



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN PENJADWALAN PEMELIHARAAN PADA MESIN  
PRODUKSI BAHAN BANGUNAN UNTUK MENINGKATKAN  
KEHANDALAN MESIN DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM)**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**SRI ASTUTI WIDYANINGSIH**

**0706275082**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Sri Astuti Widyaningsih

NPM : 0706275082

Tanda Tangan :

Tanggal : 21 Juni 2011



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sri Astuti Widyaningsih  
NPM : 0706275082  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin  
Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan  
Kehandalan Mesin Dengan Metode Reliability Centered  
Maintenance (RCM)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Ir. Dendi P. Ishak, MSIE	(.....)
Penguji	: Ir. Amar Rachman, MEIM	(.....)
Penguji	: Ir. Fauzia Dianawati, MSi.	(.....)
Penguji	: Akhmad Hidayatno., ST., MBT.	(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

## Kata Pengantar

Alhamdulillahirrabbi'l'amin, puji serta syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar. Dalam menyelesaikan laporan ini, penulis menyadari banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir Dendi Prajadhiana Ishak, MSIE selaku pembimbing skripsi yang telah banyak membantu penulis untuk berdiskusi dan memberikan masukan dalam menyusun skripsi;
2. Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM, Ibu Arian Dhini, ST., MT., Bapak Komarudin, ST., M.Eng., atas kesediaannya menjadi tempat diskusi penulis;
3. Bapak Pawenary, MT selaku pembimbing di PT Bakrie Building Industries yang telah banyak memberikan bantuan dan penjelasan yang dibutuhkan penulis;
4. Bapak Suparman selaku penanggung jawab produksi atas bantuan dan penjelasannya sehingga memudahkan penulis untuk mengumpulkan data;
5. Bapak Syafe'i, Bapak Satimin, Bapak Syahlan selaku supervisor produksi atas bantuan dan informasinya mengenai data-data yang penulis butuhkan;
6. Bapak Nardi dan Bapak Septian atas bantuannya menyediakan data yang penulis butuhkan;
7. Bapak Latief, Bunda, Bu Fanda, Pak Firman, Pak Imbuh, Pak Dwi, Pak Maryoto, Pak Agus, Pak Jawarono, Pak Guloh, Pak Andri, Mba Retno, Mba Kiki, Dini dan rekan-rekan lain atas kebaikan dan bantuannya selama pemulis melakukan penelitian di PT Bakrie Building Industries;
8. Keluarga penulis, Orang Tua, atas semangat, doa, dan dukungan yang terus mengalir selama pengerjaan skripsi, Andina Oktavia S. atas bantuan dan dukungannya, Mba Indah, Mba Ningrum dan Mas Makhdum atas dukungan dan doanya;
9. Teman-teman TI07, Heny, Dita, Malon, Rizka, Zakiyah, Triana, Aang, Deta sebagai tempat penulis berdiskusi dan saling menyemangati, serta menjadi teman dalam suka dan duka selama perjuangan 4 tahun perkuliahan;

10. Bu Har, Mba Willy, Mba Esti, Babeh, Mas Iwan, Mas Acil dan seluruh pihak sekretariat Departemen teknik Industri atas bantuan dan dukungannya selama ini;
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas bantuan, dukungan, dan ilmu dalam membantu penulis dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacadan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2011

Sri Astuti Widyaningsih

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

**TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Astuti Widyaningsih

NPM : 0706275082

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan,

Sri Astuti Widyaningsih

## ABSTRAK

Nama : Sri Astuti Widyaningsih

Program Studi : Teknik Industri

Judul : Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode analisis pemeliharaan yang digunakan untuk memperbaiki sistem pemeliharaan yang berfokus untuk meningkatkan keandalan mesin. Permasalahan yang terjadi pada mesin produksi pada PT Bakrie Building Industries, Tbk adalah seringnya terjadi kegagalan mesin yang menyebabkan rendahnya keandalan mesin. Dari data tahun 2009-2010, dilakukan penelitian terhadap waktu kegagalan mesin dari 10 komponen kritis yang menyebabkan berhentinya mesin saat berproduksi. Penelitian dilakukan dengan pengolahan data *Time Between Failure* (TBF) sesuai pencocokan distribusi probabilitasnya kemudian dihitung tingkat keandalan komponen sebelum dan sesudah menggunakan *preventive maintenance* dengan interval tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat lima komponen, Wire Cut Off, Conveyor, Duraqual, Main Drive, dan Felt, yang meningkatkan keandalannya setelah dilakukan *preventive maintenance* dan lima komponen lainnya, Stacker-2, Stacker-1, Pad, Saringan, dan Trim, tidak memerlukan *preventive maintenance* karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan keandalannya.

**Keyword:** Pemeliharaan, RCM, Keandalan, *Preventive Maintenance*

## ABSTRACT

Nama : Sri Astuti Widyaningsih

Program Studi : Teknik Industri

Judul : Design of Maintenance Scheduling for Machine of Building Materials Production to Improve Machine Reliability Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Method

Reliability Centered Maintenance (RCM) is maintenance analysis method that used to improve maintenance systems that focused on improving machine reliability. The problems faced at PT Bakrie Building Industries, Tbk are frequency of machine failure that causing low of machine reliability. From historical data in 2009-2010, research focused on ten critical component that causing machine stoppages in operation. The study start with fit the probability distribution of *Time Between Failure* (TBF) then calculate component reliability before and after using preventive maintenance with some interval. Results of analysis are there is five component, Wire Cut Off, Conveyor, Duraqual, Main Drive, dan Felt, that have improvement of their reliability after using preventive maintenance and five other component, Stacker-2, Stacker-1, Pad, Saringan, dan Trim, do not require preventive maintenance because it only cause cost of maintenance without increasing their reliability.

**Keyword: Maintenance, RCM, Reliability, Preventive Maintenance**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
1.3 Rumusan Permasalahan .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Jenis Pemeliharaan .....	8
2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM).....	9
2.2.1 Komponen-Komponen RCM.....	10
2.2.2 Metodologi RCM .....	12
2.3 Teori Kehandalan .....	13
2.3.1 Mengukur Kehandalan .....	15
2.3.2 Distribusi untuk Menghitung Kehandalan.....	16
2.3.3 Kehandalan dengan Preventive Maintenance .....	19
2.4 Analisis Time Between Failure .....	21
<b>3. PENGUMPULAN DATA .....</b>	<b>24</b>
3.1 Deskripsi Umum Perusahaan .....	24
3.2 Sejarah Perkembangan Perusahaan .....	24
3.3. Visi dan Misi Perusahaan.....	26
3.3.1 Visi Perusahaan.....	26
3.3.2 Misi Perusahaan .....	26
3.4. Kebijakan Mutu dan Lingkungan.....	26
3.4.1 Sasaran Mutu .....	27
3.4.2 Sasaran Lingkungan .....	27
3.5. Struktur Perusahaan .....	27
3.6. Produk yang Dihasilkan .....	27
3.7. Gambaran Area Produksi .....	30
3.8. Komponen Mesin Produksi Bahan bangunan SM III .....	31

<b>4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS.....</b>	<b>33</b>
4.1 Identifikasi <i>Maintenance Significant Item</i> (MSI).....	33
4.2 Penaksiran Tugas Preventive Maintenance (PM) .....	34
4.3 Penaksiran Interval Preventive Maintenance (PM).....	35
4.3.1 Diagram Alir Penaksiran Interval PM .....	35
4.3.2 Pengelompokkan Komponen Mesin .....	38
4.3.3 Pengolahan Data Waktu Kerusakan Mesin .....	39
4.3.3.1 Komponen Wire Cut Off.....	39
4.3.3.2 Komponen Conveyor .....	46
4.3.3.3 Komponen Duraqual.....	51
4.3.3.4 Komponen Main Drive .....	57
4.3.3.5 Komponen Felt .....	61
4.3.3.6 Komponen Stacker-2 .....	68
4.3.3.7 Komponen Stacker-1 .....	71
4.3.3.8 Komponen Pad .....	75
4.3.3.9 Komponen Saringan .....	79
4.3.3.10 Komponen Trim .....	83
4.4 Pembuatan Penugasan Preventive Maintenance .....	87
4.4.1 Penugasan Preventive Maintenance Komponen Wire Cut Off.....	87
4.4.2 Penugasan Preventive Maintenance Komponen Conveyor .....	88
4.4.3 Penugasan Preventive Maintenance Komponen Duraqual .....	88
4.4.4 Penugasan Preventive Maintenance Komponen Main Drive.....	88
4.4.5 Penugasan Preventive Maintenance Komponen Felt.....	89
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>90</b>
5.1 Kesimpulan .....	90
5.2 Saran .....	91
<b>REFERENSI .....</b>	<b>92</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Nilai Parameter Bentuk ( $\beta$ ) Distribusi <i>Weibull</i> .....	17
Tabel 3.1.	Komponen Mesin SM III .....	31
Tabel 3.3.	Kategori Condition dalam Westinghouse.....	25
Tabel 3.4.	Kategori Consistency dalam Westinghouse .....	26
Tabel 4.1.	Durasi <i>Stoppages Losess</i> .....	33
Tabel 4.2.	<i>Cause and Effect Analysis</i> .....	34
Tabel 4.3.	Daftar Resiko Kegagalan dengan Nilai RPN Tertinggi .....	35
Tabel 4.4.	Data Kegagalan Komponen.....	38
Tabel 4.5.	Best Fit Distribution Wire Cut Off .....	41
Tabel 4.6.	Reliability Komponen Wire Cut Off dengan PM Setiap 168 jam .....	41
Tabel 4.7.	Reliability Komponen Wire Cut Off dengan PM Setiap 43 jam .....	43
Tabel 4.8.	Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Wire Cut Off.....	46
Tabel 4.9.	Best Fit Distribution Conveyor.....	48
Tabel 4.10.	Reliability Komponen Conveyor dengan PM Setiap 336 jam .....	48
Tabel 4.11.	Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Conveyor .....	51
Tabel 4.12.	Best Fit Distribution Duraqual.....	53
Tabel 4.13.	Reliability Komponen Duraqual dengan PM Setiap 336 jam .....	54
Tabel 4.14.	Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Duraqual .....	56
Tabel 4.15.	Best Fit Distribution Main Drive .....	58
Tabel 4.16.	Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Main Drive.....	61
Tabel 4.17.	Best Fit Distribution Felt.....	63
Tabel 4.18.	Reliability Komponen Felt dengan PM Setiap 336 jam.....	63
Tabel 4.19.	Reliability Komponen Felt dengan PM Setiap 24 jam.....	65
Tabel 4.20.	Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Felt.....	67
Tabel 4.21.	Best Fit Distribution Stacker-2 .....	69
Tabel 4.22.	Reliability Komponen Stacker-2 dengan PM Setiap 168 jam.....	70
Tabel 4.23.	Best Fit Distribution Stacker-1 .....	73
Tabel 4.24.	Reliability Komponen Stacker-1 dengan PM Setiap 168 jam .....	74
Tabel 4.25.	Best Fit Distribution Pad.....	77
Tabel 4.26.	Reliability Komponen Pad dengan PM Setiap 168 jam .....	78
Tabel 4.27.	Best Fit Distribution Saringan .....	81
Tabel 4.28.	Reliability Komponen Saringan dengan PM Setiap 168 jam.....	82
Tabel 4.29.	Best Fit Distribution Trim .....	85
Tabel 4.30.	Reliability Komponen Trim dengan PM Setiap 168 jam.....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
Gambar 1.2.	Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	5
Gambar 2.1.	Komponen-Komponen RCM .....	10
Gambar 2.2.	RRCM Framework .....	13
Gambar 2.3.	Pengaruh Preventive Maintenance terhadap Reliability .....	20
Gambar 2.4.	Bagan Pengolahan Data TBF .....	21
Gambar 2.5.	Cumulative Failures vs. time plots .....	22
Gambar 2.6.	Successive Service Life Plot .....	22
Gambar 3.1.	Struktur Perusahaan .....	27
Gambar 4.1.	Perbandingan Durasi Stoppages Losess.....	33
Gambar 4.2.	Diagram Alir Pengolahan Data .....	37
Gambar 4.3.	Pareto Kegagalan Komponen.....	39
Gambar 4.4.	Trend Plot Wire Cut Off .....	40
Gambar 4.5.	Successive Service Life Plot Wire Cut Off.....	40
Gambar 4.6.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 168 jam .....	43
Gambar 4.7.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 43 jam .....	45
Gambar 4.8.	Trend Plot Conveyor.....	47
Gambar 4.9.	Successive Service Life Plot Conveyor .....	47
Gambar 4.10.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam .....	50
Gambar 4.11.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 84 jam .....	51
Gambar 4.12.	Trend Plot Duraqual.....	52
Gambar 4.13.	Successive Service Life Plot Duraqual .....	53
Gambar 4.14.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam .....	55
Gambar 4.15.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 108 jam .....	56
Gambar 4.16.	Trend Plot Main Drive .....	57
Gambar 4.17.	Successive Service Life Plot Main Drive .....	58
Gambar 4.18.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam .....	60
Gambar 4.19.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 50 jam .....	60
Gambar 4.20.	Trend Plot Felt.....	62
Gambar 4.21.	Successive Service Life Plot Felt .....	62
Gambar 4.22.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam .....	62
Gambar 4.23.	Peningkatan Reliability dengan siklus PM 24 jam .....	64
Gambar 4.24.	Trend Plot Stacker-2 .....	68
Gambar 4.25.	Successive Service Life Plot Stacker-2.....	69
Gambar 4.26.	Reliability Stacker-2 .....	71
Gambar 4.27.	Trend Plot Stacker-1 .....	72
Gambar 4.28.	Successive Service Life Plot Stacker-1.....	73
Gambar 4.29.	Reliability Stacker-1 .....	75
Gambar 4.30.	Trend Plot Pad .....	76
Gambar 4.31.	Successive Service Life Plot Pad.....	77
Gambar 4.32.	Reliability Pad .....	79
Gambar 4.33.	Trend Plot Saringan Saringan.....	80

Gambar 4.34. Successive Service Life Plot Saringan.....	81
Gambar 4.35. Reliability Saringan .....	83
Gambar 4.36. Trend Plot Trim .....	84
Gambar 4.37. Successive Service Life Plot Trim.....	85
Gambar 4.38. Reliability Trim .....	87



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan membaiknya kondisi ekonomi, sektor properti juga diperkirakan naik 7 – 8 % tahun 2011. Perkembangan sektor property juga akan berdampak naiknya permintaan bahan bangunan. Oleh karena itu, PT. Bakrie Building Industries ikut bersaing dengan menambah target produksi untuk 4 mesin. Hal ini membuat perusahaan harus dapat mempertahankan kehandalan mesin produksi supaya dapat memenuhi target produksinya. Kehandalan mesin dapat dipertahankan dengan menerapkan sistem manajemen pemeliharaan yang direncanakan dan dilakukan dengan baik.

Joel Levitt (2008) menjelaskan bahwa pemborosan dalam aspek pemeliharaan yang sering terjadi adalah buruknya *Preventive Maintenance* dikarenakan tidak diatur dengan baik, rendahnya kemampuan personel, dan tidak diketahuinya prioritas pekerjaan sehingga pekerja melakukan pekerjaannya tidak terjadwal dengan baik. Hal tersebut menyebabkan banyaknya terjadi kerusakan mesin yang tidak terjadwal yang menyebabkan menurunnya kehandalan mesin. Rendahnya kehandalan mesin menyebabkan tingginya biaya untuk pemeliharaan dan biaya kehilangan peluang (*opportunity cost*) untuk memproduksi produk.

Penjadwalan pemeliharaan semakin penting karena biaya pemeliharaan memiliki porsi yang signifikan terhadap total biaya dalam industri dan tujuan dari penjadwalan pemeliharaan adalah untuk meningkatkan Mean Time Between Failure (MTBF) dan atau mengurangi Mean Time To Repair (MTTR) yang merepresentasikan kebijakan biaya pemeliharaan (Mahadevan, 2010). Artinya dengan melakukan penjadwalan pemeliharaan diharapkan dapat meningkatkan kehandalan (*reliability*) mesin.

Sedangkan kehandalan (*reliability*) mesin diartikan sebagai kemampuan dari mesin untuk bekerja sesuai dengan fungsinya selama masa hidup yang diharapkan atau diartikan juga sebagai probabilitas mesin untuk dapat bekerja dengan fungsi spesifik selama masa hidup yang diharapkan. Kata kunci disini adalah probabilitas yang artinya mesin akan bekerja dalam ketidakpastian (*uncertainty*) perubahan dan kejadian acak (*random*).

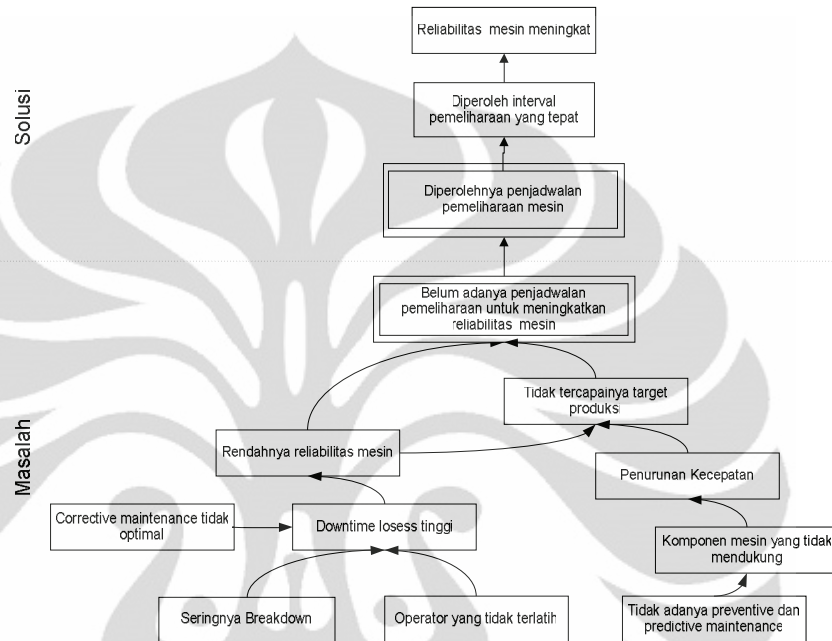
PT. Bakrie Building Industries belum memiliki sistem pemeliharaan yang tertata dengan baik menyebabkan sering terjadinya kerusakan dan berhentinya mesin untuk dilakukan perbaikan. Hal tersebut menyebabkan terhentinya produksi hingga kerusakan selesai diperbaiki. Tentunya hal tersebut sangat mempengaruhi tingkat produktivitas mesin.

Pada PT Bakrie Building Industries yang bertanggung jawab untuk memperbaiki mesin adalah bagian *maintenance* yang berbeda dengan operator mesin. Hal tersebut menyebabkan jauhnya jarak informasi untuk memperbaiki kerusakan dengan cepat dikarenakan operator yang paling dekat dengan mesin tidak terlatih untuk menangani kerusakan pada mesin. Tidak adanya penjadwalan pemeliharaan membuat perusahaan tidak memiliki prediksi untuk pemeliharaan yang seharusnya dilakukan untuk memperbaiki mesin atau untuk mengganti komponen.

Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk merencanakan interval pemeliharaan untuk komponen kritis mesin sehingga dapat meningkatkan kehandalan mesin supaya dapat memproduksi bahan bangunan sesuai target yang diberikan perusahaan.

## 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat dibuat diagram keterkaitan masalah secara sistematis. Diagram keterkaitan masalah penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.1. berikut.



**Gambar 1.1** Diagram Keterkaitan Masalah

## 1.3 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, permasalahan yang dirumuskan adalah belum adanya penjadwalan pemeliharaan yang dapat meningkatkan kehandalan mesin.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah didapatkan rancangan interval pemeliharaan yang tepat untuk mesin supaya dapat meningkatkan kehandalan mesin.



### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang dibahas dalam penelitian ini digunakan agar penelitian dapat terarah dan fokus sehingga didapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada PT Bakrie Building Industries
2. Objek untuk penelitian dilakukan pada mesin SM III
3. Data historis yang diambil meliputi data SM III tahun 2009-2010
4. Berfokus pada perencanaan interval pemeliharaan komponen kritis

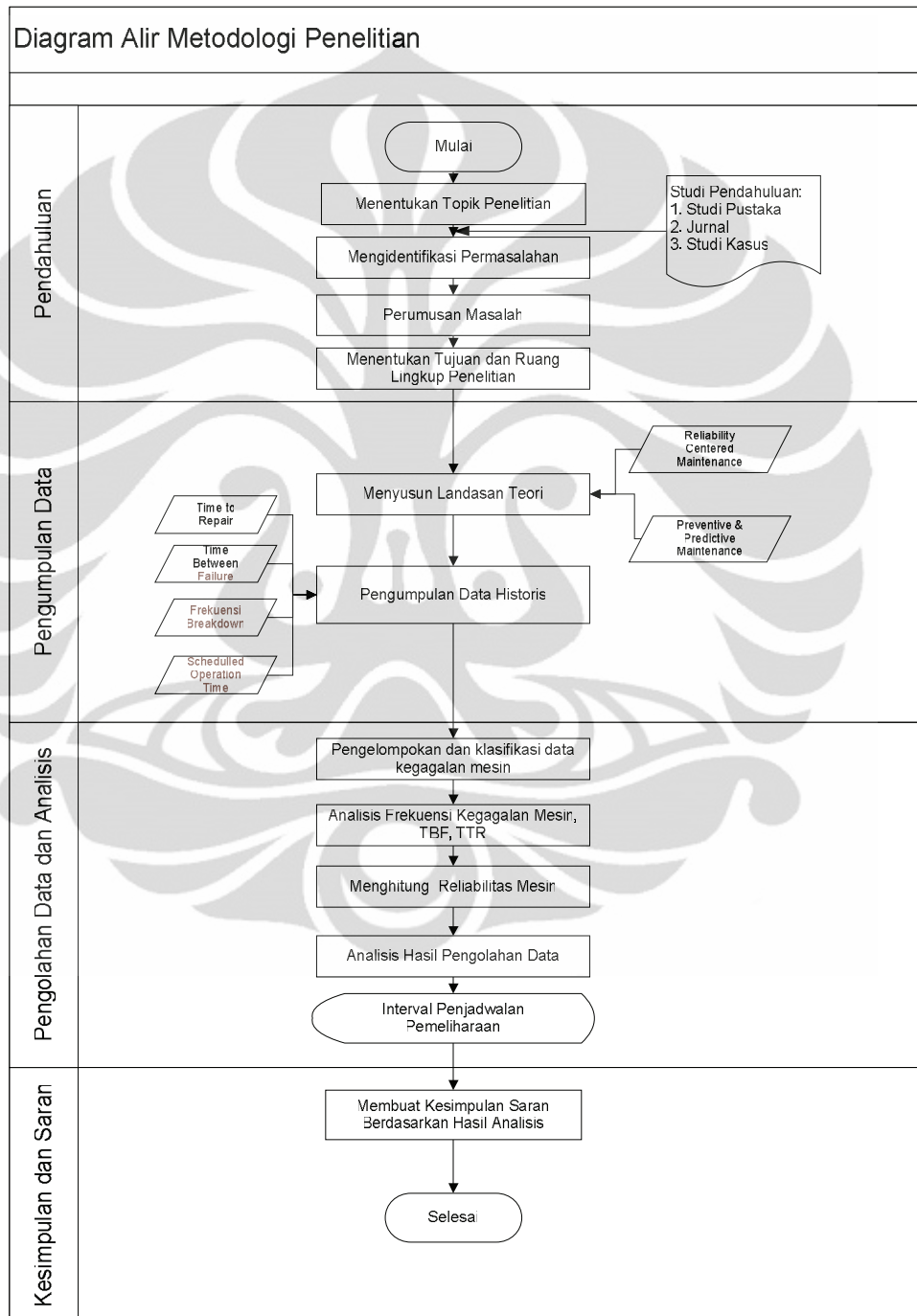
### 1.6 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, maka keseluruhan kegiatan penelitian dirancang untuk mengikuti diagram alir seperti tampak pada Gambar 1.2. Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pendahuluan  
Pada tahap pendahuluan dilakukan penentuan topik penelitian, mengidentifikasi masalah, perumusan masalah, serta menentukan ruang lingkup penelitian. Hal ini dilakukan dengan melakukan studi literatur, diskusi dengan pembimbing, dan diskusi dengan pihak perusahaan.
- b. Pengumpulan Data  
Pengumpulan data yang dilakukan berupa pengumpulan data teoritis berupa teori tentang pemeliharaan, RCM, dan *Preventive Maintenance*, dan data historis perusahaan berupa data *Time To Repair*, *Time Between Failure*, frekuensi kegagalan mesin, dan jadwal operasi mesin.
- c. Pengolahan Data dan Analisis  
Pengolahan data dilakukan dengan mengelompokkan dan klasifikasi data kegagalan mesin, analisis frekuensi kegagalan mesin tiap komponen menggunakan diagram pareto, menghitung reliabilitas mesin, dan dari analisis pengolahan data tersebut didapatkan interval penjadwalan pemeliharaan yang tepat.

d. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir adalah membuat kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk penelitian lanjutan.



**Gambar 1.2** Diagram Alir Metodologi Penelitian

### 1.7 Sistematika Penulisan

Secara umum, hasil penelitian mengenai perancangan penjadwalan pemeliharaan ini diuraikan ke dalam beberapa bab agar diharapkan dapat mempermudah pemahaman bagi para pembaca. Adapun bab pertama adalah bab pendahuluan. Pada bab pendahuluan, penulis menjelaskan latar belakang permasalahan yang menyebabkan dilakukannya penelitian ini. Pada bab ini juga dipaparkan tujuan penelitian dan metodologi penelitian. Penjelasan dalam bab pendahuluan ini juga dilengkapi dengan diagram-diagram yang dapat menggambarkan secara sistematis alur permasalahan dan alur penelitian, yaitu diagram keterkaitan masalah dan diagram alir metodologi penelitian.

Bab kedua merupakan bab tinjauan pustaka. Pada bab kedua ini, penulis memaparkan dasar teori mengenai metode-metode yang digunakan dalam mengerjakan penelitian ini. Landasan teori ini didapat dari tinjauan pustaka baik dari buku, jurnal, artikel ilmiah, maupun informasi yang penulis dapat dari situs-situs di internet, tinjauan langsung ke lapangan, dan diskusi dengan pihak-pihak terkait. Teori-teori yang dipakai meliputi teori mengenai *Reliability Centered Maintenance dan Preventive Maintenance*.

Bab ketiga merupakan bab pengumpulan data. Bab ini berisi pemaparan mengenai pengumpulan data yang dibutuhkan penulis dalam melakukan penelitian ini. Data tersebut terdiri dari data sekunder yang didapat melalui perusahaan antara lain data umum perusahaan, gambaran proses produksi, *time to repair*, *time between failure*, *operation time*, dan frekuensi *breakdown*.

Bab keempat merupakan bab pengolahan data dan analisis. Pada bab ini penulis menjelaskan secara terperinci langkah-langkah yang digunakan dalam proses pengolahan data *Time Between Failure* dan *Time To Repair* dengan melakukan pencocokan distribusi probabilitas yang paling sesuai (*best fit distribution*). Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan dengan beberapa alternatif interval pemeliharaan dan memilih interval yang memiliki efek signifikan untuk meningkatkan kehandalan mesin. Setelah melakukan pengolahan data, dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data.

Bab terakhir merupakan bab kesimpulan. Pada bab kelima ini penulis menyimpulkan seluruh hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ini merupakan jawaban dari tujuan penelitian. Selain itu, pada bab ini penulis menyampaikan saran-saran yang diharapkan akan bermanfaat sebagai pertimbangan dalam melakukan penjadwalan pemeliharaan mesin produksi bahan bangunan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Definisi pemeliharaan (*maintenance*) menurut Patrick (2001, p407) adalah suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada.

Tujuan utama dilakukannya pemeliharaan menurut Patrick (2001, p407) yaitu:

1. Mempertahankan kemampuan alat atau fasilitas produksi guna memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan target serta rencana produksi
2. Mengurangi pemakaian dan penyimpanan diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama jangka waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan.
3. Menjaga agar kualitas produk berada pada tingkat yang diharapkan guna memenuhi apa yang dibutuhkan produk itu sendiri dan menjaga agar kegiatan produksi tidak mengalami gangguan.
4. Memperhatikan dan menghindari kegiatan-kegiatan operasi mesin serta peralatan yang dapat membahayakan keselamatan kerja.
5. Mencapai tingkat biaya serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien untuk keseluruhannya.

#### 2.1 Jenis Pemeliharaan

Terdapat dua tipe tindakan utama pada *pemeliharaan*, yakni :

- a. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur sistem atau memperpanjang umur sistem ataupun meningkatkan kehandalan dari sistem tersebut. Tindakan pemeliharaan ini bervariasi mulai dari perawatan ringan

yang membutuhkan durasi kegagalan pendek seperti halnya pelumasan, testing, penggantian terencana terhadap komponen dan sebagainya sampai pada *overhaul* yang memerlukan waktu durasi kegagalan yang signifikan. Tindakan perbaikan pencegahan biasanya sudah direncanakan dan terjadwal.

b. *Corective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Pemeliharaan yang terdiri dari tindakan mengembalikan kondisi sistem atau produk yang rusak atau gagal beroperasi kembali ke kondisi beroperasi. Tindakannya biasanya berupa perbaikan dari komponen rusak ataupun penggantian komponen rusak. Pemeliharaan perbaikan biasanya dilakukan apabila terjadi kegagalan yang tiba-tiba dan biasanya tidak direncanakan.

## 2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

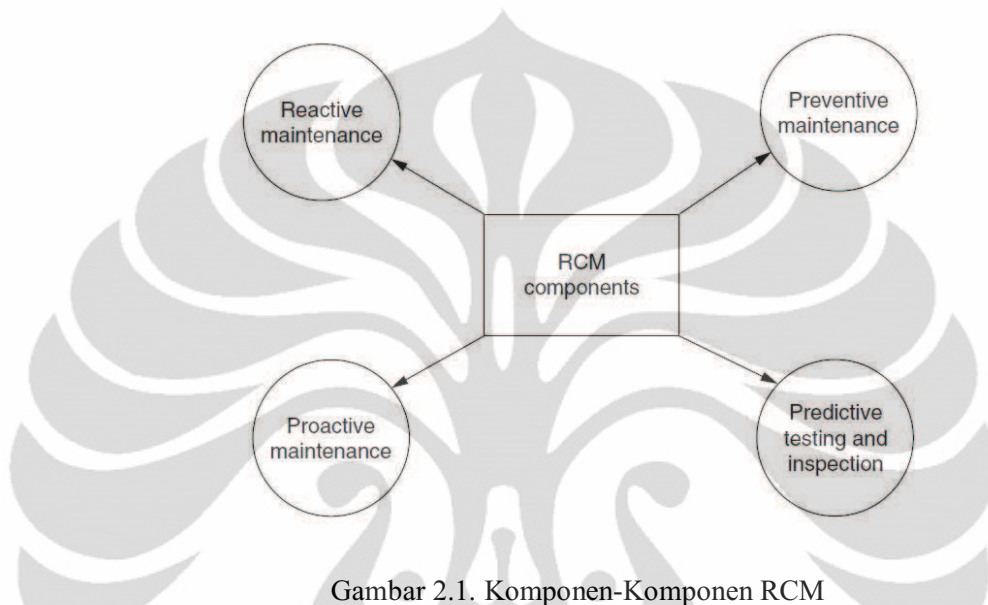
Dhillon (2002) menyebutkan bahwa Reliability Centered Maintenance adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya. RCM berfokus pada preventive maintenance (PM) terhadap kegagalan yang sering terjadi.

Beberapa tujuan penting dari penerapan RCM adalah:

- a. Membentuk desain yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi Preventive maintenance (PM)
- b. Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain dari produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan, yang berhubungan dengan kehandalan
- c. Membentuk PM dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan kehandalan dan keamanan pada levelnya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau sistem
- d. Mendapatkan semua tujuan diatas dengan total biaya yang minimal

### 2.2.1 Komponen-Komponen RCM

RCM memiliki empat (4) komponen utama, yaitu *reactive maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive testing and inspection*, dan *proactive maintenance*.



Gambar 2.1. Komponen-Komponen RCM

Sumber: Engineering Maintenance-A Modern Approach, Dhillon, 2002

#### 1. *Reactive Maintenance* (Pemeliharaan Reaktif)

Jenis pemeliharaan ini biasa disebut juga *breakdown maintenance*, *fix-when-fail maintenance*, *run-to-failure maintenance*, atau *repair maintenance*. Dengan menggunakan pendekatan pemeliharaan reaktif, pada saat komponen atau mesin tidak bekerja sesuai fungsinya kegiatan yang sering dilakukan adalah perbaikan mesin, perawatan, atau penggantian komponen. Pada saat melaksanakan pemeliharaan reaktif maka hal yang sering terjadi adalah tingginya penggantian komponen yang menyebabkan besarnya persediaan part, rendahnya usaha dalam melakukan pemeliharaan, dan tingginya persentase kegiatan pemeliharaan tidak terencana. Pemeliharaan reaktif dapat dilakukan dengan baik apabila merupakan hasil keputusan yang disengaja untuk memilih melakukan pemeliharaan reaktif setelah melakukan analisis RCM dengan membandingkan resiko dan biaya kegagalan dengan biaya pemeliharaan yang dibutuhkan untuk mengatasi resiko tersebut.

## 2. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Jenis pemeliharaan ini biasa disebut *time-driven maintenance* atau *interval-based maintenance* yang dilakukan dengan memperhatikan kondisi mesin. Kejadiannya terdiri dari pemeriksaan secara periodic, penggantian part, perbaikan komponen, penyesuaian, pengujian, pelumasan dan pembersihan mesin atau peralatan. PM dijadwalkan secara rutin dengan sejumlah pemeriksaan dan pemeliharaan dengan interval tertentu dimaksudkan untuk mengurangi terjadinya kegagalan pada peralatan yang rentan terjadi kegagalan. Kegiatan ini juga dimaksudkan untuk mengurangi jumlah dan bahaya atau akibat kegagalan yang tidak terencana.

Untuk menentukan interval waktu pelaksanaan PM biasanya digunakan data *Mean Time Between Failure* (MTBF) sebagai parameternya. Selanjutnya harus diadakan pemantauan terhadap kondisi mesin atau peralatan untuk menentukan kondisi mesin dan untuk menetapkan tren peramalan kondisi mesin yang akan datang. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan untuk meramalkan kecenderungan pada waktu tertentu antara lain:

- a. Antisipasi kegagalan dari pengalaman masa lalu. Dibutuhkan data historis kegagalan mesin dan pengalaman juga intuisi dalam menentukan kemungkinan terjadinya kegagalan.
- b. Distribusi statistik dari data kegagalan. Distribusi kegagalan dan probabilitas kegagalan dapat diketahui dengan menggunakan analisis statistik.
- c. Pendekatan konservatif. Dilakukan dengan melakukan monitoring mesin atau peralatan setiap bulan atau setiap minggu untuk memastikan mesin atau peralatan dalam kondisi yang baik.

## 3. *Predictive Testing and Inspection* (Tes Prediktif dan Inspeksi)

Jenis pemeliharaan ini biasa disebut *condition monitoring maintenance* dan *predictive maintenance*. Pemeliharaan ini memerlukan data performa mesin, pengujian, dan pengawasan secara visual. Analisis dari kondisi mesin



selanjutnya akan digunakan untuk membuat perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan dalam sebelum terjadinya kegagalan.

#### 4. *Proactive Maintenance* (Pemeliharaan Proaktif)

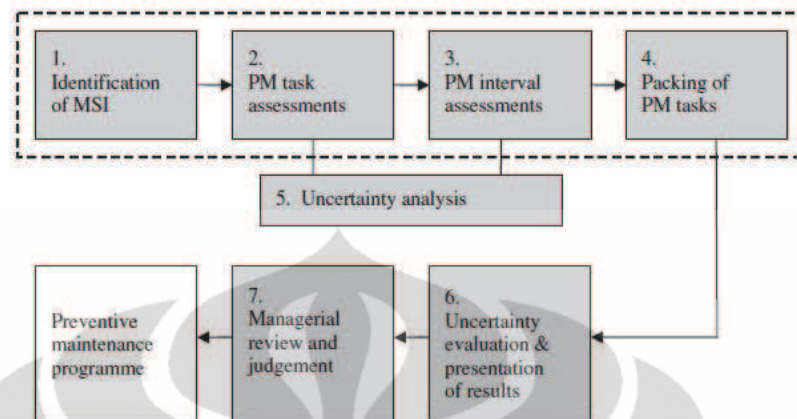
Jenis pemeliharaan ini membantu meningkatkan pemeliharaan dalam hal desain, pekerja, instalasi, penjadwalan, dan prosedur pemeliharaan. Karakteristik dari pemeliharaan proaktif adalah dengan menggunakan proses improvement yang berkelanjutan dengan memberikan feedback dan komunikasi untuk memastikan perubahan desain atau prosedur memberikan efek positif. Pemeliharaan prediktif menggunakan analisis akar masalah kegagalan dan analisis prediktif untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan serta mengadakan evaluasi secara periodic terhadap terhadap interval pemeliharaan dan pelaksanaannya, serta mengintegrasikan fungsi dan dukungan pemeliharaan ke dalam program perencanaan pemeliharaan.

### 2.2.2 Metodologi RCM

J. T. Selvik (2011) menjelaskan metodologi RCM menjadi tiga fase:

- a. Mengidentifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI) atau bisa disebut juga komponen yang kritis untuk dimaintain
- b. Membuat penugasan yang sesuai dengan pekerjaan PM yang sesuai MSI
- c. Mengimplementasikan dan memperbaharui pekerjaan PM

Dalam tulisannya J. T. Selvik (2011) menjelaskan ketiga fase tersebut dalam bagan *Reliability and Risk Centered Maintenance* (RRCM).



Gambar 2.2. RRCM *Framework*

Sumber: A framework for reliability and risk centered maintenance, J. T. Selvik dan T. Aven, 2011

Kotak 1 sampai dengan 4 memenuhi fase pertama (a) dan kedua (b) dalam metodologi RCM dengan mengaplikasikan PM *task assessment* dan PM *interval assesment*. Langkah selanjutnya mencakup fase terakhir (c) dengan mengevaluasi ketidakpastian yang terjadi dan dikomunikasikan ke pihak manajemen untuk ditindak lanjuti untuk membuat program PM.

### 2.3 Teori Keandalan

*Reliability* atau keandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep dapat diandalkan atau sistem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan. Lebih tepatnya, *reliability* didefinisikan sebagai suatu konsep terkait sebagai berikut: Keandalan produk atau sistem adalah probabilitas suatu barang atau sistem mampu melakukan fungsi tertentu untuk periode waktu tertentu jika beroperasi secara normal. Jika merujuk pada pendapat ahli didapat bahwa:

- a. Menurut Ebeling; 1997, *Reliability* atau keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi.

- b. Menurut Blancard, 1994; *Reliability* atau kehandalan merupakan probabilitas bahwa sebuah unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu.
- c. Menurut Leith, 1995; *Reliability* atau kehandalan suatu produk adalah ukuran terhadap kemampuan produk tersebut untuk melakukan fungsinya, pada saat dibutuhkan, untuk waktu tertentu dan pada lingkungan yang tertentu pula.

Beberapa item pada daftar ini melibatkan banyak isu-isu lain, termasuk prediksi, penilaian, optimasi, dan topic terkait. Ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. *Reliability Prediction* atau prediksi kehandalan pada dasarnya berhubungan dengan penggunaan model, sejarah masa lalu tentang produk serupa, dan sebagainya, dalam upaya untuk memprediksi kehandalan dan produk pada tahap desain. Proses dapat diperbaharui pada tahap selanjutnya dalam upaya untuk memprediksi kehandalan.
- b. *Reliability Assessment* atau penilaian kehandalan berkaitan dengan estimasi kehandalan didasarkan pada data aktual, yang mungkin bisa berupa data pengujian, data operasional, dan sebagainya. Sistem melibatkan pemodelan, *goodness-of-fit* untuk distribusi probabilitas, dan analisis terkait.
- c. *Reliability Optimization* atau optimasi kehandalan mencakup banyak area dan berkaitan dengan pencapaian *trade-off* yang cocok antara berbagai tujuan yang saling bersaing seperti kinerja, biaya, dan seterusnya.
- d. *Reliability Test Design* atau kehandalan uji desain berkaitan dengan metode untuk memperoleh validitas, kehandalan, dan data yang akurat, dan melakukannya secara efisien dan efektif.
- e. *Reliability Data Analysis* atau kehandalan analisis dapat berkaitan dengan estimasi parameter, pemilihan distribusi, dan banyak aspek yang dibahas di atas.

### 2.3.1 Mengukur Keandalan

Kehandalan merupakan probabilitas dari peralatan atau proses yang berfungsi sesuai peruntukannya tanpa mengalami kegagalan, ketika dioperasikan pada kondisi yang semestinya untuk interval waktu tertentu (Kumar, Klefjo, Kunar, 1992). Biaya tinggi memotivasi para *engineer* untuk mencari solusi terhadap masalah keandalan untuk mengurangi biaya pengeluaran, meningkatkan keandalan, memuaskan pelanggan dengan pengiriman tepat waktu dengan cara meningkatkan ketersediaan peralatan, dan dengan mengurangi biaya dan masalah yang timbul dari produk-produk yang gagal dengan mudah.

Mengukur keandalan suatu sistem atau peralatan dengan cara mengkuantitatifkan biaya tahunan dari peralatan atau sistem yang tidak handal tersebut dengan fasilitas yang tersedia akan menempatkan keandalan tersebut dalam konteks bisnis. Sistem atau peralatan dengan keandalan yang tinggi akan mengurangi biaya kegagalan peralatan. Kegagalan adalah hilangnya suatu fungsi jika fungsi tersebut diperlukan, terutama untuk mencapai tujuan keuntungan perusahaan. Keandalan adalah suatu ukuran dari probabilitas mampu beroperasi yang bebas dari kegagalan, yang sering dinyatakan sebagai:

$$R(t) = e^{(-t/MTBF)} = e^{(-\lambda t)} \quad (2.1)$$

Reliability Sistem dengan banyak komponen didefinisikan sebagai berikut::

$$R = R.Component A \times R.Component B \times R.Component C \times ..etc \quad (2.2)$$

Sementara perhitungan umum keandalan didasarkan pada pertimbangan terhadap modus dari kegagalan awal, yang dapat disebut sebagai angka kegagalan dini (menurunnya tingkat kegagalan yang akan datang seiring dengan berjalannya waktu) atau memakai modus usang (yaitu meningkatnya kegagalan seiring dengan waktu). Parameter utama yang menggambarkan keandalan adalah:

- a. *Mean Time To / Between Failure* (MTBF) yakni rata-rata jarak waktu antar setiap kegagalan.
- b. *Mean Time To Repair* (MTTR) yakni rata-rata jarak waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan.

- c. *Mean Life To Component* yakni angka rata-rata usia komponen
- d. *Failure Rate* yakni angka rata-rata kegagalan peralatan pada satu satuan waktu.
- e. *Maximum Number Of Failure* yakni angka maksimum kegagalan peralatan pada jarak waktu tertentu.

### 2.3.2. Distribusi untuk Menghitung Kehandalan

Pada penelitian ini, distribusi yang digunakan dalam kehandalan (*reliability*) adalah distribusi *Weibull*, *Normal*, *Lognormal* dan *Ekspontial*.

#### a. Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan dari produk karena mencakup ketiga frase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Pada umumnya, distribusi ini digunakan pada komponen mekanik atau peralatan pemrosesan.

Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah  $\theta$  yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*). Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi *Weibull* menurut Ebeling (1997, p59):

*Reliability function* :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2.3)$$

dimana  $\theta > 0$ ,  $\beta > 0$ , dan  $t > 0$

Dalam distribusi *Weibull* yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter. Menurut pendapat Ebeling (1997, p64), perubahan nilai-nilai dari parameter bentuk ( $\beta$ ) yang menunjukkan laju kerusakan dapat dilihat dalam table 2.1 dibawah ini. Jika parameter  $\beta$

mempengaruhi laju kerusakan maka parameter  $\theta$  mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

Table 2.1 Nilai Parameter Bentuk ( $\beta$ ) Distribusi *Weibull*

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < \beta < 1$	Laju kerusakan menurun ( <i>decreasing failure rate</i> ) → DFR
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan ( <i>constant failure rate</i> ) → CFR Distribusi Eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat ( <i>increasing failure rate</i> ) → IFR Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju keusakan linier ( <i>linier failure rate</i> ) → LFR Distribusi Reyleigh
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat ( <i>increasing failure rate</i> ) → IFR Kurva berbentuk konveks
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat ( <i>increasing failure rate</i> ) → IFR Kurva berbentuk simetris Distribusi Normal

#### b. Distribusi *Lognormal*

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu  $s$  yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan  $t_{med}$  sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini dapat memiliki berbagai macam bentuk, sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga sesuai dengan distribusi Lognormal. Fungsi *reliability* yang terdapat pada distribusi Lognormal (Ebeling, 1997, p73) yaitu:

*Reliability function* :

$$R(t) = 1 - \Phi \left[ \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right] \quad (2.4)$$

Dimana  $s > 0$ ,  $t_{med} > 0$  dan  $t > 0$

### c. Distribusi Normal

Distribusi normal cocok untuk digunakan dalam memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Karena hubungannya dengan distribusi Lognormal, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisis probabilitas Lognormal. Fungsi reliability yang terdapat dalam distribusi Normal (Ebeling, 1997, p69) yaitu:

*Reliability function :*

$$R(t) = \Phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \quad (2.5)$$

Dimana  $\mu > 0$ ,  $\sigma > 0$  dan  $t > 0$

### d. Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial digunakan untuk menghitung kehandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini adalah distribusi yang paling mudah dianalisis. Parameter yang digunakan dalam distribusi Eksponen adalah  $\lambda$ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi eksponensial (Ebeling, 1997, p41) yaitu:

*Reliability function :*

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.6)$$

Dimana  $t > 0$  dan  $\lambda > 0$

### 2.3.3. Keandalan dengan *Preventive Maintenance*

Peningkatan keandalan dapat ditempuh dengan *preventive maintenance*. Dengan *preventive maintenance* maka pengaruh *wear out* mesin atau komponen dapat dikurangi dan menunjukkan hasil yang cukup signifikan terhadap umur sistem. Menurut Lewis (1987,p251), Keandalan pada saat  $t$  dinyatakan sebagai berikut:

$$R_m(t) = R(t) \quad \text{untuk } 0 \leq t < T \quad (2.7)$$

$$R_m(t) = R(T).R(t-T) \quad \text{untuk } T \leq t < 2T \quad (2.8)$$

#### Keterangan

$t$  = waktu

$T$  = interval waktu pencegahan penggantian kerusakan

$R(t)$  = keandalan (*reliability*) dai system tanpa *preventive maintenance*

$R(T)$  = peluang dari keandalan hingga *preventive maintenance* pertama

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

$R_m(t)$  = keandalan (*reliability*) dari system dengan *preventive maintenance*

Secara umum persamaannya adalah:

$$R_m(t) = R(T)^n . R(t-nT) \quad \text{untuk } nT \leq t \leq (n+1)T \quad (2.9)$$

dimana  $n = 1,2,3,\dots$ dst

#### Keterangan

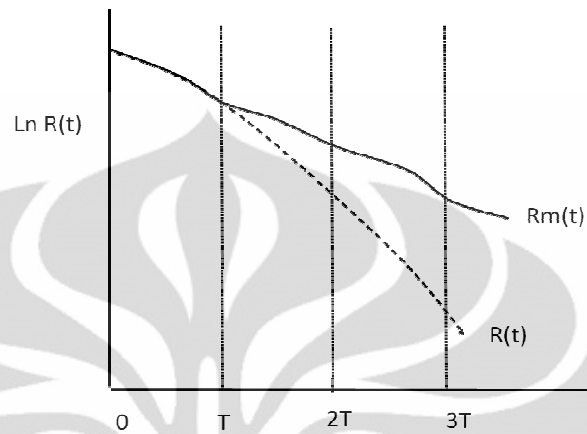
$n$  = jumlah perawatan

$R_m(t)$  = keandalan (*reliability*) system dengan *preventive maintenance*

$R(T)^n$  = probabilitas keandalan hingga  $n$  selang waktu



$R(t-nT)$  = probabilitas kehandalan untuk waktu  $t-nT$  dari tindakan *preventive maintenance* yang terakhir.



Gambar 2.3. Pengaruh Preventive Maintenance terhadap Reliability

Sumber: Introduction to Reliability Engineering, E.E. Lewis

Untuk laju kerusakan yang konstan :  $R(t) = e^{-\lambda t}$  maka,

$$R_m(t) = (e^{-\lambda T})^n e^{-\lambda(t-nT)}$$

$$R_m(t) = e^{-\lambda T} \cdot e^{-\lambda T} \cdot e^{-\lambda T}$$

$$R_m(t) = e^{-\lambda t}$$

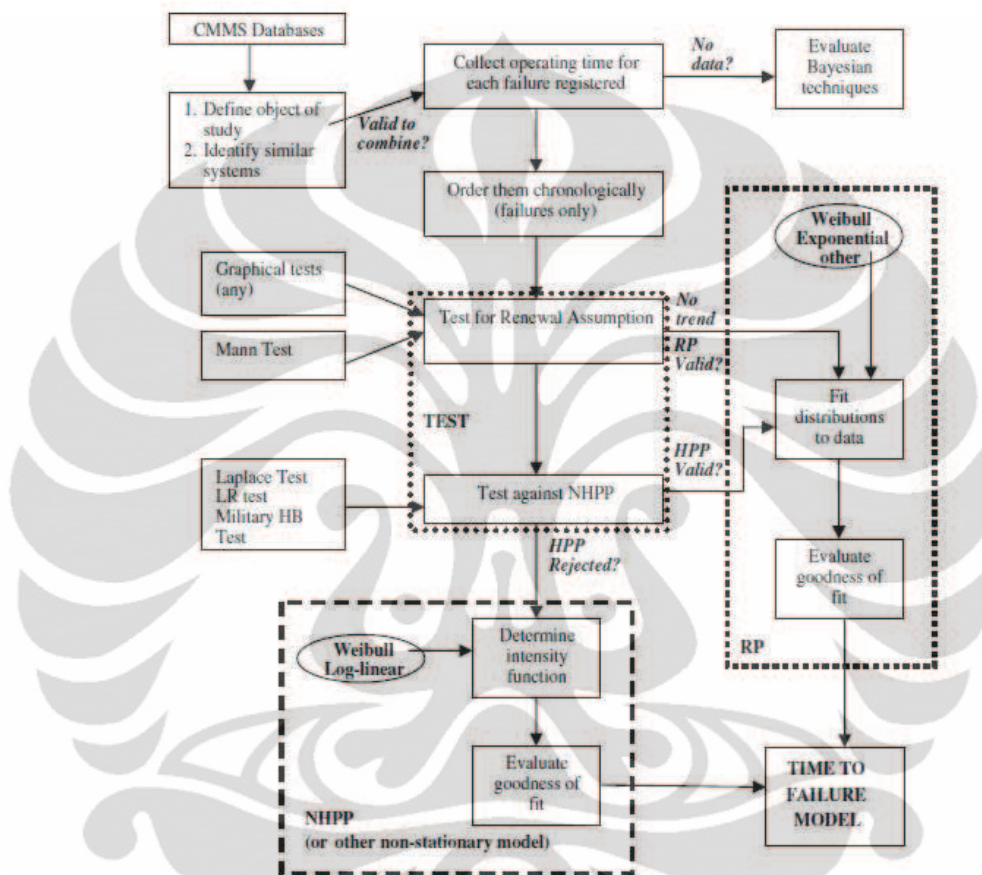
$$R_m(t) = R(t)$$

Berdasarkan rumus di atas, ini membuktikan bahwa distribusi *eksponensial* yang memiliki laju kerusakan konstan, bila dilakukan *preventive maintenance* tidak akan menghasilkan dampak apapun. Dengan demikian, tidak ada peningkatan *reliability* seperti yang diharapkan, karena  $R_m(t) = R(t)$

Namun apabila nilai laju kerusakan tidak konstan memungkinkan *preventive maintenance* tidak meningkatkan kehandalan peralatan. Pada saat itu solusi yang digunakan lebih abik adalah penggantian mesin (E.E. Lewis, 1987)

## 2.4. Analisis Time Between Failure

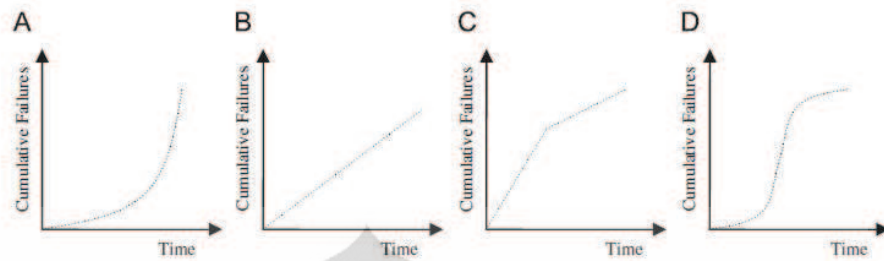
Dalam tulisannya, D.M. Louit et. al. menjelaskan langkah-langkah pengolahan data untuk *Time Between Failure* (TBF) seperti pada bagan di bawah ini:



Gambar 2.4 Bagan Pengolahan Data TBF

Sumber: A Practical Procedure for The Selection of Time-To-Failure Models Based on The Assessment of Trends in Maintenance data, D.M. Louit et. al.

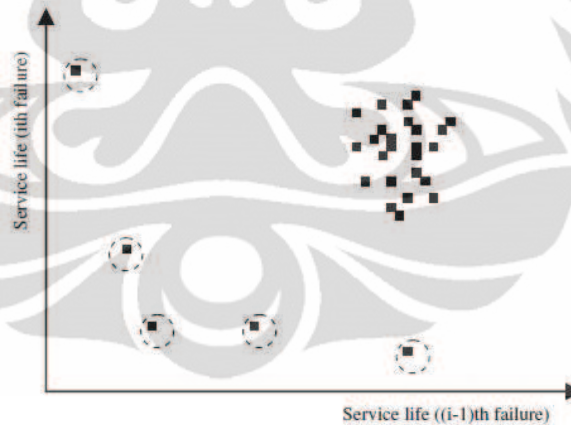
Untuk menganalisis sejumlah data TBF memiliki trend atau tidak, menggunakan graphical test yaitu dengan melakukan plotting data antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan seperti gambar 2.5. Apabila grafik menunjukkan seperti grafik D maka data tersebut dianggap memiliki trend, selainnya pada grafik A, B, dan C dianggap tidak memiliki trend.



Gambar 2.5 Cumulative Failures vs. time plots

Sumber: A Practical Procedure for The Selection of Time-To-Failure Models Based on The Assessment of Trends in Maintenance data, D.M. Louit et. al.

Graphical test yang kedua adalah dengan melakukan plot data TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{th}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{th}$  sebagai sumbu Y. Apabila data membentuk satu kumpulan titik (gambar 2.6) maka data dianggap tidak memiliki tren sedangkan bila lebih dari satu kumpulan titik maka dianggap memiliki tren.



Gambar 2.6 Successive Service Life Plot

Sumber: A Practical Procedure for The Selection of Time-To-Failure Models Based on The Assessment of Trends in Maintenance data, D.M. Louit et. al.

Apabila data menunjukkan trend maka akan dilakukan Power Law Process NHPP (Nonhomogenous Poisson Process). Parameter yang dimaksud adalah sebagai berikut:

$$\lambda(t) = (\beta / \eta) (t / \eta)^{(\beta-1)} \quad (2.10)$$

$$\eta = t_n / n^{1/\beta} \quad (2.11)$$

$$\beta = n / \sum \ln (t_n / t_i) \quad (2.12)$$

dimana:

$\beta$  = beta (*shape parameter*)

$\eta$  = eta (*scale parameter*)

$n$  = jumlah kegagalan

$t_n$  = total running time

$t_i$  = running time saat kegagalan muncul

$I = 1,2,3,\dots,n$

## **BAB III**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **3.1. Deskripsi Umum Perusahaan**

PT. Bakrie Building Industries (BBI) adalah salah satu anak perusahaan dari PT. Bakrie & Brothers, Tbk. yang bergerak di bidang industri bahan bangunan. BBI merupakan salah satu pionir dalam industri bahan bangunan di Indonesia. Perusahaan yang diresmikan tanggal 8 Oktober 1976 ini memahami kebutuhan pasar akan bahan-bahan bangunan berkualitas tinggi untuk menghasilkan bangunan indah, kuat, dan tahan lama. BBI awalnya didirikan dari patungan dengan perusahaan Australia yang kemudian seluruh sahamnya dibeli oleh PT. Bakrie & Brothers, Tbk. pada tahun 1985.

Produk yang dihasilkan oleh BBI adalah fiber semen untuk atap, plafon, dan partisi, serta produk-produk berbahan dasar metal untuk genteng berwarna. Melalui inovasi-inovasi produk yang berkualitas, BBI terus berkembang dan memiliki konsumen yang loyal. Komitmen perusahaan untuk terus berinovasi dan menghasilkan produk kualitas terbaik menjadi kunci perusahaan untuk menjadi perusahaan industri bahan bangunan yang diperhitungkan di tanah air.

#### **3.2. Sejarah Perkembangan Perusahaan**

Sejak awal berdirinya BBI telah mengalami banyak perubahan dikarenakan kebutuhan pasar yang terus meningkat, serta kemampuan perusahaan untuk berkompetisi dan memenuhi permintaan lewat produk inovatif yang berkualitas. Berikut akan dijabarkan perkembangan perusahaan dari awal berdirinya:

1973 : PT. James Hardie Indonesia yang menjadi cikal bakal BBI dan berlokasi di Kebayoran Lama, Jakarta Selatan, didirikan dengan nama PT. Harflex Asbes Semen.

1976 : *Sheet machine* no.1 mulai berproduksi dengan kapasitas produksi hingga 50.000 ton/tahun. Perkembangan ini membuat perusahaan

pindah ke lokasi yang lebih representative di Jl. Daan Mogot KM. 17.3 Kalideres, Jakarta Barat.

- 1977 : Perusahaan terus berkembang dengan mulai berproduksinya *pipe machine* dengan kapasitas mencapai 40.000 ton/tahun.
- 1985 : Pesatnya pertumbuhan perusahaan membuat Bakrie & Brothers mengakuisisi PT. James Hardie Indonesia sebagai bagian dari PT. Bakrie & Brothers, Tbk.
- 1986 : Perusahaan menambah kapasitas produksi dengan beroperasinya *sheet machine* no.2 yang berkapasitas produksi total hingga 90.000 ton/tahun.
- 1988 : Perusahaan berubah nama menjadi PT. Jaya Harflex Indonesia dengan jangkauan pasar yang semakin luas di seluruh tanah air.
- 1990 : Menjawab kebutuhan pasar akan layanan terintegrasi dalam pembangunan gedung, tahun ini perusahaan memperluas bidang usaha dengan memproduksi *Architectural Concrete Panel* (Arcon).
- 1991 : Perusahaan resmi berganti nama menjadi Bakrie Building Industries sebagai bagian dari Bakrie & Brothers, Tbk.
- 1995 : Pertumbuhan perusahaan makin signifikan dengan mulai berproduksinya *sheet machine* no.3 sehingga total kapasitas produksi mencapai 140.000 ton/tahun. Di tahun ini pula perusahaan berekspansi dengan mula berkiprah dalam bisnis batu bata dan marmer.
- 1997 : Inovasi dan komitmen perusahaan untuk memberikan layanan menyeluruh dibuktikan dengan terus-menerus berekspansi dan melebarkan sayap bisnisnya. Tahun 1997 BBI mulai terjun ke dalam *Prefab Panel System*.
- 2000 : Kualitas dan komitmen perusahaan untuk memberikan hanya yang terbaik diakui dengan keberhasilan perusahaan meraih ISO 19001:2000
- 2005 : Makin tingginya permintaan membuat perusahaan mengkonversi *pipe-machine* menjadi *sheet machine* no.4 dengan total produksi mencapai 20.000 ton/tahun

- 2007 : Perusahaan mengeluarkan inovasi terbaru produk bahan bangunan dengan meluncurkan Versaboard (*Calcium Silicate-Asbestos Free Product*)
- 2009 : BBI makin mengukuhkan dirinya sebagai salah satu perusahaan pembuat bahan bangunan terbesar di Indonesia dengan mulai terjun dalam bisnis *metal roofing*
- 2010 : Perusahaan kembali mendapatkan pengakuan atas keberhasilannya mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk-produknya dengan mendapatkan sertifikat ISO 9001: 2008

### **3.3. Visi dan Misi Perusahaan**

#### **3.3.1. Visi Perusahaan**

Visi PT. Bakrie Building Industries adalah menjadi perusahaan Industri Bahan Bangunan *Fibre Cement* terkemuka di Indonesia dan menjadi salah satu pemain yang diperhitungkan di pasar Internasional.

#### **3.3.2. Misi Perusahaan**

Misi PT. Bakrie Building Industries adalah menjadi *leader* pada industri *Fibre Cement* yang memberikan keuntungan pada pelanggan, pemegang saham, dan karyawan.

### **3.4. Kebijakan Mutu dan Lingkungan**

Kebijakan mutu dan lingkungan yang diterapkan perusahaan antara lain:

- a. Membuat produk bermutu untuk kepuasan pelanggan dengan tetap mengutamakan pencegahan lingkungan, keselamatan karyawan dan masyarakat sekitar melalui upaya perbaikan berkesinambungan (*continuous improvement*) seluruh karyawan PT. Bakrie Building Industries.
- b. Mematuhi peraturan dan persyaratan lain yang berlaku serta mencegah polusi atau pencemaran dan melakukan kegiatan penghematan energy dan sumber daya alam.

### 3.4.1. Sasaran Mutu

Sasaran mutu yang ingin dicapai antara lain:

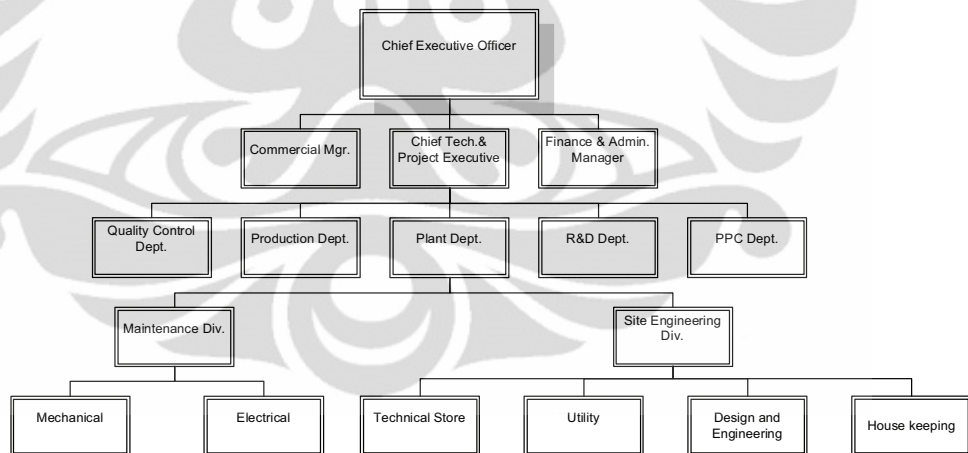
- a. Meningkatkan kualitas produk dan pelayanan
- b. Meningkatkan kepuasan pelanggan
- c. Meningkatkan output produksi
- d. Penetrasi ekspor

### 3.4.2. Sasaran Lingkungan

Sasaran mutu yang ingin dicapai antara lain:

- a. Mematuhi peraturan dan persyaratan yang berlaku
- b. Tidak ada komplain lingkungan
- c. Mengurangi volume limbah
- d. Penghematan energi dan sumber daya alam

### 3.5. Struktur Perusahaan



Gambar 3.1. Struktur Perusahaan

### 3.6. Produk yang dihasilkan

BBI memiliki rangkaian produk yang beragam yang ditawarkan kepada konsumen. Produk-produk tersebut antara lain:



a. Atap

BBI memiliki beberapa macam atap dengan berbagai macam inovasi dan pilihan produk sesuai dengan kebutuhan konsumen seperti:

1. Harflex

Lembaran atap bergelombang dan genteng Harflex dibuat dari material semen dengan kualitas terbaik dan serat impor yang diproses khusus melalui tahapan-tahapan tertentu. Produk Harflex telah melalui pengawasan yang ketat untuk memastikan setiap produk Harflex yang diterima konsumen berkualitas dan tahan lama. Selain itu, lembaran atap Harflex juga tahan api, non-korosif, dan tersedia dalam pilihan warna abu-abu natural atau berwarna.

2. Evo Roof

Evo Roof adalah inovasi produk revolusioner yang ramah lingkungan. Lembaran atap *fiber cement* bergelombang Evo Roof dipadukan dengan *synthetic fiber* yang sangat kuat. Evo Roof mudah dalam perawatan dan tahan dari pengaruh perubahan cuaca, sinar matahari, sinar UV, jamur, dan korosi kimiawi.

3. Sirap Eksklusif (Striaflex dan Mahameru)

Sirap modern dan eksklusif ini adalah pengganti sirap kayu tradisional yang konvensional. Jenis sirap ini tetap otentik seperti halnya sirap kayu, tetapi tidak lapuk dengan daya tahan yang kuat dan tahan api. Striaflex hadir dalam bentuk atap berujung runcing yang estetik sementara Mahameru hadir dalam bentuk persegi yang klasik. Tersedia dalam berbagai macam warna yang menawan.

4. Atap Metal (Orion Roof)

Genteng Metal berwarna berestetika tinggi yang merupakan solusi ideal untuk kebutuhan atap modern. Kuat dan tahan lama namun ringan dan ekonomis. Tersedia dalam berbagai desain, warna, dan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan konsumen. Orion Roof melindungi sekaligus mempercantik bangunan dengan berbagai macam pilihan warna yang menawan, mudah diaplikasikan dan tersedia dalam berbagai ukuran yang dapat disesuaikan dengan kondisi

atap. Orion Roof adalah salah satu produk yang menjadi unggulan dari Bakrie Building Industries.

b. Plafon dan Partisi (Versaboard)

Panel *calcium-silicate* dengan formula *asbestos free*, terbuat dari kombinasi semen Portland, silica, dan serat selulosa. Dikeringkan dengan teknologi *autoclave* sehingga menghasilkan panel yang sangat stabil, kuat, dan tahan air. Hampir tidak mengalami susut pemuaiannya akibat kelembaban. Versaboard adalah pilihan terbaik untuk aplikasi penggunaan interior maupun eksterior. Sangat ideal untuk plafon, partisi, *external wall cladding*, dan aplikasi lainnya pada pembangunan gedung maupun rumah.

c. Lisplang dan Siding

Komposit serat selulosa yang diikat dengan kuat menggunakan struktur silica berkualitas tinggi dan dikeringkan dengan menggunakan teknologi *autoclave*. Versaplank memenuhi kebutuhan desain kayu yang unik tanpa kekurangan yang ada pada kayu asli. Versaplank menawarkan kombinasi yang unik antara nilai-nilai estetis, daya tahan kuat, dan tampilan yang menawan. Tersedia dalam berbagai ukuran dan tekstur yang sangat ideal untuk penggunaan lisplang dan siding.

d. Prefab Housing (Bakrie Prefab)

Menjawab kebutuhan untuk rumah yang mudah dan cepat pembangunannya, fleksibel serta terjangkau harganya, BBI mengembangkan solusi Rumah Prefab Bakrie. Sistem rumah ini menggunakan sandwich panel semen berserat dengan inovasi baru; *side-rib* dan *mitre-cut*.

e. Mortar (Flexi Mortar)

Semen instan siap pakai (*premixed mortar*) dengan bahan dasar semen dan silica berkualitas premium, serta bahan additive yang diformulasikan untuk membuat produk semen instan dan siap pakai berkualitas tinggi. Flexi mortar memiliki daya rekat yang kuat dan kemampuan mencegah terjadinya retak-rambut pada dinding. Flexi Mortar memiliki kegunaan yang beragam, sebagai perekat bata, plester, acian, dan aplikasi lainnya.

f. Kompon (Versa Compound)

Komponen perekat untuk panel kalsium silikat yang revolusioner, berbentuk pasta siap pakai. Diformulasikan khusus dengan polimer *non-combustible* (anti terbakar) dan memiliki kelebihan dengan fungsi 2 in 1, sebagai kompon premix dan perekat cornice. Formulanya cocok digunakan pada Versaboard dan semua jenis lembaran kalsium silikat.

### 3.7. Gambaran Area Produksi

Pada ruang produksi, PT bakrie building Industries memiliki 4 buah Sheet Machine (SM) untuk memproduksi seluruh jenis produk tersebut di atas. Setiap mesin memiliki kekhususan produknya masing-masing. Dan saat ini sedang dilakukan penambahan dua line mesin baru untuk meningkatkan kapasitas produksinya. Pada penelitian kali ini penulis memfokuskan pada mesin produksi bahan bangunan SM III.

Mesin SM III memproduksi beberapa jenis produk seperti Versa Board, Harflex, dan Mini Harflex dengan tingkat ketebalan dan ukuran yang berbeda-beda.

Proses pembuatan bahan bangunan bila diuraikan sebagai berikut:

- a. Proses pengolahan atau pencampuran bahan baku.  
Pada proses ini bahan baku diolah atau dicampur menjadi bubur (slurry) kemudian ditransfer ke bak penampungan.
- b. Bak penampungan dan proses transfer  
Bubur (slurry) ditampung di bak penampungan kemudian ditransfer ke tub body.
- c. Tub body  
Di dalam tub body, bubur di saring dg SIEVE (saringan) dan dipindahkan ke ban berjalan (felt). Pada felt tersebut bubur menjadi lapisan tipis (film).
- d. Size roller  
Lapisan tipis (film) digulingkan oleh sixe roller sampai mencapai ketebalan tertentu yang dikehendaki.

e. Conveyor

Setelah mencapai tingkat ketebalan tertentu yang dikehendaki lembaran akan dibuka ke run off conveyor selanjutnya lembaran tersebut di trim conveyor, kemudian diperiksa di meja inspeksi, hingga sampai ke stacker conveyor.

f. Stacker

Dalam area stacker ini, lembaran akan dibentuk sesuai dengan jenis produk yang akan dibuat dan ditumpuk sampai dengan jumlah yang ditentukan di atas pallet.

g. Steamer/ Autoclave

Setelah keluar dari area stacker tumpukan produk akan didiamkan hingga agak mengeras selanjutnya akan masuk ke dalam mesin autoclave dalam waktu tertentu untuk menyempurnakan pengerasan lembaran bahan bangunan.

h. Pemisahan produk

Produk yang sudah mengeras akan dipisahkan dari cetaknya (former) dan ditumpuk diatas palet.

i. Penyimpanan Curing

Produk yang sudah dipisahkan dari pencetaknya disimpan di tempat terbuka (open storage).

j. Pengiriman

Setelah proses curing, produk akan diuji di laboratorium untuk diketahui mutunya hingga lulus uji dan siap dipasarkan

### 3.8. Komponen Mesin Produksi Bahan Bangunan SM III

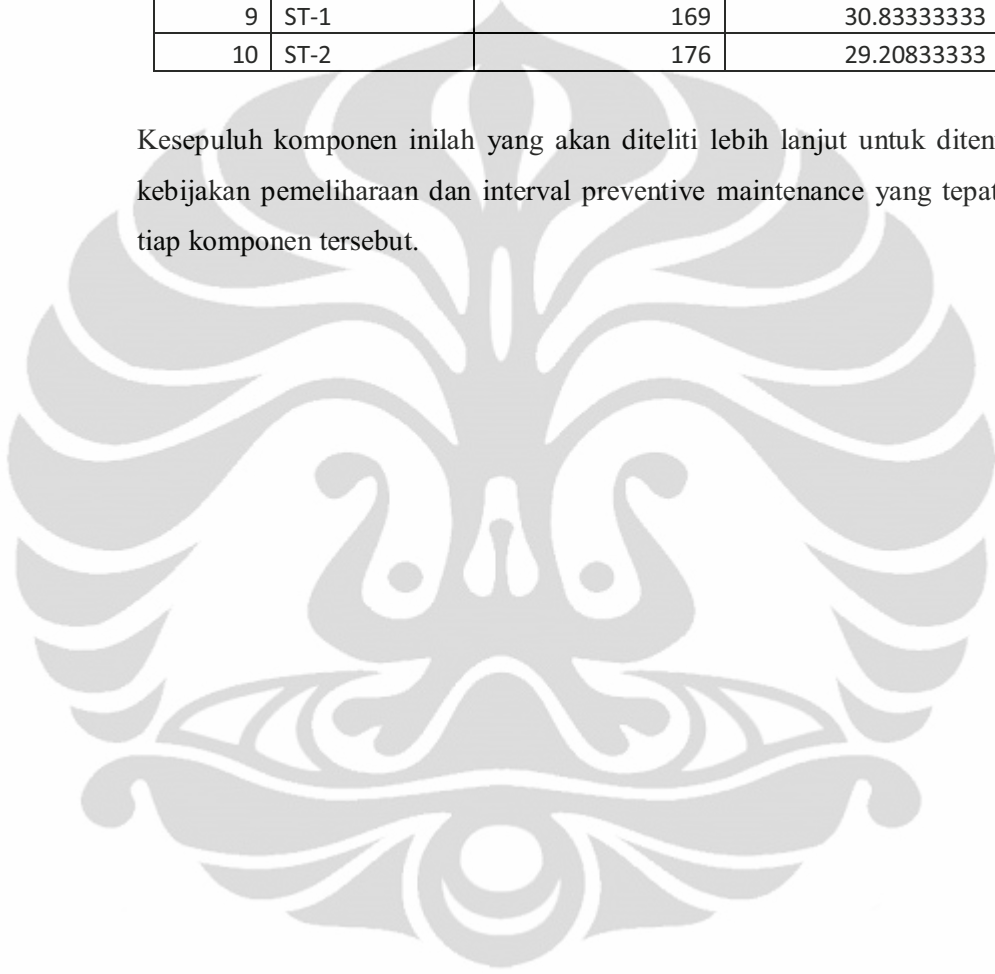
Berdasarkan data Soppages Losess 2009-2010 terdapat 10 komponen yang menyebabkan berhentinya mesin pada saat terjadi kegagalan. Datanya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Komponen Mesin SM III

No.	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Total Stoppages
1	Cut Off	55	7.416666667
2	Trim	328	67.625

3	Felt	121	65.54166667
4	Saringan	66	35.375
5	Main Drive	76	26.5
6	Duraqual	52	8.375
7	Conveyor	60	12.95833333
8	Pad	69	16.5
9	ST-1	169	30.83333333
10	ST-2	176	29.20833333

Kesepuluh komponen inilah yang akan diteliti lebih lanjut untuk ditentukan kebijakan pemeliharaan dan interval preventive maintenance yang tepat bagi tiap komponen tersebut.



## BAB IV

### PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

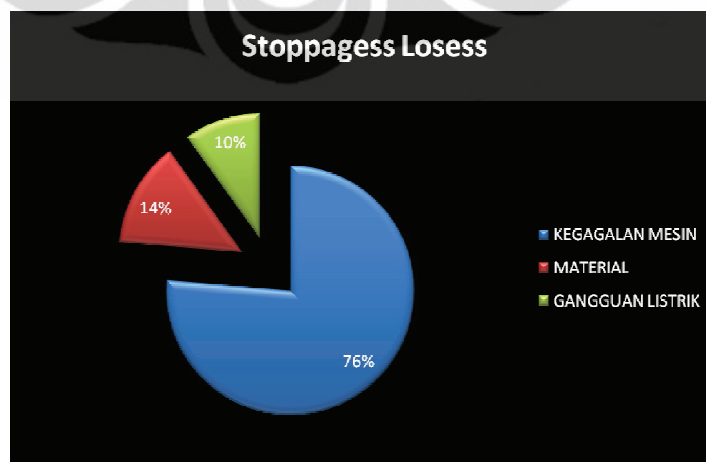
Pada bagian ini akan dibahas langkah-langkah pengolahan data beserta analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

#### 4.1. Identifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI)

Identifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI) dilakukan dengan wawancara dengan pihak perusahaan dan pengolahan data stoppages losses. Dari hasil wawancara tersebut didapatkan bahwa terdapat peningkatan terjadinya kegagalan mesin sehingga menyebabkan berkurangnya waktu produksi karena adanya perbaikan mesin sehingga jumlah produksi menurun. Dari data stoppages losses diketahui kehilangan waktu produksi selama tahun 2009-2010 sebagai berikut.

Tabel 4.1. Durasi *Stoppages Losess*

Penyebab Stoppages	Durasi (Jam)
Kegagalan Mesin	334.7916667
Material	59.91666667
Gangguan Listrik	43.95



Gambar 4.1. Perbandingan Durasi Stoppages Losess

Dari data tersebut disimpulkan bahwa sebanyak 76 % waktu berhentinya produksi disebabkan kegagalan mesin yang setara dengan kehilangan produksi sebanyak 121.283 lembar Versa Board ukuran 240x120x0.35 senilai Rp.5.615.402.900,-. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi sehingga didapatkan bahwa Maintenance Significant Item (MSI) difokuskan kepada komponen mesin yang kegagalannya menyebabkan berhentinya mesin memproduksi.

#### 4.2. Penaksiran Tugas *Preventive Maintenance* (PM)

Penaksiran tugas *Preventive Maintenance* dilakukan dengan menggunakan tools *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Berikut adalah analisis penyebab dan akibat kegagalan komponen.

Tabel 4.2. *Cause and Effect Analysis*

Komponen	Kemungkinan Penyebab	Kemungkinan Akibat Kegagalan
Wire Cut Off	WCO kendur, baut lepas, tidak mau memotong, WCO putus	rework, lembaran tidak terpotong dengan baik
Conveyor	off line, conveyor slip, conveyor sobek, conveyor macet	rework, material tidak berada pada posisi yang benar, lembaran bergaris
Duraqual	tekanan air kurang, motor rusak, off line, duraqual bocor, pipa rusak	komponen tidak terpotong sesuai ukuran, reject, rework
Felt	adanya benda asing, tensioning macet, felt geser, pactene habis, putus, baut tensioning kendur, felt sobek	produk bergaris, felt rusak sebelum umurnya, rework produk
Stacker	tekanan angin kurang, baut kendur, former lepas, hoist truck macet, lembarean produk nyelip, selang hidrolik bocor, pipa hidrolik bocor, oli kosong	posisi lembaran pada stacker tidak sesuai, rework produk
Pad	setting pad, ganti busa	Rework, sheet jatuh
Saringan	baut lepas, saringan selip, hisapan nash vacuum	Ketebalan produk tidak sesuai, rework, reject

Komponen	Kemungkinan Penyebab	Kemungkinan Akibat Kegagalan
	turun, saringan sobek, feed pump macet,	
Trim	trim macet, pisau patah, pisau geser, baut lepas,	potongan kasar, rework, reject produk
Main Drive	off line, v belt putus, oli kosong, baut kendur	felt tidak bergerak, size roll tidak berputar, ketebalan lembaran tidak sesuai ukuran

Dari hasil analisis tersebut didapatkan nilai RPN dari masing-masing komponen.

Tabel 4.3. Daftar Resiko Kegagalan dengan Nilai RPN Tertinggi

Komponen	Nilai Risk Priority Number (RPN)
Wire Cut Off	70
Conveyor	54
Duraqual	105
Felt	80
Stacker	60
Pad	60
Saringan	72
Trim	84
Main Drive	80

Dari hasil analisis FMEA tersebut didapatkan 10 komponen kritis yang akan dijadwlakan interval pemeliharannya.

### 4.3. Penaksiran Interval *Preventive Maintenance* (PM)

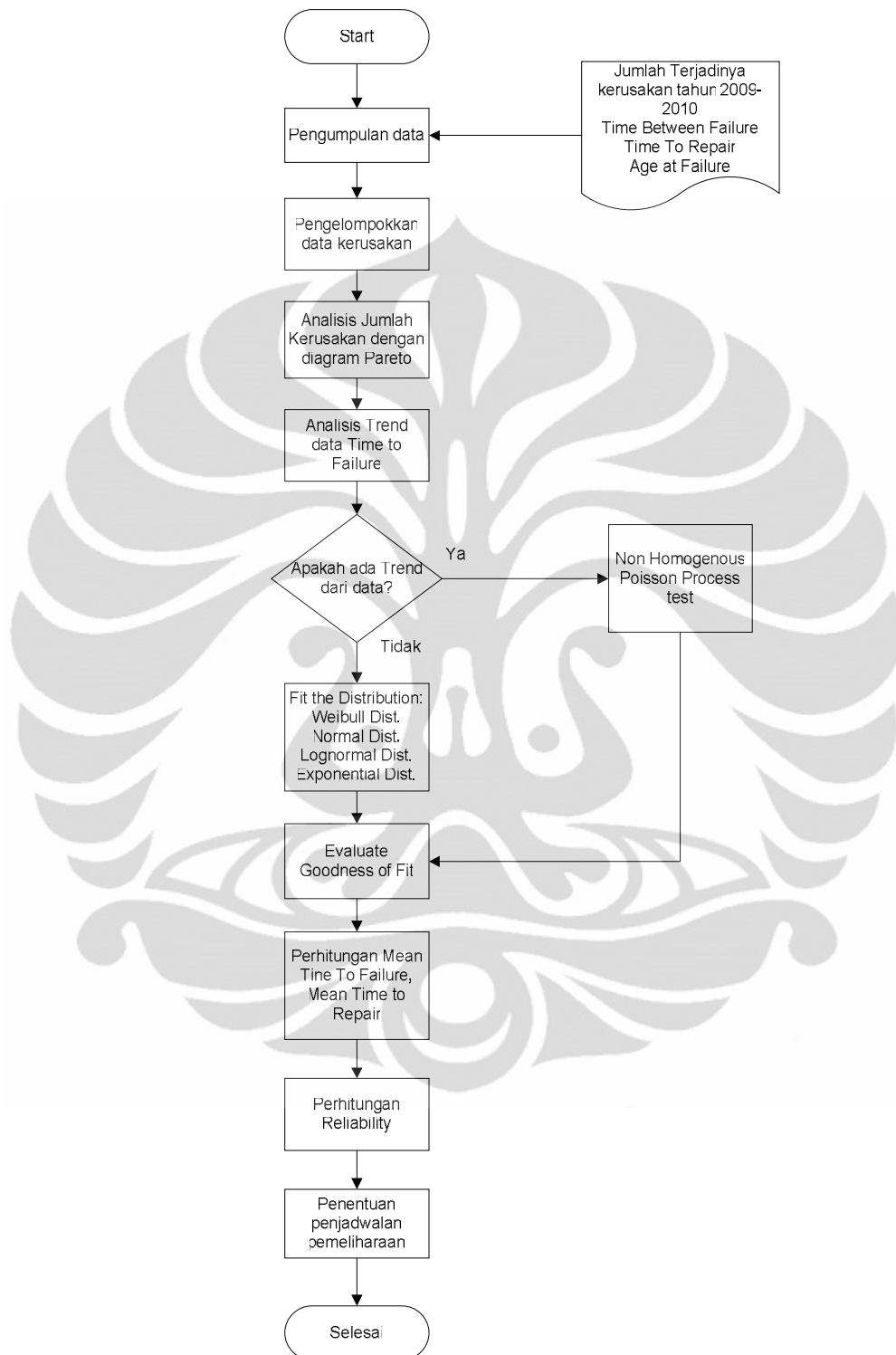
#### 4.3.1. Diagram Alir Penaksiran Interval PM

Untuk menyelesaikan penelitian ini saya menyusun alur pengolahan data sebagai berikut:



- a. Setelah melakukan pengumpulan data historis dari perusahaan, maka selanjutnya akan dilakukan pengelompokan data kerusakan sesuai komponen mesin yang kritis
- b. Melakukan analisis jumlah kerusakan dengan menggunakan diagram pareto
- c. Melakukan analisis trend terhadap data untuk membuktikan data tersebut memiliki asumsi iid (*independent and identically distributed*)
- d. Melakukan pencocokan data *Time Between Failure* (TBF) dan *Time To Repair* (TTR) dengan pola distribusi tertentu (*best fit distribution*) dengan menggunakan software Minitab 14
- e. Perhitungan nilai Reliability dari tiap komponen kritis serta perumusak kebijakan pemeliharaan yang tepat
- f. Membuat penjadwalan pemeliharaan yang sesuai

Alur pengolahan data tersebut dapat dilihat dalam diagram alir pengolahan data pada Gambar 4.2. berikut.



Gambar 4.2. Diagram Alir Pengolahan Data

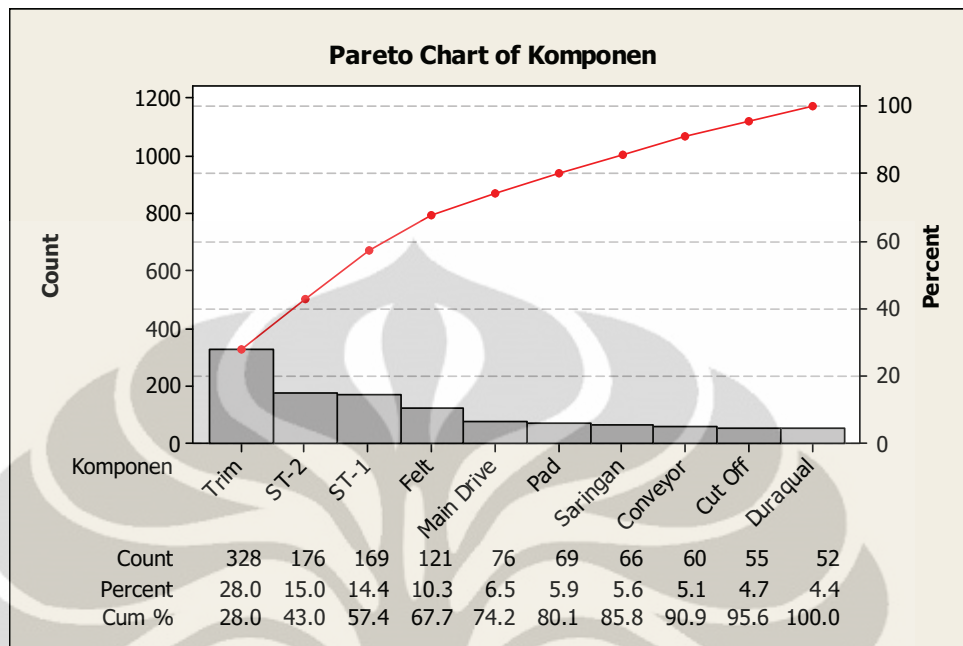
### 4.3.2. Pengelompokkan Komponen Mesin

Penelitian dilakukan pada mesin produksi bahan bangunan yang digunakan untuk mencetak plafon Versa Board. Pengelompokkan komponen mesin yang diteliti diambil dari data kerusakan yang menyebabkan berhentinya mesin saat berproduksi. Komponen yang dipilih adalah komponen yang apabila terjadi kegagalan akan mengganggu jalannya produksi dan menyebabkan mesin berhenti berproduksi. Berikut adalah data kegagalan komponen berdasarkan data Soppages losess mesin tahun 2009-2010.

Tabel 4.4. Data Kegagalan Komponen

No.	Komponen	Frekuensi Kegagalan	Frekuensi Kumulatif	Persentase Kumulatif
1	Trim	328	328	27.99%
2	ST-2	176	504	43.00%
3	ST-1	169	673	57.42%
4	Felt	121	794	67.75%
5	Main Drive	76	870	74.23%
6	Pad	69	939	80.12%
7	Saringan	66	1005	85.75%
8	Conveyor	60	1065	90.87%
9	Wire Cut Off	55	1120	95.56%
10	Duraqual	52	1172	100.00%

Dari tabel tersebut terdapat 10 komponen yang keagalannya menyebabkan berhentinya mesin berproduksi. Dengan demikian sepuluh komponen inilah yang akan dianalisis lebih lanjut untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan mesin.



Gambar 4.3. Pareto Kegagalan Komponen

### 4.3.3. Pengolahan Data Waktu Kerusakan Mesin

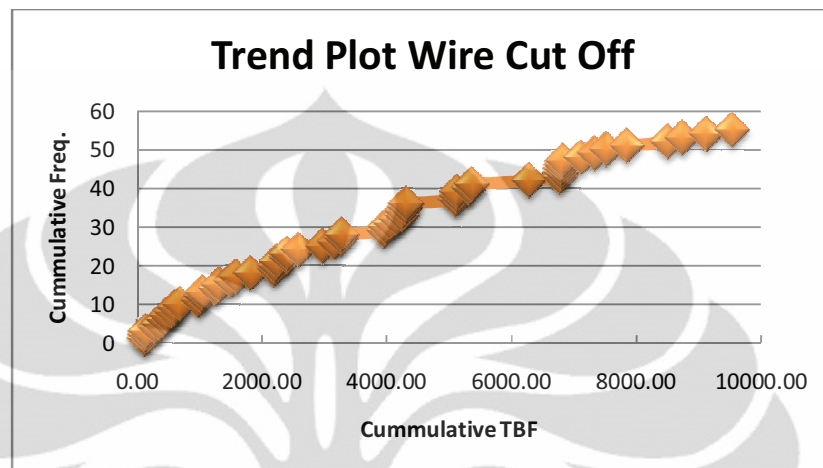
#### 4.3.3.1. Komponen Wire Cut Off

Komponen Wire Cut Off merupakan komponen yang berada pada size roll yang berfungsi untuk memotong lembaran plafon yang baru dicetak sesuai dengan ukurannya. Dalam data historis stoppages losses 2009-2010 pada komponen Wire Cut Off terjadi 55 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 7.4167 jam atau 445 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Wire Cut Off.

##### a. Trend Test Wire Cut Off

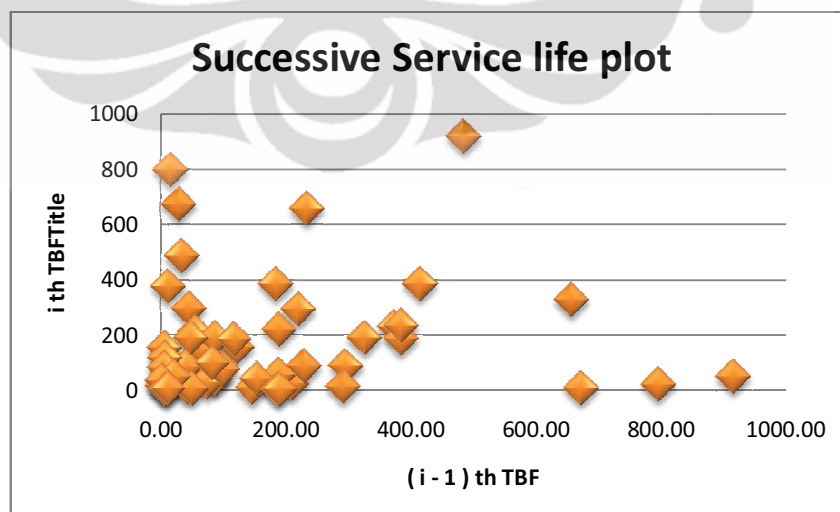
Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi

kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.4. Trend Plot Wire Cut Off

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{th}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{th}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.5. Successive Service Life Plot Wire Cut Off

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Wire Cut Off

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Wire Cut Off didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Best Fit Distribution Wire Cut Off

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Cut Off	Weibull	164.991	Normal	0.133103

c. Perhitungan Reliability Wire Cut Off

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Wire Cut Off adalah Weibull distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus weibull dengan shape parameter ( $\beta$ ) bernilai 1.8289 dan scale parameter ( $\theta$ ) bernilai 149.222.

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

Sehingga didapatkan nilai reliability komponen wire cut off untuk tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan nilai waktu kelipatan 24 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliability sebelum dan sesudah *preventive maintenance* setiap 7 hari atau 168 jam pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6 Reliability Komponen Wire Cut Off dengan PM Setiap 168 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.96526	0	24	1.0000	0.9653	0.9653
48	0.88194	0	48	1.0000	0.8819	0.8819
72	0.76818	0	72	1.0000	0.7682	0.7682
96	0.63997	0	96	1.0000	0.6400	0.6400
120	0.51106	0	120	1.0000	0.5111	0.5111

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
144	0.39183	0	144	1.0000	0.3918	0.3918
164.991	0.30069	0	164.991	1.0000	0.3007	0.3007
168	0.28879	1	0	0.2888	1.0000	0.2888
192	0.20482	1	24	0.2888	0.9653	0.2788
216	0.13990	1	48	0.2888	0.8819	0.25469
217	0.13759	1	49	0.2888	0.8777	0.2535
240	0.09211	1	72	0.2888	0.7682	0.2218
264	0.05849	1	96	0.2888	0.6400	0.1848
288	0.03584	1	120	0.2888	0.5111	0.1476
312	0.02121	1	144	0.2888	0.3918	0.1132
336	0.01212	2	0	0.0834	1.0000	0.0834
360	0.00670	2	24	0.0834	0.9653	0.0805
384	0.00358	2	48	0.0834	0.8819	0.0736
408	0.00185	2	72	0.0834	0.7682	0.0641
432	0.00092	2	96	0.0834	0.6400	0.0534
456	0.00045	2	120	0.0834	0.5111	0.0426
480	0.00021	2	144	0.0834	0.3918	0.0327
504	0.00009	2	168	0.0834	0.2888	0.0241
528	0.00004	3	24	0.0241	0.9653	0.0232
552	0.00002	3	48	0.0241	0.8819	0.0212
576	0.00001	3	72	0.0241	0.7682	0.0185
600	0.00000	3	96	0.0241	0.6400	0.0154
624	0.00000	3	120	0.0241	0.5111	0.0123
648	0.00000	3	144	0.0241	0.3918	0.0094
672	0.00000	4	0	0.0070	1.0000	0.0070
696	0.00000	4	24	0.0070	0.9653	0.0067
720	0.00000	4	48	0.0070	0.8819	0.0061

Contoh perhitungan kehandalan komponen tanpa *preventive maintenance* (PM) pada nilai MTBF sebesar 164.991.

$$R(164.991) = e^{-\left(\frac{164.991}{149.222}\right)^{1.8289}} = 0.30069$$

Sehingga pada nilai MTBF sebesar 164.991 nilai reliability tanpa preventive maintenance sebesar 30.069%.

Dengan dilakukannya preventive maintenance dengan selang waktu 7 hari atau 168 jam, pada 192 jam komponen memiliki peluang kehandalan untuk waktu t-nT dari tindakan preventive maintenance, R(t-nT) sebesar

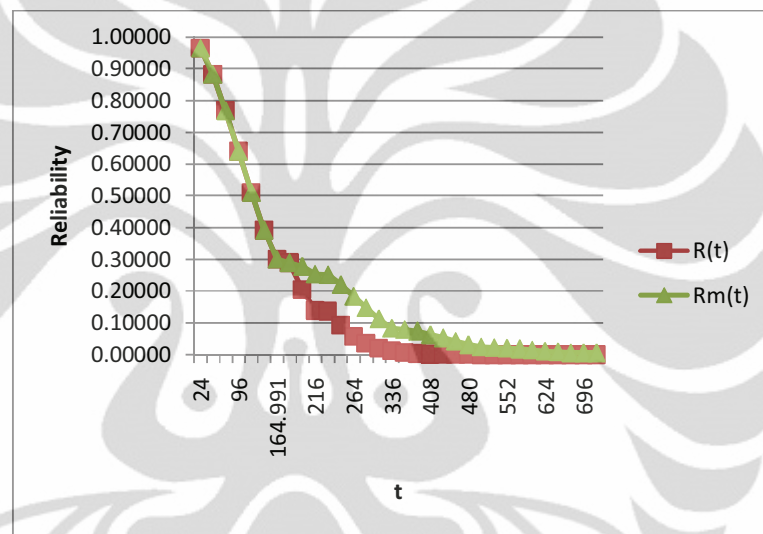
$$R(t - nT) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(24) = e^{-\left(\frac{192-168}{149.222}\right)^{1.8289}} = 0.9653$$

Sehingga peluang kehandalan pada sistem yang dilakukan preventive maintenance  $R_m(t)$  sebesar

$$R_m(192) = R(168)^1 \times R(24) = 0.2888 \times 0.9653 = 0.2788$$

Apabila dibandingkan dengan nilai kehandalan tanpa PM,  $R(192)$  bernilai 20.482%, maka terlihat bahwa nilai kehandalan dengan PM,  $R_m(192)$  bernilai 27.88%, meningkat sebesar 7.39%. Peningkatan kehandalan tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.6. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 168 jam

Dari grafik tersebut terlihat adanya peningkatan reliability dengan adanya PM setiap 168 jam. Namun kenaikan reliability dengan interval 168 jam cukup kecil sehingga peneliti mencoba mensimulasikan kembali perhitungan reliability dengan melakukan PM pada tingkat reliability 90% untuk terus meningkatkan kehandalannya hingga diasumsikan komponen akan diganti apabila kehandalannya sudah mencapai 10%. Dari perhitungan untuk mempertahankan kehandalan komponen pada tingkat 90% maka komponen harus dipelihara dalam siklus PM 43 jam. Berikut adalah simulasi kehandalannya.

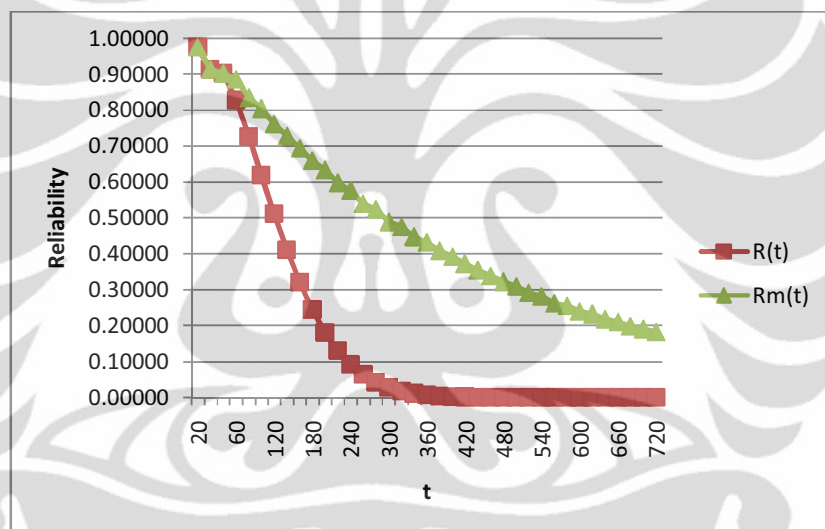
Tabel 4.7 Reliability Komponen Wire Cut Off dengan PM Setiap 43 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.97498	0	20	1.0000	0.9750	0.9750



t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
40	0.91392	0	40	1.0000	0.9139	0.9139
43	0.90236	1	0	0.9024	1.0000	0.9024
60	0.82783	1	17	0.9024	0.9814	0.8855
80	0.72632	1	37	0.9024	0.9249	0.8346
100	0.61821	2	14	0.8143	0.9869	0.8036
120	0.51106	2	34	0.8143	0.9353	0.7616
140	0.41071	3	11	0.7348	0.9915	0.7285
160	0.32109	3	31	0.7348	0.9451	0.6944
180	0.24436	4	8	0.6630	0.9953	0.6599
200	0.18113	4	28	0.6630	0.9542	0.6327
220	0.13082	5	5	0.5983	0.9980	0.5971
240	0.09211	5	25	0.5983	0.9626	0.5759
260	0.06325	6	2	0.5399	0.9996	0.5397
280	0.04236	6	22	0.5399	0.9703	0.5238
300	0.02769	6	42	0.5399	0.9063	0.4893
320	0.01767	7	19	0.4872	0.9772	0.4761
340	0.01101	7	39	0.4872	0.9177	0.4470
360	0.00670	8	16	0.4396	0.9833	0.4323
380	0.00398	8	36	0.4396	0.9285	0.4081
400	0.00231	9	13	0.3967	0.9885	0.3921
420	0.00131	9	33	0.3967	0.9387	0.3723
440	0.00073	10	10	0.3579	0.9929	0.3554
460	0.00039	10	30	0.3579	0.9482	0.3394
480	0.00021	11	7	0.3230	0.9963	0.3218
500	0.00011	11	27	0.3230	0.9571	0.3091
520	0.00006	12	4	0.2915	0.9987	0.2911
540	0.00003	12	24	0.2915	0.9653	0.2813
560	0.00001	13	1	0.2630	0.9999	0.2630
580	0.00001	13	21	0.2630	0.9727	0.2558
600	0.00000	13	41	0.2630	0.9101	0.2394
620	0.00000	14	18	0.2373	0.9793	0.2324
640	0.00000	14	38	0.2373	0.9213	0.2187
660	0.00000	15	15	0.2142	0.9851	0.2110
680	0.00000	15	35	0.2142	0.9319	0.1996
700	0.00000	16	12	0.1932	0.9901	0.1913
720	0.00000	16	32	0.1932	0.9419	0.1820
740	0.00000	17	9	0.1744	0.9941	0.1734
760	0.00000	17	29	0.1744	0.9512	0.1659
780	0.00000	18	6	0.1574	0.9972	0.1569
800	0.00000	18	26	0.1574	0.9599	0.1510

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
820	0.00000	19	3	0.1420	0.9992	0.1419
840	0.00000	19	23	0.1420	0.9678	0.1374
860	0.00000	20	0	0.1281	1.0000	0.1281
880	0.00000	20	20	0.1281	0.9750	0.1249
900	0.00000	20	40	0.1281	0.9139	0.1171
920	0.00000	21	17	0.1156	0.9814	0.1135
940	0.00000	21	37	0.1156	0.9249	0.1069
960	0.00000	22	14	0.1043	0.9869	0.1030
980	0.00000	22	34	0.1043	0.9353	0.0976
1000	0.00000	23	11	0.0941	0.9915	0.0933
1020	0.00000	23	31	0.0941	0.9451	0.0890



Gambar 4.7. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 43 jam

Dari grafik terlihat bahwa dengan interval PM 43 jam tingkat kehandalan komponen meningkat signifikan. Apabila dilihat dari faktor biaya maka dengan asumsi komponen akan diganti pada saat kehandalannya mencapai 10 %. Dengan biaya satu kali pemeliharaan sebesar Rp. 60.000,- dan biaya penggantian komponen Rp. 1.000.000,- didapatkan perbedaan biaya dari kedua interval PM tersebut.

Tabel 4.8 Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Wire Cut Off

Interval PM (jam)	Life Time (hari)	Biaya Teknisi	Biaya Penggantian Komponen	Total Biaya 1 tahun
168	14	2,880,000.00	24,000,000.00	26,880,000.00
43	40	11,252,093.02	8,400,000.00	19,652,093.02

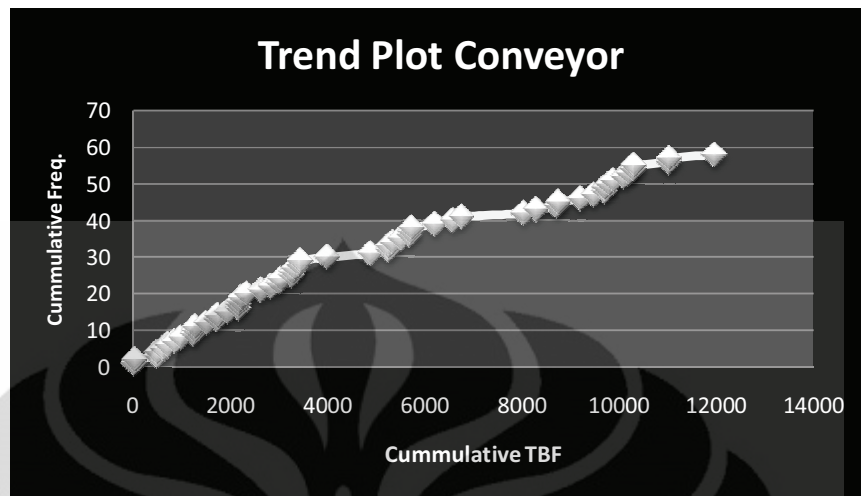
Dari perbandingan biaya tersebut terlihat bahwa dengan interval PM 43 jam maka didapatkan biaya yang lebih rendah dengan penghematan biaya (*cost saving*) sebesar 27%.

#### 4.3.3.2. Komponen Conveyor

Komponen Conveyor merupakan tempat meletakkan lembaran plafon yang telah dipotong pada size roll untuk kemudian masuk ke proses selanjutnya.. Dalam data historis stoppages losses 2009-2010 pada komponen Conveyor terjadi 60 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 12.95388 jam atau 777.5 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Conveyor.

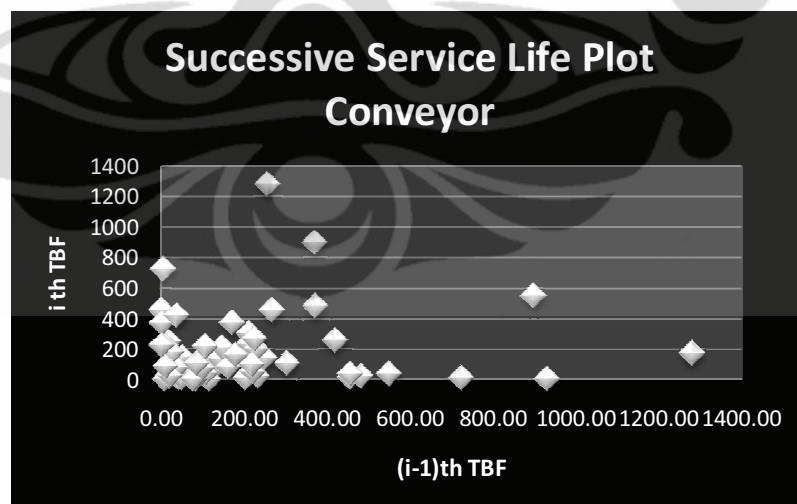
##### a. Trend Test Conveyor

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.8. Trend Plot Conveyor

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya ( $i-1$ )<sup>th</sup> TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i$ <sup>th</sup> sebagai sumbu Y.



Gambar 4.9. Successive Service Life Plot Conveyor

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki

trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Conveyor

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Conveyor didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Best Fit Distribution Conveyor

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Conveyor	Weibull	233.37	Lognormal	0.208066

c. Perhitungan Reliability Conveyor

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Conveyor adalah Weibull distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus weibull dengan shape parameter ( $\beta$ ) bernilai 2.736848 dan scale parameter ( $\theta$ ) bernilai 193.114.

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

Sehingga didapatkan nilai reliability komponen untuk tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan nilai waktu kelipatan 24 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliability sebelum dan sesudah *preventive maintenance* setiap 14 hari atau 336 jam pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.10 Reliability Komponen Conveyor dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.99668	0	24	1.0000	0.9967	0.9967
48	0.97809	0	48	1.0000	0.9781	0.9781
72	0.93502	0	72	1.0000	0.9350	0.9350
96	0.86273	0	96	1.0000	0.8627	0.8627
120	0.76190	0	120	1.0000	0.7619	0.7619
144	0.63897	0	144	1.0000	0.6390	0.6390
168	0.50511	0	168	1.0000	0.5051	0.5051

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
192	0.37370	0	192	1.0000	0.3737	0.3737
216	0.25700	0	216	1.0000	0.2570	0.2570
233.37	0.18656	0	233.37	1.0000	0.1866	0.1866
240	0.16320	0	240	1.0000	0.1632	0.1632
264	0.09508	0	264	1.0000	0.0951	0.0951
288	0.05050	0	288	1.0000	0.0505	0.0505
312	0.02431	0	312	1.0000	0.0243	0.0243
336	0.01054	1	0	0.0105	1.0000	0.0105
360	0.00409	1	24	0.0105	0.9967	0.0105
384	0.00141	1	48	0.0105	0.9781	0.0103
408	0.00043	1	72	0.0105	0.9350	0.0099
432	0.00012	1	96	0.0105	0.8627	0.0091
456	0.00003	1	120	0.0105	0.7619	0.0080
480	0.00001	1	144	0.0105	0.6390	0.0067
504	0.00000	1	168	0.0105	0.5051	0.0053
528	0.00000	1	192	0.0105	0.3737	0.0039
552	0.00000	1	216	0.0105	0.2570	0.0027
576	0.00000	1	240	0.0105	0.1632	0.0017
600	0.00000	1	264	0.0105	0.0951	0.0010
624	0.00000	1	288	0.0105	0.0505	0.0005
648	0.00000	1	312	0.0105	0.0243	0.0003
672	0.00000	2	0	0.0001	1.0000	0.0001
696	0.00000	2	24	0.0001	0.9967	0.0001
720	0.00000	2	48	0.0001	0.9781	0.0001

Contoh perhitungan kehandalan komponen tanpa *preventive maintenance* (PM) pada nilai MTBF sebesar 233.37.

$$R(233.37) = e^{-\left(\frac{233.37}{193.114}\right)^{2.736848}} = 0.18656$$

Sehingga pada nilai MTBF sebesar 233.37 nilai reliability tanpa preventive maintenance sebesar 18.656%.

Dengan dilakukannya preventive maintenance dengan selang waktu 14 hari atau 336 jam, pada 360 jam komponen memiliki peluang kehandalan untuk waktu t-nT dari tindakan preventive maintenance, R(t-nT) sebesar

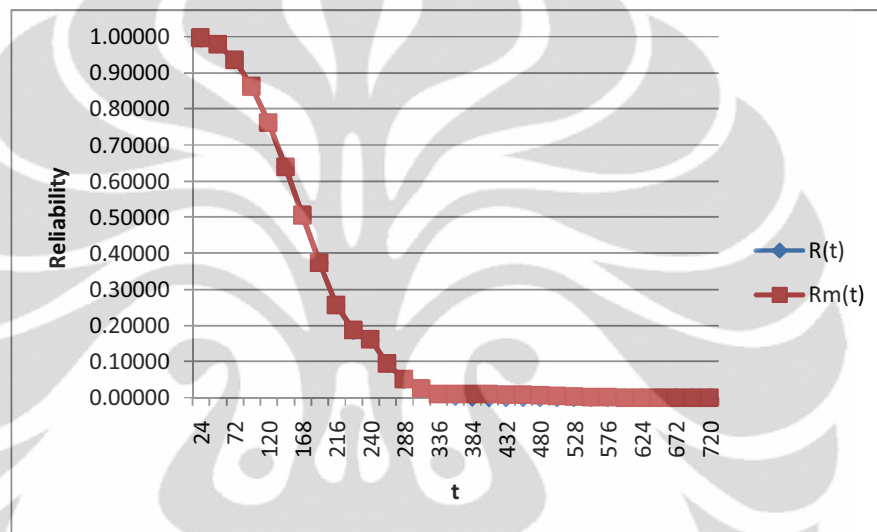
$$R(t - nT) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^{\beta}}$$

$$R(24) = e^{-\left(\frac{360-336}{193.114}\right)^{2.736848}} = 0.99967$$

Sehingga peluang kehandalan pada sistem yang dilakukan preventive maintenance  $R_m(t)$  sebesar

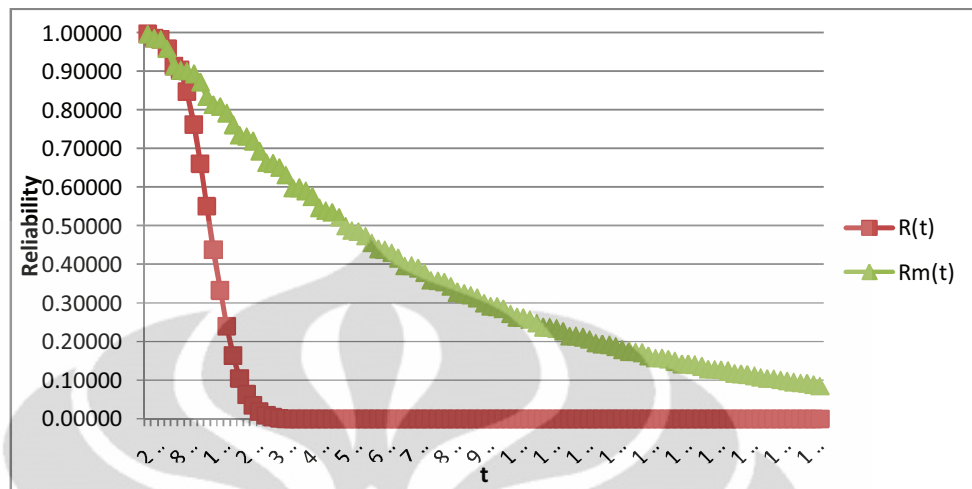
$$R_m(360) = R(336)^1 \times R(24) = 0.0105 \times 0.99967 = 0.0105$$

Apabila dibandingkan dengan nilai kehandalan tanpa PM,  $R(360)$  bernilai 0.409%, maka terlihat bahwa nilai kehandalan dengan PM,  $R_m(360)$  bernilai 1.05%, meningkat sebesar 0.641%. Peningkatan kehandalannya sangat kecil dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.10. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam

Dari grafik tersebut terlihat peningkatan reliabilitasnya sangat kecil karena hanya sekitar 0.641%. Oleh karena itu, peneliti mencoba mensimulasikan kembali perhitungan reliability dengan melakukan PM pada tingkat reliability 90% untuk terus meningkatkan kehandalannya hingga diasumsikan komponen akan diganti apabila kehandalannya sudah mencapai 10%. Dari perhitungan untuk mempertahankan kehandalan komponen pada tingkat 90% maka komponen harus dipelihara dalam siklus PM 84 jam. Berikut adalah grafik peningkatan kehandalan, tabel terlampir.



Gambar 4.11. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 84 jam

Dari grafik terlihat bahwa dengan interval PM 84 jam tingkat kehandalan komponen meningkat signifikan. Apabila dilihat dari faktor biaya maka dengan asumsi komponen akan diganti pada saat kehandalannya mencapai 10 %. Dengan biaya satu kali pemeliharaan sebesar Rp. 60.000,- dan biaya penggantian komponen Rp. 80.000.000,- didapatkan perbedaan biaya dari kedua interval PM tersebut.

Tabel 4.11 Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Conveyor

Interval PM (jam)	Life Time (hari)	Biaya Teknisi	Biaya Penggantian alat	Total Biaya 1 tahun
336	17	1,440,000.00	1,581,176,470.59	1,582,616,470.59
84	80	5,760,000.00	336,000,000.00	341,760,000.00

Dari perbandingan biaya tersebut terlihat bahwa dengan interval PM 24 jam maka didapatkan biaya yang lebih rendah dengan penghematan biaya (*cost saving*) sebesar 78 %.

#### 4.3.3.3. Komponen Duraqual

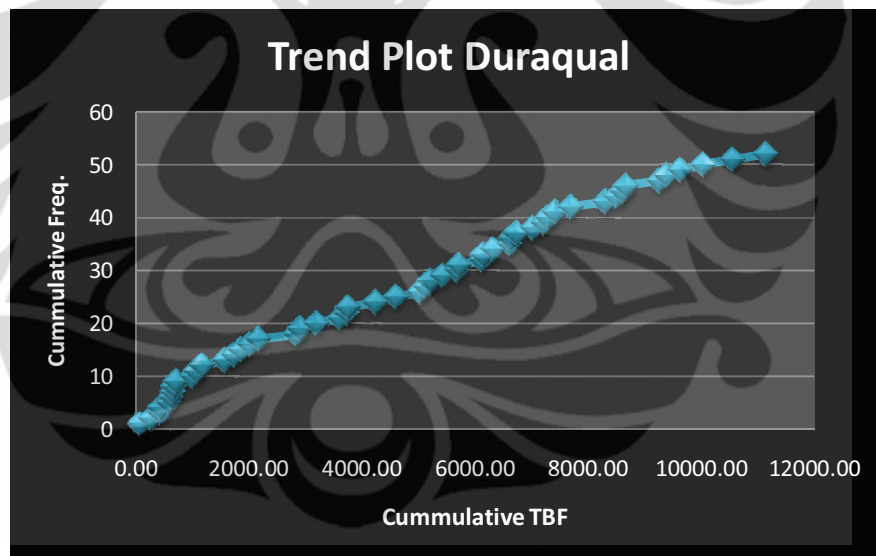
Komponen Duraqual merupakan komponen yang berada pada conveyor yang memiliki fungsi untuk menghasilkan jet trim untuk memotong lembaran plafon.



Dalam data historis stoppages losses 2009-2010 pada komponen Duraqual terjadi 52 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 8.375 jam atau 502.5 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Duraqual.

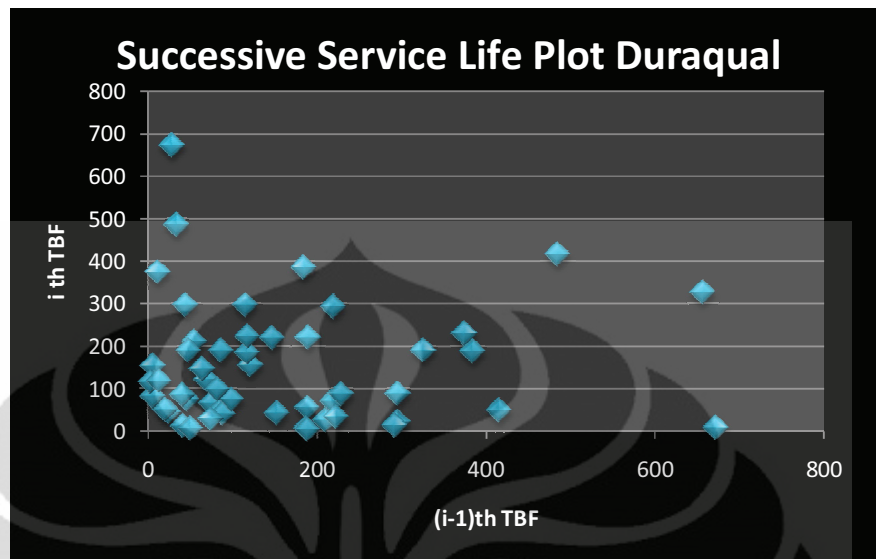
a. Trend Test Duraqual

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.12. Trend Plot Duraqual

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{\text{th}}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{\text{th}}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.13. Successive Service Life Plot Duraqual

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Duraqual

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Duraqual didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Best Fit Distribution Duraqual

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Duraqual	Weibull	229.254	Lognormal	0.159188

c. Perhitungan Reliability Duraqual

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Duraqual adalah Weibull distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus weibull

dengan shape parameter ( $\beta$ ) bernilai 2.998 dan scale parameter ( $\theta$ ) bernilai 229.12.

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

Sehingga didapatkan nilai reliability komponen untuk tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan nilai waktu kelipatan 24 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliability sebelum dan sesudah *preventive maintenance* setiap 14 hari atau 336 jam pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.13 Reliability Komponen Duraqual dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.99885	0	24	1.0000	0.9988	0.9988
48	0.99083	0	48	1.0000	0.9908	0.9908
72	0.96940	0	72	1.0000	0.9694	0.9694
96	0.92900	0	96	1.0000	0.9290	0.9290
120	0.86607	0	120	1.0000	0.8661	0.8661
144	0.78004	0	144	1.0000	0.7800	0.7800
168	0.67409	0	168	1.0000	0.6741	0.6741
192	0.55510	0	192	1.0000	0.5551	0.5551
216	0.43261	0	216	1.0000	0.4326	0.4326
229.254	0.36723	0	229.254	1.0000	0.3672	0.3672
240	0.31687	0	240	1.0000	0.3169	0.3169
264	0.21665	0	264	1.0000	0.2167	0.2167
288	0.13732	0	288	1.0000	0.1373	0.1373
312	0.08014	0	312	1.0000	0.0801	0.0801
336	0.04276	1	0	0.0428	1.0000	0.0428
360	0.02072	1	24	0.0428	0.9988	0.0427
384	0.00906	1	48	0.0428	0.9908	0.0424
408	0.00355	1	72	0.0428	0.9694	0.0415
432	0.00123	1	96	0.0428	0.9290	0.0397
456	0.00038	1	120	0.0428	0.8661	0.0370
480	0.00010	1	144	0.0428	0.7800	0.0334
504	0.00002	1	168	0.0428	0.6741	0.0288
528	0.00000	1	192	0.0428	0.5551	0.0237
552	0.00000	1	216	0.0428	0.4326	0.0185
576	0.00000	1	240	0.0428	0.3169	0.0136
600	0.00000	1	264	0.0428	0.2167	0.0093
624	0.00000	1	288	0.0428	0.1373	0.0059
648	0.00000	1	312	0.0428	0.0801	0.0034
672	0.00000	2	0	0.0018	1.0000	0.0018

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
696	0.00000	2	24	0.0018	0.9988	0.0018
720	0.00000	2	48	0.0018	0.9908	0.0018

Contoh perhitungan kehandalan komponen tanpa *preventive maintenance* (PM) pada nilai MTBF sebesar 229.254.

$$R(229.254) = e^{-\left(\frac{229.254}{229.12}\right)^{2.998}} = 0.36723$$

Sehingga pada nilai MTBF sebesar 229.254 nilai reliability tanpa preventive maintenance sebesar 36.723%.

Dengan dilakukannya preventive maintenance dengan selang waktu 14 hari atau 336 jam, pada 360 jam komponen memiliki peluang kehandalan untuk waktu t-nT dari tindakan preventive maintenance, R(t-nT) sebesar

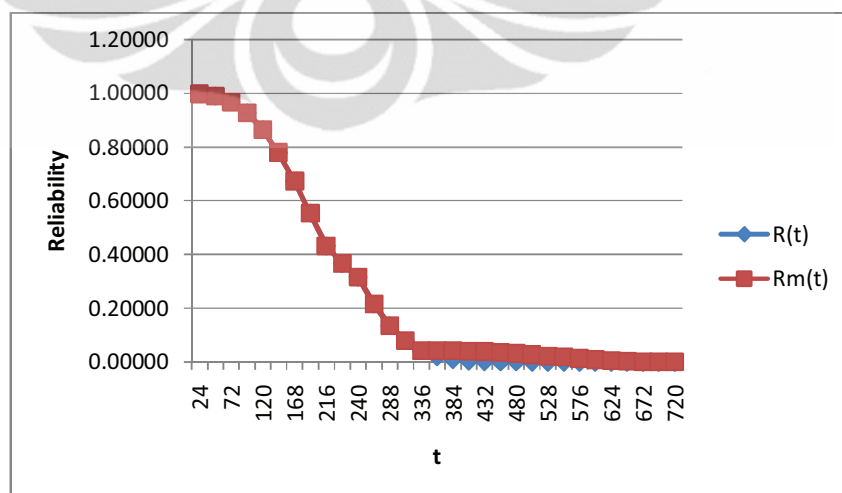
$$R(t - nT) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^{\beta}}$$

$$R(24) = e^{-\left(\frac{360-336}{229.12}\right)^{2.998}} = 0.9988$$

Sehingga peluang kehandalan pada sistem yang dilakukan preventive maintenance Rm(t) sebesar

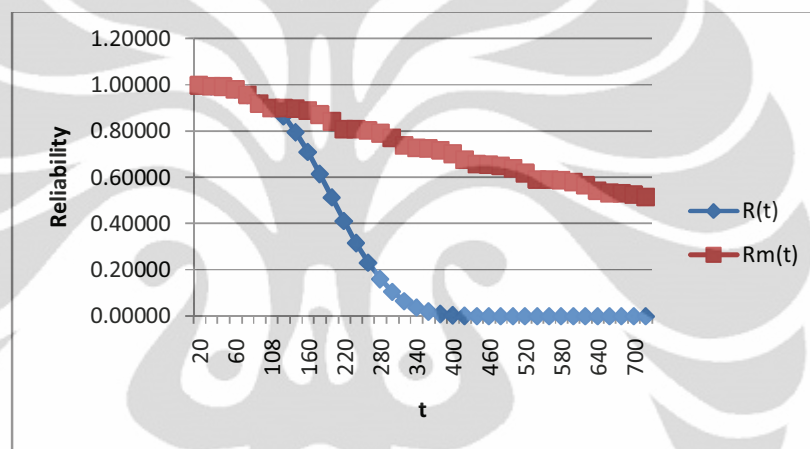
$$Rm(360) = R(336)^1 \times R(24) = 0.0428 \times 0.9988 = 0.2788$$

Apabila dibandingkan dengan nilai kehandalan tanpa PM, R(360) bernilai 2.07%, maka terlihat bahwa nilai kehandalan dengan PM, Rm(360) bernilai 4.27%, meningkat sebesar 2.2%. Peningkatan kehandalannya kecil dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.14. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam

Dari grafik tersebut terlihat adanya peningkatan reliability dengan adanya PM setiap 336 jam. Namun kenaikan reliability dengan interval 336 jam cukup kecil sehingga peneliti mencoba mensimulasikan kembali perhitungan reliability dengan melakukan PM pada tingkat reliability 90% untuk terus meningkatkan kehandalannya hingga diasumsikan komponen akan diganti apabila kehandalannya sudah mencapai 10%. Dari perhitungan untuk mempertahankan kehandalan komponen pada tingkat 90% maka komponen harus dipelihara dalam siklus PM 108 jam. Berikut grafik peningkatan kehandalannya, tabel terlampir.



Gambar 4.15. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 108 jam

Dari grafik terlihat bahwa dengan interval PM 108 jam tingkat kehandalan komponen meningkat signifikan. Apabila dilihat dari faktor biaya maka dengan asumsi komponen akan diganti pada saat kehandalannya mencapai 10 %. Dengan biaya satu kali pemeliharaan sebesar Rp. 60.000,- dan biaya penggantian komponen Rp. 42.000.000,- didapatkan perbedaan biaya dari kedua interval PM tersebut.

Tabel 4.14 Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Duraqual

Interval PM (jam)	Life Time (hari)	Biaya Teknisi	Biaya Penggantian Komponen	Total Biaya 1 tahun
336	14	1,440,000.00	1,008,000,000.00	1,009,440,000.00
108	99	4,480,000.00	142,305,882.35	146,785,882.35

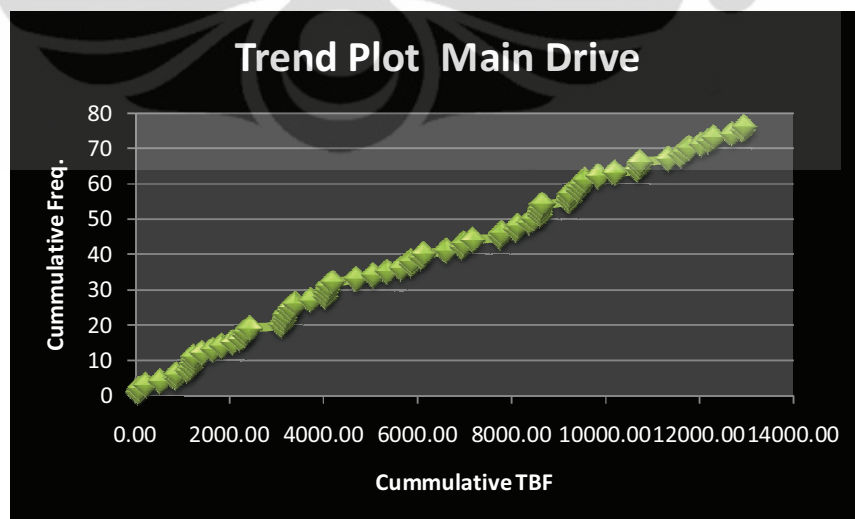
Dari perbandingan biaya tersebut terlihat bahwa dengan interval PM 108 jam maka didapatkan biaya yang lebih rendah dengan penghematan biaya (*cost saving*) sebesar 85%.

#### 4.3.3.4. Komponen Main Drive

Komponen Main Drive merupakan komponen yang memiliki fungsi sebagai penggerak motor mesin untuk conveyor dan felt. Dalam data historis stoppages losess 2009-2010 pada komponen Main Drive terjadi 76 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 26.5 jam atau 1590 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Main Drive.

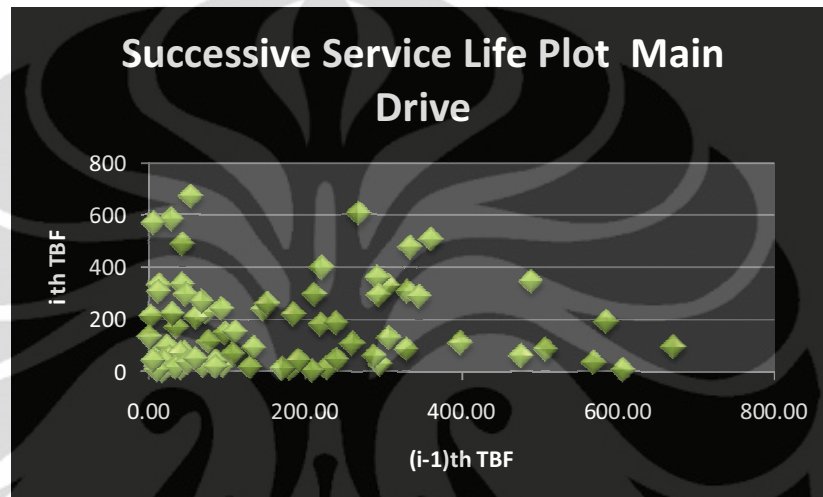
##### a. Trend Test Main Drive

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.16. Trend Plot Main Drive

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{\text{th}}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{\text{th}}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.17 Successive Service Life Plot Main Drive

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Main Drive

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Main Drive didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Best Fit Distribution Main Drive

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Main Drive	Weibull	170.088	Lognormal	0.331963

c. Perhitungan Reliability Main Drive

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Main Drive adalah Weibull distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus weibull dengan shape parameter ( $\beta$ ) bernilai 1.924967 dan scale parameter ( $\theta$ ) bernilai 164.011.

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

Sehingga didapatkan nilai reliability komponen untuk tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan nilai waktu kelipatan 24 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliability sebelum dan sesudah *preventive maintenance* setiap 14 hari atau 336 jam pada tabel terlampir.

Contoh perhitungan kehandalan komponen tanpa *preventive maintenance* (PM) pada nilai MTBF sebesar 170.088.

$$R(170.088) = e^{-\left(\frac{170.088}{164.011}\right)^{1.924967}} = 0.34214$$

Sehingga pada nilai MTBF sebesar 170.088 nilai reliability tanpa preventive maintenance sebesar 34.214%.

Dengan dilakukannya preventive maintenance dengan selang waktu 14 hari atau 336 jam, pada 360 jam komponen memiliki peluang kehandalan untuk waktu  $t-nT$  dari tindakan preventive maintenance,  $R(t-nT)$  sebesar

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

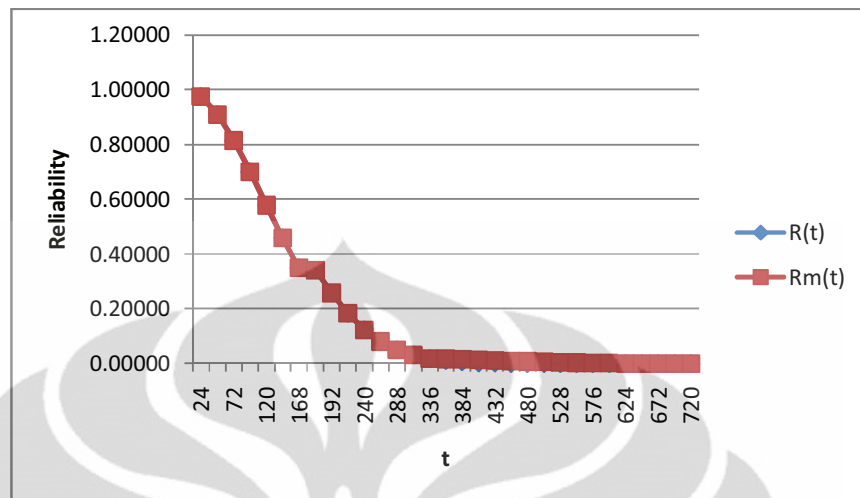
$$R(24) = e^{-\left(\frac{360-336}{164.011}\right)^{1.924967}} = 0.9756$$

Sehingga peluang kehandalan pada sistem yang dilakukan preventive maintenance  $R_m(t)$  sebesar

$$R_m(360) = R(336)^1 \times R(24) = 0.0187 \times 0.9756 = 0.0183$$

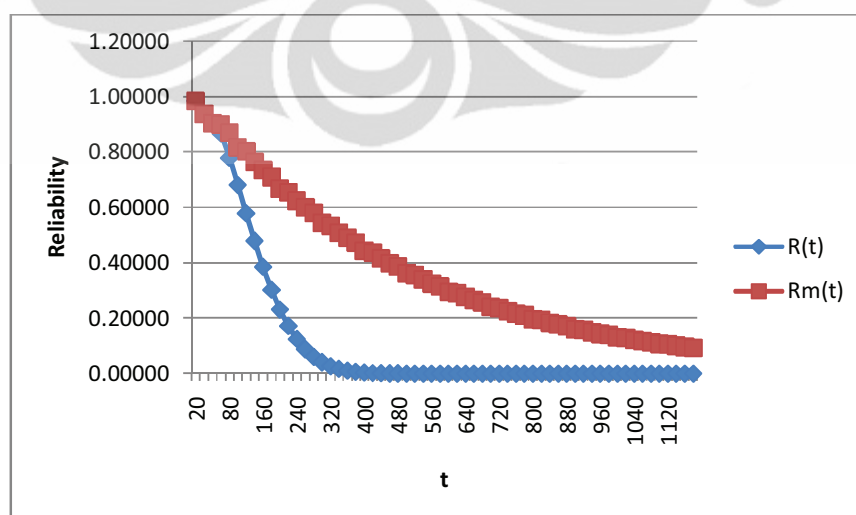
Apabila dibandingkan dengan nilai kehandalan tanpa PM,  $R(360)$  bernilai 1.06%, maka terlihat bahwa nilai kehandalan dengan PM,  $R_m(360)$  bernilai 1.83%, meningkat sebesar 0.77%. Peningkatan kehandalannya sangat kecil terlihat pada grafik dibawah ini.





Gambar 4.18 Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam

Dari grafik tersebut terlihat adanya peningkatan reliability dengan adanya PM setiap 336 jam. Namun kenaikan reliability dengan interval 336 jam cukup kecil sehingga peneliti mencoba mensimulasikan kembali perhitungan reliability dengan melakukan PM pada tingkat reliability 90% untuk terus meningkatkan keandalannya hingga diasumsikan komponen akan diganti apabila keandalannya sudah mencapai 10%. Dari perhitungan untuk mempertahankan keandalan komponen pada tingkat 90% maka komponen harus dipelihara dalam siklus PM 50 jam. Berikut adalah grafik peningkatan keandalannya, tabel terlampir.



Gambar 4.19. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 50 jam

Dari grafik terlihat bahwa dengan interval PM 50 jam tingkat kehandalan komponen meningkat signifikan. Apabila dilihat dari faktor biaya maka dengan asumsi komponen akan diganti pada saat kehandalannya mencapai 10 %. Dengan biaya satu kali pemeliharaan sebesar Rp. 60.000,- dan biaya penggantian komponen Rp. 25.000.000,- didapatkan perbedaan biaya dari kedua interval PM tersebut.

Tabel 4.16 Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Main Drive

Interval PM (jam)	Life Time (hari)	Biaya Teknisi	Biaya Penggantian Komponen	Total Biaya 1 tahun
336	11	1,440,000.00	763,636,363.64	765,076,363.64
50	47.5	9,676,800.00	176,842,105.26	186,518,905.26

Dari perbandingan biaya tersebut terlihat bahwa dengan interval PM 50 jam maka didapatkan biaya yang lebih rendah dengan penghematan biaya (*cost saving*) sebesar 76%.

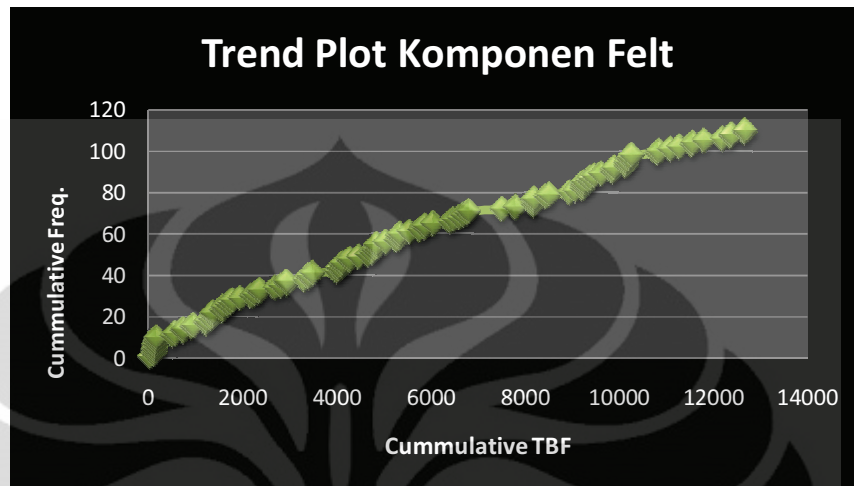
#### 4.3.3.5. Komponen Felt

Komponen Felt merupakan komponen pada area wet end yang memiliki fungsi sebagai tempat meletakkan lembaran plafon yang telah dicetak dari saringan. Dalam data historis stoppages losses 2009-2010 pada komponen Felt terjadi 121 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 65.54167 jam atau 3933.5 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Felt.

##### a. Trend Test Felt

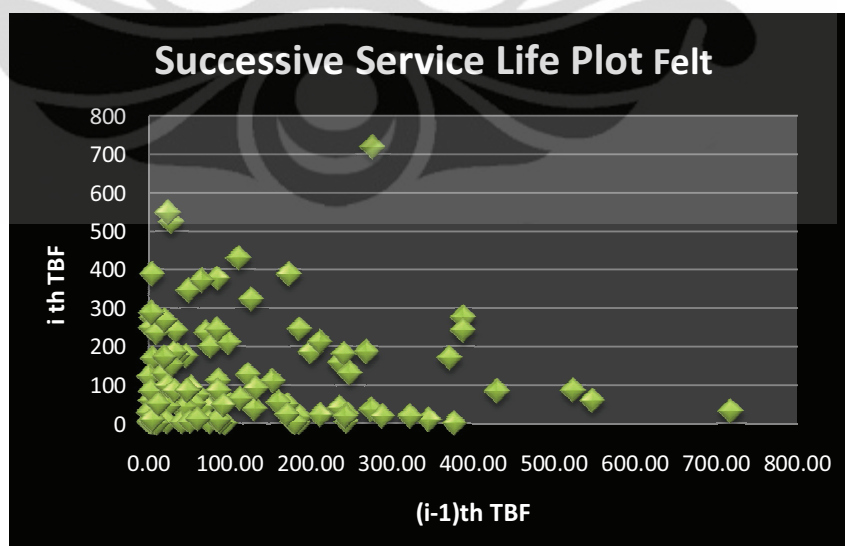
Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi

kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.20. Trend Plot Felt

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya ( $i-1$ )<sup>th</sup> TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i$ <sup>th</sup> sebagai sumbu Y.



Gambar 4.21. Successive Service Life Plot Felt

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Felt

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Felt didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Best Fit Distribution Felt

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Felt	Weibull	107.315	Lognormal	0.537321

c. Perhitungan Reliability Felt

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Felt adalah Weibull distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus weibull dengan shape parameter ( $\beta$ ) bernilai 1.72649 dan scale parameter ( $\theta$ ) bernilai 88.7657.

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

Sehingga didapatkan nilai reliability komponen Felt untuk tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan nilai waktu kelipatan 24 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliability sebelum dan sesudah *preventive maintenance* setiap 14 hari atau 336 jam pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.18 Reliability Komponen Felt dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.9019600	0	24	1.000000	0.9020	0.9019600
48	0.7090452	0	48	1.000000	0.7090	0.7090452
72	0.4989574	0	72	1.000000	0.4990	0.4989574
96	0.3179888	0	96	1.000000	0.3180	0.3179888
107.315	0.2489971	0	107.315	1.000000	0.2490	0.2489971

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
120	0.1848917	0	120	1.000000	0.1849	0.1848917
144	0.0986005	0	144	1.000000	0.0986	0.0986005
168	0.0484252	0	168	1.000000	0.0484	0.0484252
192	0.0219748	0	192	1.000000	0.0220	0.0219748
216	0.0092391	0	216	1.000000	0.0092	0.0092391
240	0.0036075	0	240	1.000000	0.0036	0.0036075
264	0.0013108	0	264	1.000000	0.0013	0.0013108
288	0.0004440	0	288	1.000000	0.0004	0.0004440
312	0.0001404	0	312	1.000000	0.0001	0.0001404
336	0.0000415	1	0	0.000042	1.0000	0.0000415
360	0.0000115	1	24	0.000042	0.9020	0.0000375
384	0.0000030	1	48	0.000042	0.7090	0.0000294
408	0.0000007	1	72	0.000042	0.4990	0.0000207
432	0.0000002	1	96	0.000042	0.3180	0.0000132
456	0.0000000	1	120	0.000042	0.1849	0.0000077
480	0.0000000	1	144	0.000042	0.0986	0.0000041
504	0.0000000	1	168	0.000042	0.0484	0.0000020
528	0.0000000	1	192	0.000042	0.0220	0.0000009
552	0.0000000	1	216	0.000042	0.0092	0.0000004
576	0.0000000	1	240	0.000042	0.0036	0.0000001
600	0.0000000	1	264	0.000042	0.0013	0.0000001
624	0.0000000	1	288	0.000042	0.0004	0.0000000
648	0.0000000	1	312	0.000042	0.0001	0.0000000
672	0.0000000	2	0	0.000000	1.0000	0.0000000
696	0.0000000	2	24	0.000000	0.9020	0.0000000
720	0.0000000	2	48	0.000000	0.7090	0.0000000

Contoh perhitungan kehandalan komponen tanpa *preventive maintenance* (PM) pada nilai MTBF sebesar 107.315.

$$R(107.315) = e^{-\left(\frac{107.315}{88.7657}\right)^{1.73649}} = 0.2489971$$

Sehingga pada nilai MTBF sebesar 107.315 nilai reliability tanpa preventive maintenance sebesar 24.89%.

Dengan dilakukannya preventive maintenance dengan selang waktu 14 hari atau 336 jam, pada 360 jam komponen memiliki peluang kehandalan untuk waktu t-nT dari tindakan preventive maintenance, R(t-nT) sebesar

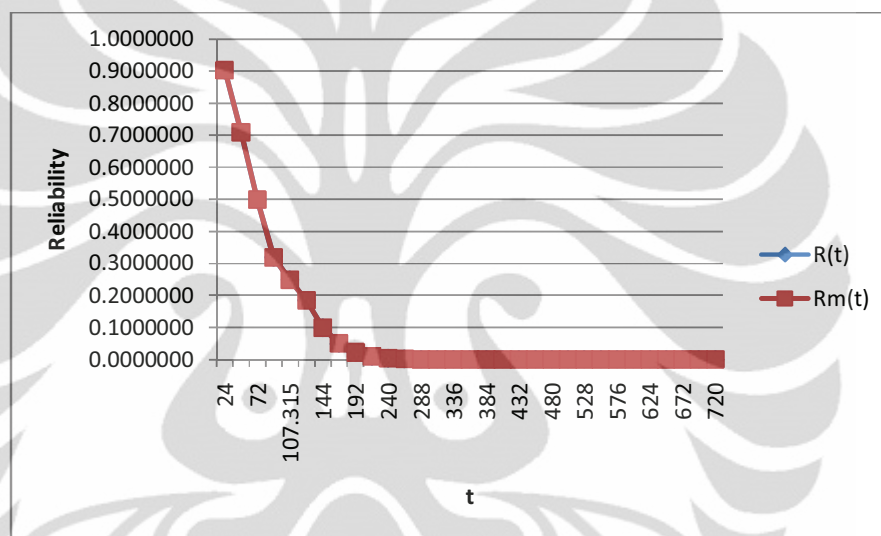
$$R(t - nT) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(24) = e^{-\left(\frac{360-336}{88.7657}\right)^{1.73649}} = 0.9020$$

Sehingga peluang kehandalan pada sistem yang dilakukan preventive maintenance  $R_m(t)$  sebesar

$$R_m(360) = R(336)^1 \times R(24) = 0.000042 \times 0.9020 = 0.0000375$$

Apabila dibandingkan dengan nilai kehandalan tanpa PM,  $R(360)$  bernilai 0.0011%, maka terlihat bahwa nilai kehandalan dengan PM,  $R_m(360)$  bernilai 0.0037%, meningkat sebesar 0.0016%. Peningkatan kehandalannya sangat kecil dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



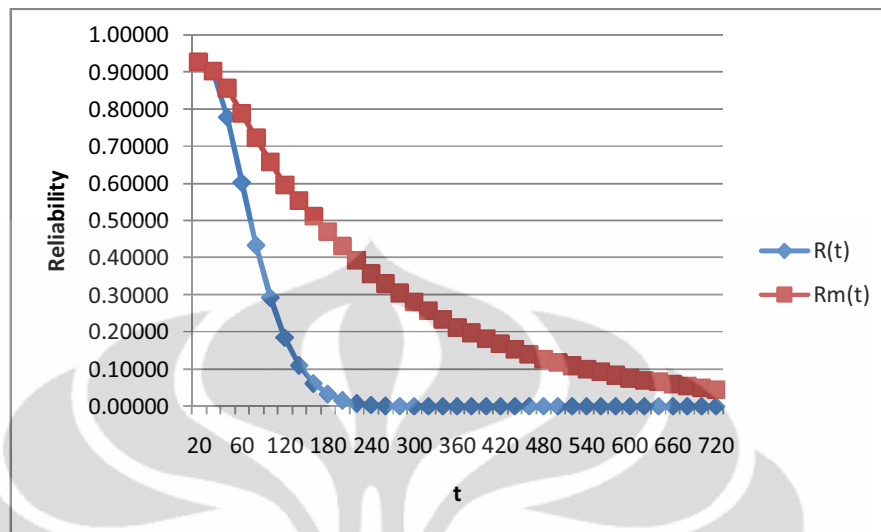
Gambar 4.22. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 336 jam

Dari grafik tersebut terlihat peningkatan reliabilitasnya sangat kecil karena hanya sekitar 0.0037%. Oleh karena itu, peneliti mencoba mensimulasikan kembali perhitungan reliability dengan melakukan PM pada tingkat reliability 90% untuk terus meningkatkan kehandalannya hingga diasumsikan komponen akan diganti apabila kehandalannya sudah mencapai 10%. Dari perhitungan untuk mempertahankan kehandalan komponen pada tingkat 90% maka komponen harus dipelihara dalam siklus PM 24 jam. Berikut adalah simulasi kehandalannya.

Tabel 4.19 Reliability Komponen Felt dengan PM Setiap 24 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.92757	0	20	1.0000	0.9276	0.9276
24	0.90196	1	0	0.9020	1.0000	0.9020

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
40	0.77839	1	16	0.9020	0.9502	0.8571
60	0.60256	2	12	0.8135	0.9695	0.7887
80	0.43396	3	8	0.7338	0.9848	0.7226
100	0.29232	4	4	0.6618	0.9954	0.6588
120	0.18489	5	0	0.5969	1.0000	0.5969
140	0.11013	5	20	0.5969	0.9276	0.5537
160	0.06193	6	16	0.5384	0.9502	0.5116
180	0.03294	7	12	0.4856	0.9695	0.4708
200	0.01660	8	8	0.4380	0.9848	0.4314
220	0.00794	9	4	0.3951	0.9954	0.3933
240	0.00361	10	0	0.3563	1.0000	0.3563
260	0.00156	10	20	0.3563	0.9276	0.3305
280	0.00064	11	16	0.3214	0.9502	0.3054
300	0.00025	12	12	0.2899	0.9695	0.2811
320	0.00009	13	8	0.2615	0.9848	0.2575
340	0.00003	14	4	0.2358	0.9954	0.2348
360	0.00001	15	0	0.2127	1.0000	0.2127
380	0.00000	15	20	0.2127	0.9276	0.1973
400	0.00000	16	16	0.1919	0.9502	0.1823
420	0.00000	17	12	0.1731	0.9695	0.1678
440	0.00000	18	8	0.1561	0.9848	0.1537
460	0.00000	19	4	0.1408	0.9954	0.1401
480	0.00000	20	0	0.1270	1.0000	0.1270
500	0.00000	20	20	0.1270	0.9276	0.1178
520	0.00000	21	16	0.1145	0.9502	0.1088
540	0.00000	22	12	0.1033	0.9695	0.1002
560	0.00000	23	8	0.0932	0.9848	0.0918
580	0.00000	24	4	0.0840	0.9954	0.0837
600	0.00000	25	0	0.0758	1.0000	0.0758
620	0.00000	25	20	0.0758	0.9276	0.0703
640	0.00000	26	16	0.0684	0.9502	0.0650
660	0.00000	27	12	0.0617	0.9695	0.0598
680	0.00000	28	8	0.0556	0.9848	0.0548
700	0.00000	29	4	0.0502	0.9954	0.0499
720	0.00000	30	0	0.0452	1.0000	0.0452



Gambar 4.23. Peningkatan Reliability dengan siklus PM 24 jam

Dari grafik terlihat bahwa dengan interval PM 24 jam tingkat kehandalan komponen meningkat signifikan. Apabila dilihat dari faktor biaya maka dengan asumsi komponen akan diganti pada saat keandalannya mencapai 10 %. Dengan biaya satu kali pemeliharaan sebesar Rp. 60.000,- dan biaya penggantian komponen Rp. 40.000.000,- didapatkan perbedaan biaya dari kedua interval PM tersebut.

Tabel 4.20 Perbandingan Biaya Pemeliharaan Komponen Felt

Interval PM (jam)	Life Time (hari)	Biaya Teknisi	Biaya Penggantian Komponen	Total Biaya 1 tahun
336	6	1,440,000.00	2,240,000,000.00	2,241,440,000.00
24	22.5	20,160,000.00	597,333,333.33	617,493,333.33

Dari perbandingan biaya tersebut terlihat bahwa dengan interval PM 24 jam maka didapatkan biaya yang lebih rendah dengan penghematan biaya (*cost saving*) sebesar 72 %.

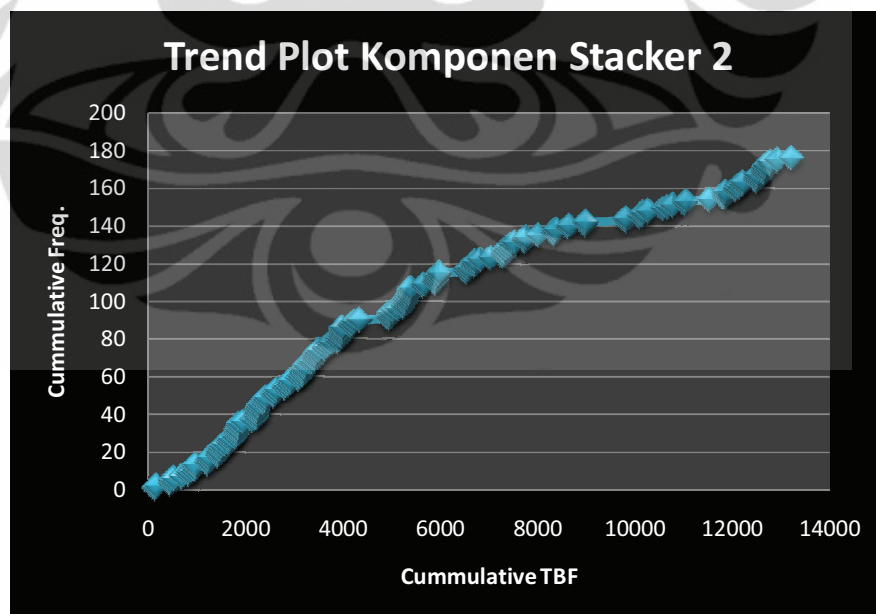


#### 4.3.3.6. Komponen Stacker-2

Komponen Stacker-2 merupakan komponen pada dry end yang memiliki fungsi untuk mengangkat lembaran yang telah dipotong semua sisinya untuk ditaruh di palet/ lory 2. Dalam data historis stoppages losess 2009-2010 pada Stacker-2 terjadi 176 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 29.2083 jam atau 1752.5 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komopnen Stacker-2.

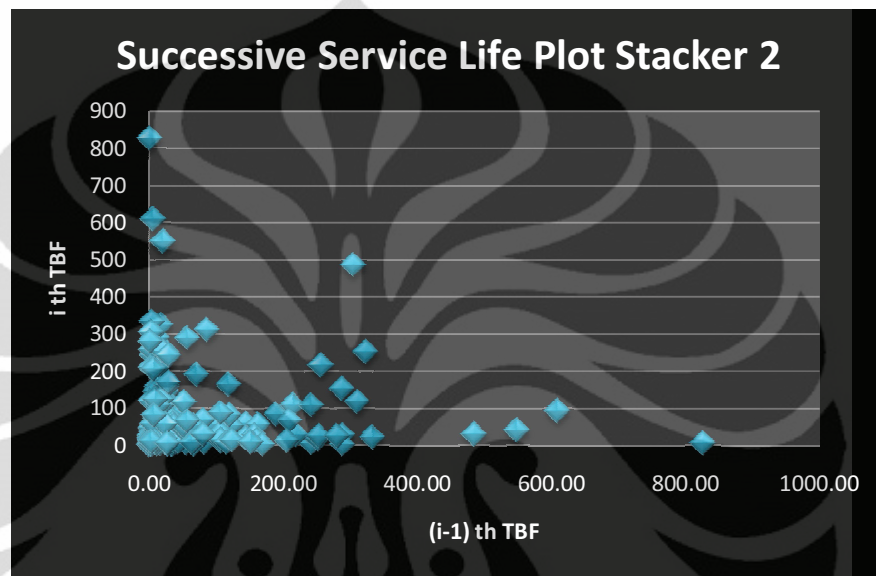
##### a. Trend Test Stacker-2

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure (TBF)* untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.24. Trend Plot Stacker-2

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{th}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{th}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.25. Successive Service Life Plot Stacker-2

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Stacker-2

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Stacker-2 didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Best Fit Distribution Stacker-2

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
ST-2	Lognormal	90.0047	Lognormal	0.149619

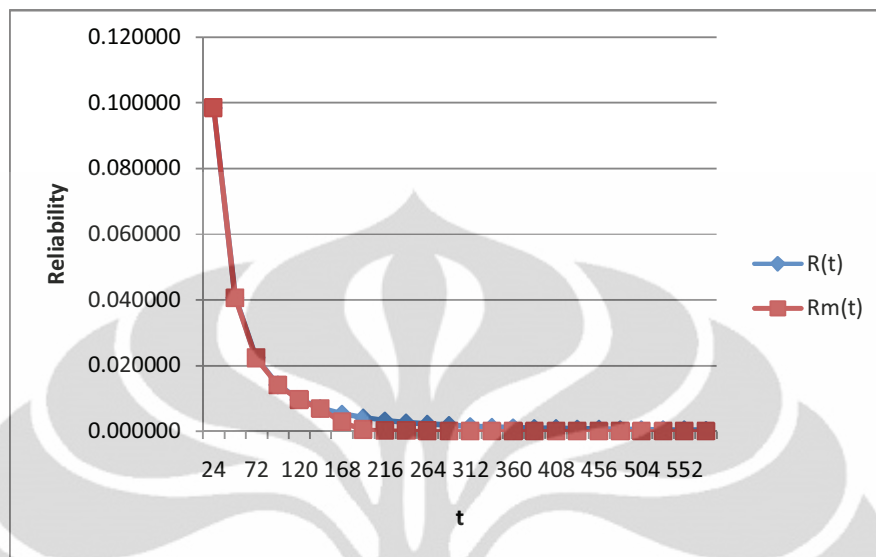
c. Perhitungan Reliability Stacker-2

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Stacker-2 adalah Lognormal distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus lognormal dengan scale parameter (s) bernilai 1.53119 dan location parameter ( $t_{med}$ ) bernilai 3.3276.

$$R(t) = 1 - \Phi[\ln(t/t_{med})/s]$$

Tabel 4.22 Reliability Komponen Stacker-2 dengan PM Setiap 168 jam

t	R(t)	n	(t-nT)	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.0985	0	24	0.0985	0.0985
48	0.0407	0	48	0.0407	0.0407
72	0.0223	0	72	0.0223	0.0223
96	0.0141	0	96	0.0141	0.0141
120	0.0096	0	120	0.0096	0.0096
144	0.0069	0	144	0.0069	0.0069
168	0.0052	1	3	0.5270	0.0028
192	0.0040	1	27	0.0858	0.0005
216	0.0032	1	51	0.0373	0.0002
240	0.0026	1	75	0.0209	0.0001
264	0.0021	1	99	0.0134	0.0001
288	0.0018	1	123	0.0092	0.0000
312	0.0015	1	147	0.0067	0.0000
336	0.0013	2	6	0.3501	0.0000
360	0.0011	2	30	0.0755	0.0000
384	0.0010	2	54	0.0344	0.0000
408	0.0008	2	78	0.0197	0.0000
432	0.0007	2	102	0.0127	0.0000
456	0.0007	2	126	0.0088	0.0000
480	0.0006	2	150	0.0064	0.0000
504	0.0005	3	9	0.2579	0.0000
528	0.0005	3	33	0.0670	0.0000
552	0.0004	3	57	0.0318	0.0000
576	0.0004	3	81	0.0185	0.0000



Gambar 4.26 Reliability Stacker-2

Dari grafik tersebut terlihat rendahnya reliability komponen Stacker-2, dan adanya preventive maintenance tidak memberikan efek positif bagi kehandalan komponen tersebut. Menurut Lewis (1987) kita harus memilih preventive maintenance apabila memberikan efek positif terhadap kehandalan sistem apabila tidak memberikan efek atau memberikan efek negative maka solusi yang ditawarkan adalah penggantian sistem. Oleh karena itu pada kondisi tersebut, Stacker 2 tidak perlu dilakukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan kehandalannya sehingga yang harus dipersiapkan oleh perusahaan adalah cepat dalam memperbaiki dan menyiapkan stok penggantian komponen.

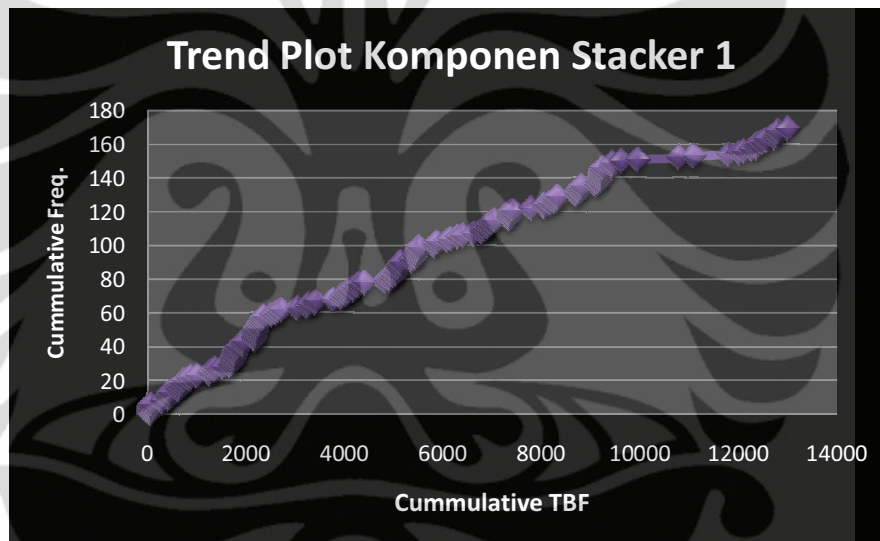
#### 4.3.3.7. Komponen Stacker-1

Komponen Stacker-1 merupakan komponen pada dry end yang memiliki fungsi untuk mengangkat lembaran yang telah dipotong semua sisinya untuk ditaruh di palet/ lory 1. Dalam data historis stoppages losses 2009-2010 pada Stacker-1 terjadi 169 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 30.833 jam atau 1850 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah

produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Stacker-1.

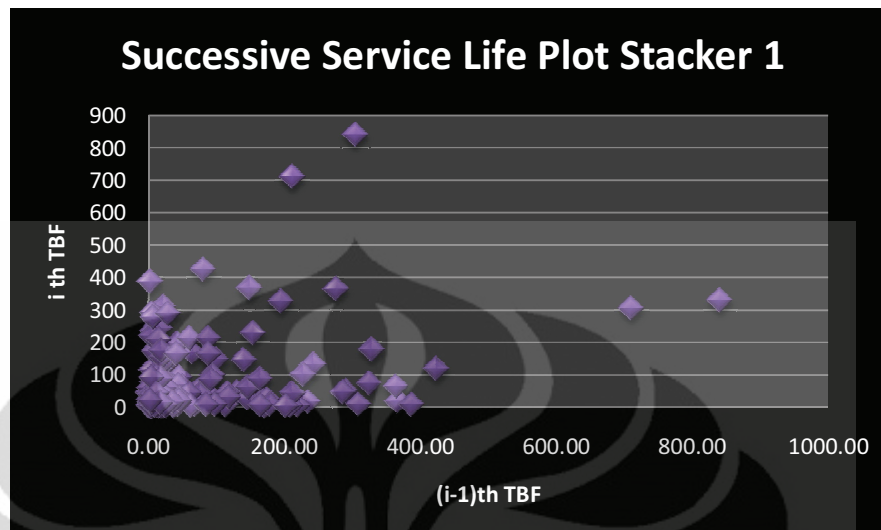
a. Trend Test Stacker-1

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.27 Trend Plot Stacker-1

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{\text{th}}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{\text{th}}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.28 Successive Service Life Plot Stacker-1

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Stacker-1

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Stacker-1 didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Best Fit Distribution Stacker-1

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
ST-1	Lognormal	98.688	Lognormal	0.169622

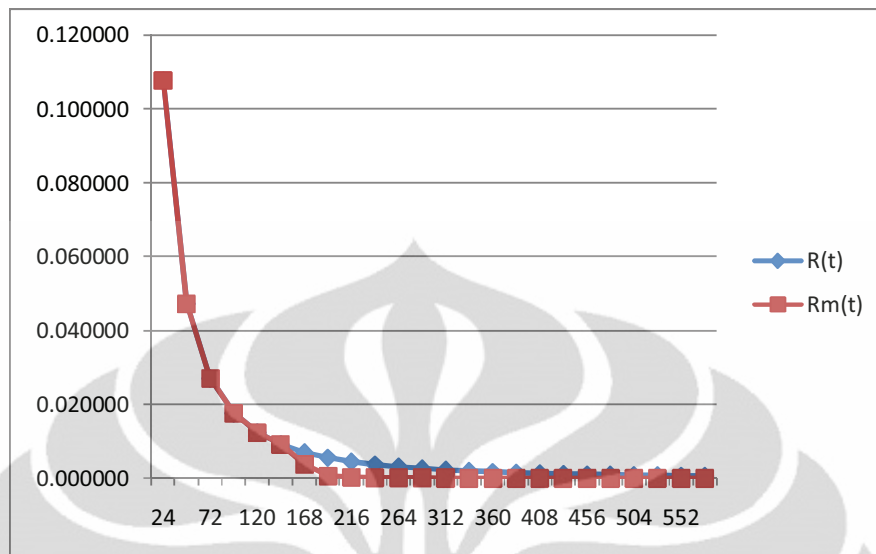
c. Perhitungan Reliability Stacker-1

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Stacker-1 adalah Lognormal distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus lognormal dengan scale parameter ( $s$ ) bernilai 1.59808 dan location parameter ( $t_{med}$ ) bernilai 3.31504.

$$R(t) = 1 - \Phi[\ln(t/t_{med})/s]$$

Tabel 4.24 Reliability Komponen Stacker-1 dengan PM Setiap 168 jam

t	R(t)	n	(t-nT)	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.107723	0	24	0.10772339	0.10772339
48	0.047216	0	48	0.04721643	0.04721643
72	0.027041	0	72	0.02704069	0.02704069
96	0.017593	0	96	0.01759343	0.01759343
120	0.012357	0	120	0.01235733	0.01235733
144	0.009139	0	144	0.00913940	0.00913940
168	0.007017	1	3	0.52491204	0.00380061
192	0.005544	1	27	0.09468765	0.00068558
216	0.004479	1	51	0.04359597	0.00031566
240	0.003686	1	75	0.02548522	0.00018452
264	0.003079	1	99	0.01677425	0.00012145
288	0.002606	1	123	0.01187080	0.00008595
312	0.002229	1	147	0.00882633	0.00006391
336	0.001925	2	6	0.35522507	0.00001862
360	0.001677	2	30	0.08404626	0.00000441
384	0.001471	2	54	0.04039098	0.00000212
408	0.001299	2	78	0.02406205	0.00000126
432	0.001154	2	102	0.01601094	0.00000084
456	0.001031	2	126	0.01141211	0.00000060
480	0.000925	2	150	0.00852875	0.00000045
504	0.000834	3	9	0.26599479	0.00000010
528	0.000754	3	33	0.07521713	0.00000003
552	0.000685	3	57	0.03753802	0.00000001
576	0.000625	3	81	0.02275623	0.00000001



Gambar 4.29. Reliability Stacker-1

Dari grafik tersebut terlihat rendahnya reliability komponen Stacker-1, dan adanya preventive maintenance tidak memberikan efek positif bagi kehandalan komponen tersebut. Menurut Lewis (1987) kita harus memilih preventive maintenance apabila memberikan efek positif terhadap kehandalan sistem apabila tidak memberikan efek atau memberikan efek negative maka solusi yang ditawarkan adalah penggantian sistem. Oleh karena itu pada kondisi tersebut, Stacker-1 tidak perlu dilakukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan kehandalannya sehingga yang harus dipersiapkan oleh perusahaan adalah cepat dalam memperbaiki dan menyiapkan stok penggantian komponen.

#### 4.3.3.8. Komponen Pad

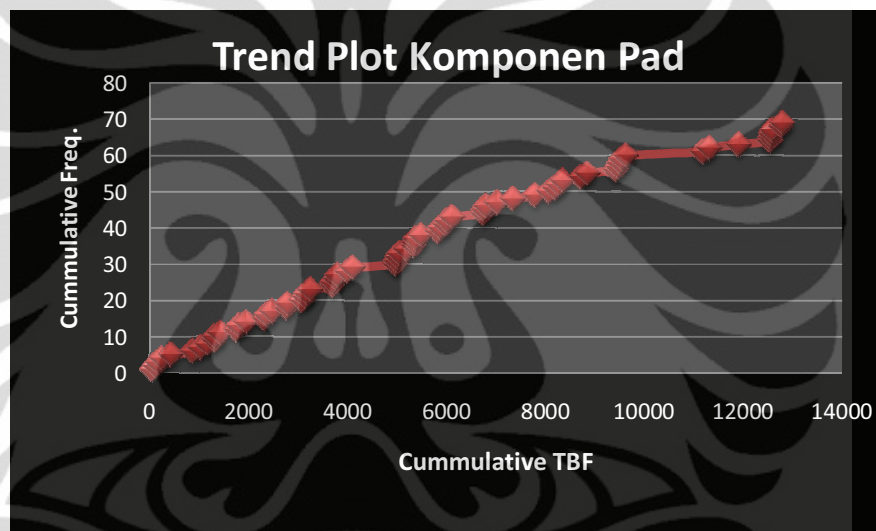
Komponen Pad merupakan komponen untuk menghisap dan menempelkan lembaran plafon yang telah selesai di cetak. Dalam data historis stoppages losess 2009-2010 pada komponen Pad terjadi 69 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 16.5 jam atau 990 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin



berhenti memproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Pad.

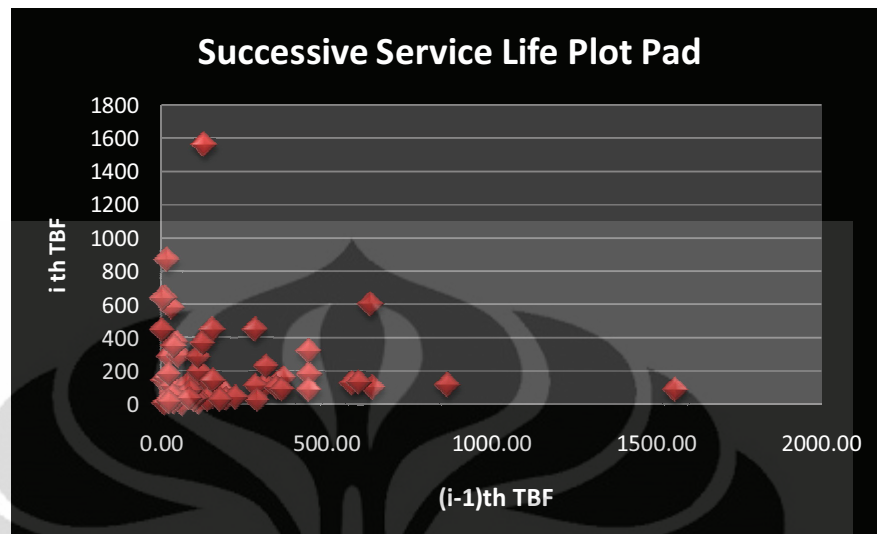
a. Trend Test Pad

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.30. Trend Plot Pad

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya  $(i-1)^{\text{th}}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{\text{th}}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.31 Successive Service Life Plot Pad

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Pad

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Pad didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Best Fit Distribution Pad

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Pad	Lognormal	214.48	Lognormal	0.227342

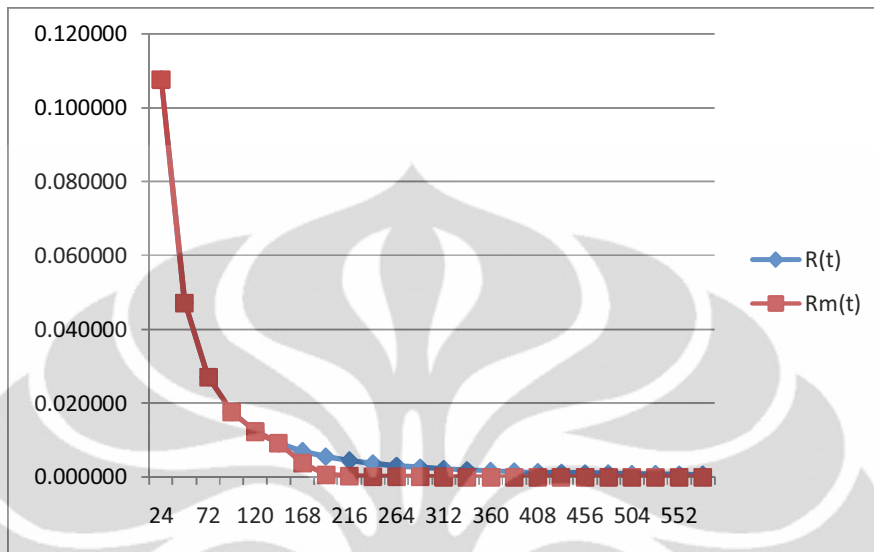
c. Perhitungan Reliability Pad

Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Pad adalah Lognormal distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus lognormal dengan scale parameter ( $s$ ) bernilai 1.31297 dan location parameter ( $t_{med}$ ) bernilai 4.50627.

$$R(t) = 1 - \Phi[\ln(t/t_{med})/s]$$

Tabel 4.26 Reliability Komponen Pad dengan PM Setiap 168 jam

t	R(t)	n	(t-nT)	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.107723	0	24	0.1077233896	0.107723390
48	0.047216	0	48	0.0472164273	0.047216427
72	0.027041	0	72	0.0270406897	0.027040690
96	0.017593	0	96	0.0175934262	0.017593426
120	0.012357	0	120	0.0123573283	0.012357328
144	0.009139	0	144	0.0091393973	0.009139397
168	0.007017	1	3	0.5249120385	0.003800609
192	0.005544	1	27	0.0946876462	0.000685583
216	0.004479	1	51	0.0435959707	0.000315655
240	0.003686	1	75	0.0254852182	0.000184525
264	0.003079	1	99	0.0167742534	0.000121453
288	0.002606	1	123	0.0118708008	0.000085950
312	0.002229	1	147	0.0088263318	0.000063907
336	0.001925	2	6	0.3552250666	0.000018622
360	0.001677	2	30	0.0840462627	0.000004406
384	0.001471	2	54	0.0403909796	0.000002117
408	0.001299	2	78	0.0240620469	0.000001261
432	0.001154	2	102	0.0160109389	0.000000839
456	0.001031	2	126	0.0114121081	0.000000598
480	0.000925	2	150	0.0085287481	0.000000447
504	0.000834	3	9	0.2659947929	0.000000101
528	0.000754	3	33	0.0752171308	0.000000029
552	0.000685	3	57	0.0375380224	0.000000014
576	0.000625	3	81	0.0227562320	0.000000009



Gambar 4.32 Reliability Pad

Dari grafik tersebut terlihat rendahnya reliability komponen Pad, dan adanya preventive maintenance tidak memberikan efek positif bagi kehandalan komponen tersebut. Menurut Lewis (1987) kita harus memilih preventive maintenance apabila memberikan efek positif terhadap kehandalan sistem apabila tidak memberikan efek atau memberikan efek negative maka solusi yang ditawarkan adalah penggantian sistem. Oleh karena itu pada kondisi tersebut, Pad tidak perlu dilakukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan kehandalannya sehingga yang harus dipersiapkan oleh perusahaan adalah cepat dalam memperbaiki dan menyiapkan stok penggantian komponen.

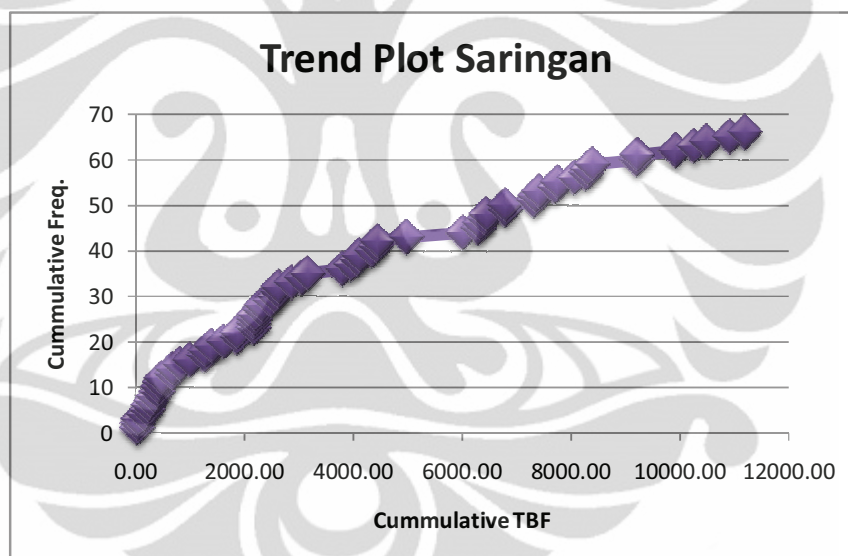
#### 4.3.3.9 Komponen Saringan

Komponen Saringan merupakan komponen pada area wet end yang memiliki fungsi untuk menyaring bubur (slurry) untuk dicetak menjadi lembaran plafon. Dalam data historis stoppages losses 2009-2010 pada komponen Saringan terjadi 66 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 35.375 jam atau 2122.5 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah

produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Saringan.

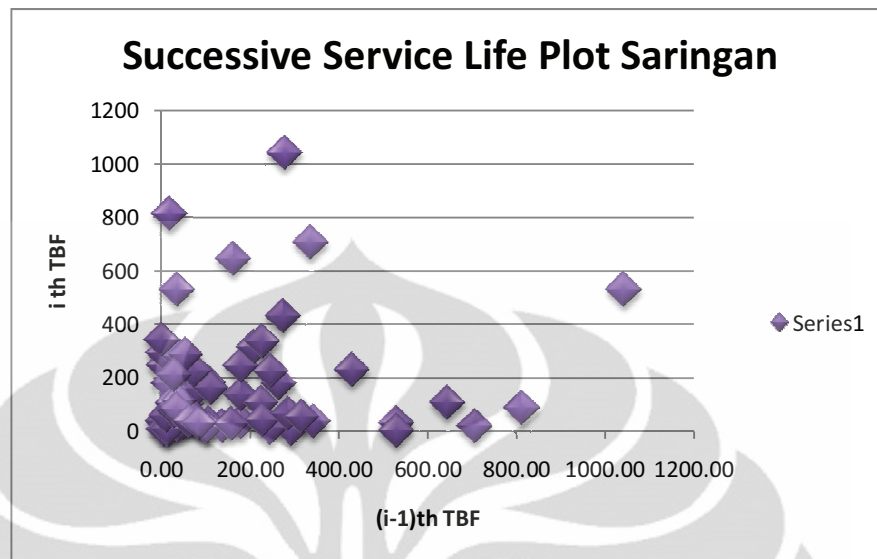
a. Trend Test Saringan

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.33. Trend Plot Saringan

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya ( $i-1$ )<sup>th</sup> TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i$ <sup>th</sup> sebagai sumbu Y.



Gambar 4.34. Successive Service Life Plot Saringan

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Saringan

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Saringan didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Best Fit Distribution Saringan

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Saringan	Lognormal	219.696	Lognormal	0.510307

c. Perhitungan Reliability Saringan

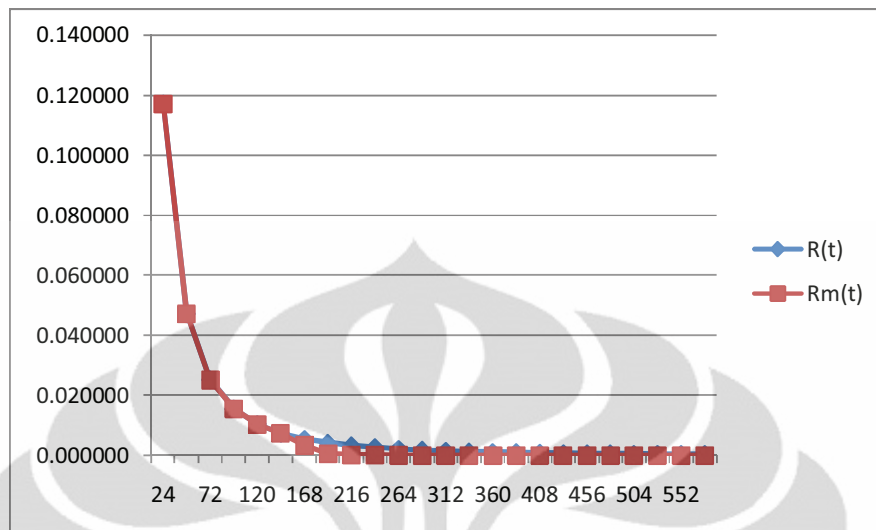
Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Saringan adalah Lognormal distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus

lognormal dengan scale parameter ( $s$ ) bernilai 1.43279 dan location parameter ( $t_{med}$ ) bernilai 4.3658.

$$R(t) = 1 - \Phi[\ln(t/t_{med})/s]$$

Tabel 4.28 Reliability Komponen Saringan dengan PM Setiap 168 jam

t	R(t)	n	(t-nT)	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.117129	0	24	0.1171285293	0.117128529
48	0.047140	0	48	0.0471401652	0.047140165
72	0.025219	0	72	0.0252191197	0.025219120
96	0.015502	0	96	0.0155023234	0.015502323
120	0.010368	0	120	0.0103680939	0.010368094
144	0.007344	0	144	0.0073435706	0.007343571
168	0.005423	1	3	0.6032849796	0.003391745
192	0.004136	1	27	0.1017452766	0.000572025
216	0.003235	1	51	0.0431221352	0.000242438
240	0.002583	1	75	0.0235878280	0.000132614
264	0.002098	1	99	0.0146847954	0.000082560
288	0.001729	1	123	0.0099034037	0.000055678
312	0.001443	1	147	0.0070561137	0.000039670
336	0.001217	2	6	0.4121899104	0.000013029
360	0.001037	2	30	0.0892795592	0.000002822
384	0.000890	2	54	0.0395916964	0.000001251
408	0.000770	2	78	0.0221050434	0.000000699
432	0.000671	2	102	0.0139273983	0.000000440
456	0.000588	2	126	0.0094675503	0.000000299
480	0.000518	2	150	0.0067841420	0.000000214
504	0.000459	3	9	0.3068127090	0.000000055
528	0.000409	3	33	0.0790154078	0.000000014
552	0.000365	3	57	0.0364721043	0.000000006
576	0.000328	3	81	0.0207532795	0.000000004



Gambar 4.35 Reliability Saringan

Dari grafik tersebut terlihat rendahnya reliability komponen Saringan, dan adanya preventive maintenance tidak memberikan efek positif bagi kehandalan komponen tersebut. Menurut Lewis (1987) kita harus memilih preventive maintenance apabila memberikan efek positif terhadap kehandalan sistem apabila tidak memberikan efek atau memberikan efek negative maka solusi yang ditawarkan adalah penggantian sistem. Oleh karena itu pada kondisi tersebut, Saringan tidak perlu dilakukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan kehandalannya sehingga yang harus dipersiapkan oleh perusahaan adalah cepat dalam memperbaiki dan menyiapkan stok penggantian komponen.

#### 4.3.3.10. Komponen Trim

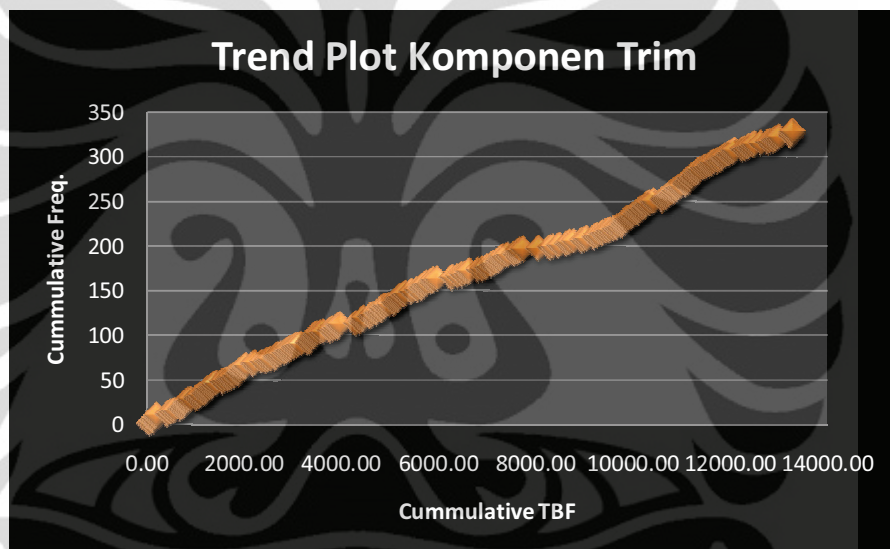
Komponen Trim merupakan komponen pada area dry end yang memiliki fungsi untuk memotong bagian sisi lembaran. Dalam data historis stoppages losess 2009-2010 pada komponen Trim terjadi 328 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 67.625 jam atau 4057.5 menit. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti



berproduksi pada saat sedang diperbaiki. Berikut akan dilakukan pengolahan data terhadap data kerusakan komponen Trim.

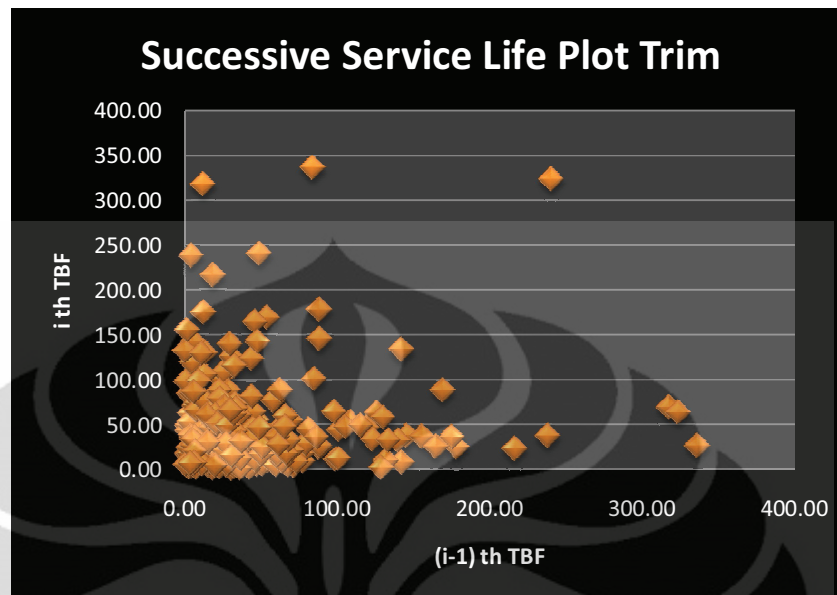
a. Trend Test Trim

Pada tahap ini akan dilakukan 2 buah *graphical test* terhadap data *Time Between Failure* (TBF) untuk mengetahui apakah data tersebut menunjukkan pola trend tertentu. Yang pertama adalah trend plot yaitu dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF (sebagai sumbu X) dan kumulatif frekuensi kegagalan (sebagai sumbu Y) akan terlihat apakah data tersebut memiliki kecenderungan trend tertentu.



Gambar 4.36. Trend Plot Trim

Dari grafik tersebut menunjukkan plot data mendekati garis linear sehingga dianggap data tidak memiliki trend. Selanjutnya akan dianalisis plot data dari TBF yang terjadi secara berturut-turut dengan melakukan plot data TBF sebelumnya ( $(i-1)^{\text{th}}$  TBF sebagai sumbu X dan data TBF saat ini atau setelahnya  $i^{\text{th}}$  sebagai sumbu Y.



Gambar 4.37. Successive Service Life Plot Trim

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hanya ada satu kelompok besar plot dari data TBF tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa data TBF tidak memiliki trend. Setelah diketahui bahwa data tidak memiliki trend tertentu maka data tersebut dapat dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu *fitting distribution*.

b. Best Fit Distribution Trim

Penyesuaian distribusi probabilitas dilakukan dengan Software Minitab 14 pada menu Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis Right Censoring > Distribution ID Plot. Dari data kegagalan komponen Trim didapatkan distribusi untuk Time Between Failure (TBF) dan Time To Repair (TTR) seperti pada tabel 4.29.

Tabel 4.29 Best Fit Distribution Trim

Komponen	TBF		TTR	
	Best Fit Distribution	MTBF (jam)	Best Fit Distribution	MTTR (jam)
Trim	Lognormal	43.309	Lognormal	0.202574

c. Perhitungan Reliability Trim

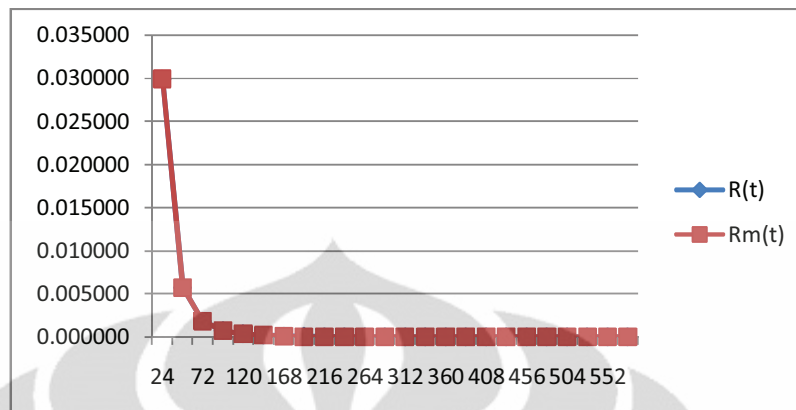
Dari best fit distribution diketahui bahwa distribusi dari TBF Trim adalah Lognormal distribution sehingga reliability dihitung mengikuti rumus

lognormal dengan scale parameter ( $s$ ) bernilai 1.07184 dan location parameter ( $t_{med}$ ) bernilai 3.19394.

$$R(t) = 1 - \Phi[\ln(t/t_{med})/s]$$

Tabel 4.30 Reliability Komponen Trim dengan PM Setiap 168 jam

t	R(t)	n	(t-nT)	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.029944	0	24	0.0299436252	0.029943625
48	0.005731	0	48	0.0057306254	0.005730625
72	0.001827	0	72	0.0018268966	0.001826897
96	0.000749	0	96	0.0007491803	0.000749180
120	0.000358	0	120	0.0003582475	0.000358248
144	0.000190	0	144	0.0001902226	0.000190223
168	0.000109	1	3	0.5233026494	0.000060955
192	0.000066	1	27	0.0232123454	0.000002704
216	0.000042	1	51	0.0048707424	0.000000567
240	0.000028	1	75	0.0016164099	0.000000188
264	0.000019	1	99	0.0006783452	0.000000079
288	0.000013	1	123	0.0003293384	0.000000038
312	0.000010	1	147	0.0001767765	0.000000021
336	0.000007	2	6	0.2781840272	0.000000004
360	0.000005	2	30	0.0183174284	0.000000000
384	0.000004	2	54	0.0041673648	0.000000000
408	0.000003	2	78	0.0014352380	0.000000000
432	0.000002	2	102	0.0006155778	0.000000000
456	0.000002	2	126	0.0003032305	0.000000000
480	0.000001	2	150	0.0001644686	0.000000000
504	0.000001	3	9	0.1668886353	0.000000000
528	0.000001	3	33	0.0146757850	0.000000000
552	0.000001	3	57	0.0035871461	0.000000000
576	0.000001	3	81	0.0012786012	0.000000000



Gambar 4.38. Reliability Trim

Dari grafik tersebut terlihat rendahnya reliability komponen Trim, dan adanya preventive maintenance tidak memberikan efek positif bagi kehandalan komponen tersebut. Menurut Lewis (1987) kita harus memilih preventive maintenance apabila memberikan efek positif terhadap kehandalan sistem apabila tidak memberikan efek atau memberikan efek negative maka solusi yang ditawarkan adalah penggantian sistem. Oleh karena itu pada kondisi tersebut, Trim tidak perlu dilakukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan kehandalannya sehingga yang harus dipersiapkan oleh perusahaan adalah cepat dalam memperbaiki dan menyiapkan stok penggantian komponen.

#### 4.4. Pembuatan Penugasan Preventive Maintenance

##### 4.4.1. Penugasan Preventive Maintenance Komponen Wire Cut Off

Komponen Wire Cut Off akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan interval 43 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

- Melakukan pemeriksaan area Size Roll apabila ada lembaran Sheet yang jatuh akan dimasukkan ke scrap Shredder
- Mengencangkan baut WCO dan melakukan pelumasan
- Periksa hasil potongan lembaran dan pastikan posisi WCO sesuai dengan ukuran potongan lembaran
- Membersihkan area size roll dan wet end

#### **4.4.2. Penugasan Preventive Maintenance Komponen Conveyor**

Komponen Conveyor akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan interval 84 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

- a. Melakukan pemeriksaan pada Inspection Table Hand
- b. Membersihkan area Conveyor
- c. Mengencangkan baut-baut dan memastikan posisi conveyor benar
- d. Memastikan pengecap stampel produk bekerja dan sesuai waktunya

#### **4.4.3. Penugasan Preventive Maintenance Komponen Duraqual**

Komponen Duraqual akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan interval 108 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

- a. Memeriksa kondisi aliran air, pastikan tidak ada yang membuat air macet
- b. Berkoordinasi dengan Service Building untuk melakukan pengecekan tekanan air
- c. Pengecekan pipa air dan pembersihan
- d. Melakukan servis motor duraqual

#### **4.4.4. Penugasan Preventive Maintenance Komponen Main Drive**

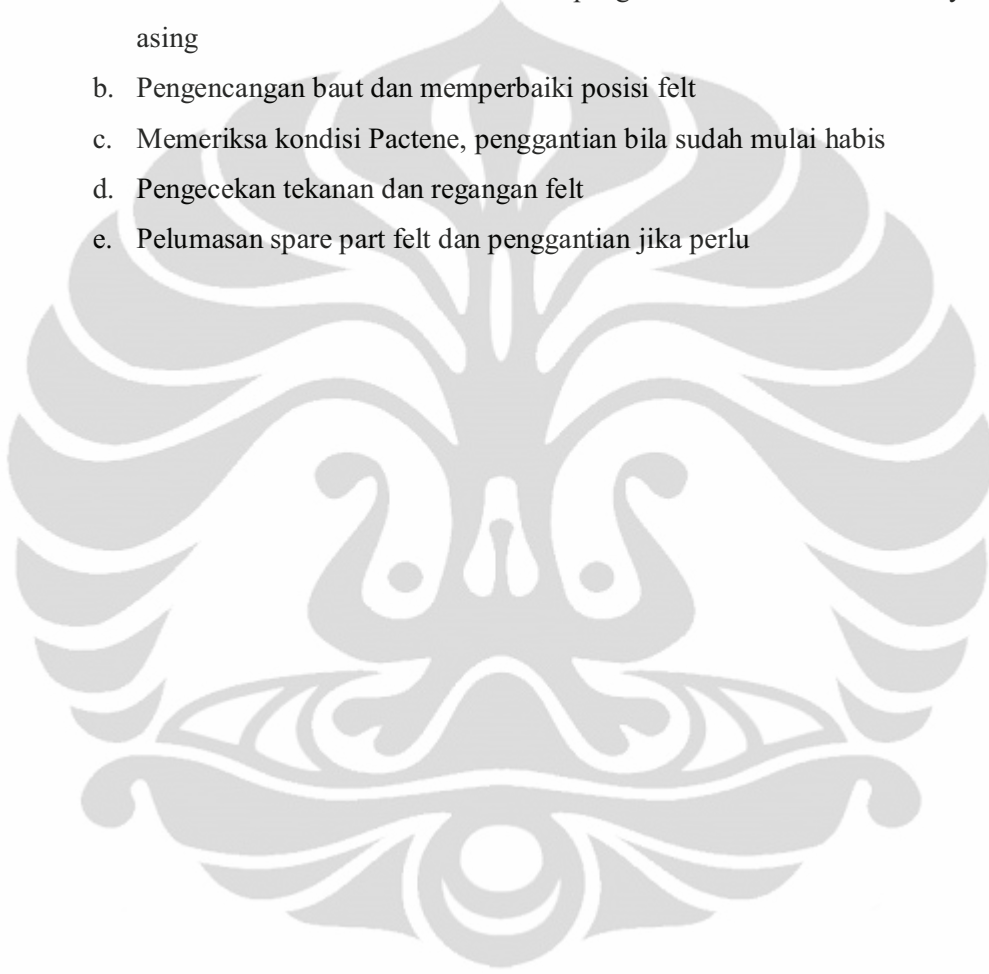
Komponen Main Drive akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan interval 50 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan konsisi Main Drive
- b. Pemeriksaan V Belt dan pelumasan
- c. Pengisian Oli mesin Main Drive
- d. Membersihkan area Main Drive

#### 4.4.5. Penugasan Preventive Maintenance Komponen Felt

Komponen Felt akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan interval 24 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

- a. Membersihkan area Wet End dari pengerasan material atau adanya benda asing
- b. Pengencangan baut dan memperbaiki posisi felt
- c. Memeriksa kondisi Pactene, penggantian bila sudah mulai habis
- d. Pengecekan tekanan dan regangan felt
- e. Pelumasan spare part felt dan penggantian jika perlu



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dengan mengikuti RCM framework diidentifikasi komponen kritis yang perlu dilakukan penjadwalan pemeliharaan sejumlah 10 komponen yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi. Dari data stoppages losses 2009-2010, dianalisis data Time Between Failure dengan melakukan pencocokan dengan distribusi probabilitasnya.

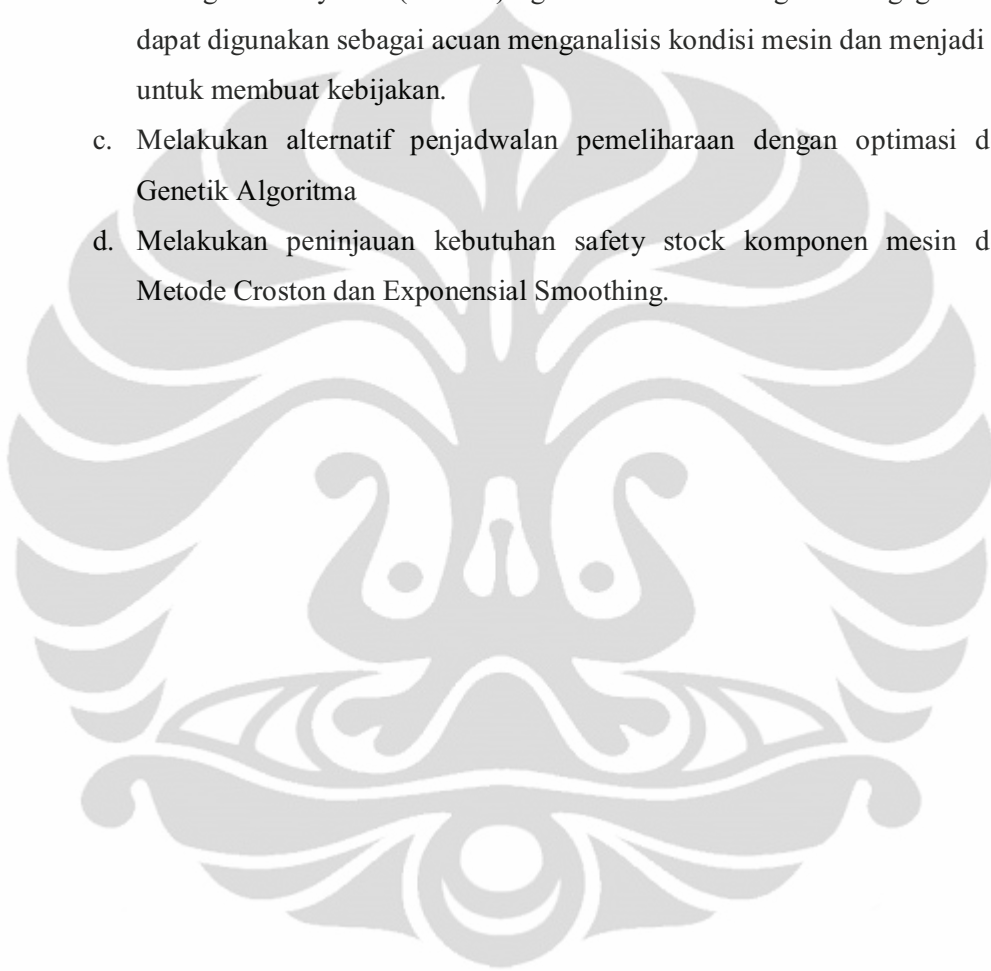
Dari hasil perhitungan Mean Time Between Failure dapat dihitung tingkat reliability sebelum dan sesudah melakukan *Preventive Maintenance*. Sehingga didapatkan interval pemeliharaan untuk komponen Wire Cut Off dengan interval 43 jam, komponen Conveyor dengan interval 84 jam, komponen Duraqual dengan interval 108 jam, komponen Main Drive dengan interval 50 jam, dan komponen Felt dengan interval 24 jam dapat meningkatkan kehandalan dan perkiraan umur operasi komponen.

Sedangkan untuk lima komponen lainnya, yaitu Stacker-2, Stacker-1, Pad, Saringan, dan Trim, tidak memerlukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan kehandalannya. Sehingga perusahaan sebaiknya menyiapkan operator maintenance yang baik untuk dapat merespon dengan cepat bila terjadi kerusakan (*reactive maintenance*) dan menyiapkan stok yang tepat untuk penggantian komponen.

#### 5.2. Saran

Beberapa saran untuk perusahaan kedepan untuk meningkatkan kinerja perusahaan serta untuk penelitian kedepan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pencatatan terhadap rework produksi agar kedepannya dapat diteliti pengaruh maintenance terhadap produktivitas mesin dengan menggunakan metode *Total Productive Maintenance* (TPM)
- b. Penyusunan sistem informasi maintenance dengan Computerize Maintenance Management System (CMMS) agar informasi tentang data kegagalan mesin dapat digunakan sebagai acuan menganalisis kondisi mesin dan menjadi acuan untuk membuat kebijakan.
- c. Melakukan alternatif penjadwalan pemeliharaan dengan optimasi dengan Genetik Algoritma
- d. Melakukan peninjauan kebutuhan safety stock komponen mesin dengan Metode Croston dan Exponensial Smoothing.



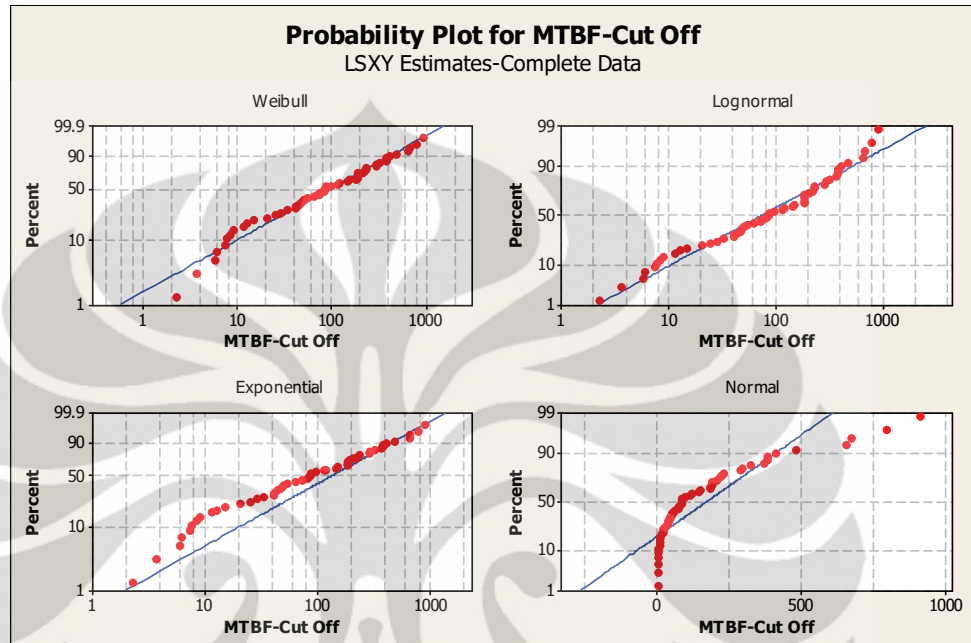


## REFERENSI

- Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. USA: CRC Press LLC.
- Duffuaa, Salih O., A. Raouf & John Dixon Campbell. (1999). *Maintenance Systems: Modelling and Analysis*. Canada: John Wiley and Sons.
- Eti, M.C., S.O.T. Ogaji, & S.D. Probert, (2007). Integrating reliability, availability, maintainability and supportability with risk analysis for improved operation of the Afam thermal power-station. *Applied Energy*, 84, 202–221
- Levitt, Joel. (2008). *Lean Maintenance*. New York: Industrial Press.
- Lewis, E. E., (1987). *Introduction to Reliability Engineering*. Canada: John Wiley and Sons.
- Louit, D.M., R. Pascual, dan A.K.S. Jardine, (2009), A Practical Procedure for The Selection of Time-To-Failure Models Based on The Assessment of Trends in Maintenance data, *Reliability Engineering and System Safety*, 94, 1618-1628
- Mann, Lawrence. (1976). *Maintenance Management*. United States of America: D. C. Heath and Company.
- Neubeck. (2004). *Practical Reliability Analysis*. New Jersey: Pearson Education.
- Rinne, Horst. (2009). *The Weibull Distribution: A Handbook*. United States of America: Taylor and Francis Group, LLC.
- Selvik, J. T. dan T. Aven, (2011), A Framework For Reliability and Risk Centered Maintenance, *Reliability Engineering and System Safety*, 96, 324-331
- Smith, Ricky, R. Keith Mobley. (2002). *Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers*. USA: Butterworth-Heinemann Publications.
- Stephens, Mathew P. (2004). *Productivity and Reliability-Based Maintenance Management*. New Jersey: Pearson Education.

## Lampiran 1 Pengolahan Data Komponen Wire Cut Off

### a. Distribution Fitting dengan Minitab

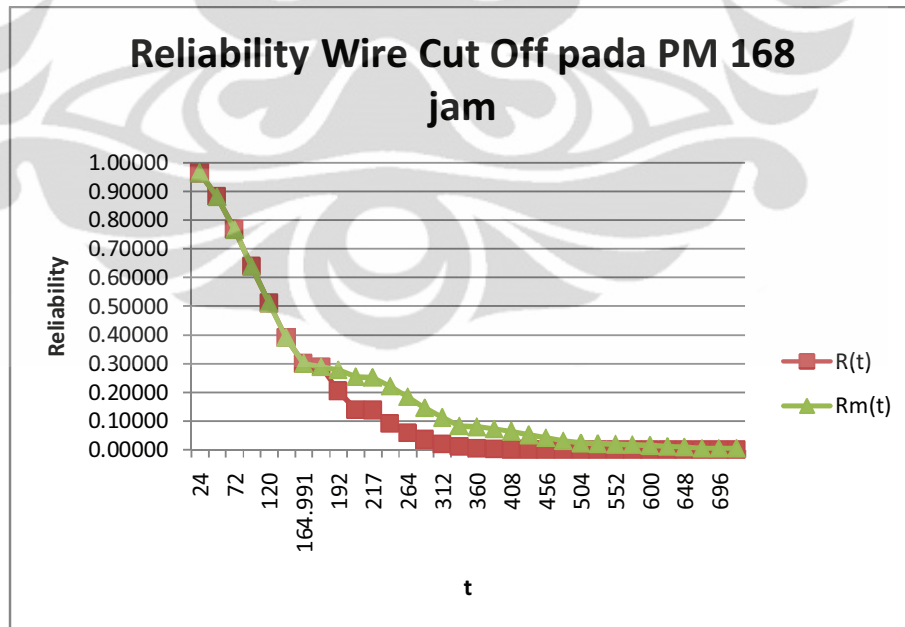


### b. Reliability dengan interval 168 jam *Preventive Maintenance*

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.96526	0	24	1.0000	0.9653	0.9653
48	0.88194	0	48	1.0000	0.8819	0.8819
72	0.76818	0	72	1.0000	0.7682	0.7682
96	0.63997	0	96	1.0000	0.6400	0.6400
120	0.51106	0	120	1.0000	0.5111	0.5111
144	0.39183	0	144	1.0000	0.3918	0.3918
164.991	0.30069	0	164.991	1.0000	0.3007	0.3007
168	0.28879	1	0	0.2888	1.0000	0.2888
192	0.20482	1	24	0.2888	0.9653	0.2788
216	0.13990	1	48	0.2888	0.8819	0.25469
217	0.13759	1	49	0.2888	0.8777	0.2535
240	0.09211	1	72	0.2888	0.7682	0.2218
264	0.05849	1	96	0.2888	0.6400	0.1848
288	0.03584	1	120	0.2888	0.5111	0.1476
312	0.02121	1	144	0.2888	0.3918	0.1132

Lampiran 1 Pengolahan Data Komponen Wire Cut Off (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
336	0.01212	2	0	0.0834	1.0000	0.0834
360	0.00670	2	24	0.0834	0.9653	0.0805
384	0.00358	2	48	0.0834	0.8819	0.0736
408	0.00185	2	72	0.0834	0.7682	0.0641
432	0.00092	2	96	0.0834	0.6400	0.0534
456	0.00045	2	120	0.0834	0.5111	0.0426
480	0.00021	2	144	0.0834	0.3918	0.0327
504	0.00009	2	168	0.0834	0.2888	0.0241
528	0.00004	3	24	0.0241	0.9653	0.0232
552	0.00002	3	48	0.0241	0.8819	0.0212
576	0.00001	3	72	0.0241	0.7682	0.0185
600	0.00000	3	96	0.0241	0.6400	0.0154
624	0.00000	3	120	0.0241	0.5111	0.0123
648	0.00000	3	144	0.0241	0.3918	0.0094
672	0.00000	4	0	0.0070	1.0000	0.0070
696	0.00000	4	24	0.0070	0.9653	0.0067
720	0.00000	4	48	0.0070	0.8819	0.0061



**Lampiran 1** Pengolahan Data Komponen Wire Cut Off (Lanjutan)

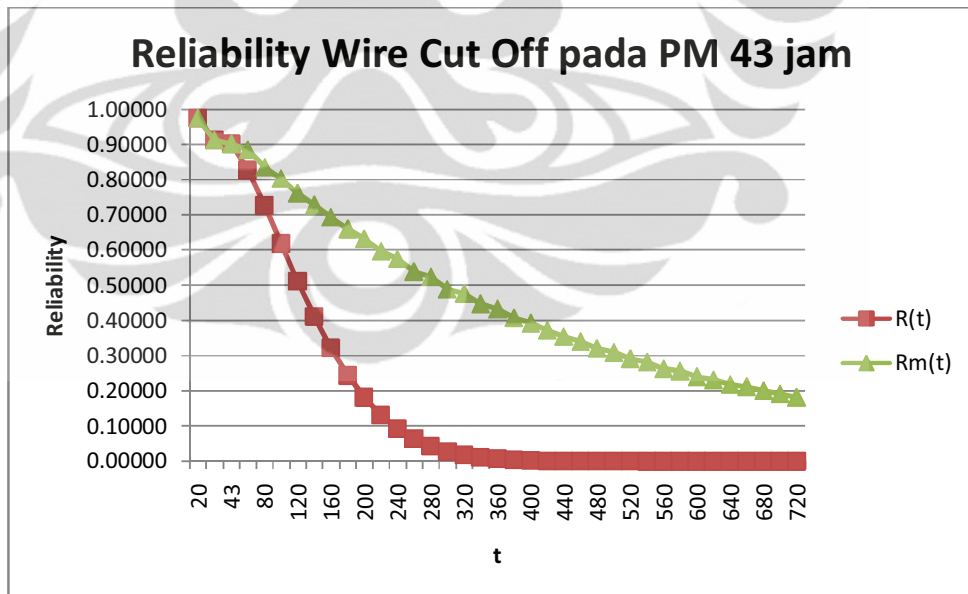
c. Reliability dengan interval 43 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Wire Cut Off dengan PM Setiap 43 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.97498	0	20	1.0000	0.9750	0.9750
40	0.91392	0	40	1.0000	0.9139	0.9139
43	0.90236	1	0	0.9024	1.0000	0.9024
60	0.82783	1	17	0.9024	0.9814	0.8855
80	0.72632	1	37	0.9024	0.9249	0.8346
100	0.61821	2	14	0.8143	0.9869	0.8036
120	0.51106	2	34	0.8143	0.9353	0.7616
140	0.41071	3	11	0.7348	0.9915	0.7285
160	0.32109	3	31	0.7348	0.9451	0.6944
180	0.24436	4	8	0.6630	0.9953	0.6599
200	0.18113	4	28	0.6630	0.9542	0.6327
220	0.13082	5	5	0.5983	0.9980	0.5971
240	0.09211	5	25	0.5983	0.9626	0.5759
260	0.06325	6	2	0.5399	0.9996	0.5397
280	0.04236	6	22	0.5399	0.9703	0.5238
300	0.02769	6	42	0.5399	0.9063	0.4893
320	0.01767	7	19	0.4872	0.9772	0.4761
340	0.01101	7	39	0.4872	0.9177	0.4470
360	0.00670	8	16	0.4396	0.9833	0.4323
380	0.00398	8	36	0.4396	0.9285	0.4081
400	0.00231	9	13	0.3967	0.9885	0.3921
420	0.00131	9	33	0.3967	0.9387	0.3723
440	0.00073	10	10	0.3579	0.9929	0.3554
460	0.00039	10	30	0.3579	0.9482	0.3394
480	0.00021	11	7	0.3230	0.9963	0.3218
500	0.00011	11	27	0.3230	0.9571	0.3091
520	0.00006	12	4	0.2915	0.9987	0.2911
540	0.00003	12	24	0.2915	0.9653	0.2813
560	0.00001	13	1	0.2630	0.9999	0.2630
580	0.00001	13	21	0.2630	0.9727	0.2558
600	0.00000	13	41	0.2630	0.9101	0.2394
620	0.00000	14	18	0.2373	0.9793	0.2324
640	0.00000	14	38	0.2373	0.9213	0.2187
660	0.00000	15	15	0.2142	0.9851	0.2110
680	0.00000	15	35	0.2142	0.9319	0.1996

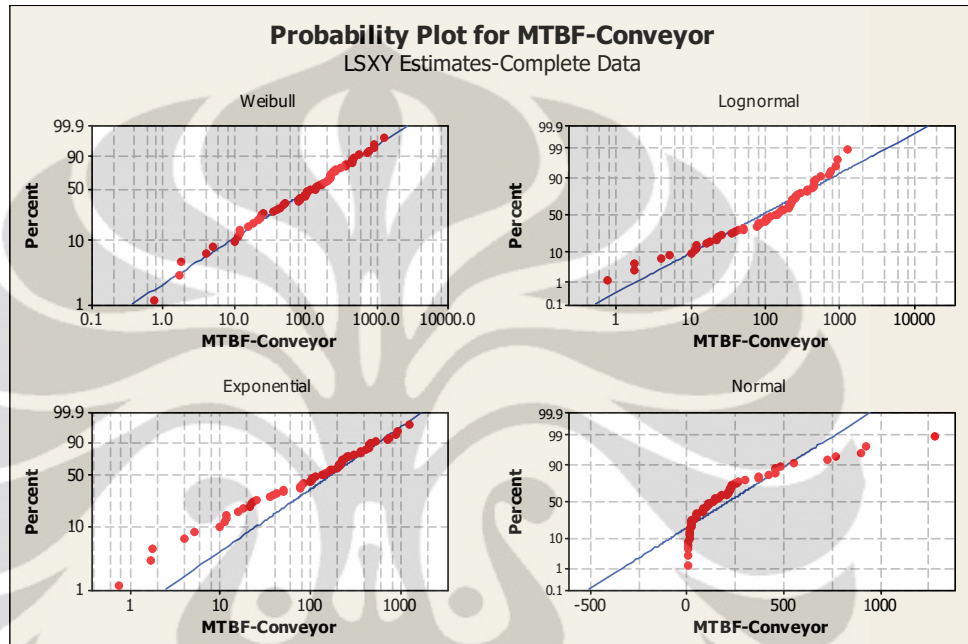
**Lampiran 1** Pengolahan Data Komponen Wire Cut Off (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
700	0.00000	16	12	0.1932	0.9901	0.1913
720	0.00000	16	32	0.1932	0.9419	0.1820
740	0.00000	17	9	0.1744	0.9941	0.1734
760	0.00000	17	29	0.1744	0.9512	0.1659
780	0.00000	18	6	0.1574	0.9972	0.1569
800	0.00000	18	26	0.1574	0.9599	0.1510
820	0.00000	19	3	0.1420	0.9992	0.1419
840	0.00000	19	23	0.1420	0.9678	0.1374
860	0.00000	20	0	0.1281	1.0000	0.1281
880	0.00000	20	20	0.1281	0.9750	0.1249
900	0.00000	20	40	0.1281	0.9139	0.1171
920	0.00000	21	17	0.1156	0.9814	0.1135
940	0.00000	21	37	0.1156	0.9249	0.1069
960	0.00000	22	14	0.1043	0.9869	0.1030
980	0.00000	22	34	0.1043	0.9353	0.0976
1000	0.00000	23	11	0.0941	0.9915	0.0933
1020	0.00000	23	31	0.0941	0.9451	0.0890



## Lampiran 2 Pengolahan Data Komponen Conveyor

### a. Distribution Fitting dengan Minitab



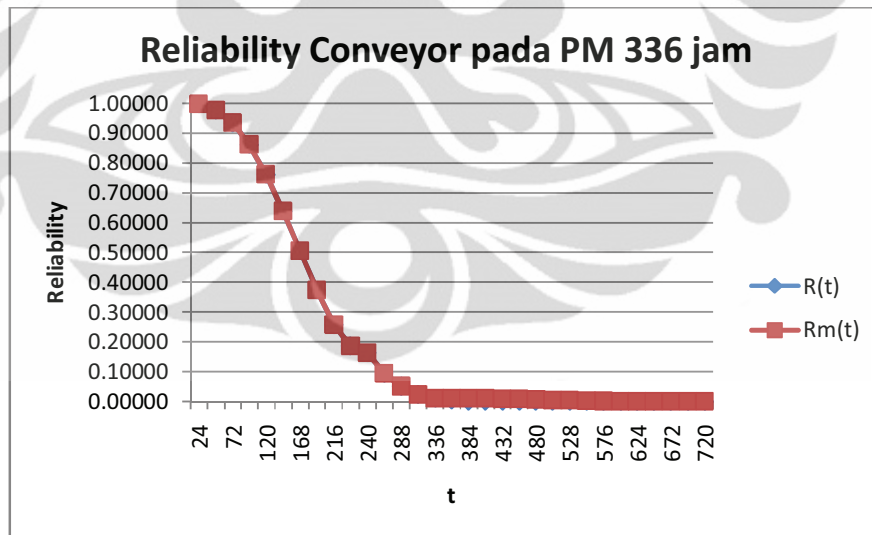
### b. Reliability dengan interval 336 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Conveyor dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	$R(t-nT)$	$R_m(t)$
24	0.99668	0	24	1.0000	0.9967	0.9967
48	0.97809	0	48	1.0000	0.9781	0.9781
72	0.93502	0	72	1.0000	0.9350	0.9350
96	0.86273	0	96	1.0000	0.8627	0.8627
120	0.76190	0	120	1.0000	0.7619	0.7619
144	0.63897	0	144	1.0000	0.6390	0.6390
168	0.50511	0	168	1.0000	0.5051	0.5051
192	0.37370	0	192	1.0000	0.3737	0.3737
216	0.25700	0	216	1.0000	0.2570	0.2570
233.37	0.18656	0	233.37	1.0000	0.1866	0.1866
240	0.16320	0	240	1.0000	0.1632	0.1632
264	0.09508	0	264	1.0000	0.0951	0.0951
288	0.05050	0	288	1.0000	0.0505	0.0505
312	0.02431	0	312	1.0000	0.0243	0.0243

Lampiran 2 Pengolahan Data Komponen Conveyor (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
336	0.01054	1	0	0.0105	1.0000	0.0105
360	0.00409	1	24	0.0105	0.9967	0.0105
384	0.00141	1	48	0.0105	0.9781	0.0103
408	0.00043	1	72	0.0105	0.9350	0.0099
432	0.00012	1	96	0.0105	0.8627	0.0091
456	0.00003	1	120	0.0105	0.7619	0.0080
480	0.00001	1	144	0.0105	0.6390	0.0067
504	0.00000	1	168	0.0105	0.5051	0.0053
528	0.00000	1	192	0.0105	0.3737	0.0039
552	0.00000	1	216	0.0105	0.2570	0.0027
576	0.00000	1	240	0.0105	0.1632	0.0017
600	0.00000	1	264	0.0105	0.0951	0.0010
624	0.00000	1	288	0.0105	0.0505	0.0005
648	0.00000	1	312	0.0105	0.0243	0.0003
672	0.00000	2	0	0.0001	1.0000	0.0001
696	0.00000	2	24	0.0001	0.9967	0.0001
720	0.00000	2	48	0.0001	0.9781	0.0001



Lampiran 2 Pengolahan Data Komponen Conveyor (Lanjutan)

c. Reliability dengan interval 84 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Conveyor dengan PM Setiap 84 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.99798	0	20	1.0000	0.9980	0.9980
40	0.98664	0	40	1.0000	0.9866	0.9866
43	0.98374	0	43	1.0000	0.9837	0.9837
60	0.96003	0	60	1.0000	0.9600	0.9600
80	0.91425	0	80	1.0000	0.9143	0.9143
84	0.90262	1	0	0.9026	1.0000	0.9026
100	0.84780	1	16	0.9026	0.9989	0.9016
120	0.76190	1	36	0.9026	0.9900	0.8936
140	0.66056	1	56	0.9026	0.9668	0.8726
160	0.55013	1	76	0.9026	0.9251	0.8350
180	0.43827	2	12	0.8147	0.9995	0.8143
200	0.33266	2	32	0.8147	0.9927	0.8088
220	0.23963	2	52	0.8147	0.9728	0.7926
240	0.16320	2	72	0.8147	0.9350	0.7618
260	0.10469	3	8	0.7354	0.9998	0.7353
280	0.06302	3	28	0.7354	0.9949	0.7317
300	0.03548	3	48	0.7354	0.9781	0.7193
320	0.01862	3	68	0.7354	0.9442	0.6943
340	0.00907	4	4	0.6638	1.0000	0.6638
360	0.00409	4	24	0.6638	0.9967	0.6616
380	0.00170	4	44	0.6638	0.9827	0.6523
400	0.00065	4	64	0.6638	0.9525	0.6322
420	0.00023	5	0	0.5991	1.0000	0.5991
440	0.00007	5	20	0.5991	0.9980	0.5979
460	0.00002	5	40	0.5991	0.9866	0.5911
480	0.00001	5	60	0.5991	0.9600	0.5752
500	0.00000	5	80	0.5991	0.9143	0.5478
520	0.00000	6	16	0.5408	0.9989	0.5402
540	0.00000	6	36	0.5408	0.9900	0.5354
560	0.00000	6	56	0.5408	0.9668	0.5228
580	0.00000	6	76	0.5408	0.9251	0.5003
600	0.00000	7	12	0.4881	0.9995	0.4879
620	0.00000	7	32	0.4881	0.9927	0.4846
640	0.00000	7	52	0.4881	0.9728	0.4748
660	0.00000	7	72	0.4881	0.9350	0.4564



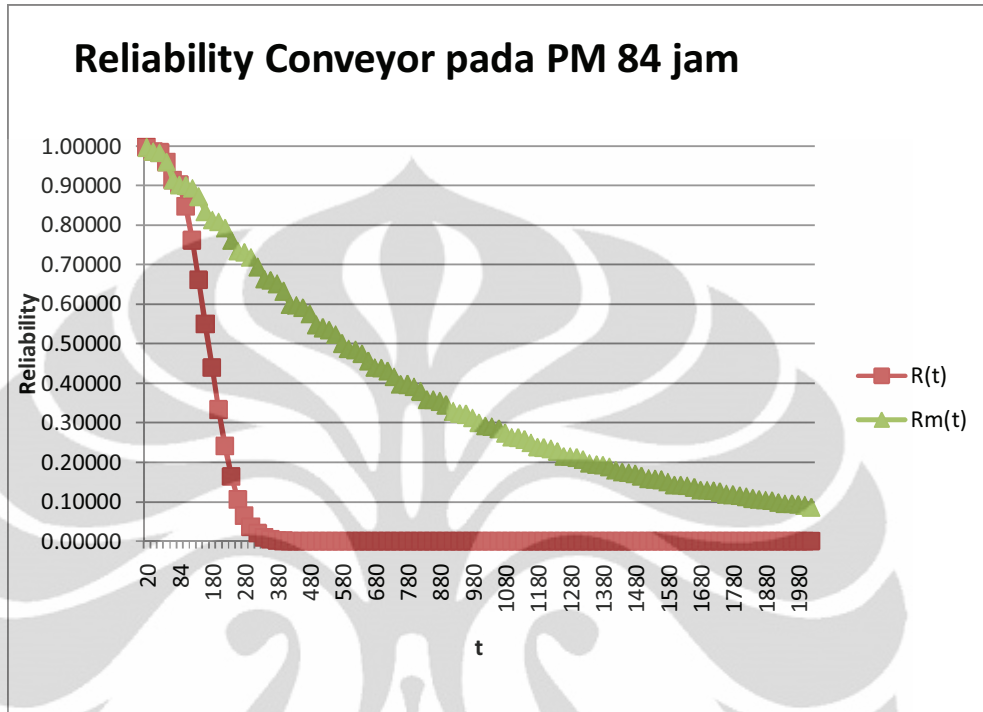
**Lampiran 2** Pengolahan Data Komponen Conveyor (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
680	0.00000	8	8	0.4406	0.9998	0.4405
700	0.00000	8	28	0.4406	0.9949	0.4384
720	0.00000	8	48	0.4406	0.9781	0.4309
740	0.00000	8	68	0.4406	0.9442	0.4160
760	0.00000	9	4	0.3977	1.0000	0.3977
780	0.00000	9	24	0.3977	0.9967	0.3964
800	0.00000	9	44	0.3977	0.9827	0.3908
820	0.00000	9	64	0.3977	0.9525	0.3788
840	0.00000	10	0	0.3590	1.0000	0.3590
860	0.00000	10	20	0.3590	0.9980	0.3582
880	0.00000	10	40	0.3590	0.9866	0.3542
900	0.00000	10	60	0.3590	0.9600	0.3446
920	0.00000	10	80	0.3590	0.9143	0.3282
940	0.00000	11	16	0.3240	0.9989	0.3236
960	0.00000	11	36	0.3240	0.9900	0.3208
980	0.00000	11	56	0.3240	0.9668	0.3132
1000	0.00000	11	76	0.3240	0.9251	0.2997
1020	0.00000	12	12	0.2924	0.9995	0.2923
1040	0.00000	12	32	0.2924	0.9927	0.2903
1060	0.00000	12	52	0.2924	0.9728	0.2845
1080	0.00000	12	72	0.2924	0.9350	0.2734
1100	0.00000	13	8	0.2640	0.9998	0.2639
1120	0.00000	13	28	0.2640	0.9949	0.2626
1140	0.00000	13	48	0.2640	0.9781	0.2582
1160	0.00000	13	68	0.2640	0.9442	0.2492
1180	0.00000	14	4	0.2383	1.0000	0.2383
1200	0.00000	14	24	0.2383	0.9967	0.2375
1220	0.00000	14	44	0.2383	0.9827	0.2341
1240	0.00000	14	64	0.2383	0.9525	0.2269
1260	0.00000	15	0	0.2151	1.0000	0.2151
1280	0.00000	15	20	0.2151	0.9980	0.2146
1300	0.00000	15	40	0.2151	0.9866	0.2122
1320	0.00000	15	60	0.2151	0.9600	0.2065
1340	0.00000	15	80	0.2151	0.9143	0.1966
1360	0.00000	16	16	0.1941	0.9989	0.1939
1380	0.00000	16	36	0.1941	0.9900	0.1922
1400	0.00000	16	56	0.1941	0.9668	0.1877
1420	0.00000	16	76	0.1941	0.9251	0.1796

**Lampiran 2** Pengolahan Data Komponen Conveyor (Lanjutan)

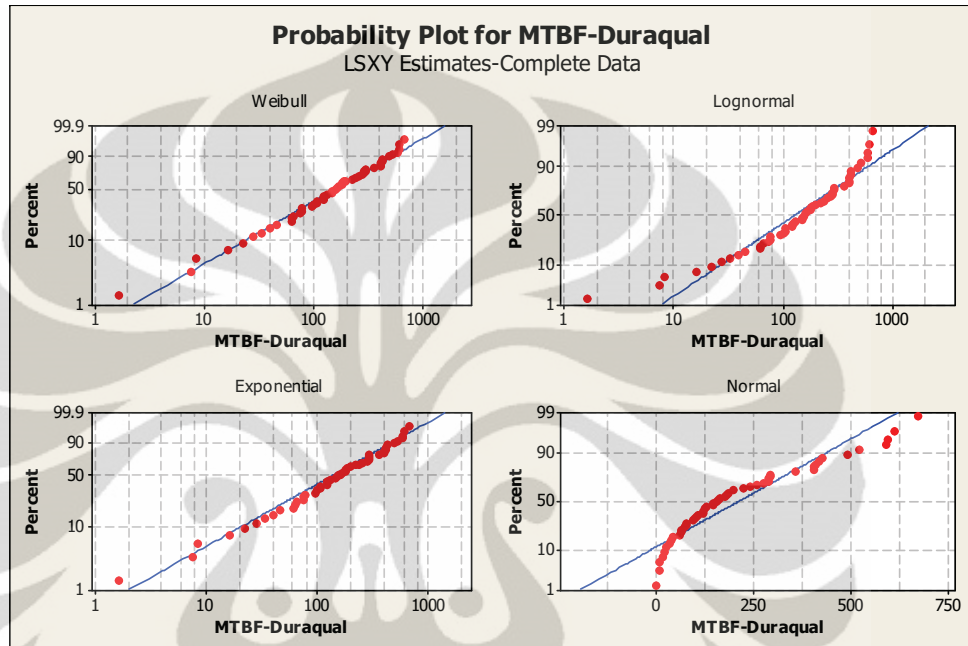
t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
1440	0.00000	17	12	0.1752	0.9995	0.1751
1460	0.00000	17	32	0.1752	0.9927	0.1739
1480	0.00000	17	52	0.1752	0.9728	0.1704
1500	0.00000	17	72	0.1752	0.9350	0.1638
1520	0.00000	18	8	0.1582	0.9998	0.1581
1540	0.00000	18	28	0.1582	0.9949	0.1574
1560	0.00000	18	48	0.1582	0.9781	0.1547
1580	0.00000	18	68	0.1582	0.9442	0.1493
1600	0.00000	19	4	0.1428	1.0000	0.1427
1620	0.00000	19	24	0.1428	0.9967	0.1423
1640	0.00000	19	44	0.1428	0.9827	0.1403
1660	0.00000	19	64	0.1428	0.9525	0.1360
1680	0.00000	20	0	0.1288	1.0000	0.1288
1700	0.00000	20	20	0.1288	0.9980	0.1286
1720	0.00000	20	40	0.1288	0.9866	0.1271
1740	0.00000	20	60	0.1288	0.9600	0.1237
1760	0.00000	20	80	0.1288	0.9143	0.1178
1780	0.00000	21	16	0.1163	0.9989	0.1162
1800	0.00000	21	36	0.1163	0.9900	0.1151
1820	0.00000	21	56	0.1163	0.9668	0.1124
1840	0.00000	21	76	0.1163	0.9251	0.1076
1860	0.00000	22	12	0.1050	0.9995	0.1049
1880	0.00000	22	32	0.1050	0.9927	0.1042
1900	0.00000	22	52	0.1050	0.9728	0.1021
1920	0.00000	22	72	0.1050	0.9350	0.0982
1940	0.00000	23	8	0.0948	0.9998	0.0947
1960	0.00000	23	28	0.0948	0.9949	0.0943
1980	0.00000	23	48	0.0948	0.9781	0.0927
2000	0.00000	23	68	0.0948	0.9442	0.0895
2020	0.00000	24	4	0.0855	1.0000	0.0855

Lampiran 2 Pengolahan Data Komponen Conveyor (Lanjutan)



### Lampiran 3 Pengolahan Data Komponen Duraqual

#### a. Distribution Fitting dengan Minitab



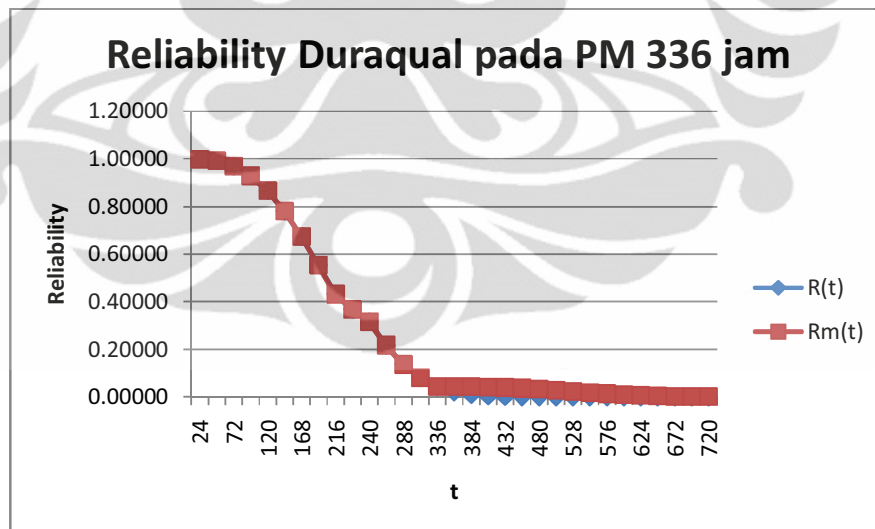
#### b. Reliability dengan interval 336 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Duraqual dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.99885	0	24	1.0000	0.9988	0.9988
48	0.99083	0	48	1.0000	0.9908	0.9908
72	0.96940	0	72	1.0000	0.9694	0.9694
96	0.92900	0	96	1.0000	0.9290	0.9290
120	0.86607	0	120	1.0000	0.8661	0.8661
144	0.78004	0	144	1.0000	0.7800	0.7800
168	0.67409	0	168	1.0000	0.6741	0.6741
192	0.55510	0	192	1.0000	0.5551	0.5551
216	0.43261	0	216	1.0000	0.4326	0.4326
229.254	0.36723	0	229.254	1.0000	0.3672	0.3672
240	0.31687	0	240	1.0000	0.3169	0.3169
264	0.21665	0	264	1.0000	0.2167	0.2167
288	0.13732	0	288	1.0000	0.1373	0.1373
312	0.08014	0	312	1.0000	0.0801	0.0801

Lampiran 3 Pengolahan Data Komponen Duraqual (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
336	0.04276	1	0	0.0428	1.0000	0.0428
360	0.02072	1	24	0.0428	0.9988	0.0427
384	0.00906	1	48	0.0428	0.9908	0.0424
408	0.00355	1	72	0.0428	0.9694	0.0415
432	0.00123	1	96	0.0428	0.9290	0.0397
456	0.00038	1	120	0.0428	0.8661	0.0370
480	0.00010	1	144	0.0428	0.7800	0.0334
504	0.00002	1	168	0.0428	0.6741	0.0288
528	0.00000	1	192	0.0428	0.5551	0.0237
552	0.00000	1	216	0.0428	0.4326	0.0185
576	0.00000	1	240	0.0428	0.3169	0.0136
600	0.00000	1	264	0.0428	0.2167	0.0093
624	0.00000	1	288	0.0428	0.1373	0.0059
648	0.00000	1	312	0.0428	0.0801	0.0034
672	0.00000	2	0	0.0018	1.0000	0.0018
696	0.00000	2	24	0.0018	0.9988	0.0018
720	0.00000	2	48	0.0018	0.9908	0.0018



Lampiran 3 Pengolahan Data Komponen Duraqual (Lanjutan)

c. Reliability dengan interval 108 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Duraqual dengan PM Setiap 108 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.99933	0	20	1.0000	0.9993	0.9993
40	0.99468	0	40	1.0000	0.9947	0.9947
43	0.9934	0	43	1.0000	0.9934	0.9934
60	0.98217	0	60	1.0000	0.9822	0.9822
80	0.95827	0	80	1.0000	0.9583	0.9583
100	0.92013	0	100	1.0000	0.9201	0.9201
108	0.90047	1	0	0.9005	1.0000	0.9005
120	0.86607	1	12	0.9005	0.9999	0.9003
140	0.79589	1	32	0.9005	0.9973	0.8980
160	0.71126	1	52	0.9005	0.9884	0.8900
180	0.61568	1	72	0.9005	0.9694	0.8729
200	0.51415	1	92	0.9005	0.9372	0.8439
220	0.41258	2	4	0.8108	1.0000	0.8108
240	0.31687	2	24	0.8108	0.9988	0.8099
260	0.23200	2	44	0.8108	0.9929	0.8051
280	0.16128	2	64	0.8108	0.9784	0.7933
300	0.10604	2	84	0.8108	0.9519	0.7718
320	0.06567	2	104	0.8108	0.9106	0.7384
340	0.03816	3	16	0.7301	0.9997	0.7299
360	0.02072	3	36	0.7301	0.9961	0.7273
380	0.01047	3	56	0.7301	0.9855	0.7195
400	0.00491	3	76	0.7301	0.9641	0.7039
420	0.00212	3	96	0.7301	0.9290	0.6783
440	0.00085	4	8	0.6575	1.0000	0.6574
460	0.00031	4	28	0.6575	0.9982	0.6563
480	0.00010	4	48	0.6575	0.9908	0.6514
500	0.00003	4	68	0.6575	0.9742	0.6405
520	0.00001	4	88	0.6575	0.9448	0.6212
540	0.00000	5	0	0.5920	1.0000	0.5920
560	0.00000	5	20	0.5920	0.9993	0.5916
580	0.00000	5	40	0.5920	0.9947	0.5889
600	0.00000	5	60	0.5920	0.9822	0.5815
620	0.00000	5	80	0.5920	0.9583	0.5673
640	0.00000	5	100	0.5920	0.9201	0.5447
660	0.00000	6	12	0.5331	0.9999	0.5330

**Lampiran 3** Pengolahan Data Komponen Duraqual (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
680	0.00000	6	32	0.5331	0.9973	0.5316
700	0.00000	6	52	0.5331	0.9884	0.5269
720	0.00000	6	72	0.5331	0.9694	0.5168
740	0.00000	6	92	0.5331	0.9372	0.4996
760	0.00000	7	4	0.4800	1.0000	0.4800
780	0.00000	7	24	0.4800	0.9988	0.4795
800	0.00000	7	44	0.4800	0.9929	0.4766
820	0.00000	7	64	0.4800	0.9784	0.4697
840	0.00000	7	84	0.4800	0.9519	0.4569
860	0.00000	7	104	0.4800	0.9106	0.4371
880	0.00000	8	16	0.4323	0.9997	0.4321
900	0.00000	8	36	0.4323	0.9961	0.4306
920	0.00000	8	56	0.4323	0.9855	0.4260
940	0.00000	8	76	0.4323	0.9641	0.4167
960	0.00000	8	96	0.4323	0.9290	0.4016
980	0.00000	9	8	0.3892	1.0000	0.3892
1000	0.00000	9	28	0.3892	0.9982	0.3885
1020	0.00000	9	48	0.3892	0.9908	0.3857
1040	0.00000	9	68	0.3892	0.9742	0.3792
1060	0.00000	9	88	0.3892	0.9448	0.3678
1080	0.00000	10	0	0.3505	1.0000	0.3505
1100	0.00000	10	20	0.3505	0.9993	0.3503
1120	0.00000	10	40	0.3505	0.9947	0.3486
1140	0.00000	10	60	0.3505	0.9822	0.3442
1160	0.00000	10	80	0.3505	0.9583	0.3359
1180	0.00000	10	100	0.3505	0.9201	0.3225
1200	0.00000	11	12	0.3156	0.9999	0.3156
1220	0.00000	11	32	0.3156	0.9973	0.3147
1240	0.00000	11	52	0.3156	0.9884	0.3119
1260	0.00000	11	72	0.3156	0.9694	0.3059
1280	0.00000	11	92	0.3156	0.9372	0.2958
1300	0.00000	12	4	0.2842	1.0000	0.2842
1320	0.00000	12	24	0.2842	0.9988	0.2839
1340	0.00000	12	44	0.2842	0.9929	0.2822
1360	0.00000	12	64	0.2842	0.9784	0.2781
1380	0.00000	12	84	0.2842	0.9519	0.2705
1400	0.00000	12	104	0.2842	0.9106	0.2588
1420	0.00000	13	16	0.2559	0.9997	0.2558

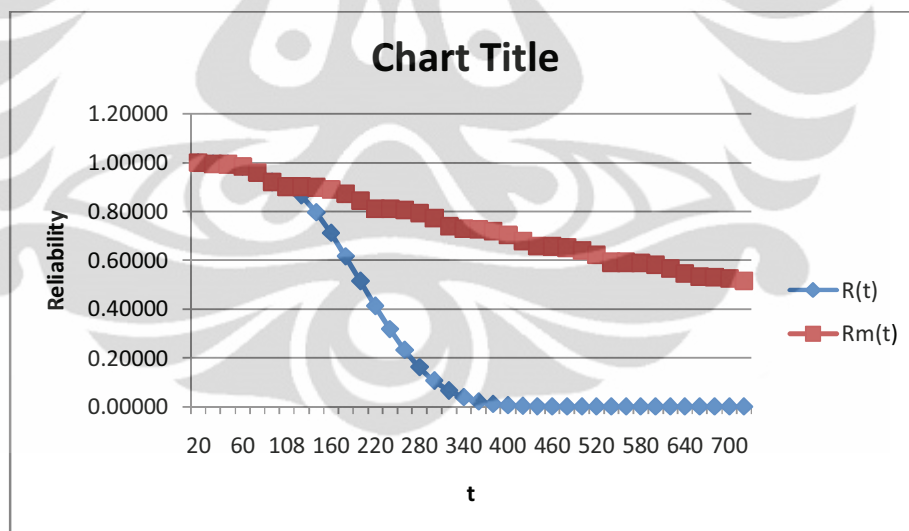
**Lampiran 3** Pengolahan Data Komponen Duraqual (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
1440	0.00000	13	36	0.2559	0.9961	0.2549
1460	0.00000	13	56	0.2559	0.9855	0.2522
1480	0.00000	13	76	0.2559	0.9641	0.2467
1500	0.00000	13	96	0.2559	0.9290	0.2377
1520	0.00000	14	8	0.2304	1.0000	0.2304
1540	0.00000	14	28	0.2304	0.9982	0.2300
1560	0.00000	14	48	0.2304	0.9908	0.2283
1580	0.00000	14	68	0.2304	0.9742	0.2245
1600	0.00000	14	88	0.2304	0.9448	0.2177
1620	0.00000	15	0	0.2075	1.0000	0.2075
1640	0.00000	15	20	0.2075	0.9993	0.2074
1660	0.00000	15	40	0.2075	0.9947	0.2064
1680	0.00000	15	60	0.2075	0.9822	0.2038
1700	0.00000	15	80	0.2075	0.9583	0.1988
1720	0.00000	15	100	0.2075	0.9201	0.1909
1740	0.00000	16	12	0.1868	0.9999	0.1868
1760	0.00000	16	32	0.1868	0.9973	0.1863
1780	0.00000	16	52	0.1868	0.9884	0.1847
1800	0.00000	16	72	0.1868	0.9694	0.1811
1820	0.00000	16	92	0.1868	0.9372	0.1751
1840	0.00000	17	4	0.1682	1.0000	0.1682
1860	0.00000	17	24	0.1682	0.9988	0.1681
1880	0.00000	17	44	0.1682	0.9929	0.1671
1900	0.00000	17	64	0.1682	0.9784	0.1646
1920	0.00000	17	84	0.1682	0.9519	0.1601
1940	0.00000	17	104	0.1682	0.9106	0.1532
1960	0.00000	18	16	0.1515	0.9997	0.1515
1980	0.00000	18	36	0.1515	0.9961	0.1509
2000	0.00000	18	56	0.1515	0.9855	0.1493
2020	0.00000	18	76	0.1515	0.9641	0.1461
2040	0.00000	18	96	0.1515	0.9290	0.1407
2060	0.00000	19	8	0.1364	1.0000	0.1364
2080	0.00000	19	28	0.1364	0.9982	0.1362
2100	0.00000	19	48	0.1364	0.9908	0.1352
2120	0.00000	19	68	0.1364	0.9742	0.1329
2140	0.00000	19	88	0.1364	0.9448	0.1289
2160	0.00000	20	0	0.1228	1.0000	0.1228
2180	0.00000	20	20	0.1228	0.9993	0.1228



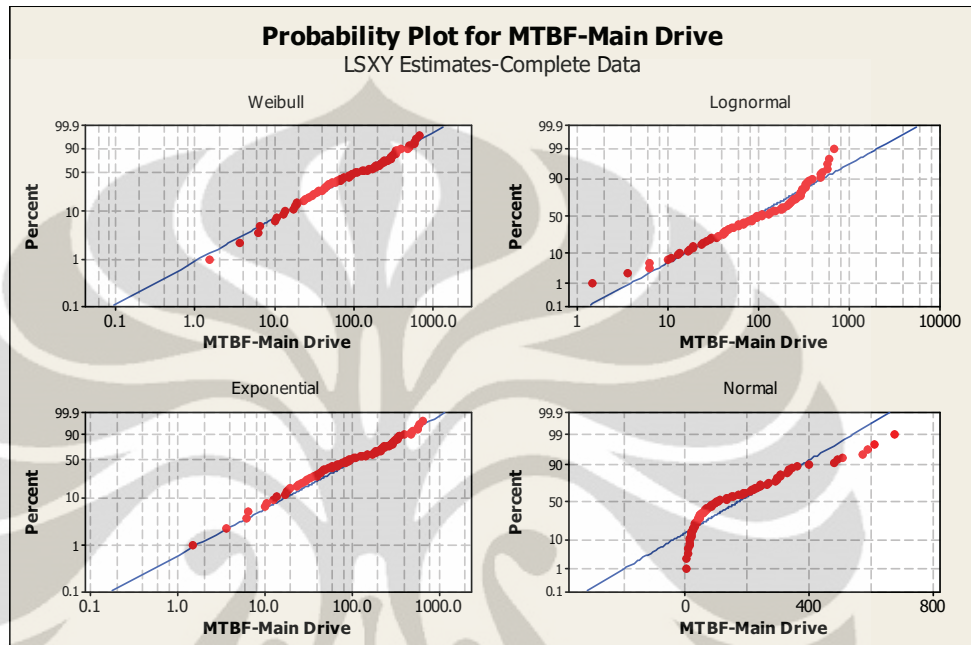
Lampiran 3 Pengolahan Data Komponen Duraqual (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
2200	0.00000	20	40	0.1228	0.9947	0.1222
2220	0.00000	20	60	0.1228	0.9822	0.1207
2240	0.00000	20	80	0.1228	0.9583	0.1177
2260	0.00000	20	100	0.1228	0.9201	0.1130
2280	0.00000	21	12	0.1106	0.9999	0.1106
2300	0.00000	21	32	0.1106	0.9973	0.1103
2320	0.00000	21	52	0.1106	0.9884	0.1093
2340	0.00000	21	72	0.1106	0.9694	0.1072
2360	0.00000	21	92	0.1106	0.9372	0.1037
2380	0.00000	22	4	0.0996	1.0000	0.0996
2400	0.00000	22	24	0.0996	0.9988	0.0995
2420	0.00000	22	44	0.0996	0.9929	0.0989
2440	0.00000	22	64	0.0996	0.9784	0.0975
2460	0.00000	22	84	0.0996	0.9519	0.0948
2480	0.00000	22	104	0.0996	0.9106	0.0907



## Lampiran 4 Pengolahan Data Komponen main Drive

### a. Distribution Fitting dengan Minitab



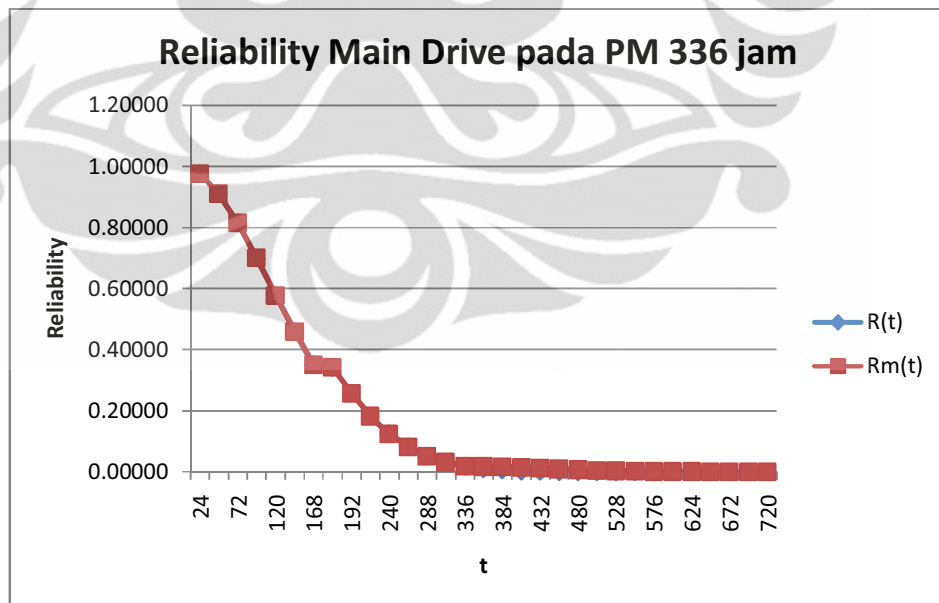
### b. Reliability dengan Interval 336 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Main Drive dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.97557	0	24	1.0000	0.9756	0.9756
48	0.91035	0	48	1.0000	0.9104	0.9104
72	0.81465	0	72	1.0000	0.8147	0.8147
96	0.70001	0	96	1.0000	0.7000	0.7000
120	0.57809	0	120	1.0000	0.5781	0.5781
144	0.45913	0	144	1.0000	0.4591	0.4591
168	0.35087	0	168	1.0000	0.3509	0.3509
170.088	0.34214	0	170.088	1.0000	0.3421	0.3421
192	0.25812	0	192	1.0000	0.2581	0.2581
216	0.18287	0	216	1.0000	0.1829	0.1829
240	0.12481	0	240	1.0000	0.1248	0.1248
264	0.08208	0	264	1.0000	0.0821	0.0821
288	0.05203	0	288	1.0000	0.0520	0.0520
312	0.03180	0	312	1.0000	0.0318	0.0318

Lampiran 4 Pengolahan Data Komponen Main Drive (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
336	0.01874	1	0	0.0187	1.0000	0.0187
360	0.01065	1	24	0.0187	0.9756	0.0183
384	0.00584	1	48	0.0187	0.9104	0.0171
408	0.00309	1	72	0.0187	0.8147	0.0153
432	0.00158	1	96	0.0187	0.7000	0.0131
456	0.00078	1	120	0.0187	0.5781	0.0108
480	0.00037	1	144	0.0187	0.4591	0.0086
504	0.00017	1	168	0.0187	0.3509	0.0066
528	0.00008	1	192	0.0187	0.2581	0.0048
552	0.00003	1	216	0.0187	0.1829	0.0034
576	0.00001	1	240	0.0187	0.1248	0.0023
600	0.00001	1	264	0.0187	0.0821	0.0015
624	0.00000	1	288	0.0187	0.0520	0.0010
648	0.00000	1	312	0.0187	0.0318	0.0006
672	0.00000	2	0	0.0004	1.0000	0.0004
696	0.00000	2	24	0.0004	0.9756	0.0003
720	0.00000	2	48	0.0004	0.9104	0.0003



Lampiran 4 Pengolahan Data Komponen Main Drive (Lanjutan)

c. Reliability dengan Interval 50 jam *Preventive Maintenance*

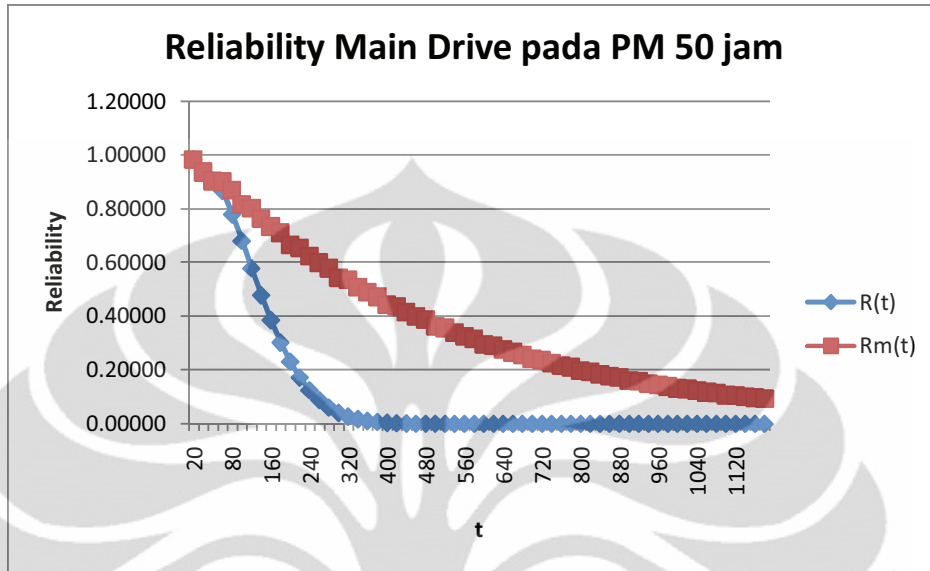
Reliability Komponen Main Drive dengan PM Setiap 50 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.98274	0	20	1.0000	0.9827	0.9827
40	0.93602	0	40	1.0000	0.9360	0.9360
50	0.90339	1	0	0.9034	1	0.90339
60	0.86561	1	10	0.9034	0.9954	0.8993
80	0.77795	1	30	0.9034	0.9627	0.8697
100	0.67990	2	0	0.8161	1.0000	0.8161
120	0.57809	2	20	0.8161	0.9827	0.8020
140	0.47838	2	40	0.8161	0.9360	0.7639
160	0.38541	3	10	0.7373	0.9954	0.7339
180	0.30237	3	30	0.7373	0.9627	0.7098
200	0.23107	4	0	0.6660	1.0000	0.6660
220	0.17203	4	20	0.6660	0.9827	0.6545
240	0.12481	4	40	0.6660	0.9360	0.6234
260	0.08824	5	10	0.6017	0.9954	0.5989
280	0.06082	5	30	0.6017	0.9627	0.5793
300	0.04086	6	0	0.5436	1.0000	0.5436
320	0.02677	6	20	0.5436	0.9827	0.5342
340	0.01710	6	40	0.5436	0.9360	0.5088
360	0.01065	7	10	0.4910	0.9954	0.4888
380	0.00647	7	30	0.4910	0.9627	0.4727
400	0.00384	8	0	0.4436	1.0000	0.4436
420	0.00222	8	20	0.4436	0.9827	0.4359
440	0.00125	8	40	0.4436	0.9360	0.4152
460	0.00069	9	10	0.4007	0.9954	0.3989
480	0.00037	9	30	0.4007	0.9627	0.3858
500	0.00019	10	0	0.3620	1.0000	0.3620
520	0.00010	10	20	0.3620	0.9827	0.3558
540	0.00005	10	40	0.3620	0.9360	0.3389
560	0.00002	11	10	0.3271	0.9954	0.3256
580	0.00001	11	30	0.3271	0.9627	0.3149
600	0.00001	12	0	0.2955	1.0000	0.2955
620	0.00000	12	20	0.2955	0.9827	0.2904
640	0.00000	12	40	0.2955	0.9360	0.2766
660	0.00000	13	10	0.2669	0.9954	0.2657

**Lampiran 4** Pengolahan Data Komponen Main Drive (Lanjutan)

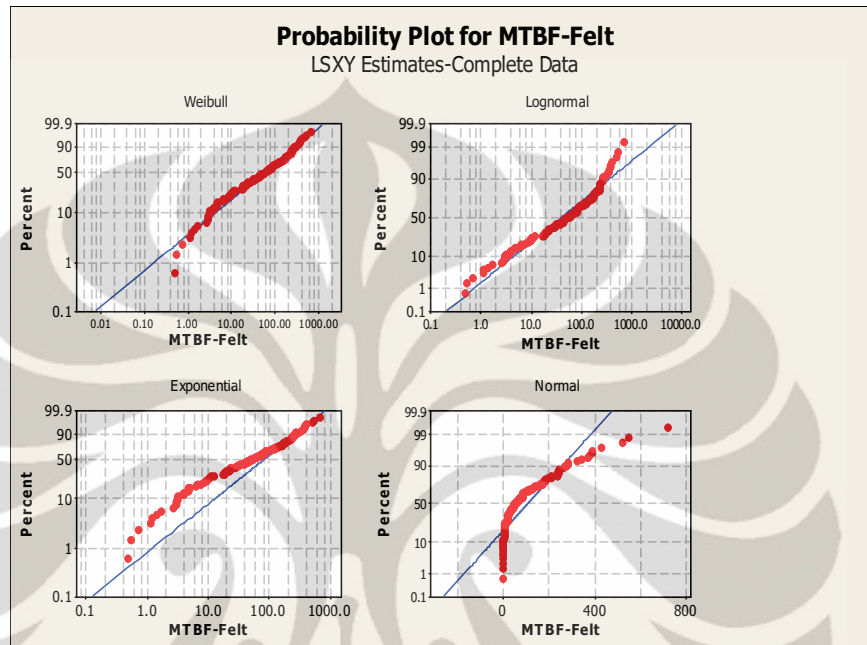
680	0.00000	13	30	0.2669	0.9627	0.2570
<b>t</b>	<b>R(t)</b>	<b>n</b>	<b>t-nT</b>	<b>R(T)^n</b>	<b>R(t-nT)</b>	<b>Rm(t)</b>
700	0.00000	14	0	0.2411	1.0000	0.2411
720	0.00000	14	20	0.2411	0.9827	0.2370
740	0.00000	14	40	0.2411	0.9360	0.2257
760	0.00000	15	10	0.2178	0.9954	0.2168
780	0.00000	15	30	0.2178	0.9627	0.2097
800	0.00000	16	0	0.1968	1.0000	0.1968
820	0.00000	16	20	0.1968	0.9827	0.1934
840	0.00000	16	40	0.1968	0.9360	0.1842
860	0.00000	17	10	0.1778	0.9954	0.1770
880	0.00000	17	30	0.1778	0.9627	0.1711
900	0.00000	18	0	0.1606	1.0000	0.1606
920	0.00000	18	20	0.1606	0.9827	0.1578
940	0.00000	18	40	0.1606	0.9360	0.1503
960	0.00000	19	10	0.1451	0.9954	0.1444
980	0.00000	19	30	0.1451	0.9627	0.1397
1000	0.00000	20	0	0.1311	1.0000	0.1311
1020	0.00000	20	20	0.1311	0.9827	0.1288
1040	0.00000	20	40	0.1311	0.9360	0.1227
1060	0.00000	21	10	0.1184	0.9954	0.1179
1080	0.00000	21	30	0.1184	0.9627	0.1140
1100	0.00000	22	0	0.1070	1.0000	0.1070
1120	0.00000	22	20	0.1070	0.9827	0.1051
1140	0.00000	22	40	0.1070	0.9360	0.1001
1160	0.00000	23	10	0.0966	0.9954	0.0962
1180	0.00000	23	30	0.0966	0.9627	0.0930

Lampiran 4 Pengolahan Data Komponen Main Drive (Lanjutan)



## Lampiran 5 Pengolahan Data Komponen Felt

### a. Distribution Fitting dengan Minitab



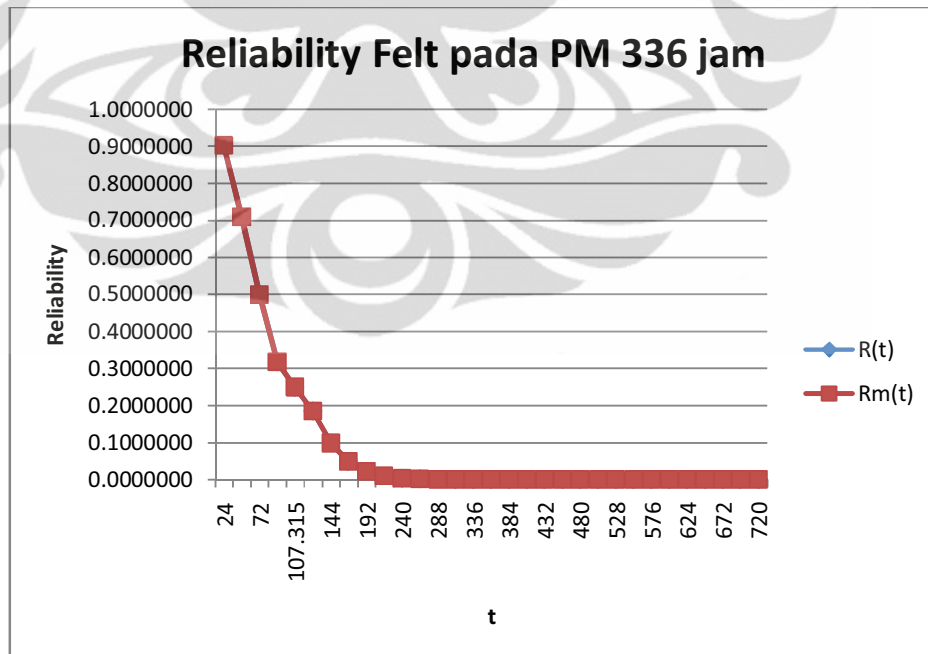
### b. Reliability dengan interval 336 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Felt dengan PM Setiap 336 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.9019600	0	24	1.000000	0.9020	0.9019600
48	0.7090452	0	48	1.000000	0.7090	0.7090452
72	0.4989574	0	72	1.000000	0.4990	0.4989574
96	0.3179888	0	96	1.000000	0.3180	0.3179888
107.315	0.2489971	0	107.315	1.000000	0.2490	0.2489971
120	0.1848917	0	120	1.000000	0.1849	0.1848917
144	0.0986005	0	144	1.000000	0.0986	0.0986005
168	0.0484252	0	168	1.000000	0.0484	0.0484252
192	0.0219748	0	192	1.000000	0.0220	0.0219748
216	0.0092391	0	216	1.000000	0.0092	0.0092391
240	0.0036075	0	240	1.000000	0.0036	0.0036075
264	0.0013108	0	264	1.000000	0.0013	0.0013108
288	0.0004440	0	288	1.000000	0.0004	0.0004440
312	0.0001404	0	312	1.000000	0.0001	0.0001404

Lampiran 5 Pengolahan Data Komponen Felt (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
336	0.0000415	1	0	0.000042	1.0000	0.0000415
360	0.0000115	1	24	0.000042	0.9020	0.0000375
384	0.0000030	1	48	0.000042	0.7090	0.0000294
408	0.0000007	1	72	0.000042	0.4990	0.0000207
432	0.0000002	1	96	0.000042	0.3180	0.0000132
456	0.0000000	1	120	0.000042	0.1849	0.0000077
480	0.0000000	1	144	0.000042	0.0986	0.0000041
504	0.0000000	1	168	0.000042	0.0484	0.0000020
528	0.0000000	1	192	0.000042	0.0220	0.0000009
552	0.0000000	1	216	0.000042	0.0092	0.0000004
576	0.0000000	1	240	0.000042	0.0036	0.0000001
600	0.0000000	1	264	0.000042	0.0013	0.0000001
624	0.0000000	1	288	0.000042	0.0004	0.0000000
648	0.0000000	1	312	0.000042	0.0001	0.0000000
672	0.0000000	2	0	0.000000	1.0000	0.0000000
696	0.0000000	2	24	0.000000	0.9020	0.0000000
720	0.0000000	2	48	0.000000	0.7090	0.0000000





Lampiran 5 Pengolahan Data Komponen Felt (Lanjutan)

c. Reliability dengan interval 108 jam *Preventive Maintenance*

Reliability Komponen Felt dengan PM Setiap 108 jam

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	Rm(t)
20	0.92757	0	20	1.0000	0.9276	0.9276
24	0.90196	1	0	0.9020	1.0000	0.9020
40	0.77839	1	16	0.9020	0.9502	0.8571
60	0.60256	2	12	0.8135	0.9695	0.7887
80	0.43396	3	8	0.7338	0.9848	0.7226
100	0.29232	4	4	0.6618	0.9954	0.6588
120	0.18489	5	0	0.5969	1.0000	0.5969
140	0.11013	5	20	0.5969	0.9276	0.5537
160	0.06193	6	16	0.5384	0.9502	0.5116
180	0.03294	7	12	0.4856	0.9695	0.4708
200	0.01660	8	8	0.4380	0.9848	0.4314
220	0.00794	9	4	0.3951	0.9954	0.3933
240	0.00361	10	0	0.3563	1.0000	0.3563
260	0.00156	10	20	0.3563	0.9276	0.3305
280	0.00064	11	16	0.3214	0.9502	0.3054
300	0.00025	12	12	0.2899	0.9695	0.2811
320	0.00009	13	8	0.2615	0.9848	0.2575
340	0.00003	14	4	0.2358	0.9954	0.2348
360	0.00001	15	0	0.2127	1.0000	0.2127
380	0.00000	15	20	0.2127	0.9276	0.1973
400	0.00000	16	16	0.1919	0.9502	0.1823
420	0.00000	17	12	0.1731	0.9695	0.1678
440	0.00000	18	8	0.1561	0.9848	0.1537
460	0.00000	19	4	0.1408	0.9954	0.1401
480	0.00000	20	0	0.1270	1.0000	0.1270
500	0.00000	20	20	0.1270	0.9276	0.1178
520	0.00000	21	16	0.1145	0.9502	0.1088
540	0.00000	22	12	0.1033	0.9695	0.1002
560	0.00000	23	8	0.0932	0.9848	0.0918
580	0.00000	24	4	0.0840	0.9954	0.0837
600	0.00000	25	0	0.0758	1.0000	0.0758
620	0.00000	25	20	0.0758	0.9276	0.0703

Lampiran 5 Pengolahan Data Komponen Felt (Lanjutan)

t	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
640	0.00000	26	16	0.0684	0.9502	0.0650
660	0.00000	27	12	0.0617	0.9695	0.0598
680	0.00000	28	8	0.0556	0.9848	0.0548
700	0.00000	29	4	0.0502	0.9954	0.0499
720	0.00000	30	0	0.0452	1.0000	0.0452

