, 1.21)	86.4	accept
Erlang(625, 1, 7.78e+03)	84.4	accept
Exponential(625, 7.78e+03)	84.4	accept
Pearson 6(625, 6.26e+05, 1.26, 100)	82.7	accept
Gamma(625, 1.28, 6.09e+03)	75.4	accept
Beta(625, 2.25e+04, 0.428, 0.74)	75	accept
Triangular(624, 2.55e+04, 624)	53.4	accept
Pearson 5(625, 0.642, 1.24e+03)	33.4	accept
Inverse Gaussian(625, 2.56e+03, 7.78e+03)	12.1	accept
Pareto(625, 0.463)	1.97	accept
Uniform(625, 2.25e+04)	0.949	accept



Weibull

minimum = 625 [fixed]
 alpha = 1.13572
 beta = 8618.34

Chi Squared

total classes = 6
 interval type = equal probable
 net bins = 3
 chi**2 = 0.824
 degrees of freedom = 2
 alpha = 0.05
 chi**2(2,0.05) = 5.99
 p-value = 0.662
 result = DO NOT REJECT

Kolmogorov-Smirnov

data points = 17
 ks stat = 0.137
 alpha = 0.05
 ks stat(17,0.05) = 0.318
 p-value = 0.867
 result = DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points = 16
 ad stat = 2.42
 alpha = 0.05
 ad stat(0.05) = 2.49
 p-value = 0.0544
 result = DO NOT REJECT

Gilingan II



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Exponential(3.34e+03, 1.21e+04)	91.4	accept
Log-Logistic(3.34e+03, 2.66, 9.16e+03)	72.1	accept
Lognormal(3.34e+03, 9.19, 0.695)	60.3	accept
Pearson 5(3.34e+03, 2.77, 2.24e+04)	59.3	accept
Inverse Gaussian(3.34e+03, 2.47e+04, 1.21e+04)	46.2	accept
Weibull(3.34e+03, 1.22, 1.44e+04)	35.7	accept
Gamma(3.34e+03, 2.58, 4.68e+03)	29.3	accept
Erlang(3.34e+03, 3, 4.02e+03)	16.9	accept
Pearson 6(3.34e+03, 2.02e+04, 0.5, 0.977)	13.4	accept
Pareto(3.34e+03, 0.779)	4.39	accept
Triangular(3.33e+03, 6.15e+04, 3.33e+03)	0.101	reject
Beta(3.34e+03, 6.26e+04, 0.138, 0.903)	0.00129	reject
Uniform(3.34e+03, 5.57e+04)	9.24e-05	reject



Exponential

minimum = 3335 [fixed]
beta = 12070

Chi Squared

too few intervals for chi squared test

Kolmogorov-Smirnov

data points 11
ks stat 0.206
alpha 0.05
ks stat(11,0.05) 0.391
p-value 0.668
result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points 10
ad stat 2.32
alpha 0.05
ad stat(0.05) 2.49
p-value 0.0616
result DO NOT REJECT

Gilingan III



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Weibull(55, 0.448, 1.77e+04)	96.7	accept
Gamma(55, 0.336, 9.83e+04)	94.5	accept
Lognormal(55, 8.39, 3.16)	93.9	accept
Pearson 6(55, 8.98e+03, 0.588, 0.59)	60.4	accept
Beta(55, 1.96e+05, 0.109, 0.499)	31.1	accept
Pearson 5(55, 0.163, 6.93)	22.1	accept
Pareto(55, 0.236)	18.5	accept
Exponential(55, 3.3e+04)	1.34	reject
Erlang(55, 1, 3.3e+04)	1.34	reject
Triangular(54, 2.04e+05, 54)	0.00015	reject
Uniform(55, 1.82e+05)	3.21e-06	reject
Log-Logistic(55, 1e-06, 4.57e+03)	0	reject
Inverse Gaussian(55, 42.4, 3.3e+04)	0	reject

Weibull

minimum = 55 [fixed]
alpha = 0.447931
beta = 17710.9

Chi Squared

too few intervals for chi squared test

Kolmogorov-Smirnov

data points 10
ks stat 0.213
alpha 0.05
ks stat(10,0.05) 0.409
p-value 0.683
result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points 9
ad stat 2.49
alpha 0.05
ad stat(0.05) 2.49
p-value 0.05
result DO NOT REJECT

Gilingan IV



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(15, 7.33, 3)	96.7	accept
Weibull(15, 0.418, 6.24e+03)	91.1	accept
Gamma(15, 0.304, 4.81e+04)	87.6	accept
Pearson 6(15, 1.07e+04, 0.388, 0.792)	71	accept
Pearson 5(15, 0.207, 9.18)	37.8	accept
Pareto(15, 0.227)	23.3	accept
Beta(15, 1.25e+05, 0.0731, 0.575)	1.01	accept
Exponential(15, 1.46e+04)	0.606	reject
Erlang(15, 1, 1.46e+04)	0.606	reject
Inverse Gaussian(15, 44.5, 1.46e+04)	0.0033	reject
Log-Logistic(15, 1e-06, 1.43e+03)	0	reject
Triangular(14, 1.19e+05, 14)	0	reject
Uniform(15, 1.09e+05)	0	reject



Lognormal

minimum = 15 [fixed]
mu = 7.32757
sigma = 3.00173

Chi Squared

too few intervals for chi squared test

Kolmogorov-Smirnov

data points 12
ks stat 0.181
alpha 0.05
ks stat(12,0.05) 0.375
p-value 0.765
result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points 11
ad stat 2.46
alpha 0.05
ad stat(0.05) 2.49
p-value 0.0522
result DO NOT REJECT

Gilingan V



Auto:Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Exponential(190, 2.31e+04)	100	accept
Pearson 5(190, 2.09, 3.07e+04)	68.4	accept
Weibull(190, 1.3, 2.8e+04)	57.7	accept
Inverse Gaussian(190, 4.02e+04, 2.31e+04)	55.1	accept
Lognormal(190, 9.85, 0.759)	54.6	accept
Log-Logistic(190, 2.47, 1.85e+04)	45.3	accept
Pearson 6(190, 4.01e+04, 0.5, 0.977)	31.4	accept
Gamma(190, 2.7, 8.55e+03)	24.2	accept
Erlang(190, 3, 7.7e+03)	17	accept
Triangular(189, 9.45e+04, 189)	5.99	accept
Beta(190, 1.01e+05, 0.31, 1.38)	2.17	accept
Pareto(190, 0.241)	0.284	reject
Uniform(190, 8.32e+04)	0.0502	reject



Exponential

minimum = 190 [fixed]
beta = 23096.5

Chi Squared

too few intervals for chi squared test

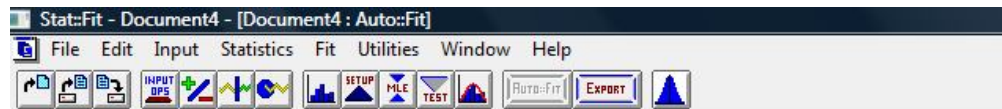
Kolmogorov-Smirnov

data points 10
ks stat 0.14
alpha 0.05
ks stat(10,0.05) 0.409
p-value 0.974
result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

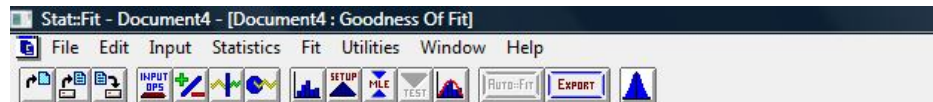
data points 9
ad stat 1.96
alpha 0.05
ad stat(0.05) 2.49
p-value 0.0968
result DO NOT REJECT

IMC I-II



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Weibull[20, 0.527, 2.77e+03]	92.2	accept
Gamma[20, 0.4, 1.25e+04]	90.6	accept
Lognormal[20, 6.87, 2.16]	65.2	accept
Log-Logistic[20, 0.769, 1.05e+03]	58.3	accept
Pearson 6[20, 1.12e+03, 0.759, 0.881]	40.1	accept
Pearson 5[20, 0.353, 50.9]	29.1	accept
Pareto[20, 0.26]	3.01	accept
Inverse Gaussian[20, 148, 5e+03]	0.107	reject
Exponential[20, 5e+03]	0.0242	reject
Erlang[20, 1, 5e+03]	0.0242	reject
Triangular[19, 5.53e+04, 19]	0	reject
Uniform[20, 5.33e+04]	0	reject
Beta[20, 7.53e+04, 0.0894, 1.59]	0	reject



Weibull

minimum = 20 [fixed]
alpha = 0.526557
beta = 2770.28

Chi Squared

total classes 6
interval type equal probable
net bins 5
chi**2 3.93
degrees of freedom 4
alpha 0.05
chi**2(4,0.05) 9.49
p-value 0.415
result DO NOT REJECT

Kolmogorov-Smirnov

data points 29
ks stat 0.159
alpha 0.05
ks stat(29,0.05) 0.246
p-value 0.416
result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points 28
ad stat 2.32
alpha 0.05
ad stat(0.05) 2.49
p-value 0.0618
result DO NOT REJECT

IMC II-III



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Exponential(1.01e+03, 1.44e+04)	100	accept
Log-Logistic(1.01e+03, 2.17, 1.05e+04)	74	accept
Pearson 5(1.01e+03, 2.17, 1.89e+04)	73.5	accept
Weibull(1.01e+03, 1.25, 1.67e+04)	56.2	accept
Lognormal(1.01e+03, 9.32, 0.771)	52.8	accept
Inverse Gaussian(1.01e+03, 2.21e+04, 1.44e+04)	50.4	accept
Erlang(1.01e+03, 2, 7.21e+03)	30.9	accept
Gamma(1.01e+03, 2.13, 6.78e+03)	23.5	accept
Pearson 6(1.01e+03, 2.36e+04, 0.5, 0.977)	4.97	accept
Triangular(1.01e+03, 6.27e+04, 1.01e+03)	1.56	accept
Beta(1.01e+03, 7.54e+04, 0.378, 2.06)	0.178	reject
Pareto(1.01e+03, 0.426)	0.0794	reject
Uniform(1.01e+03, 5.77e+04)	0.00142	reject



Exponential
 minimum = 1010 [fixed]
 beta = 14415

Chi Squared
 total classes 5
 interval type equal probable
 net bins 3
 chi**2 0.4
 degrees of freedom 2
 alpha 0.05
 chi**2(2,0.05) 5.99
 p-value 0.819
 result DO NOT REJECT

Kolmogorov-Smirnov
 data points 15
 ks stat 0.196
 alpha 0.05
 ks stat(15,0.05) 0.338
 p-value 0.55
 result DO NOT REJECT

Anderson-Darling
 data points 14
 ad stat 2.19
 alpha 0.05
 ad stat(0.05) 2.49
 p-value 0.0727
 result DO NOT REJECT

IMC III-IV



Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(20, 9.03, 1.25)	100	accept
Pearson 6(20, 1.12e+04, 1.56, 1.88)	97.4	accept
Weibull(20, 0.963, 1.52e+04)	79.2	accept
Exponential(20, 1.44e+04)	75.3	accept
Erlang(20, 1, 1.44e+04)	75.3	accept
Gamma(20, 1.06, 1.36e+04)	69.6	accept
Pearson 5(20, 0.725, 2.65e+03)	62.2	accept
Inverse Gaussian(20, 4.89e+03, 1.44e+04)	49.2	accept
Triangular(19, 5.3e+04, 19)	2.49	accept
Beta(20, 4.65e+04, 0.142, 0.338)	0.548	accept
Pareto(20, 0.177)	0.0937	reject
Uniform(20, 4.65e+04)	0.00577	reject
Log-Logistic	no fit	reject

Stat::Fit - IPIMC3-4.SFP - [IPIMC3-4.SFP : Goodness Of Fit]

File Edit Input Statistics Fit Utilities Window Help

INPUT OPS SETUP MLE TEST AUTO-FIT EXPORT

Lognormal

minimum	=	20 [fixed]
mu	=	9.03168
sigma	=	1.24589

Chi Squared

total classes		5
interval type		equal probable
net bins		3
chi**2		0.4
degrees of freedom		2
alpha		0.05
chi**2(2,0.05)		5.99
p-value		0.819
result		DO NOT REJECT

Kolmogorov-Smirnov

data points		15
ks stat		0.126
alpha		0.05
ks stat(15,0.05)		0.338
p-value		0.948
result		DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points		14
ad stat		2.34
alpha		0.05
ad stat(0.05)		2.49
p-value		0.0604
result		DO NOT REJECT

IMCIV-V

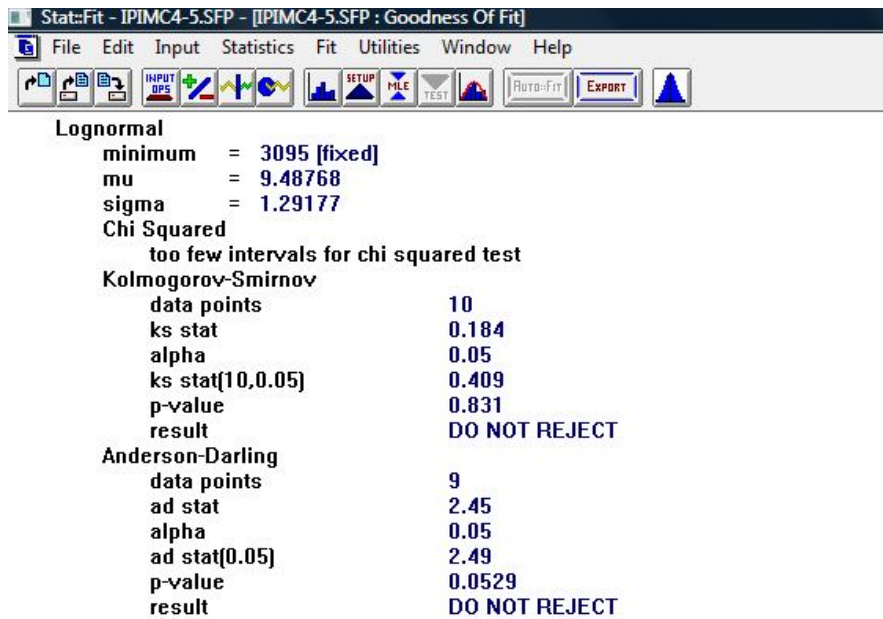
Stat::Fit - IPIMC4-5.SFP - [IPIMC4-5.SFP : Auto::Fit]

File Edit Input Statistics Fit Utilities Window Help


INPUT OPS SETUP MLE TEST AUTO-FIT EXPORT

Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(3.1e+03, 9.49, 1.29)	86.3	accept
Erlang(3.1e+03, 1, 2.13e+04)	85.3	accept
Exponential(3.1e+03, 2.13e+04)	85.3	accept
Weibull(3.1e+03, 1.02, 2.38e+04)	84.1	accept
Beta(3.1e+03, 8.22e+04, 0.419, 1.1)	81.8	accept
Gamma(3.1e+03, 1.19, 1.79e+04)	80.1	accept
Pearson 6(3.1e+03, 3.4e+04, 0.5, 0.977)	78.2	accept
Pearson 5(3.1e+03, 0.619, 3.03e+03)	56.9	accept
Inverse Gaussian(3.1e+03, 6.35e+03, 2.13e+04)	36	accept
Pareto(3.1e+03, 0.615)	24.1	accept
Triangular(3.09e+03, 8.36e+04, 3.09e+03)	13.3	accept
Uniform(3.1e+03, 7.36e+04)	0.46	reject
Log-Logistic(3.1e+03, 1e-06, 1.29e+04)	0	reject



Turbin 1



StatFit - IPTB1.SFP - [IPTB1.SFP : Auto::Fit]

File Edit Input Statistics Fit Utilities Window Help

Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(195, 7.53, 2.7)	99.8	accept
Pearson 6(195, 4.05e+03, 0.622, 0.854)	99.8	accept
Weibull(195, 0.436, 6.59e+03)	90.3	accept
Pareto(195, 0.397)	66.2	accept
Gamma(195, 0.306, 5.79e+04)	34.6	accept
Pearson 5(195, 0.196, 8.5)	32.4	accept
Beta(195, 1.6e+05, 0.0387, 0.272)	0.0489	reject
Exponential(195, 1.77e+04)	0.0152	reject
Erlang(195, 1, 1.77e+04)	0.0152	reject
Inverse Gaussian(195, 43.5, 1.77e+04)	0.0029	reject
Log-Logistic(195, 1e-06, 1.9e+03)	0	reject
Triangular(194, 1.64e+05, 194)	0	reject
Uniform(195, 1.49e+05)	0	reject



Lognormal

minimum = 195 [fixed]

mu = 7.5334

sigma = 2.70421

Chi Squared

too few intervals for chi squared test

Kolmogorov-Smirnov

data points 10

ks stat 0.186

alpha 0.05

ks stat(10,0.05) 0.409

p-value 0.82

result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points 9

ad stat 2.42

alpha 0.05

ad stat(0.05) 2.49

p-value 0.0546

result DO NOT REJECT

Turbin IV



distribution	rank	acceptance
Lognormal(25, 5.98, 2.21)	100	accept
Pearson 6(25, 403, 0.743, 0.75)	93.8	accept
Weibull(25, 0.491, 1.17e+03)	70.7	accept
Pearson 5(25, 0.299, 11.8)	48.9	accept
Pareto(25, 0.366)	39.8	accept
Gamma(25, 0.372, 6.39e+03)	37.8	accept
Inverse Gaussian(25, 40.1, 2.38e+03)	3.28	accept
Beta(25, 1.93e+04, 0.0567, 0.377)	0.137	reject
Exponential(25, 2.38e+03)	0.0853	reject
Erlang(25, 1, 2.38e+03)	0.0853	reject
Triangular(24, 1.95e+04, 24)	8.91e-06	reject
Log-Logistic(25, 1e-06, 401)	0	reject
Uniform(25, 1.76e+04)	0	reject



Lognormal
 minimum = 25 [fixed]
 mu = 5.98129
 sigma = 2.20876

Chi Squared
 too few intervals for chi squared test

Kolmogorov-Smirnov
 data points 10
 ks stat 0.176
 alpha 0.05
 ks stat(10,0.05) 0.409
 p-value 0.865
 result DO NOT REJECT

Anderson-Darling
 data points 9
 ad stat 2.28
 alpha 0.05
 ad stat(0.05) 2.49
 p-value 0.0646
 result DO NOT REJECT

Stat::Fit - IPTB5.SFP - [IPTB5.SFP : Auto::Fit]

File Edit Input Statistics Fit Utilities Window Help

INPUT OPS SETUP MLE TEST AUTO::FIT EXPORT

Auto::Fit Distributions

distribution	rank	acceptance
Weibull(10, 0.492, 6.41e+03)	100	accept
Lognormal(10, 7.58, 2.59)	90.8	accept
Log-Logistic(10, 0.696, 2.69e+03)	76.8	accept
Pearson 6(10, 1.25e+04, 0.629, 1.55)	66.1	accept
Gamma(10, 0.37, 3.2e+04)	65	accept
Pearson 5(10, 0.226, 18)	36.5	accept
Pareto(10, 0.205)	15.9	accept
Exponential(10, 1.19e+04)	3.26	accept
Erlang(10, 1, 1.19e+04)	3.26	accept
Beta(10, 9.81e+04, 0.0475, 0.364)	0.0225	reject
Inverse Gaussian(10, 80.4, 1.19e+04)	0.0143	reject
Triangular(9, 9.91e+04, 9)	0	reject
Uniform(10, 9.05e+04)	0	reject

Stat::Fit - IPTB5.SFP - [IPTB5.SFP : Goodness Of Fit]

File Edit Input Statistics Fit Utilities Window Help

INPUT OPS SETUP MLE TEST AUTO::FIT EXPORT

Weibull

minimum = 10 [fixed]
alpha = 0.492344
beta = 6413.4

Chi Squared

too few intervals for chi squared test

Kolmogorov-Smirnov

data points 11
ks stat 0.191
alpha 0.05
ks stat(11,0.05) 0.391
p-value 0.751
result DO NOT REJECT

Anderson-Darling

data points 10
ad stat 2.4
alpha 0.05
ad stat(0.05) 2.49
p-value 0.0559
result DO NOT REJECT

Lampiran 6

Perhitungan Distribusi Tiap Mesin

Data Kerusakan Mesin

1. Turbin I

NO	(t)	Ln(t)	μ'	$\sigma T'$	$\sqrt{2\pi}$	(t)* $\sigma T'$
0	0	0	0	0	0	0
1	195	5.27300	7.79015	2.041740407	2.505992817	398.1393793
2	200	5.29832	7.79015	2.041740407	2.505992817	408.3480813
3	385	5.95324	7.79015	2.041740407	2.505992817	786.0700566
4	1110	7.01212	7.79015	2.041740407	2.505992817	2266.331851
5	2370	7.77065	7.79015	2.041740407	2.505992817	4838.924764
6	3115	8.04398	7.79015	2.041740407	2.505992817	6360.021367
7	5380	8.59044	7.79015	2.041740407	2.505992817	10984.56339
8	5740	8.65521	7.79015	2.041740407	2.505992817	11719.58993
9	12040	9.39599	7.79015	2.041740407	2.505992817	24582.5545
10	148530	11.90854	7.79015	2.041740407	2.505992817	303259.7026

$\sqrt{2\pi} *(t)*\sigma T'$	$\frac{1}{t\sigma T'\sqrt{2\pi}}$	$\ln(t)-\mu'$	$\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}$	$\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0	0	0	0	0	0
997.7344248	0.001002271	-2.51715	-1.232845255	1.519907424	-0.759953712
1023.317359	0.000977214	-2.49183	-1.220445144	1.48948635	-0.744743175
1969.885916	0.000507644	-1.83691	-0.899676664	0.809418099	-0.40470905
5679.411341	0.000176075	-0.77803	-0.381064231	0.145209948	-0.072604974
12126.3107	0.0000824653	-0.01950	-0.00955278	9.12556E-05	-4.56278E-05
15938.16786	0.0000627425	0.25383	0.124322807	0.01545616	-0.00772808
27527.23695	0.0000363277	0.80029	0.391966637	0.153637845	-0.076818922
29369.2082	0.0000340493	0.86506	0.423689983	0.179513201	-0.089756601
61603.705	0.0000162328	1.60584	0.786505563	0.618591	-0.3092955
759966.6365	0.0000013158	4.11839	2.017099085	4.068688717	-2.034344358

$Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$\frac{1}{t\sigma T'}Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0	0
0.467688075	0.00046875
0.474856239	0.000464036
0.667170896	0.000338685
0.929968119	0.000163744
0.999954373	0.0000824615
0.992301705	0.0000622595
0.926057527	0.0000336415
0.914153663	0.0000311263
0.733963852	0.0000119143
0.13076619	0.0000001721

2. Turbin IV

NO	(t)	Ln(t)	μ'	$\sigma T'$	$\sqrt{2\pi}$	(t)* $\sigma T'$
0	0	0	0	0	0	0
1	25	3.21888	5.94975	2.058063192	2.505992817	51.4515798
2	30	3.40120	5.94975	2.058063192	2.505992817	61.74189576
3	145	4.97673	5.94975	2.058063192	2.505992817	298.4191629
4	145	4.97673	5.94975	2.058063192	2.505992817	298.4191629
5	210	5.34711	5.94975	2.058063192	2.505992817	432.1932703
6	285	5.65249	5.94975	2.058063192	2.505992817	586.5480098
7	705	6.55820	5.94975	2.058063192	2.505992817	1450.93455
8	2350	7.76217	5.94975	2.058063192	2.505992817	4836.448502
9	2510	7.82804	5.94975	2.058063192	2.505992817	5165.738612
10	17605	9.77594	5.94975	2.058063192	2.505992817	36232.2025

$\sqrt{2\pi}*(t)*\sigma T'$	$\frac{1}{t\sigma T'\sqrt{2\pi}}$	$\ln(t)-\mu'$	$\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}$	$\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0	0	0	0	0	0
128.9372894	0.007755708	-2.73087	-1.326913767	1.760700145	-0.880350072
154.7247473	0.00646309	-2.54855	-1.238324866	1.533448473	-0.766724236
747.8362787	0.001337191	-0.97301	-0.472781627	0.223522467	-0.111761234
747.8362787	0.001337191	-0.97301	-0.472781627	0.223522467	-0.111761234
1083.073231	0.0009232986	-0.60264	-0.292819326	0.085743158	-0.042871579
1469.885099	0.0006803253	-0.29726	-0.144436297	0.020861844	-0.010430922
3636.031562	0.0002750251	0.60845	0.295641843	0.087404099	-0.04370205
12120.10521	0.0000825075	1.81242	0.880644679	0.775535051	-0.387767525
12945.30386	0.0000772481	1.87829	0.912649248	0.83292865	-0.416464325
90797.63921	0.0000110135	3.82619	1.859121741	3.456333646	-1.728166823

$Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$\frac{1}{t\sigma T'}Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0	0
0.414637733	0.003215809
0.464532277	0.003002314
0.894257751	0.001195793
0.894257751	0.001195793
0.958034414	0.0008845518
0.989623291	0.0006732657
0.957239125	0.0002632648
0.678570075	0.0000559871
0.659374036	0.0000509354
0.177609702	0.0000019561

3. Turbin V

No	t	$\frac{\beta}{\eta}$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)$	$\beta-1$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$
0	0	0	0	0	0
1	10	0.0000767551	0.001560062	-0.508	26.66145699
2	20	0.0000767551	0.003120125	-0.508	18.74824591
3	55	0.0000767551	0.008580343	-0.508	11.2144927
4	590	0.0000767551	0.092043682	-0.508	3.359626955
5	1765	0.0000767551	0.275351014	-0.508	1.925473591
6	5245	0.0000767551	0.81825273	-0.508	1.10726907
7	5655	0.0000767551	0.882215289	-0.508	1.065732263
8	7990	0.0000767551	1.24648986	-0.508	0.894108277
9	8255	0.0000767551	1.287831513	-0.508	0.879410413
10	10375	0.0000767551	1.618564743	-0.508	0.783000287
11	90505	0.0000767551	14.11934477	-0.508	0.260551881

$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$	$\text{Exp}\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$
0	0	0
0.002046402	-0.041593537	0.001963031
0.001439023	-0.058496867	0.001357259
0.000860769	-0.096224196	0.000781803
0.000257868	-0.309232434	0.000189278
0.00014779	-0.530181106	0.000086974
0.000084989	-0.90602594	0.000034346
0.000081800	-0.940205296	0.000031947
0.000068627	-1.1144969	0.000022515
0.000067499	-1.132532443	0.000021749
0.000060099	-1.267336659	0.000016923
0.000019999	-3.678821833	0.000000505

Keterangan :

$$\beta = 0,492$$

$$\eta = 6410$$

4. Gilingan I

No	t	$\frac{\beta}{\eta}$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)$	$\beta-1$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$
0	0	0	0	0	0
1	625	0.000132251	0.0725058	0.14	0.010150812
2	860	0.000132251	0.099767981	0.14	0.013967517
3	1380	0.000132251	0.160092807	0.14	0.022412993
4	2170	0.000132251	0.251740139	0.14	0.035243619
5	3245	0.000132251	0.376450116	0.14	0.052703016
6	3660	0.000132251	0.424593968	0.14	0.059443155
7	4205	0.000132251	0.487819026	0.14	0.068294664
8	4525	0.000132251	0.524941995	0.14	0.073491879
9	5840	0.000132251	0.6774942	0.14	0.094849188
10	9140	0.000132251	1.060324826	0.14	0.148445476
11	9205	0.000132251	1.067865429	0.14	0.14950116
12	12980	0.000132251	1.505800464	0.14	0.210812065
13	13455	0.000132251	1.560904872	0.14	0.218526682
14	15795	0.000132251	1.832366589	0.14	0.256531323
15	15825	0.000132251	1.835846868	0.14	0.257018561
16	17350	0.000132251	2.012761021	0.14	0.281786543
17	22545	0.000132251	2.615429234	0.14	0.366160093

$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$	$\text{Exp}\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$
0	0	0
0.000001342	-0.050214014	0.000001277
0.000001847	-0.072252013	0.000001718
0.000002964	-0.123875059	0.000002619
0.000004661	-0.207532355	0.000003787
0.000006970	-0.328326908	0.000005019
0.000007861	-0.376608532	0.000005394
0.000009032	-0.441179127	0.000005810
0.000009719	-0.47965271	0.000006016
0.000012544	-0.641552738	0.000006604
0.000019632	-1.069055815	0.000006740
0.000019772	-1.077727192	0.000006730
0.000027880	-1.594611407	0.000005659
0.000028900	-1.661304102	0.000005488
0.000033926	-1.994500252	0.000004617
0.000033991	-1.998819402	0.000004606
0.000037266	-2.219847413	0.000004048
0.0000484249	-2.992257679	0.000002430

Keterangan :

$$\beta = 1,14$$

$$\eta = 8620$$

5. Gilingan II

No	(t)	λ	$-(\lambda)*(t)$	$\text{Exp}-(\lambda)*(t)$	$\lambda\text{Exp}-(\lambda)*(t)$
0	0	0	0	0	0
1	3335	0.0000403167	-0.134456091	0.874191262	0.0000352445
2	7415	0.0000403167	-0.298948101	0.741597896	0.0000298988
3	8815	0.0000403167	-0.355391438	0.700899031	0.0000282579
4	8930	0.0000403167	-0.360027855	0.697656892	0.0000281272
5	8965	0.0000403167	-0.361438939	0.696673135	0.0000280875
6	12835	0.0000403167	-0.517464448	0.596029898	0.0000240299
7	13655	0.0000403167	-0.550524117	0.576647501	0.0000232485
8	15010	0.0000403167	-0.605153203	0.545990773	0.0000220125
9	16825	0.0000403167	-0.678327958	0.507464786	0.0000204593
10	17995	0.0000403167	-0.725498461	0.484083212	0.0000195166
11	55675	0.0000403167	-2.244630553	0.105966682	0.0000042722

6. Gilingan III

No	t	$\frac{\beta}{\eta}$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)$	$\beta-1$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$
0	0	0	0	0	0
1	55	0.000041461	0.004672897	-0.512	15.60169746
2	60	0.000041461	0.005097706	-0.512	14.92189944
3	140	0.000041461	0.011894647	-0.512	9.669855731
4	2950	0.000041461	0.250637213	-0.512	2.030900642
5	10515	0.000041461	0.893372982	-0.512	1.059427396
6	11505	0.000041461	0.977485132	-0.512	1.011727601
7	15530	0.000041461	1.319456245	-0.512	0.867676357
8	16170	0.000041461	1.373831776	-0.512	0.849919941
9	91320	0.000041461	7.758708581	-0.512	0.350290054
10	182415	0.000041461	15.49830076	-0.512	0.245795851

$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$	$\text{Exp}\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$
0	0	0
0.000646867	-0.072905128	0.000601385
0.000618682	-0.076067457	0.000573366
0.000400925	-0.115019524	0.000357364
8.42039E-05	-0.509019277	0.0000506137
4.39253E-05	-0.946463812	0.000017048
4.19476E-05	-0.988948687	0.000015603
3.5975E-05	-1.144860988	0.000011450
3.52388E-05	-1.167647022	0.000010963
1.45235E-05	-2.717798451	0.000000959
1.0191E-05	-3.809418033	0.000000226

Keterangan :

$$\beta = 0,488$$

$$\eta = 11770$$

7. Gilingan IV

NO	(t)	Ln(t)	μ'	$\sigma T'$	$\sqrt{2\pi}$	(t)* $\sigma T'$
0	0	0	0	0	0	0
1	15	2.70805	7.11043	2.10632141	2.505992817	31.59482115
2	20	2.99573	7.11043	2.10632141	2.505992817	42.1264282
3	50	3.91202	7.11043	2.10632141	2.505992817	105.3160705
4	85	4.44265	7.11043	2.10632141	2.505992817	179.0373199
5	250	5.52146	7.11043	2.10632141	2.505992817	526.5803525
6	2775	7.92841	7.11043	2.10632141	2.505992817	5845.041913
7	3485	8.15622	7.11043	2.10632141	2.505992817	7340.530114
8	7140	8.87347	7.11043	2.10632141	2.505992817	15039.13487
9	11310	9.33344	7.11043	2.10632141	2.505992817	23822.49515
10	18805	9.84188	7.11043	2.10632141	2.505992817	39609.37412
11	22215	10.00852	7.11043	2.10632141	2.505992817	46791.93013
12	109455	11.60327	7.11043	2.10632141	2.505992817	230547.4099

$\sqrt{2\pi}*(t)*\sigma T'$	$\frac{1}{t\sigma T'\sqrt{2\pi}}$	$\ln(t)-\mu'$	$\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}$	$\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0	0	0	0	0	0
79.17639487	0.012630027	-4.40238	-2.090078499	4.36842813	-2.184214065
105.5685265	0.00947252	-4.11470	-1.953498169	3.816155096	-1.908077548
263.9213162	0.003789008	-3.19840	-1.518478743	2.305777691	-1.152888846
448.6662376	0.002228828	-2.66778	-1.266556957	1.604166525	-0.802083262
1319.606581	0.000757802	-1.58897	-0.754379824	0.569088918	-0.284544459
14647.63305	0.0000682704	0.81798	0.38834469	0.150811598	-0.075405799
18395.31574	0.0000543617	1.04580	0.496503538	0.246515763	-0.123257881
37687.96396	0.0000265337	1.76304	0.837023616	0.700608534	-0.350304267
59699.00173	0.0000167507	2.22302	1.055401738	1.113872829	-0.556936415
99260.80703	0.0000100745	2.73145	1.296787264	1.681657209	-0.840828605
117260.2408	0.0000085280	2.89810	1.375903843	1.893111386	-0.946555693
577750.1534	0.0000017309	4.49284	2.133027501	4.549806319	-2.27490316

$Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$\frac{1}{t\sigma T'}Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0	0
0.112566169	0.001421714
0.148365338	0.001405394
0.315723375	0.001196278
0.448393868	0.000999393
0.752356906	0.000570137
0.927367085	0.0000633117
0.884035657	0.0000480577
0.704473709	0.0000186923
0.572961695	0.0000095975
0.431352954	0.0000043457
0.388075375	0.0000033095
0.102806864	0.000001779

8. Gilingan V

No	(t)	λ	$-(\lambda)*(t)$	$\text{Exp}-(\lambda)*(t)$	$\lambda\text{Exp}-(\lambda)*(t)$
0	0	0	0	0	0
1	190	0.000036652	-0.006963788	0.993060403	0.0000363972
2	6090	0.000036652	-0.223207741	0.79994865	0.0000293193
3	9515	0.000036652	-0.348739188	0.705577129	0.0000258605
4	11370	0.000036652	-0.416727753	0.659200361	0.0000241607
5	11910	0.000036652	-0.436519572	0.646281849	0.0000236872
6	23800	0.000036652	-0.872306113	0.417986513	0.0000153198
7	24240	0.000036652	-0.888432781	0.411299845	0.0000150748
8	26140	0.000036652	-0.958070664	0.383632328	0.0000140607
9	36410	0.000036652	-1.334481748	0.263294593	0.0000096501
10	83200	0.000036652	-3.049406245	0.047387052	0.0000017368

9. IMC I-II

No	t	$\frac{\beta}{\eta}$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)$	$\beta-1$	$\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$
0	0	0	0	0	0
1	20	0.000190253	0.007220217	-0.473	10.30162515
2	35	0.000190253	0.012635379	-0.473	7.905853198
3	60	0.000190253	0.02166065	-0.473	6.126710921
4	70	0.000190253	0.025270758	-0.473	5.695889532
5	75	0.000190253	0.027075812	-0.473	5.513012195
6	90	0.000190253	0.032490975	-0.473	5.05750387
7	95	0.000190253	0.034296029	-0.473	4.929804143
8	100	0.000190253	0.036101083	-0.473	4.81163783
9	110	0.000190253	0.039711191	-0.473	4.599537783
10	340	0.000190253	0.122743682	-0.473	2.69713946
11	550	0.000190253	0.198555957	-0.473	2.148331907
12	685	0.000190253	0.247292419	-0.473	1.936472306
13	825	0.000190253	0.297833935	-0.473	1.773414329
14	1100	0.000190253	0.397111913	-0.473	1.547797678
15	1215	0.000190253	0.438628159	-0.473	1.476686659
16	1455	0.000190253	0.525270758	-0.473	1.355997019
17	1520	0.000190253	0.548736462	-0.473	1.328253331
18	2090	0.000190253	0.754512635	-0.473	1.142519806
19	2275	0.000190253	0.821299639	-0.473	1.097591482
20	2710	0.000190253	0.97833935	-0.473	1.010411909
21	4245	0.000190253	1.532490975	-0.473	0.817159401
22	6020	0.000190253	2.173285199	-0.473	0.692697771
23	6610	0.000190253	2.386281588	-0.473	0.662731541
24	8945	0.000190253	3.229241877	-0.473	0.574374866
25	10625	0.000190253	3.835740072	-0.473	0.529467543
26	10930	0.000190253	3.945848375	-0.473	0.522426976
27	12040	0.000190253	4.346570397	-0.473	0.499064413
28	17490	0.000190253	6.314079422	-0.473	0.418266759
29	53295	0.000190253	19.2400722	-0.473	0.246927939

$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$	$\text{Exp}\left[-\frac{T}{\eta}\right]^{\beta}$
0	0	0
0.001959912	-0.074379965	0.001819423
0.00150411	-0.099893452	0.00136112
0.001165623	-0.13270854	0.00102076
0.001083658	-0.143939447	0.000938383
0.001048865	-0.149269283	0.000903427
0.000962204	-0.16432323	0.000816399
0.000937909	-0.169072705	0.000792015
0.000915427	-0.173705337	0.000769457
0.000875075	-0.182653125	0.000728987
0.000513138	-0.331056829	0.000368517
0.000408726	-0.426564097	0.000266795
0.000368419	-0.47887492	0.000228228
0.000337397	-0.528182968	0.000198955
0.000294473	-0.614648897	0.00015926
0.000280944	-0.64771635	0.000147001
0.000257982	-0.712265582	0.000126548
0.000252704	-0.728861034	0.000121919
0.000217367	-0.86204563	0.000091794
0.00020882	-0.901451488	0.000084777
0.000192234	-0.98852573	0.000071535
0.000155467	-1.252289406	0.000044440
0.000131788	-1.505429814	0.000029247
0.000126086	-1.581464075	0.000025933
0.000109276	-1.854795371	0.000017100
0.000100733	-2.030899873	0.000013218
0.000099393	-2.061417635	0.000012650
0.000094948	-2.169218603	0.000010849
0.000079576	-2.640969534	0.000005673
0.000046979	-4.750911381	0.000000406

Keterangan :

$\beta = 0,527$

$\eta = 2770$

10. IMC II-III

No	(t)	λ	$-(\lambda)*(t)$	$\text{Exp}-(\lambda)*(t)$	$\lambda\text{Exp}-(\lambda)*(t)$
0	0	0	0	0	0
1	1010	0.000054994	-0.055544353	0.945970066	0.000052023
2	5395	0.000054994	-0.296694836	0.743270797	0.000040876
3	5735	0.000054994	-0.315392935	0.729502171	0.000040119
4	5915	0.000054994	-0.325291929	0.722316458	0.000039723
5	7100	0.000054994	-0.390460303	0.676745295	0.000037217
6	7140	0.000054994	-0.39266008	0.675258243	0.000037135
7	8330	0.000054994	-0.458103426	0.632482058	0.000034783
8	8405	0.000054994	-0.462228007	0.629878707	0.000034640
9	12745	0.000054994	-0.700903741	0.496136722	0.000027285
10	13085	0.000054994	-0.71960184	0.4869461	0.000026779
11	19325	0.000054994	-1.062766952	0.345498509	0.000019000
12	21165	0.000054994	-1.163956664	0.312248272	0.000017172
13	27835	0.000054994	-1.530769372	0.216369135	0.000011899
14	30530	0.000054994	-1.678979304	0.186564304	0.000010260
15	57660	0.000054994	-3.170977617	0.041962555	0.000002308

11. IMC III-IV

NO	(t)	Ln(t)	μ'	$\sigma T'$	$\sqrt{2\pi}$	(t)* $\sigma T'$
1	20	2.99573	8.63503	1.991746299	2.505992817	39.83492597
2	620	6.42972	8.63503	1.991746299	2.505992817	1234.882705
3	1405	7.24779	8.63503	1.991746299	2.505992817	2798.403549
4	2885	7.96728	8.63503	1.991746299	2.505992817	5746.188071
5	3935	8.27767	8.63503	1.991746299	2.505992817	7837.521685
6	4485	8.40849	8.63503	1.991746299	2.505992817	8932.982149
7	8395	9.03539	8.63503	1.991746299	2.505992817	16720.71018
8	8455	9.04251	8.63503	1.991746299	2.505992817	16840.21495
9	9830	9.19319	8.63503	1.991746299	2.505992817	19578.86611
10	11075	9.31245	8.63503	1.991746299	2.505992817	22058.59026
11	12985	9.47155	8.63503	1.991746299	2.505992817	25862.82569
12	31815	10.36769	8.63503	1.991746299	2.505992817	63367.40849
13	36055	10.49280	8.63503	1.991746299	2.505992817	71812.41279
14	37690	10.53715	8.63503	1.991746299	2.505992817	75068.91799
15	46445	10.74602	8.63503	1.991746299	2.505992817	92506.65684

$\sqrt{2\pi}*(t)*\sigma T'$	$\frac{1}{t\sigma T'\sqrt{2\pi}}$	$\ln(t)-\mu'$	$\frac{\ln(t) - \mu'}{\sigma T'}$	$\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0.010017426	-5.63930	-2.831333266	8.016448061	-4.00822403
0.000323143	-2.20531	-1.107224524	1.225946146	-0.612973073
0.000142597	-1.38724	-0.696492944	0.485102421	-0.242551211
0.000069445	-0.66775	-0.335258384	0.112398184	-0.056199092
0.000050914	-0.35736	-0.179422281	0.032192355	-0.016096177
0.000044671	-0.22654	-0.113737403	0.012936197	-0.006468098
0.000023865	0.40036	0.201010412	0.040405186	-0.020202593
0.000023696	0.40748	0.204586014	0.041855437	-0.020927719
0.000020381	0.55816	0.280238697	0.078533727	-0.039266864
0.000018090	0.67742	0.340111474	0.115675815	-0.057837907
0.000015429	0.83652	0.4199934	0.176394456	-0.088197228
0.000006297	1.73266	0.869921702	0.756763768	-0.378381884
0.000005557	1.85777	0.932734759	0.869994131	-0.434997066
0.000005316	1.90212	0.955001278	0.912027441	-0.456013721
0.0000043137	2.11099	1.059871065	1.123326674	-0.561663337

$Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$\frac{1}{t\sigma T'}Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0.018165628	0.000181973
0.541737846	0.000175059
0.784623566	0.000111885
0.945350905	0.000065650
0.984032674	0.000050102
0.993552775	0.000044383
0.980000112	0.000023388
0.979289746	0.000023205
0.961494087	0.000019597
0.943802918	0.000017074
0.915580281	0.000014127
0.684968872	0.000004313
0.647266566	0.000003597
0.633805141	0.000003369
0.57025974	0.000002460

12. IMC IV-V

NO	(t)	Ln(t)	μ'	$\sigma T'$	$\sqrt{2\pi}$	(t)* $\sigma T'$
1	3095	8.03754	9.66321	1.056273082	2.505992817	3269.165189
2	3935	8.27767	9.66321	1.056273082	2.505992817	4156.434578
3	6705	8.81061	9.66321	1.056273082	2.505992817	7082.311015
4	13155	9.48456	9.66321	1.056273082	2.505992817	13895.27239
5	13610	9.51856	9.66321	1.056273082	2.505992817	14375.87665
6	15900	9.67407	9.66321	1.056273082	2.505992817	16794.74201
7	35795	10.48556	9.66321	1.056273082	2.505992817	37809.29497
8	37570	10.53396	9.66321	1.056273082	2.505992817	39684.17969
9	40280	10.60361	9.66321	1.056273082	2.505992817	42546.67975
10	73570	11.20599	9.66321	1.056273082	2.505992817	77710.01065

$\sqrt{2\pi}*(t)*\sigma T'$	$\frac{1}{t\sigma T'\sqrt{2\pi}}$	$\ln(t)-\mu'$	$\frac{\ln(t) - \mu'}{\sigma T'}$	$\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$\sqrt{2\pi}*(t)*\sigma T'$
8192.504482	0.000122063	-1.62567	-1.539062752	2.368714154	-1.184357077
10415.9952	0.0000960062	-1.38555	-1.311732358	1.720641779	-0.86032089
17748.22053	0.0000563437	-0.85260	-0.807182309	0.651543281	-0.32577164
34821.45281	0.0000287179	-0.17866	-0.169138598	0.028607865	-0.014303933
36025.84362	0.0000277579	-0.14465	-0.136947205	0.018754537	-0.009377268
42087.50283	0.0000237600	0.01086	0.010282044	0.00010572	-5.28602E-05
94749.82163	0.0000105541	0.82235	0.778538969	0.606122926	-0.303061463
99448.26927	0.0000100555	0.87075	0.824358219	0.679566474	-0.339783237
106621.6738	0.0000093790	0.94040	0.890296857	0.792628494	-0.396314247
194740.7285	0.0000051350	1.54278	1.460587132	2.13331477	-1.066657385

$Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$	$\frac{1}{t\sigma T'}Exp\left(\frac{\ln(t)-\mu'}{\sigma T'}\right)^2$
0.305942814	0.0000373442
0.423026316	0.0000406131
0.721970037	0.0000406784
0.985797883	0.0000283101
0.990666561	0.0000274988
0.999947141	0.0000237588
0.738553701	0.0000077948
0.711924625	0.0000071587
0.672795239	0.0000063101
0.344156981	0.0000017673

Lampiran 7

Perhitungan MTBF

Perhitungan MTBF Distribusi Eksponensial

1. Gilingan II

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kerusakan yang terjadi} &= 11 \\
 \text{Total } down \text{ time} &= 55 \\
 \text{Total } up \text{ time} &= 159005 \\
 \text{Laju kegagalan } (\lambda) &= \frac{\text{jumlah kerusakan yang terjadi}}{\text{total up time}} \\
 &= \frac{11}{159005} \\
 &= 0,000069180 \\
 \text{MTBF} &= \frac{1}{\lambda} \\
 &= \frac{1}{0,000069180} \\
 \text{MTBF} &= 159005,4529 \text{ menit} \\
 \text{MTBF} &= 2650,0915 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

2. Gilingan V

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kerusakan yang terjadi} &= 10 \\
 \text{Total } down \text{ time} &= 55 \\
 \text{Total } up \text{ time} &= 231860 \\
 \text{Laju kegagalan } (\lambda) &= \frac{\text{jumlah kerusakan yang terjadi}}{\text{total up time}} \\
 &= \frac{10}{231860} \\
 &= 0,000043129 \\
 \text{MTBF} &= \frac{1}{\lambda} \\
 &= \frac{1}{0,000043129} \\
 \text{MTBF} &= 23186,2551 \text{ menit} \\
 \text{MTBF} &= 386,4375 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

3. IMC II-III

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kerusakan yang terjadi} &= 15 \\
 \text{Total } down \text{ time} &= 140 \\
 \text{Total } up \text{ time} &= 272755 \\
 \text{Laju kegagalan } (\lambda) &= \frac{\text{jumlah kerusakan yang terjadi}}{\text{total } up \text{ time}} \\
 &= \frac{15}{272755} \\
 &= 0,000054994 \\
 \text{MTBF} &= \frac{1}{\lambda} \\
 &= \frac{1}{0,00054994} \\
 &= 18183,66667 \text{ menit} \\
 \text{MTBF} &= 303,0611111 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan MTBF Distribusi Lognormal

$$MTBF = e^{\mu' + 0,5\sigma T'^2}$$

Keterangan :

μ' = rata-rata $\ln t$

$\sigma T'$ = standar deviasi $\ln t$

1. Turbin 1

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= e^{7,79015 + 0,5(2,04174)^2} \\
 &= e^{7,79015 + 2,084351114} \\
 &= e^{9,874501114} \\
 &= 19428,59276 \text{ menit} \\
 &= 323,80987 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

2. Turbin 4

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= e^{5,94975+0,5(2,05806)^2} \\ &= e^{5,94975+2,117805482} \\ &= e^{8,067555482} \\ &= 3189,296 \text{ menit} \\ &= 53,15493 \text{ jam} \end{aligned}$$

3. Gilingan 4

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= e^{7,11043+0,5(2,10632)^2} \\ &= e^{7,11043+2,218291971} \\ &= e^{9,32871926} \\ &= 11256,70537 \text{ menit} \\ &= 187,61176 \text{ jam} \end{aligned}$$

4. IMC III-IV

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= e^{8,63503+0,5(1,99175)^2} \\ &= e^{8,63503+1,983534031} \\ &= e^{10,618564031} \\ &= 40886,8605 \text{ menit} \\ &= 681,447675 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. IMC IV-V

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= e^{9,66321+0,5(1,05627)^2} \\ &= e^{9,66321+0,557853156} \\ &= e^{10,22106315} \\ &= 27475,8621 \text{ menit} \\ &= 457,931035 \text{ jam} \end{aligned}$$

Perhitungan MTBF Distribusi Weibull

1. Turbin 5

$$\beta = 0,492$$

$$\eta = 6410$$

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \eta \Gamma(1+1/\beta) \\ &= 6410 \Gamma(1+1/0,492) \\ &= 6410 (1 + 2.033) \\ &= 6410 (1,01305) \\ &= 6493,6505 \text{ Menit} \\ &= 108,22750 \text{ jam} \end{aligned}$$

2. Gilingan I

$$\beta = 1,14$$

$$\eta = 8620$$

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \eta \Gamma(1+1/\beta) \\ &= 8620 \Gamma(1+1/1,14) \\ &= 8620 (1 + 0,88) \\ &= 8620 (1,08530) \\ &= 9355,286 \text{ menit} \\ &= 155,9214 \text{ jam} \end{aligned}$$

3. Gilingan III

$$\beta = 0,448$$

$$\eta = 17700$$

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \eta \Gamma(1+1/\beta) \\ &= 17700 \Gamma(1+1/0,448) \\ &= 17700 (1 + 2,23) \\ &= 17700 (1,12022) \\ &= 19827,894 \text{ menit} \\ &= 330,4649 \text{ jam} \end{aligned}$$

4. IMC I-II

$$\beta = 0,527$$

$$\eta = 2770$$

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \eta \Gamma(1+1/\beta) \\ &= 2770 \Gamma(1+1/0,527) \\ &= 2770 (1 + 1,897) \\ &= 2770 (0,95838) \\ &= 2654,7126 \text{ menit} \\ &= 44,24521 \text{ jam} \end{aligned}$$

Tabel perbandingan nilai MTBF

Nama Mesin	MTBF (menit)	MTBF (jam)
Turbin I	1,942,859,276	32,380,987
Turbin IV	3,189,296	5,315,493
Turbin V	64,936,505	10,822,750
Gilingan I	9,355,286	1,559,214
Gilingan II	1,590,054,529	26,500,915
Gilingan III	19,827,894	3,304,649
Gilingan IV	1,125,670,537	18,761,176
Gilingan V	231,862,551	3,864,375
IMC I-II	26,547,126	4,424,521
IMC II-III	1,818,366,667	3,030,611,111
IMC III-IV	408,868,605	681,447,675
IMC IV-V	274,758,621	457,931,035

MTBF mesin terendah dimiliki oleh IMC I-II, diperkirakan setiap 44,24521 jam IMC I-II mengalami *down time* atau jarak terjadinya kegagalan 44,24521 jam. Hal tersebut kritis karena setiap 2 hari selalu terjadi kegagalan

Lampiran 8

Diagram Alir Proses Pemerahan Nira

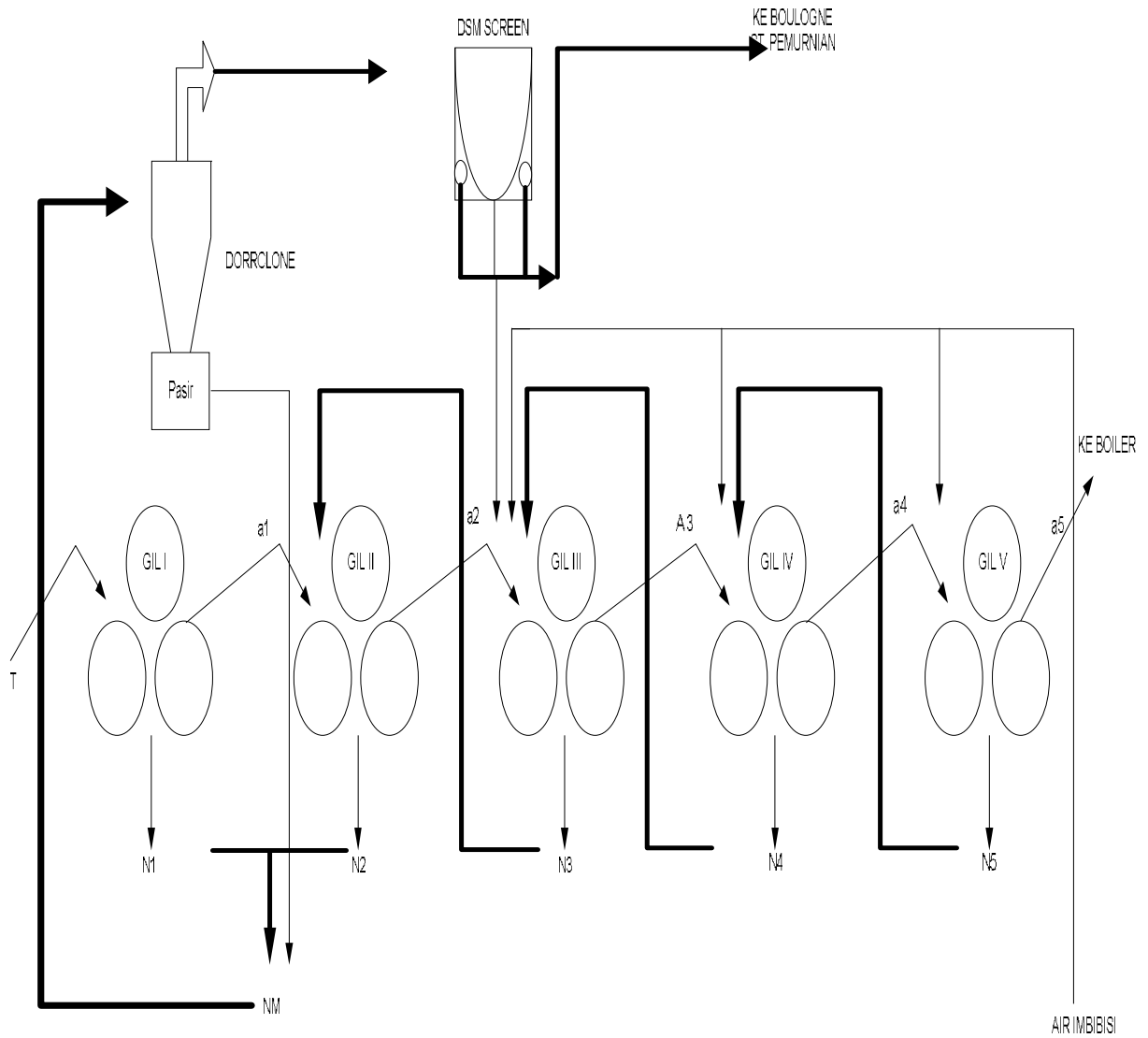


Diagram Alir Pemerahan Nira Tebu

Lampiran 9

Tabel Fungsi Gamma

APPENDIX B

Gamma function $\int_0^{\infty} e^{-x} x^{n-1} dx$

The table is calculated from the Stirling approximation given in Chapter 12.

n	Γn	n	Γn	n	Γn	n	Γn
1.00	1.00000	1.25	0.90640	1.50	0.88623	1.75	0.91906
1.01	0.99433	1.26	0.90440	1.51	0.88659	1.76	0.92137
1.02	0.98884	1.27	0.90250	1.52	0.88704	1.77	0.92376
1.03	0.98355	1.28	0.90072	1.53	0.88757	1.78	0.92623
1.04	0.97844	1.29	0.89904	1.54	0.88818	1.79	0.92877
1.05	0.97350	1.30	0.89747	1.55	0.88887	1.80	0.93138
1.06	0.96874	1.31	0.89600	1.56	0.88964	1.81	0.93408
1.07	0.96415	1.32	0.89464	1.57	0.89049	1.82	0.93685
1.08	0.95973	1.33	0.89338	1.58	0.89141	1.83	0.93969
1.09	0.95546	1.34	0.89222	1.59	0.89243	1.84	0.94261
1.10	0.95135	1.35	0.89115	1.60	0.89352	1.85	0.94561
1.11	0.94739	1.36	0.89018	1.61	0.89468	1.86	0.94869
1.12	0.94359	1.37	0.88931	1.62	0.89592	1.87	0.95184
1.13	0.93993	1.38	0.88854	1.63	0.89724	1.88	0.95507
1.14	0.93642	1.39	0.88785	1.64	0.89864	1.89	0.95838
1.15	0.93304	1.40	0.88726	1.65	0.90012	1.90	0.96177
1.16	0.92980	1.41	0.88676	1.65	0.90167	1.91	0.96523
1.17	0.92670	1.42	0.88636	1.67	0.90330	1.92	0.96878
1.18	0.92373	1.43	0.88604	1.68	0.90500	1.93	0.97240
1.19	0.92088	1.44	0.88580	1.69	0.90678	1.94	0.97610
1.20	0.91817	1.45	0.88565	1.70	0.90864	1.95	0.97988
1.21	0.91558	1.46	0.88560	1.71	0.91057	1.96	0.99374
1.22	0.91311	1.47	0.88563	1.72	0.91258	1.97	0.98768
1.23	0.91075	1.48	0.88575	1.73	0.91466	1.98	0.99171
1.24	0.90852	1.49	0.88593	1.74	0.91683	1.99	0.99581
						2.00	1.00000

A2 PROCEDURE

First reduce n to a number between 1 and 2 by using $\Gamma(n+1) = n\Gamma n$ and then enter table.

Note that for integer n , $\Gamma n = (n-1)!$

Lampiran 10

Surat Keterangan Pengambilan Data di Perusahaan



PT MADU BARU

PG/PS MADUKISMO

No. : 5764 /DIR/MB/V/2009
Hal : Penelitian/Mencari Data..

Kepada Yth.
Sekretaris Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
YOGYAKARTA

Dengan hormat,

Menjawab Surat UGM/TKM/1190/1/07/06/2009 tertanggal 6 April 2009
perihal ijin Penelitian/Mencari data untuk :

No. Mhs. : Dherma Triniasih
N a m a : 07/258671/ET/5710

Dengan ini kami beritahukan bahwa perusahaan dapat memenuhi permohonan
untuk Penelitian dan Mencari Data di Bagian Instalasi St. Gilingan PG Madukismo
Yogyakarta

Demikian untuk menjadikan periksa, atas perhatiannya kami ucapkan terima
kasih.

Yogyakarta, 5 Mei 2009
A/n Direktur PT. Madu Baru
PP. Kabag. SDM & Umum

