

**ANALISIS PENERAPAN METODE *RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE* (RCM) II PADA AKTIVITAS PERAWATAN MESIN  
(STUDI KASUS DI PG KEBON AGUNG MALANG, JAWA TIMUR)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**Farhan Azhari**  
**135100307111039**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Aktivitas Perawatan Mesin (Studi Kasus Di PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur)

Nama Mahasiswa : Farhan Azhari  
NIM : 135100307111039  
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

**Ir. Usman Effendi, MS.**

NIP 19610727198701 1 001

Tanggal Persetujuan

.....

**Danang Triagus S. ST. MT.**

NIP 201309 830805 1001

Tanggal Persetujuan

.....

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Aktivitas Perawatan Mesin (Studi Kasus Di PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur)

Nama Mahasiswa : Farhan Azhari  
NIM : 135100307111039  
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

**Mas'ud Effendi, STP, MP.**

NIP 19800823 200501 1 003

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III

**Ir. Usman Effendi, MS.**

NIP 19610727 198701 1 001

**Danang Triagus S, ST, MT**

NIP. 201309 830805 1001

Ketua Jurusan,

**Dr. Sucipto, STP, MP**

NIP. 19730602 199903 1 001

Tanggal Lulus TA : .....

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 12 September 1995 di Jakarta dari pasangan Bapak Masruchin dan Ibu Erliana. Penulis mengenyam dunia pendidikan berawal dari Taman Kanak-kanak Yasporbi tahun 1999, Sekolah Dasar Yasporbi 3 tahun 2001, Sekolah Menengah Pertama Yasporbi 2 pada tahun 2007 dan Sekolah Menengah Atas Negeri 55 Jakarta pada tahun 2010. Pada tahun 2013, penulis menyelesaikan pendidikan SMA. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya pada jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian melalui jalur Seleksi Penerimaan Minat dan Kemampuan (SPMK) dan dinyatakan lulus sebagai Sarjana Teknik pada tahun 2017. Pada masa pendidikan, penulis aktif dalam beberapa organisasi. Organisasi yang pernah diikuti adalah HIMATITAN (Himpunan Mahasiswa Teknologi Industri Pertanian) dan FORAGRIN (Forum Agroindustri Indonesia). Penulis juga aktif dalam beberapa kepanitiaan. Penulis pernah bergabung dalam divisi Decoration Documentation Management dalam acara Himatitan Great Event (Hi-Great). Penulis juga pernah menjadi ketua divisi 1 Himatitan (Himpunan Mahasiswa Teknologi Industri Pertanian).

Alhamdulillah... Terimakasih Ya Allah

Karya kecil ini saya persembahkan kepada seluruh keluargaku,  
sahabat dan teman-teman yang telah mendukungku.

## PERNYATAAN KEASLIAN TA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Farhan Azhari  
NIM : 135100307111039  
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian  
Judul : Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Aktivitas Perawatan Mesin (Studi Kasus Di PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur)

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut diatas. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 22 November 2017

Pembuat Pernyataan,

Farhan Azhari

NIM. 135100307111039

**Farhan Azhari 135100307111039. Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Aktivitas Perawatan Mesin (Studi Kasus Di PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur). Tugas Akhir. Dosen Pembimbing: Ir. Usman Effendi, MS dan Danang Triagus Setiyawan, ST, MT**

---

## **RINGKASAN**

Gula merupakan salah satu bahan pangan yang sangat penting bagi kebutuhan sehari-hari. PG Kebon Agung Malang merupakan salah satu industri yang memproduksi gula PG Kebon Agung. Memiliki masalah yaitu seringnya terjadi kerusakan pada mesin *Hammer Duty Heavy Shredder* (HDHS) yang mengakibatkan jalannya proses produksi terganggu.

Metode RCM II digunakan untuk melakukan penjadwalan perawatan yang paling efektif pada mesin HDHS, sehingga *Downtime* pada mesin dapat dikurangi dan dihindari. Penjadwalan perawatan pada metode RCM II akan dilakukan pada RCM II *Decision Worksheet*. Selain itu pada metode RCM II akan dihitung MTTR dan MTTF yang digunakan juga untuk mencari *total cost maintenance* (TC) yang dikeluarkan bila mesin mengalami kerusakan dan juga *reliability* (R).

Penelitian ini menunjukkan bahwa mesin HDHS memiliki 2 komponen yang menyebabkan peningkatan *downtime* pada mesin, komponen tersebut adalah tangkai *hammer* dan *hammer tip*. Sebelum metode RCM II diterapkan pada penelitian ini, tangkai *hammer* memerlukan waktu 1.123,3 jam untuk penjadwalan perawatan, sedangkan *hammer tip* memerlukan waktu 866,8 jam untuk penjadwalan perawatan. Hasil dari RCM II *Decision Worksheet* menunjukkan bahwa penjadwalan perawatan komponen tangkai *hammer* dilakukan setiap 463,83 jam, dan 379,8 jam untuk penjadwalan perawatan komponen *hammer tip*. *Total cost maintenance* (TC) berkurang sebesar 2,17% untuk tangkai *hammer* dan 65,33% untuk *hammer tip*. Hasil dari keandalan pada kedua komponen meningkat sebesar 42,60% untuk tangkai *hammer* dan 26,78% untuk *hammer tip*.

**Kata Kunci : Perawatan Mesin, RCM II, *Total Cost Maintenance*.**

**Farhan Azhari 135100307111039. *Analysis Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) II Method in Maintenance Activity (case study at: PG Kebon Agung Malang, East Java). Minor Thesis. Supervisor: Ir. Usman Effendi, MS and Danang Triagus Setiyawan, ST, MT***

---

### **Summary**

*Sugar is one of the most important substances for everyday needs. PG Kebon Agung Malang is one of the industries that produces sugar. To be able to meet the demand, the production process must be running smoothly, but PG Kebon Agung has a problem that often occurs on the machine Hammer Heavy Duty Shredder (HDHS) resulting in the course of the production process is interrupted.*

*RCM II method is used to perform the most effective maintenance scheduling on a machine, so Downtime at HDHS machine can be reduced and avoided. Scheduling maintenance at the RCM method II will be conducted on RCM II Decision Worksheet. In addition, at the RCM II method will calculate the MTTF and the MTTR that are also used to find the total cost maintenance (TC) when the engine gets damaged and also reliability (R).*

*Before the RCM II Method applied, the stalk hammer needs 1.123,3 hours and hammer tip needs 866.8 hours for maintenance schedulling. The result of RCM II decision worksheet has been showed that the maintenance should be scheduled every 463.83 hours for stalk hammer and 379.8 hours for hammer tip. The total cost maintenance (TC) has decreased 2.17% for stalk hammer and 65.33% for hammer tip. The reliability of both components has increased 42.60% for stalk hammer and 26.78% for hammer tip.*

**Keywords: Engine Maintenance Activity, RCM II, Total Cost Maintenance.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan anugerah-nya, sehingga tugas akhir dengan judul “Analisis Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Aktivitas Perawatan Mesin (Studi Kasus Di PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur) ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Almarhumah nenek tercinta, Hj. Chofifah, yang telah memberikan doa tiada henti, mendukung dan mengasihi penulis dengan penuh kasih sayang
2. Kedua orang tua tercinta, Ayah Masruchin SE, MM dan Mama Erliana yang telah memberikan semangat, kasih sayang, doa, kesabaran, didikan, dukungan moril serta materiil dan perjuangan yang tiada henti demi memberikan yang terbaik kepada penulis
3. Bapak Ir. Usman Effendi, MS dan Bapak Danang Triagus S, ST. MT selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, ilmu dan pengetahuan kepada penyusun
4. Bapak Mas’ud Effendi, STP, MP selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan yang di berikan
5. Bapak Dr. Sucipto, STP. MP selaku Ketua Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknologi Industri Pertanian yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang berguna bagi penulis
7. Bapak Sri Winarno selaku pembimbing di PG Kebon Agung yang telah meluangkan waktu membimbing dan memberi arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Bapak Agus sebagai Kepala Bagian TUK, Bapak Zainal dan Bapak Mujahidin selaku karyawan PG Kebon Agung Malang
9. Kedua kakak tersayang, dr. Yuri Afifah, S.Ked dan Yuki Masrifah, S.T, yang telah memberikan doa, semangat, motivasi dan kritikan kepada penulis

10. Seluruh keluarga besar H. Abdillah Saleh dan keluarga besar H. Yasir Abbas yang telah memberikan doa dan semangat kepada penulis.
11. A. Fachrudin Pradipta, Acil Imanullah R, Ahmad Badar Dwi C, Angga Pratama P, Dewi Barizah, Fikri Yogaswara, Galuh Dyah Lumintu, Hendik Novianto, Jundi Wardika, Luristya Nur Mahfut, M Aditya irfan, M Devid S, Zulfikar Pahlevi, M Roziq, Oktavian Fajar R, Tito Auliya R, Widhi Sulistya dan Nanda Bayu P yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
12. Teman skripsi, Fikri Yogaswara, Mitta Hutami, Putut Kurniawan dan Tresna Yusuf yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
13. Seluruh teman-teman keluarga Teknologi Industri Pertanian angkatan 2013 (TIP'13) yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga skripsi dapat berjalan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang membutuhkan,.

Malang, 27 Desember 2017  
Penyusun,

Farhan Azhari

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
SUMARY .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Gula.....	5
2.2 Perawatan Mesin .....	6
2.3 <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	8
2.3.1 <i>Function and Function Failure</i> .....	8
2.3.2 <i>Proactive Task</i> .....	9
2.3.3 <i>Default action</i> .....	11
2.4 Keandalan .....	10
2.4.1 Fungsi Keandalan & Laju Kerusakan .....	11
2.4.2 <i>Mean Time To Failure &amp; Mean Time To Repair</i> ....	12
2.5 <i>Failure Modes Effect Analysis</i> .....	14
2.5.1 <i>Failure Effect</i> .....	15
2.6 RCM II <i>Decision Worksheet</i> .....	15
2.7 Biaya Perawatan .....	18
2.8 Penelitian Terdahulu.....	19
<b>III. METODOLOGI.....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Batasan Masalah.....	23

3.3	Prosedur Penelitian .....	23
3.3.1	Penelitian Pendahuluan .....	23
3.3.2	Identifikasi Masalah .....	25
3.3.3	Studi Literatur .....	25
3.3.4	Penetapan Tujuan.....	25
3.3.5	Tahap Pengumpulan Data .....	25
3.3.6	Tahap Pengolahan Data .....	26
3.3.6.1	Data Kualitatif .....	26
3.3.6.2	Data Kuantitatif .....	28
3.3.7	Tahap Analisis dan Pembahasan.....	29
3.3.8	Kesimpulan dan Saran.....	29
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	31
4.2	Proses Produksi .....	21
4.3	Deskripsi Objek Pengamatan .....	38
4.4	Penentuan Mesin dan Komponen Mesin .....	42
4.5	<i>Functional Block Diagram</i> (FBD) HDHS.....	45
4.6	Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode RCM II ..	46
4.6.1	<i>System Function</i> dan <i>Function Failure</i> .....	46
4.6.2	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	47
4.6.3	Distribusi Nilai MTTF dan MTTR .....	49
4.6.3.1	Distribusi TTF dan Parameter Komponen <i>Downtime</i> Tertinggi.....	49
4.6.3.2	MTTF Komponen dengan <i>Downtime</i> Tertinggi.....	52
4.6.3.3	Distribusi TTR dan Parameter Komponen <i>Downtime</i> Tertinggi.....	53
4.6.3.4	MTTR Komponen dengan <i>Downtime</i> Tertinggi ...	55
4.6.4	Total Biaya Perawatan .....	56
4.6.4.1	<i>Total Cost Maintenance</i> (TC) dan <i>Reliability</i> (R) ..	60
4.6.4.2	<i>Availability Rate</i> .....	66
4.6.4.3	<i>Opportunity Cost</i> .....	72
4.6.4.4	Rekomendasi Perbaikan.....	74
<b>V.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>79</b>
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	80
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Proyeksi Konsumsi Gula .....	5
Gambar 3.1 Diagram Pelaksanaan Penelitian .....	24
Gambar 4.1 Bagan Proses Stasiun Gilingan .....	33
Gambar 4.2 Bagan Proses Pada Stasiun Pemurnian .....	34
Gambar 4.3 Bagan Proses Pada Stasiun Penguapan .....	35
Gambar 4.4 Bagan Proses Pada Stasiun Masakan/Kristalisasi .....	37
Gambar 4.5 Bagan Proses Pada Stasiun Putaran .....	38
Gambar 4.6 <i>Downtime</i> Tahun 2015-2016 di PG Kebon Agung .....	39
Gambar 4.7 Urutan Proses Pada St. Gilingan .....	40
Gambar 4.8 <i>Downtime</i> Mesin di St Gilingan Tahun 2015-2016 .....	41
Gambar 4.9 Mesin HDHS .....	42
Gambar 4.10 Diagram Pareto <i>Downtime</i> Komponen HDHS .....	43
Gambar 4.11 Tangkai <i>Hammer</i> (a) dan <i>Hammer Tip</i> (b) .....	44
Gambar 4.12 Functional Block Diagram (FBD) Komponen Mesin HDHS .....	45
Gambar 4.13 Hasil Pengolahan Data TTF <i>Hammer Tip</i> .....	50
Gambar 4.14 Penentuan Parameter Distribusi <i>Weibull</i> Data TTF <i>Hammer Tip</i> .....	51
Gambar 4.15 Hasil Pengolahan Distribusi Data TTR <i>Hammer Tip</i> .....	53
Gambar 4.16 Penentuan Parameter Distribusi <i>Lognormal</i> Data TTR <i>Hammer Tip</i> .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Information Reference</i> .....	9
Tabel 2.2 RCM II Decision Worksheet.....	17
Tabel 2.3 <i>Consequence Reference</i> .....	17
Tabel 3.1 Kriteria Data Kualitatif dan Data Kuantitatif .....	26
Tabel 4.1 <i>Downtime</i> Komponen HDHS .....	43
Tabel 4.2 Data Waktu Kerusakan Tangkai <i>Hammer</i> Tahun 2015-2016 .....	44
Tabel 4.3 Data Waktu Kerusakan <i>Hammer Tip</i> Tahun 2015-2016 .....	45
Tabel 4.4 Fungsi dan Kegagalan Fungsi Komponen Tangkai <i>Hammer</i> dan <i>Hammer Tip</i> .....	46
Tabel 4.5 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> .....	48
Tabel 4.6 Jenis Distribusi dan Parameter TTF Tiap Komponen.....	51
Tabel 4.7 Hasil <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) Tiap Komponen .....	53
Tabel 4.8 Jenis Distribusi dan Parameter TTR Tiap Komponen .....	55
Tabel 4.9 Hasil <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR) Tiap Komponen .....	56
Tabel 4.10 Harga Komponen Tangkai <i>Hammer</i> dan <i>Hammer Tip</i> .....	57
Tabel 4.11 Biaya Tenaga Kerja Perawatan HDHS .....	57
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan <i>Failure Cost</i> (Cf) .....	58
Tabel 4.13 <i>Preventive Cost</i> Komponen Tangkai <i>Hammer</i> dan <i>Hammer Tip</i> .....	59
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Interval Perawatan .....	60
Tabel 4.15 <i>Total Cost Maintenance</i> (TCMTTF) Tangkai <i>Hammer</i> Periode 2015 – 2016 .....	61
Tabel 4.16 <i>Total Cost Maintenance</i> (TCTM) Tangkai <i>Hammer</i> setelah Interval Perawatan .....	62
Tabel 4.17 <i>Total Cost Maintenance</i> (TCMTTF) <i>Hammer Tip</i> Periode 2015 – 2016 .....	64
Tabel 4.18 <i>Total Cost Maintenance</i> (TCTM) Tangkai <i>Hammer Tip</i> setelah Interval Perawatan .....	65
Tabel 4.19 Perbandingan <i>Total Cost Maintenance</i> (TC) dan <i>Reliability</i> (R) Aktual Perusahaan dengan Interval Perawatan Optimal .....	67
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan <i>Availability Rate</i> Komponen	

	Tangkai <i>Hammer</i> Periode 2015 – 2016 Sebelum Interval Perawatan.....	68
Tabel 4.21	Hasil Perhitungan <i>Availability Rate</i> Komponen <i>Hammer Tip</i> Periode 2015 – 2016 Sebelum Interval Perawatan.....	69
Tabel 4.22	Hasil Perhitungan <i>Availability Rate</i> Komponen Tangkai <i>Hammer</i> Periode 2015 – 2016 Setelah Interval Perawatan.....	70
Tabel 4.23	Hasil Perhitungan <i>Availability Rate</i> Komponen <i>Hammer Tip</i> Periode 2015 – 2016 Setelah Interval Perawatan.....	71
Tabel 4.24	Perbandingan <i>Availability Rate</i> Sebelum (MTTF) dan Setelah Dilakukan Interval Perawatan (TM).....	72
Tabel 4.25	<i>Opportunity Cost</i> Dari <i>Availability Rate</i> Sebelum (MTTF) dan Setelah Dilakukan Interval Perawatan (TM) .....	73
Tabel 4.26	RCM II <i>Decision WorkSheet</i> .....	76

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 RCM Decision Diagram .....	82
Lampiran 2 Struktur Organisasi .....	83
Lampiran 3 Diagram Alir Pembuatan Gula .....	84
Lampiran 4 Alur Proses Produksi .....	85
Lampiran 5 Langkah-Langkah MiniTab .....	86
Lampiran 6 Hasil Probability Plot dan Distribution Overview Plot serta Nilai Anderson Darling TTF <i>Hammer Tip</i> .....	91
Lampiran 7 Hasil Probability Plot dan Distribution Overview Plot serta Nilai Anderson Darling TTR Tangkai Hammer.....	92

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini pesatnya perkembangan teknologi menyebabkan semakin pesatnya pembangunan ekonomi di suatu negara. Hal ini pula menyebabkan semakin ketatnya persaingan dalam bisnis. Para pelaku bisnis berusaha meningkatkan keunggulan yang dimilikinya dengan mengatur dan meningkatkan kualitas pada proses produksi. Suatu sistem produksi yang efektif dan efisien sangat diharuskan untuk pelaku bisnis, pada sistem produksi yang efektif dan efisien akan menghasilkan suatu produk dengan tingkat kualitas dan kuantitas yang baik serta dapat menekan biaya produksi yang pada akhirnya mampu untuk mengungguli pesaing.

Gula merupakan salah satu produk unggulan yang sangat populer pada sektor industri pertanian. Gula merupakan salah satu kebutuhan bahan pangan yang sangat penting bagi kebutuhan sehari-hari, baik dalam rumah tangga maupun dalam industri makanan dan minuman. Gula menjadi sangat penting karena gula mengandung kalori yang dibutuhkan bagi kesehatan. Gula sebagai bahan pemanis yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan utama yang digunakan oleh banyak industri makanan dan minuman adalah gula murni atau *refinery sugar* karena dapat menghasilkan produk yang bermutu baik (Lukodono, 2013).

PG Kebon Agung Malang merupakan pabrik gula di wilayah Jawa timur yang memproduksi gula dengan target kapasitas produksi sebesar 12.000 ton gula per tahunnya. Untuk dapat memenuhi permintaan, proses produksi harus berjalan dengan lancar, salah satunya dengan tidak terjadinya *breakdown* pada mesin yang dapat menghambat proses produksi. Sehingga diperlukannya perawatan pada mesin. PG Kebon Agung Malang memiliki empat bagian pendukung yaitu bagian tata usaha dan keuangan, bagian pabrikasi, bagian tanaman dan bagian teknik. Proses produksi yang dilakukan oleh PG Kebon Agung Malang yaitu *continuous production*, dimana interaksi antara mesin sangat berhubungan satu sama lainnya. Untuk membuat sistem

produksi yang efektif dan efisien salah satu caranya yaitu dengan mengurangi *downtime* yang terjadi pada saat proses produksi. PG Kebon Agung Malang masih sering mengalami *breakdown* yang terjadi saat proses produksi berlangsung, dimana *breakdown* tersebut mengakibatkan terhambatnya proses produksi dan produktivitas kerja operator menjadi rendah. Oleh karena itu diperlukan analisis penyebab terjadinya *breakdown* dan penentuan interval waktu penggantian komponen mesin di PG Kebon Agung Malang. Metode penelitian yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*.

Aktivitas perawatan sangat diperlukan guna menjaga performa dan umur mesin sehingga dapat mengurangi terjadinya *breakdown* dan *downtime* pada mesin. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan perusahaan yaitu pemeliharaan mesin sebelum terjadinya kerusakan, sedangkan kegiatan *corrective maintenance* dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Metode RCM II digunakan untuk menentukan jenis kegiatan perawatan, kegiatan perawatan di rancang kedalam RCM II *Decision Worksheet* sesuai dengan fungsi dan sistem kerja pada mesin. Dengan diterapkannya *preventive maintenance* melalui penentuan interval perawatan dan penggantian komponen yang tepat dapat menghilangkan kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dan mengurangi biaya perawatan yang harus dikeluarkan perusahaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dari penjabaran latar belakang didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komponen mesin apa saja yang memiliki *downtime* tertinggi?
2. Apa saja yang menjadi penyebab kegagalan dan efek kegagalan dari komponen kritis mesin?
3. Bagaimana Interval perawatan yang efektif untuk menjaga keandalan mesin?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Melihat rumusan masalah yang telah dijelaskan, diketahui tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi komponen mesin apa saja yang menyebabkan *downtime* mesin menjadi tinggi
2. Mengetahui penyebab kegagalan dan dampak yang diakibatkan dari komponen kritis mesin dengan *downtime* tertinggi menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
3. Menentukan interval waktu penggantian komponen mesin dengan *downtime* tertinggi dan mempertimbangkan biaya pemeliharaan dan keandalan.

### 1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat seperti:

1. Memberikan masukan kepada perusahaan untuk mencapai sistem produksi yang efektif dan efisien.
2. Memberikan rekomendasi bagi perusahaan dalam mengevaluasi aktivitas perawatan yang telah dilakukan dan diharapkan *downtime* yang ada di perusahaan dapat diminimalkan sehingga target produksi tercapai.

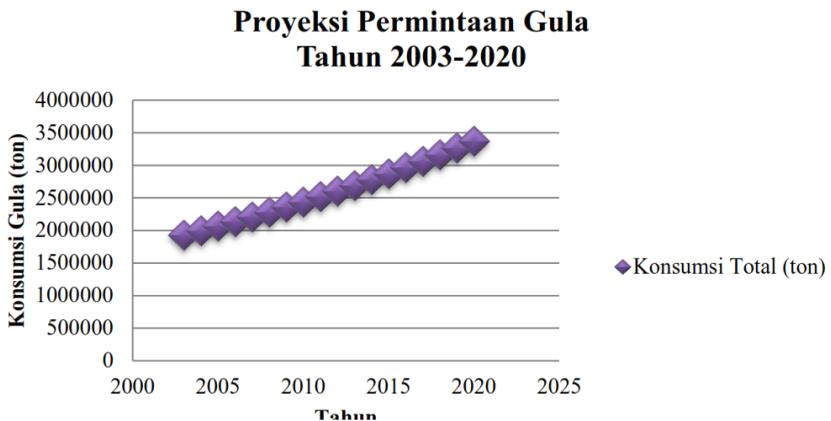


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gula

Gula merupakan salah satu komoditas yang memegang peranan penting di sektor pertanian khususnya sub sektor perkebunan dalam perekonomian Indonesia. Gula juga merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat dan sumber kalori yang relatif murah (Kusumaningrum, 2005). Gula merupakan komoditi dengan tingkat partisipasi konsumsi yang tinggi dan ragam penggunaan gula yang sangat luas. Karena sebagai kebutuhan pokok maka industri gula merupakan salah satu pilar dan penggerak ekonomi nasional (Kusumaningrum, 2005). Secara historis gula merupakan industri perkebunan tertua di Indonesia (Susila, 2005).

Kebutuhan gula pasir secara nasional terus menerus meningkat seiring dengan terjadinya peningkatan jumlah penduduk, perkembangan industri makanan dan minuman, serta perembangan hotel dan restoran. Menurut Sugiyanto (2007), permintaan gula di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. **Gambar 2.1** menunjukkan proyeksi permintaan gula di Indonesia yang meningkat setiap tahunnya.



**Gambar 2.1** Grafik Proyeksi Konsumsi Gula  
Sumber: Sugiyanto (2007)

Menurut Badan Pusat Statistik berdasarkan hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional 2015 rata-rata konsumsi gula pasir perkapita selama sebulan sebesar 5,95 ons dengan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2015 sebesar 255,461 juta jiwa dan diperkirakan konsumsi gula pasir pada tahun 2015 mencapai 5,7 juta ton (BPS, 2016). Wilayah Jawa Timur sendiri memiliki total produksi terbesar di Indonesia dengan total produksi pertahunnya sebesar 1,24 juta ton dan di wilayah Jawa Timur sendiri pembelian gula pasir yang dilakukan oleh pedagang sebesar 81,53% yang merupakan produksi gula yang dilakukan di daerah Jawa Timur sendiri.

## **2.2 Perawatan Mesin**

Perawatan mesin atau pemeliharaan mesin merupakan suatu proses menjaga kondisi mesin agar dapat bekerja dengan baik dan lancar sehingga dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Pemeliharaan adalah aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas mesin dan peralatan agar tetap dapat beroperasi dengan baik. Dengan melakukan kegiatan pemeliharaan, diharapkan dapat mengurangi frekuensi terjadinya kerusakan mesin. Manfaat dari pemeliharaan yaitu kemampuan produksi dari mesin dapat memenuhi target produksi, menjaga kualitas produk yang diproduksi dan kegiatan produksi tidak terganggu, dan mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin dengan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien (Assauri, 2008).

Menurut Corder (1976) dan Assauri (2008), ada beberapa hal yang menjadi tujuan utama dilakukannya aktivitas pemeliharaan mesin, yaitu:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang

ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.

4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien untuk keseluruhannya.

Secara garis besar pemeliharaan (*maintenance*) dibedakan menjadi dua, yaitu (Corder, 1976):

1. *Planned Maintenance* atau pemeliharaan yang terencana, didefinisikan sebagai suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu. Dengan *planned maintenance* diharapkan akan merubah sistem perawatan dari reaktif menjadi proaktif dan memberdayakan bagian perawatan untuk dapat membantunoperator untuk melakukan perawatan yang lebih baik terhadap peralatan/mesin yang menjadi tanggung jawabnya.
2. *Unplanned Maintenance* atau pemeliharaan tidak terencana, yang didefinisikan sebagai pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk alasan keselamatan.

Menurut Assauri (2008), *Corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. *Corrective maintenance* sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi, hal tersebut dikarenakan perbaikan dilakukan karena adanya kerusakan. Tujuan dari *corrective maintenance* adalah agar fasilitas atau peralatan yang ada dapat digunakan kembali dalam proses produksi, sehingga operasi atau proses produksi dapat berjalan lancar kembali. Sementara *Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak erduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan.

## **2.3 Reliability Centered Maintenance**

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap bekerja sesuai yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif (Azis, 2009). RCM juga digunakan untuk mengidentifikasi semua penyebab kegagalan yang mengakibatkan aset tidak dapat berjalan dengan baik, serta mengidentifikasi efek apa saja yang akan muncul. Pada dasarnya, proses RCM berusaha untuk menjawab tujuh pertanyaan berikut ini secara berurutan (Moubray, 1997) :

1. Apa fungsi dan standar yang diinginkan terkait kinerja aset (*functions*)?
2. Bagaimana *item* atau peralatan tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang terjadi saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan itu terjadi (*failure consequence*)?
6. Apa yang harus dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan (*proactive task and task interval*)?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan (*default action*)?

### **2.3.1 Function and Function Failure**

Menurut Suryana (2015), Salah satu bagian utama pada RCM II *decision worksheet* terdapat *Information reference* merupakan informasi yang diperoleh dari FMEA/ RCM II *decision worksheet*, yaitu dengan memasukkan informasi mengenai *function* (F), *failure function* (FF), *failure mode* (FM) dari peralatan/ komponen. System Function didefinisikan sebagai fungsi aset yang diharapkan oleh *user* yang masih berada dalam level kemampuan dari aset tersebut. Function failure merupakan kegagalan mesin melaksanakan fungsi utama yang diharapkan

oleh *user* (Moubray, 1997). Penjelasan mengenai masing-masing kolom tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

**Tabel 2.1** *Information Reference*

<b>Failure Consequences</b>	<b>Keterangan</b>
Kolom F ( <i>Fuction</i> )	Fungsi dari komponen atau item yang diharapkan oleh user tetap berada dalam level kemampuan dari item tersebut sejak awal dibuat
Kolom FF ( <i>Function Failure</i> )	Didefinisikan sebagai kegagalan dari suatu item untuk melaksanakan <i>system function</i> yang diharapkan
Kolom FM ( <i>Function Mode</i> )	Jenis kerusakan yang terjadi pada komponen atau item sehingga menyebabkan komponen gagal beroperasi atau mengalami gangguan saat beroperasi

Sumber: Moubray, 1997 dalam Suryana, 2015

### **2.3.2 Proactive Task**

Tindakan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan dalam rangka untuk menghindari *item* dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan (*failed state*). Kegagalan ini biasa dikenal dengan *predictive maintenance* dan *preventive maintenance*. Menurut Moubray (1997), Terdapat tiga kategori umum tentang kinerja aset yaitu *scheduled on condition task*, *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*. Dalam RCM *predictive maintenance* dimasukkan dalam aktivitas *scheduled on condition task*, sedangkan *preventive maintenance* dimasukkan ke dalam *scheduled restoration task* atau *scheduled discard task*.

#### **1. Scheduled On Condition Task**

Kegiatan pemeriksaan terhadap potensial *failure* sehingga tindakan dapat diambil untuk mencegah terjadinya *functional failure*. Dimana potensial *failure* didefinisikan dengan sebuah kondisi yang dapat mengidentifikasi sedang terjadi kegagalan fungsi (*functional failure*). Empat kategori utama *Scheduled on condition* antara lain: (Moubray, 1997)

- a. *Condition Monitoring Techniques*  
Melibatkan penggunaan peralatan khusus untuk melakukan monitor terhadap kondisi peralatan lain.
- b. *Statistical Process Control*  
Proses pencegahan yang didasarkan atas variansi kualitas produk yang dihasilkan.
- c. *Primary Effect Monitoring Techniques*  
Melibatkan peralatan seperti *gauge* yang ada dan peralatan untuk proses *monitory*.
- d. Teknik inspeksi berdasarkan *human sense* dan *predictive*

## 2. *Schedule Restoration Task*

Tindakan pemulihan kemampuan item pada saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi saat itu (Moubray, 1997). Ciri-cirinya, meliputi:

- a. Dapat didefinisikan umur dimana item tersebut menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kondisi gagal.
- b. Mayoritas dari item dapat bertahan pada umur tersebut (untuk semua umur item jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan lingkungan).
- c. Mengembalikan ketahanan asset terhadap kegagalan.

## 3. *Schedule Discard Task*

Menurut *Moubray (1997)* tindakan mengganti item pada saat atau batas umur yang ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi item saat itu. Tindakan ini secara teknik mungkin dilakukan dalam kondisi berikut:

- a. Dapat diidentifikasi umur dimana item tersebut menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kondisi kegagalan.
- b. Mayoritas dari item dapat bertahan pada umur tersebut (untuk semua item jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan lingkungan)

### 2.3.3 Default Action

Tindakan ini dilakukan ketika *predictive task* yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan. *Default action* (Moubray, 1997) meliputi:

1. *Scheduled failed finding* meliputi tindakan pemeriksaan secara periodik terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah *item* tersebut telah rusak.
2. *Redesign* membuat suatu perubahan untuk membangun kembali kemampuan suatu sistem. Hal ini mencakup modifikasi terhadap perangkat keras dan juga perubahan prosedur.
3. *Combination Task* khusus untuk menangani apabila kegagalan terjadi dan mengancam keselamatan kerja manusia di dalamnya.

## 2.4 Keandalan

*Reliability* atau keandalan didefinisikan oleh Lewis (1987) sebagai probabilitas bahwa suatu sistem atau komponen mampu melaksanakan fungsinya sebagaimana mestinya untuk interval waktu dan kondisi operasi tertentu. Keandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep bahwa produk atau sistem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan. Kegagalan produk atau sistem tidak hanya berpengaruh terhadap peralatan dan keberlangsungan proses produksi saja, hal tersebut juga berpengaruh terhadap keselamatan operator dan lingkungan kerja sekitar. Oleh karena itu diperlukan evaluasi terhadap keandalan operasional suatu peralatan sebagai upaya untuk mengetahui tingkat keandalan dalam rentang umur operasinya.

### 2.4.1 Fungsi Keandalan & Laju Kerusakan

Fungsi keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas sistem beroperasi tanpa mengalami kerusakan dalam jangka waktu yang di tentukan ( $t$ ). Fungsi keandalan dapat dirumuskan sebagai berikut (Lewis, 1987):

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t') dt' \quad (1)$$

Keterangan:

$F(t)$  = Probabilitas kegagalan

$R(t)$  = Keandalan dalam periode waktu  $t$

$f(t')$  = Fungsi padat peluang dari variable  $t'$

Laju kerusakan suatu sistem akan berubah sepanjang waktu. Dari pengalaman maupun percobaan diketahui laju kerusakan suatu produk mengikuti suatu pola dasar yang disebut *bathub curve* (Lewis, 1987). Dalam menganalisa kerusakan alat atau komponen, faktor yang perlu mendapat perhatian adalah laju kerusakan (*failure rate*) komponen setiap saat selama operasi. Laju kerusakan dapat dinyatakan sebagai berikut (Lewis, 1987):

$$R_{TM} = e^{-\left(\frac{TM}{\theta}\right)^\beta} \text{ dan } R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{MTTF}{\theta}\right)^\beta} \quad (2)$$

#### 2.4.2 Mean Time To Failure (MTTF) & Mean Time To Repair (MTTR)

*Mean Time To Failure* (MTTF) adalah waktu rata-rata ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF juga merupakan harapan masa pakai peralatan atau komponen peralatan yang seringkali digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi  $E(t)$  dan dirumuskan sebagai berikut (Lewis, 1987):

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (3)$$

Keterangan:

$t$  = interval waktu (hari)

$R(t)$  = *reliability function*

$f(t)$  = *probability density function*

*Mean Time To Repair* (MTTR) (Sudrajat, 2011) merupakan waktu rata-rata yang digunakan untuk melakukan perbaikan peralatan agar dapat beroperasi kembali, yang meliputi waktu pemberitahuan, waktu pemindahan, waktu diagnose, waktu memperbaiki, waktu tunggu (untuk suku cadang), waktu

perakitan kembali dan waktu pengetesan. Untuk dapat menentukan MTTR maka terlebih dahulu harus diketahui dulu jenis distribusi datanya. Menurut Ebeling (1997:192), MTTR diperoleh dengan rumus:

$$MTTR = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad (4)$$

Keterangan:

$h(t)$  = Fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan

$H(t)$  = Fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan

Untuk mengetahui probabilitas keandalan suatu peralatan atau komponen, maka yang perlu diketahui adalah model distribusi probabilitas peralatan atau komponen tersebut. Model-model distribusi probabilitas untuk keandalan bersifat kontinyu yang umum digunakan dalam menganalisa kerusakan suatu komponen, antara lain (Ebeling, 1997):

1. Distribusi Normal  
Distribusi normal digunakan untuk menggambarkan pengaruh pertambahan waktu ketika kita dapat menspesifikasikan waktu antar kerusakan berhubungan dengan ketidakpastian untuk menggambarkan ketergantungan keandalan terhadap waktu.
2. Distribusi Lognormal  
Distribusi lognormal cocok digunakan untuk mekanisme kegagalan. Distribusi ini yang untuk menggambarkan kerusakan untuk situasi yang bervariasi dan merepresentasikan distribusi lama waktu perbaikan (*repair time*) dari item yang mengalami suatu kerusakan atau kegagalan.
3. Distribusi Weibull  
Distribusi *Weibull* merupakan distribusi yang paling banyak digunakan untuk waktu kerusakan karena distribusi ini memiliki kemampuan untuk mendekati berbagai jenis sebaran data. Parameter yang ada dalam distribusi *weibull* yaitu  $\beta$  (beta) atau parameter bentuk (*shape parameter*) dan  $\theta$  (theta) atau parameter skala (*scale*).

#### 4. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk memodelkan umur komponen yang beroperasi secara kontinyu. Biasanya distribusi eksponensial juga digunakan dalam pekerjaan keandalan dan perawatan karena dapat menangani analisis *failure rate* yang konstan dari suatu komponen.

Berikut merupakan perhitungan nilai MTTR untuk masing-masing distribusi

(Lewis, 1987):

1. Distribusi Normal

$$MTTR/MTTF = \mu \quad (5)$$

2. Distribusi Lognormal

$$MTTR/MTTF = tmed e^{\frac{s^2}{2}} \quad (6)$$

3. Distribusi Eksponensial

$$MTTR/MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

4. Distribusi *Weibull*

$$MTTR/MTTF = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

Keterangan:

$\mu$  = rata-rata (*mean*)

$\lambda$  = laju kerusakan

*tmed* = *median*

$\theta$  = parameter *scale*

$s$  = parameter *scale* (lognormal)

$\beta$  = parameter *shape*

### 2.5 **Failure Modes Effect Analysis**

Menurut Aziz (2009), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. FMEA berfungsi untuk menganalisa sistem peralatan berdasarkan fungsi sub-sistem yang dalam hal ini adalah

komponen atau unit dan bagaimana komponen tersebut gagal dalam mencapai standar performansinya. Analisa yang dilakukan dengan FMEA mencakup efek yang ditimbulkan oleh kegagalan dan frekuensi munculnya kegagalan tersebut (Moubray, 1997). Setiawan (2014) menambahkan bahwa FMEA dapat menganalisis kerusakan dan dampaknya serta untuk menentukan komponen kritis, menyelesaikan masalah yang muncul pada malfungsi sistem peralatan. Secara formal RCM dapat didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin bahwa beberapa asset fisik dapat berjalan secara kontinyu melakukan fungsi yang diinginkan penggunaannya dalam konteks operasi sekarang.

### **2.5.2 Failure Effect**

*Failure effect atau efek dari kegagalan, menjelaskan apa saja yang terjadi ketika failure mode berlangsung. Pendeskripsian tersebut harus mencantumkan semua informasi yang dibutuhkan untuk mendukung evaluasi terhadap konsekuensi yang ditimbulkan oleh failure, meliputi (Moubray, 1997):*

- a. Bukti (jika ada) bahwa *failure* telah terjadi?
- b. Dengan cara bagaimana (jika ada) *failure* tersebut mengancam keselamatan dan lingkungan?
- c. Dengan cara bagaimana (jika ada) *failure* tersebut mengancam keselamatan dan operasional?
- d. Kerusakan fisik seperti apa (jika ada) yang disebabkan *failure*?
- e. Apa yang dapat dilakukan untuk memperbaiki *failure* tersebut?

### **2.6 RCM II Decision Worksheet**

*Worksheet* merupakan *record* jawaban dari pertanyaan pada *decision diagram*. *Decision diagram* untuk menentukan kegiatan perawatan yang sesuai untuk masing-masing komponen. Bentuk dari RCM II *decision diagram* dapat dilihat pada **Lampiran 1** dan Hasil dari RCM II akan di taruh pada **Tabel 2.2**. Kegiatan perawatan yang diperoleh dari *decision diagram* di *record*

kedalam RCM II *Decision Worksheet* yang meliputi (Moubray, 1997:202):

- 1) *Information Reference* terdiri dari F (*functions*) yaitu fungsi komponen yang dianalisa, FF (*failure function*) yaitu kegagalan fungsi dan FM (*failure mode*) yaitu penyebab kegagalan fungsi.
- 2) *Consequences evaluation* terdiri dari H (*hidden failure*), S (*safety*), E (*environmental*) dan O (*operational*). Pada akan **Tabel 2.3** menjelaskan setiap komponen yang ada pada *consequence evaluation*.
- 3) *Proactive Task* terdiri dari H1/S1/O1/N1, H2/S2/O2/N2, dan H3/S3/O3/N3 untuk jenis kegiatan yang sesuai berdasarkan RCM II *decision diagram*.
- 4) *Default Action* yang meliputi H4/H5/S4 untuk mencatat jawaban yang diperlukan pada *default question*.
- 5) *Proposed Task* yaitu kolom yang digunakan untuk mencatat tindakan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan, terdiri dari *scheduled restoration task*, *scheduled discard task* dan *scheduled on condition task*.
- 6) *Initial Interval* digunakan untuk mencatat interval perawatan yang optimal dari masing-masing komponen.
- 7) *Can be done by* digunakan untuk mencatat siapakah yang berwenang dalam melakukan *scheduled* tersebut.

**Tabel 2.2** RCM II *Decision Worksheet*

RCM II DECISION WORKSH EET			SYSTEM					System:			Facilita to:	Date:	She et:	
			SUB-SYSTEM					Sub- system:			Auditor :	Date:	of	
Information reference			Consequen ce evaluation			H1	H 2	H 3	Default action			Propos ed task	Initial interv al	Can be done by
						F	F F	F M						

Sumber: Moubray, 1997 dalam Suryana, 2015

**Tabel 2.3** *Consequence Reference*

Failure Consequence s	Keterangan	
	Yes	No
Kolom H (Hidden Failure)	Failure mode diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal	Failure mode tidak diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal
Kolom S (Safety)	Failure mode berdampak pada keselamatan kerja operator	Failure mode tidak berdampak pada keselamatan kerja operator
Kolom E (Environment)	Failure mode berdampak pada keselamatan/kelestarian lingkungan	Failure mode tidak berdampak pada keselamatan/kelestarian lingkungan
Kolom O (Operational)	Failure mode berdampak pada output produksi	Failure mode tidak berdampak pada output produksi

Sumber: Moubray, 1997 dalam Suryana, 2015

## 2.7 Biaya Perawatan

*Preventive cost* (CP) merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang sudah dijadwalkan. (Putra, 2010)

$$CP = \{(\text{Biaya operator} + \text{Biaya mekanik}) \times T_p\} + \text{Harga komponen}$$

Keterangan:

$T_p$  : waktu perawatan mesin

Sedangkan *failure cost* (CF) merupakan biaya yang timbul karena terjadi kerusakan diluar perkiraan yang menyebabkan proses produksi terhenti.

$$CF = [(\text{Biaya operator} + \text{Biaya mekanik} + \text{Biaya downtime}) \times \text{MTTR}] + \text{Harga Komponen}$$

Untuk total biaya perawatan merupakan penjumlahan kumulatif biaya kegagalan dan biaya perawatan. Untuk data berdistribusi *Weibull*, total biaya perjamnya yaitu: (Putra, 2010)

$$TC = \frac{C_f}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_P}{T_P} \quad (11)$$

Penentuan interval perawatan yang optimal, diperlukan parameter distribusi selang waktu kerusakan yang sesuai, biaya perbaikan, dan biaya perawatan dari tiap komponen. Rumus yang digunakan untuk menentukan interval perawatan adalah: (Putra, 2010)

$$TM = \theta \left( \frac{C_P}{C_F - C_P} \frac{1}{\beta - 1} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (12)$$

Biaya perawatan dihitung berdasarkan pada biaya langsung yaitu biaya tenaga kerja perawatan langsung, biaya masing-masing komponen, dan biaya tak langsung yaitu biaya konsekuensi operasional untuk memperoleh biaya kerugian dan biaya perbaikann. Rumus yang digunakan adalah: (Putra, 2010)

$$TC = \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_P}{T_P} \quad (13)$$

Keterangan:

$TC$  = Total biaya perawatan

$TM$  = Interval waktu perawatan  
 $CF$  = biaya kegagalan  
 $CP$  = biaya yang dikeluarkan untuk perawatan  
 $\beta$  = *shape* parameter  
 $\theta$  = *scale* parameter

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian berjudul Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II pada Mesin Blowing OM dilakukan oleh Bangun (2014). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merencanakan kebijakan perawatan yang optimal untuk mempertahankan proses produksi pada kondisi yang optimal dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat. Penelitian bertempat di PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin *Blowing* OM berdasarkan frekuensi kerusakan mesin dan total downtime adalah komponen *flat belt* dan *spike lattice*. Hasil analisis interval perawatan adalah permukaan karet *flat belt* tidak rata sebesar 510 jam, karet *flat belt* longgar 260 jam, *flat belt* putus 580 jam, kayu *spike lattice* patah 620 jam, dan paku *spike lattice* patah 500 jam. Dari total biaya perawatan optimal diperoleh hasil permukaan karet *flat belt* tidak rata sebesar Rp 7.973.519,82, karet *flat belt* longgar Rp 11.000.673,81, *flat belt* putus sebesar Rp 14.061.553,06, kayu *spike lattice* patah sebesar Rp 19.170.330,63, dan paku *spike lattice* patah sebesar Rp 30.880.512,66. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dibandingkan dengan total biaya perawatan sebelumnya terjadi penurunan biaya perawatan dalam mesin *Blowing* OM sebesar 10,27%.

Wilbert (2013) dalam penelitian yang berjudul “Penerapan *Preventive Maintenance* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* dengan Mengaplikasikan *Grey FMEA* pada PT. WXY”. Metode penelitian yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mengaplikasikan *Grey FMEA* dalam menentukan prioritas perbaikan dan penggunaan metode *Logic Tree Analysis* (LTA).

Hasil penelitian diperoleh bahwa mesin bor magnet merupakan sistem yang paling kritis. Komponen yang terdapat dalam mesin bor magnet adalah saklar magnet, *spindle*, *spindle sleeve*, *drilling chuck*, *motor NFA03LG-011*, *radial ball bearing*, *v-belt*, dan *pulley*. Komponen yang harus dirawat secara terjadwal (*time directed*) adalah *spindle* dengan jadwal perawatan 33 hari, motor NFA03LG-011 dengan jadwal perawatan 36 hari, *radial ball bearing* dengan jadwal perawatan 43 hari, dan *v-belt* dengan jadwal perawatan 42 hari. Perawatan komponen yang tidak terjadwal (*condition directed*) adalah saklar magnet, *spindle sleeve*, *drilling chuck*, dan *pulley*. Penerapan metode RCM dengan melakukan simulasi terhadap distribusi kerusakan diperoleh penurunan downtime sebesar 20,56%.

Afey (2012) dalam penelitian berjudul “*Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study*”. Metode yang digunakan yaitu RCM, dimana metode ini digunakan untuk mengefektifkan biaya perawatan dan *Logic Tree Analysis* (LTA) yang digunakan untuk menentukan *tree structure* dalam menganalisis perbaikan. Penelitian ini difokuskan pada *fire-tube boiler*, *steam distribution*, *dryer*, *feed-water pump and process heater*. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode rcm hasilnya biaya perawatan berkurang dari 295100 \$/tahun menjadi 220800 \$/ tahun, dimana biaya perawatan turun sebesar 25.2%. Sementara pada *spare part feed water pump, boiler and turbo-generator* mengalami penurunan biaya pergantian sebesar 22.17%.

Sari (2016) dalam penelitian yang berjudul “Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Mesin blowing I Di Plant I PT. Pisma Putra Textile”. Metode penelitian yang digunakan yaitu RCM II serta analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA). Penelitian ini di fokuskan pada mesin *Blowing I* karena memiliki downtime tertinggi, dimana komponen mesin yang memiliki downtime tertinggi yaitu *flat belt* dan *apron* berpaku. Perawatan yang diperlukan dilakukan pada permukaan belt bergelombang, belt putus, kayu apron patah, dan paku-paku apron patah dengan *scheduled discard task* dengan interval perawatan dan Total Cost optimal berurutan yaitu 580 jam dengan TC Rp. 14661546,36,

465 jam dengan TC Rp 18350303,77, 490 jam dengan TC Rp 18966057,60, dan 450 jam dengan TC Rp 13419317,27. Sedangkan perawatan untuk kerusakan karet kendor adalah scheduled restoration task dengan interval perawatan 340 jam dan TC Rp 16338431,41. Total penurunan biaya keseluruhan sebesar Rp 21.587.975,45 atau 20,89% dari biaya perawatan perusahaan.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PG Kebon Agung yang berlokasi di jalan Pakisaji desa Kebon Agung kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang, Jawa Timur pada tanggal Juni 2017 – September 2017. Pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Komputasi dan Analisis Sistem, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

### 3.2 Batasan Masalah

Untuk memudahkan melakukan analisis dalam penulisan tugas akhir ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terarah. Adapun batasan dari permasalahan tersebut adalah sebagai berikut :

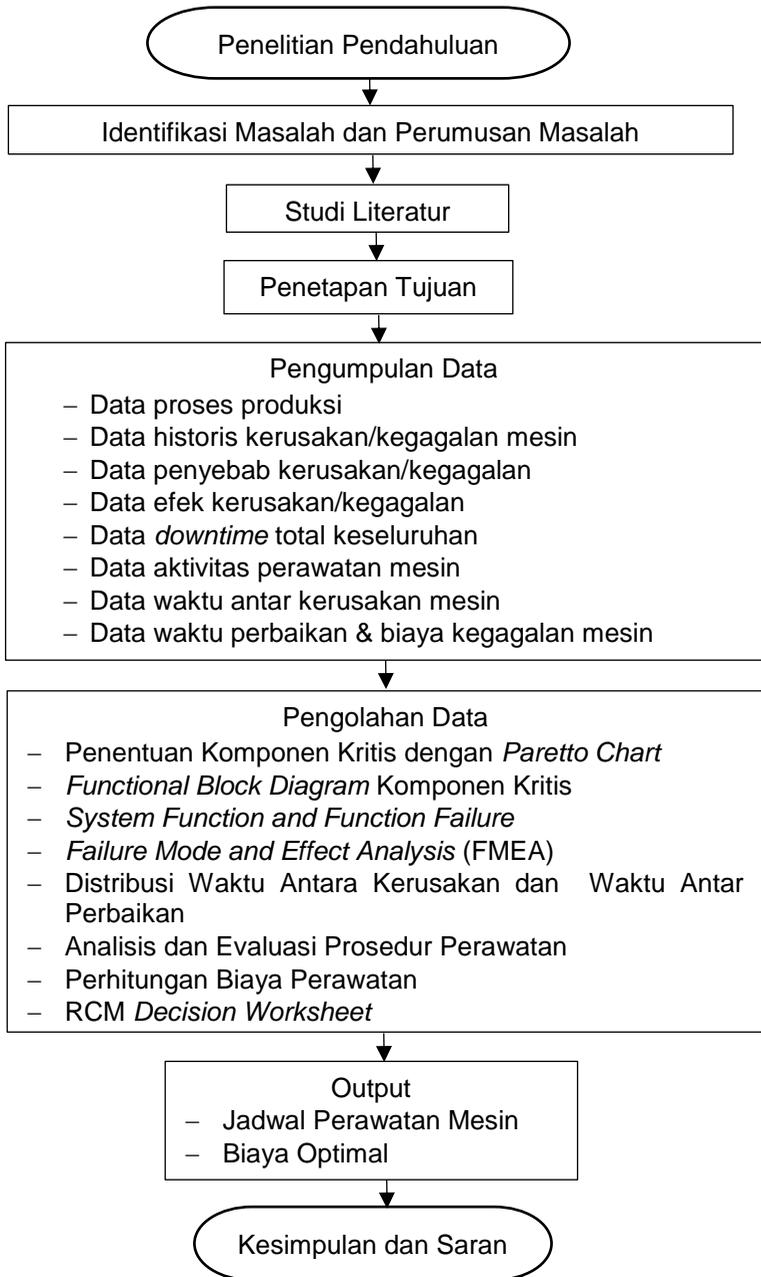
1. Dengan mengidentifikasi secara spesifik mesin produksi yang memiliki *downtime* tertinggi beserta komponennya pada stasiun dengan *downtime* tertinggi.
2. Data historis perawatan dan kerusakan mesin yang digunakan adalah data pada masa giling tahun 2015 dan 2016.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilaksanakan berdasarkan alur kerja pelaksanaan penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1** alur kerja pelaksanaan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian ini diawali dengan survei pendahuluan. Survei pendahuluan ini dilaksanakan di tempat penelitian yaitu PG Kebon Agung Malang, Jawa Timur. Survei pendahuluan ini dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari kondisi sebenarnya dari objek yang diteliti. Informasi yang diperoleh akan dijadikan sebagai acuan dalam mengidentifikasi permasalahan yang ada.



**Gambar 3.1** Diagram Pelaksanaan Penelitian

### **3.3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Setelah melakukan penelitian pendahuluan langkah selanjutnya yaitu mencari objek penelitian. Objek penelitian kemudian akan diidentifikasi masalah apa saja yang ada pada objek tersebut. Dari permasalahan yang ada kemudian dilakukan perumusan masalah yang selanjutnya akan di jadikan menjadi topik penelitian.

### **3.3.3 Studi Literatur**

Studi literatur merupakan cara yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian dengan menggunakan tulisan yang pernah ada sebelumnya. Adanya studi literatur ini dapat dijadikan sebagai landasan teori dan informasi pendukung dalam pelaksanaan penelitian. Studi literatur dapat berasal dari jurnal, buku, atau artikel yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

### **3.3.4 Penetapan Tujuan**

Tujuan penelitian perlu ditetapkan agar penulisan skripsi dapat dilakukan dengan sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang dibahas. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui penyebab dan dampak kegagalan yang ditimbulkan mesin serta mengetahui keandalan mesin tersebut. Tujuan penelitian ini juga untuk mengetahui *non value added* yang ada pada aktivitas perawatan.

### **3.3.5 Tahap Pengumpulan Data**

Tahap pengumpulan data dalam skripsi ini ada beberapa cara, yaitu:

1. Observasi, merupakan kegiatan yang dilakukan pada perusahaan dengan mengamati secara langsung kondisi yang ada pada perusahaan terutama pada kondisi perawatan mesin.
2. Wawancara, merupakan kegiatan yang dilakukan di perusahaan dengan mengajukan pertanyaan untuk memperoleh informasi dan keterangan-keterangan mengenai kondisi perusahaan yang dilakukan kepada pembimbing lapang, staf perusahaan atau operator.

3. Dokumentasi, merupakan kegiatan dalam pengumpulan data yang dilakukan dengan mempelajari dokumen atau arsip yang erat kaitannya dengan kondisi objek.

Data yang digunakan pada penelitian ini ada dua kriteria yaitu data kualitatif dan data kuantitatif yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Kriteria Data Kualitatif dan Data Kuantitatif

Kualitatif	Kuantitatif
Data proses pada stasiun gilingan	Data biaya kegagalan mesin
Data historis kerusakan/kegagalan mesin	Data waktu perbaikan
Data penyebab kerusakan/kegagalan	Data waktu antar kerusakan mesin
Data efek kerusakan/kegagalan	Data <i>downtime</i> total keseluruhan

### 3.3.6 Tahap Pengolahan data

Pada tahap pengolahan data, data yang digunakan yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif pada penelitian ini terdapat saat penentuan komponen kritis dengan menggunakan *pareto chart*, pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD), *System Function and Function Failure*, *Failure Mode and Analysis Effect* (FMEA), *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Worksheet*. Data kuantitatif pada penelitian ini terdapat pada penentuan distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR), perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Failure* (MTTR) dan perhitungan total biaya perawatan.

#### 3.3.6.1 Data Kualitatif

##### 1. Penentuan Komponen Kritis

Pada tahap awal penelitian ini yang dilakukan yaitu penentuan komponen kritis. Penentuan komponen kritis ini menggunakan *pareto chart* atau diagram pareto. Diagram pareto adalah suatu gambar yang mengurutkan suatu klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tinggi)

sampai dengan masalah yang paling rendah (Setiyawan, 2014). Diagram pareto juga dapat digunakan untuk mencari 20% jenis cacat yang merupakan 80% kecacatan dari keseluruhan proses produksi. Pada penelitian ini diagram pareto hanya digunakan untuk mencari komponen-komponen dari mesin dengan downtime tertinggi.

## 2. Pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD)

*Functional Block Diagram* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara masing-masing *sub assembly* dengan mengamati beberapa proses pada komponen kritis. Dari pengamatan pada komponen kritis kemudian dibuat diagram yang berisikan pengelompokan komponen dari masing-masing blok yang telah ditetapkan. Setelah itu maka didapatkan data yang digunakan untuk menggambarkan hubungan fungsi masing-masing komponen dari mesin yang kritis tersebut.

## 3. Pembuatan *System Function* dan *Function Failure*

*System function and Function Failure* merupakan fungsi utama dari mesin yang diharapkan oleh *user*. Dilakukan dengan observasi, wawancara atau data perusahaan. Setelah mengetahui fungsi sistem, selanjutnya mendeskripsikan kegagalan fungsi yang pernah terjadi.

## 4. Pembuatan *Failure Mode and Analysis Effect* (FMEA)

Tabel FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi sebab dan akibat permasalahan serta melakukan pengukuran berupa nilai-nilai yang berdasarkan pada *Severity*, *Occurance* dan *Detection*. Penyusunan tabel FMEA dapat dilakukan dengan menggunakan data *system function* dan *function failure* serta data kegagalan dan efek kegagalan. Setelah tabel terbentuk maka dapat digunakan untuk menganalisa sebab terjadinya kegagalan pada sistem dan efek yang akan terjadi bila ada kegagalan.

## 5. RCM II *Decision Worksheet*

*Reliability Centered Maintenance* adalah sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua aset fisik terus melakukan apa

yang user ingin dilakukan dalam kondisi operasinya saat ini (Moubray, 1997).

RCM II *Decision Worksheet* berisi tentang:

- a. *Information Reference* : F (*functions*) fungsi komponen yang dianalisa, FF (*failure function*) yaitu kegagalan fungsi dan FM (*failure mode*) yaitu penyebab kegagalan fungsi.
- b. *Consequences evaluation* : H (*Hidden failure*), S (*Safety*), E (*Environmental*) dan O (*Operational*)
- c. *Proactive Task* : H1/S1/O1/N1, H2/S2/O2/N2, dan H3/S3/O3/N3 menuliskan apakah *on condition task* bisa mengurangi kemungkinan *failure mode*, *scheduled restoration task* bisa untuk mencegah *failure* dan *scheduled discard task* bisa mencegah *failure*.
- d. *Default Action* yang meliputi H4/H5/S4.
- e. *Proposed Task* : langkah penanganan yang dianjurkan, yaitu *scheduled restoration task*, *scheduled discard task* dan *scheduled on condition task*.
- f. *Initial Interval* : interval perawatan optimal komponen
- g. *Can be done by* : menerangkan siapa yang dapat menyelesaikannya

### 3.3.6.2 Data Kuantitatif

1. Penentuan distribusi data *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR)

*Time to failure* merupakan waktu pada saat suatu komponen belum mengalami suatu kegagalan. *Time to failure* sendiri merupakan perhitungan antara selisih waktu kerusakan setelah mesin di perbaiki hingga kerusakan berikutnya. Sementara *time to repair* merupakan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki mesin akibat kegagalan yang terjadi sampai mesin tersebut dapat beroperasi kembali dengan baik. Data ini diperoleh dari data historis yang ada pada perusahaan. Data tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan pola distribusinya, dimana pola distribusi ini apakah Normal, Lognormal, Eksponensial ataukah *Weibull*. Penentuan jenis distribusi dan parameter akan menggunakan *software* Minitab 16.

## 2. Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)

Setelah mengetahui jenis distribusi masing-masing kerusakan, langkah selanjutnya yaitu perhitungan MTTF dan MTTR. Mean Time to Failure merupakan rata-rata waktu akan terjadinya kerusakan, sementara Mean Time to Repair merupakan waktu rata-rata untuk melakukan perbaikan. Perhitungan MTTF dan MTTR dilakukan menggunakan rumus statistik sesuai dengan jenis distribusinya.

## 3. Perhitungan Total Biaya Perawatan

Biaya perawatan merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk merawat mesin/peralatan pada saat beroperasi. Biaya total perawatan dihitung berdasarkan pada biaya langsung dan tidak langsung. Biaya langsung meliputi biaya tenaga kerja perawatan langsung dan biaya masing-masing komponen. Biaya tak langsung meliputi biaya operasional berupa biaya kerugian dan biaya perbaikan.

### 3.3.7 Tahap Analisis dan Pembahasan

Setelah mendapatkan dan mengolah data maka langkah selanjutnya yaitu analisis dan pembahasan. Analisis dan pembahasan dilakukan pada penelitian ini berdasarkan hasil pengolahan data pada FBD, FMEA, MTTF dan MTTR serta total biaya perawatan, efisiensi perawatan dan keandalan dalam pemilihan interval perawatan. Hasil data kualitatif dan kuantitatif ini kemudian dilakukan penarikan kesimpulan.

### 3.3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi hasil yang diperoleh dari penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan. Saran yang diberikan oleh peneliti bagi perusahaan maupun penelitian yang akan datang berkaitan dengan interval perawatan mesin di PG Kebon Agung Malang - Jawa timur.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pabrik Gula Kebon Agung merupakan pabrik gula swasta yang terletak di Malang Jawa Timur. Pabrik Gula Kebon Agung ini tergabung dalam PT Kebon Agung, dimana PT Kebon Agung ini memiliki satu pabrik gula lainnya yaitu Pabrik Gula Trangkil. Pabrik Gula Kebon Agung berdiri sejak tahun 1905 oleh seorang pengusaha bernama Tan Tjwan Bie adalah pemilik pabrik Gula Kebon Agung yang terletak 5 km sebelah selatan Kota Malang, tepatnya di Desa Kebon Agung, Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang, Jawa Timur. Pada awal berdiri PG Kebon Agung ini memiliki kapasitas produksi sebesar 12.000 ton gula per tahunnya, sekarang kapasitas produksi di PG Kebon Agung sekitar 125.000 ton gula per tahun. Struktur organisasi perusahaan PG Kebon Agung dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Pada PG Kebon Agung terdapat 5 stasiun utama dalam proses produksinya. Stasiun-stasiun tersebut yaitu stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan dan stasiun putaran. Stasiun gilingan digunakan untuk proses pemerahan tebu menjadi nira, stasiun pemurnian merupakan stasiun untuk proses pengendapan kotoran nira, stasiun penguapan merupakan stasiun untuk proses pemekatan nira encer, stasiun masakan merupakan stasiun untuk proses kristalisasi gula dan stasiun putaran merupakan stasiun untuk proses pemisahan kristal gula dengan cairan induknya. Pada PG Kebon Agung ini proses pembuatan gula dengan metode *sulfitasi* dan *carbonatasi*. Untuk proses *carbonatasi* ini baru diterapkan pada tahun 2017 dan masih dalam masa percobaan. Pada proses *sulfitasi* maka produk yang akan dihasilkan yaitu SHS (*Super High Sugar*) dimana pada SHS terdapat GKP 1 (Gula Kristal Putih) dan GKP 2 (Gula Kristal Putih).

### 4.2 Proses Produksi

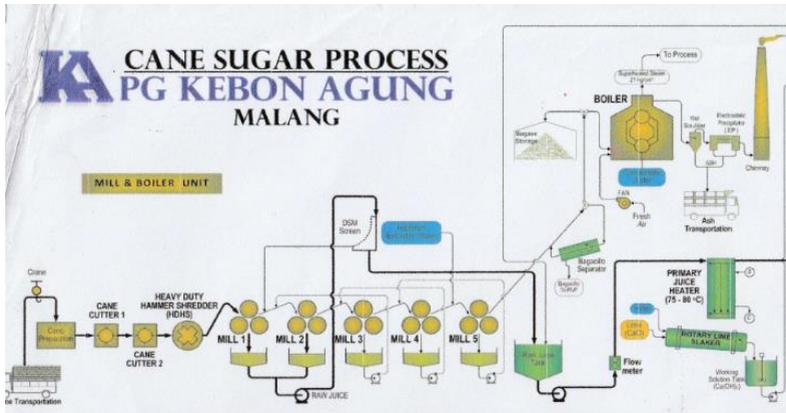
Gula merupakan produk yang dihasilkan di PG Kebon Agung Malang. Produksi gula ini menggunakan metode pemurnian *sulfitasi*. Ada beberapa tahapan dalam memproses tebu menjadi

gula. Diagram alir pengolahan tebu menjadi gula dapat dilihat pada **Lampiran 3** dan pengolahan tebu pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Per tama-tama sebelum masuk ke stasiun penggilingan tebu ditimbang dan diletakkan pada meja tebu. Pada proses penimbangan berfungsi untuk mengetahui berat tebu yang masuk dan yang akan diproses. Dalam operasionalnya, PG Kebon Agung menggunakan sistem komputerisasi dalam pencatatan berat tebu, hal ini bertujuan untuk mengetahui bobot tebu yang akan digiling. Setelah mengetahui berat tebu yang akan digiling maka selanjutnya akan diproses untuk pembuatan gula pada stasiun yang telah ada. Proses pengolahan gula dari stasiun pertama sampai stasiun terakhir dapat dilihat pada **Lampiran 3** dan pada setiap stasiun dapat dilihat dibawah ini:

#### 1. Stasiun Gilingan

Stasiun gilingan merupakan stasiun pertama, dimana tebu yang telah ditimbang dan diangkut ke meja tebu akan diproses. Tebu yang sudah ada di meja tebu akan di cacah menggunakan *cane cutter* 1 dan 2, tebu yang telah dicacah tersebut kemudian akan masuk ke mesin HDHS untuk melembutkan ampas. Tebu yang dicacah sebelum digiling bertujuan agar nira yang terkandung dalam tebu dapat dikeluarkan dengan maksimal. Setelah tebu dicacah kemudian tebu tersebut akan masuk ke gilingan 1 menggunakan *main carrier*. Setelah melalui gilingan 1 ampas tebu yang dihasilkan akan dilanjutkan masuk ke gilingan 2 hingga gilingan 5 menggunakan *intermediate carrier*. Hasil dari gilingan 5 yang berupa ampas kering akan dibawa ke stasiun ketel sebagai bahan bakar dari *boiler* dengan menggunakan *bagasse elevator*. Sebelum hasil dari ampas tebu di gilingan 4 masuk ke gilingan 5, ampas tebu tersebut ditambahkan air imbibisi (air proses) agar kandungan nira pada ampas tebu semakin menipis, sehingga nira yang terkandung dalam ampas tebu hasil gilingan 5 sedikit. Hasil nira pada gilingan 1 akan langsung ditampung di peti nira, dimana nira tersebut disebut dengan nira murni. Sedangkan hasil perasan nira pada gilingan 5 akan digunakan untuk membasahi ampas sebelum masuk ke gilingan 4 dan begitu seterusnya hingga gilingan 2.

Hasil perasan nira pada gilingan 2 yang telah dicampur dengan perasan nira pada gilingan 3, 4, 5 kemudian akan ditampung di peti nira. Nira yang telah ditampung tersebut kemudian disaring untuk menyaring ampas tebu halus yang masih terlarut dalam nira. Setelah proses ini, selanjutnya nira hasil gilingan yang masih kotor akan menuju stasiun pemurnian. Proses pada stasiun gilingan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1** Bagan Proses Stasiun Gilingan  
Sumber : PG Kebon Agung

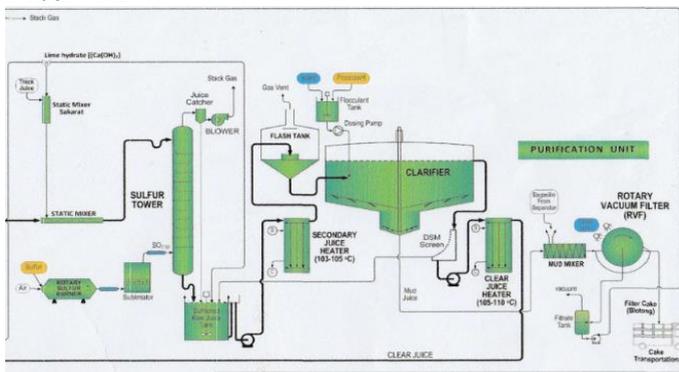
## 2. Stasiun Pemurnian

Stasiun pemurnian memiliki fungsi memisahkan nira dan kotoran (non-gula) yang terdapat dalam nira dengan menggunakan cara kimia dan fisika. Cara kimia tersebut dengan proses penambahan susu kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dan  $\text{SO}_2$ , sedangkan cara fisika tersebut dengan proses pemanasan pada *juice heater* dan proses pengendapan pada *single try clarifier*. Pada proses ini diupayakan kerusakan yang terjadi pada sukrosa seminimal mungkin, karena bila terjadi kerusakan yang terlalu besar maka kandungan sukrosa dalam nira akan turun dan semakin sedikit. PG Kebon Agung proses pemurnian gula dengan menggunakan proses *sulfitasi*.

Nira dari stasiun gilingan disaring menggunakan saringan DSM, selanjutnya ditampung ditangki penampungan nira mentah yang kemudian akan dipanaskan dalam *juice heater* 1

dengan suhu 75-80°C. Setelah itu nira tersebut akan dipompa ke *static mixer* untuk diberi susu kapur, pemberian susu kapur bertujuan untuk menaikkan pH sampai dengan pH 8,5-9,0. Setelah pH naik, kemudian nira masuk kedalam Sulfur Tower dan ditambahkan dengan gas SO<sub>2</sub> untuk menurunkan pH dan kemudian nira akan masuk ke tangki reaksi sampai menghasilkan pH 7,0-7,2. Setelah pH tercapai selanjutnya nira dipanaskan di *Juice Heater 2* dengan suhu 100-105 °C. Setelah melalui *Juice Heater 2*, nira masuk ke *flash tank* ada penambahan flokulan untuk membantu proses pengendapan di *single try clarifier*. Setelah keluar dari *flash tank*, nira masuk ke *single try clarifier* dan menghasilkan endapan kotor. Kotoran yang mengendap menghasilkan nira kotor yang dikeluarkan dari bejana pengendap dan dicampur dengan ampas halus yang kemudian di tapis oleh *rotary vacuum filter*. Air yang dihasilkan dari *rotary vacuum filter* disebut dengan nira tapis, yang dimana nira ini akan masuk kembali ke peti nira mentah untuk diproses kembali sedangkan endapan kotorannya disebut dengan blotong, yang mana blotong ini nantinya akan dijadikan pupuk. Nira jernih yang keluar dari *single try clarifier* akan dipanaskan lagi di *juice heater3* dengan suhu 105-110°C. Setelah proses pemurnian selesai nira encer hasil pemurnian kemudian masuk ke *pre-evaporator* di stasiun penguapan. Proses pada stasiun pemurnian dapat dilihat pada

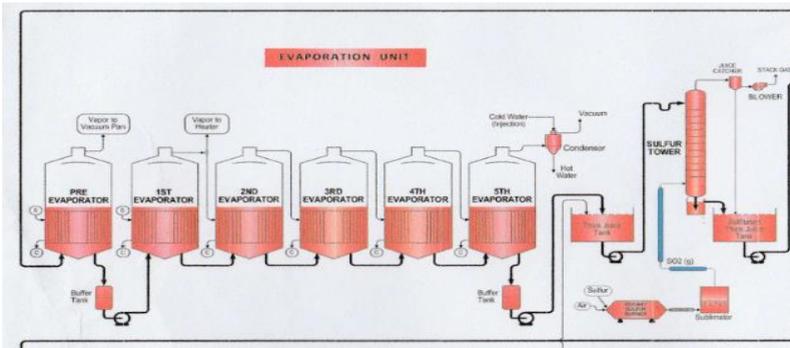
**Gambar 4.2**



**Gambar 4.2** Bagan Proses Pada Stasiun Pemurnian  
Sumber : PG Kebon Agung

### 3. Stasiun Penguapan

Proses penguapan bertujuan untuk memisahkan air dengan nira serta mengubah nira jernih menjadi nira kental. Kandungan air dalam nira cukup besar, sehingga dilakukan proses penguapan untuk mengurangi kadar air secara maksimal. Apabila kekentalan nira kurang maka akan memperberat kerja masakan dan akan memperlambat proses pemasakan nira. Penguapan dilakukan untuk memaksimalkan kerja di stasiun masakan untuk membentuk kristal gula. PG Kebon Agung memiliki 9 evaporator, tetapi hanya 6 evaporator yang digunakan untuk proses, sedangkan sisanya sebagai *backup* bila terjadi masalah pada salah satu dari 7 evaporator tersebut. Prinsip kerja *pre-evaporator* dan evaporator yaitu menguapkan sebagian besar air yang ada dalam nira. Proses pemindahan panas dari uap ke nira dalam rangkaian pipa tidak berkontak secara langsung, melainkan dipisah dengan pipa nira yang disusun seri. *Pre-evaporator* disusun dengan susunan tunggal, sedangkan evaporator dengan susunan berantai. Setelah proses penguapan nira menggunakan evaporator, nira yang keluar kemudian dipompa ke buffer nira pekat untuk dilakukan pemasakan. Proses pada stasiun penguapan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**

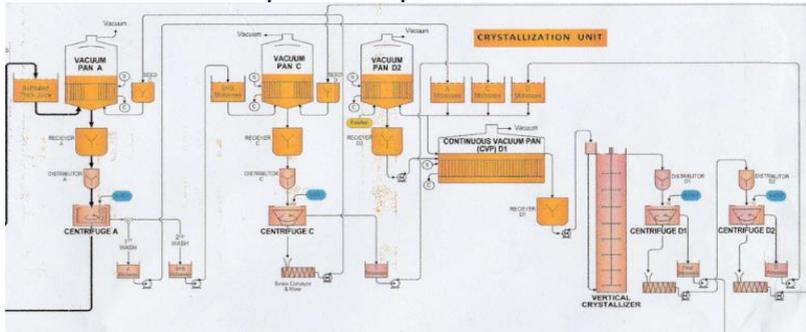


**Gambar 4.3** Bagan Proses Pada Stasiun Penguapan  
Sumber : PG Kebon Agung

#### 4. Stasiun Masakan/Kristalisasi

Pada stasiun masakan larutan nira pekat akan diubah menjadi kristal gula yang rata-rata berukuran 0,9-1,1 mm. Sukrosa yang terkandung dalam nira pekat diuapkan sehingga menghasilkan campuran kristal gula dan larutannya. Pemasakan akan dilakukan secara bertingkat untuk mencapai efisiensi proses. Dengan proses bertingkat akan dihasilkan sukrosa dalam nira kental sehingga mencapai kualitas kristal maksimal. Jumlah tingkat proses tergantung pada kemurnian nira. Pada PG Kebon Agung Menerapkan 3 tahap pemasakan yaitu dengan proses ACD. Ukuran kristal yang dihasilkan dari masing-masing proses yaitu, masakan A sebesar 0,9-1,1 mm, masakan C sebesar 0,5 -0,7 mm dan masakan D sebesar 0,1-0,3 mm. Proses pada stasiun masakan yang pertama yaitu masakan D, masakan D ini menggunakan bahan baku yaitu *stroop A*, *klare D* dan bibit fondan. Proses yang dilakukan yaitu bahan baku sebanyak 200 HI dipanaskan hingga kental, setelah mengental lalu ditambahkan 200 cc fondan. Setelah kristal terbentuk, bahan baku ditambahkan kembali hingga volume 400 HI. Setelah itu sampel diambil untuk diuji besarnya nilai *brix*, *pol* dan *HK* (harga kemurnian). *HK* yang normal untuk masakan D yaitu sekitar 61-62. Selanjutnya hasil masakan dialirkan ke palung pendingin, setelah itu akan dipompa ke *rapid cool crystalizer* untuk didinginkan dan kemudian diteruskan ke puteran D. Masakan C menggunakan bahan baku yaitu *klare A/SHS*, *einwurf D* dan bibit *fondan high grade*. Proses yang dilakukan yaitu bahan bau sebanyak 200HI dipanaskan sehingga menjadi kental, setelah mengental ditambahkan 40 HI *einwurf D* dan 200 cc fondan. Setelah kristal terbentuk, bahan baku ditambahkan kembali hingga volume 400 HI. Setelah itu diukur *brix*, *pol* dan *HK* gula yang dihasilkan. *HK* yang normal untuk masakan C yaitu sekitar 71-72. Selanjutnya, hasil masakan dialirkan ke palung pendingin, setelah itu akan dipompa ke *rapid cool crystalizer* untuk didinginkan dan kemudian diteruskan ke puteran C. Masakan A menggunakan bahan baku yaitu nira kental dan *einwurf C*. Peroses yang dilakukan yaitu bahan baku sebanyak 200 HI dipanaskan sehingga menjadi kental, setelah

mengental ditambahkan *einwurf* C 40 HI. Selanjutnya dikentalkan kembali, hingga dihasilkan kristal yang semakin baik. Setelah kristal terbentuk, bahan baku ditambahkan kembali secara bertahap hingga volume 400 HI. Setelah mencapai volume 400 HI, hasil masakan dibagi ke 2 pan dengan volume masing-masing 200HI. Setelah itu, bahan baku ditambahkan kembali secara bertahap hingga mencapai volume 400 HI. Setelah mengental masakan di turunkan ke paling pendingin dan dilanjutkan ke putaran A. Proses pada stasiun masakan dapat dilihat pada **Gambar 4.4**

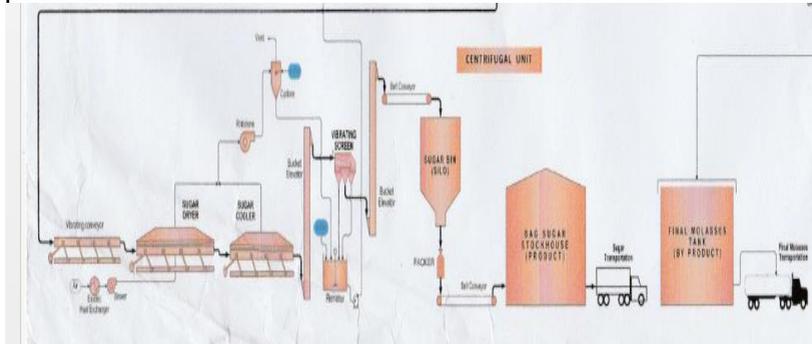


**Gambar 4.4** Bagan Proses Pada Stasiun Masakan/Kristalisasi  
Sumber : PG Kebon Agung

## 5. Stasiun Puteran

Stasiun putaran memiliki tujuan untuk memisahkan antara kristal gula dan cairannya (*mollase*). Dalam stasiun putaran, putaran dibagi menjadi 3 yaitu putaran gula jenis A, C dan D. Pada putaran A dilakukan 2 kali penyiraman menggunakan air dengan suhu sekitar 95°C., suhu air yang digunakan ini bergantung pada kualitas gula. Pada penyiraman pertama selama 10 detik akan menghasilkan *stroop* A, sedangkan penyiraman kedua akan menghasilkan *klare* A/SHS dan gula A. Hasil dari putaran A yaitu *stroop* A dan *klare* A/SHS, kemudian hasil ini akan dialirkan ke tangki penampungan dan digunakan kembali pada stasiun masakan, sedangkan gula A akan diturunkan ke talang. Pada putaran C dilakukan 1 kali penyiraman dengan menggunakan air dengan suhu sekitar 40 – 50°C. Pada penyiraman ini akan menghasilkan *stroop* C dan

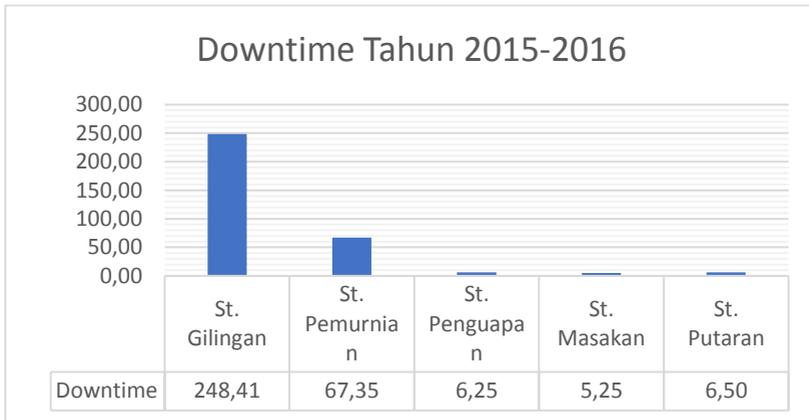
*einwurf C*, hasil ini akan dialirkan ke tangki penampungan dan digunakan kembali pada stasiun masakan. Pada putaran D dilakukan 1 kali penyiraman dengan menggunakan air dengan suhu sekitar 40 – 50°C. Hasil pada putaran D ini yaitu *Klare D* dan *einwurf D* yang nantinya akan digunakan kembali pada stasiun masakan. Proses pada stasiun masakan dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



**Gambar 4.5** Bagan Proses Pada Stasiun Putaran  
Sumber : PG Kebon Agung

#### 4.3 Deskripsi Objek Pengamatan

Selama proses produksi, tebu yang diolah menjadi gula akan melalui stasiun-stasiun yang memiliki mesin yang berbeda-beda. Pada setiap stasiun memiliki *downtime* yang mengakibatkan terganggunya proses produksi. Untuk menentukan stasiun dengan *downtime* tertinggi akan dilakukan seleksi dengan melihat jam berhentinya. Dengan berdasarkan data *downtime* pada tahun 2015-2016, dapat diketahui hasil pengolahan data seperti pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Downtime Tahun 2015-2016 di PG Kebon Agung  
 Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

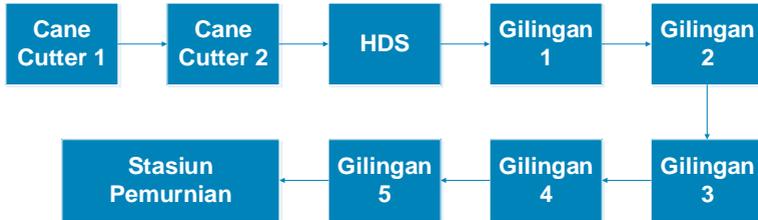
Dari data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa stasiun yang memiliki *downtime* atau jam berhenti paling tinggi yaitu stasiun gilingan dengan *downtime* 248.41 jam, kemudian dilanjutkan dengan stasiun pemurnian dengan *downtime* 67.35 kemudian stasiun penguapan dengan *downtime* 6,25 jam, stasiun putaran dengan *downtime* 6,50 dan yang terakhir yaitu stasiun masakan dengan *downtime* yaitu 5,25. Dari data *downtime* tersebut, stasiun yang memiliki jumlah *downtime* tertinggi yaitu stasiun gilingan, oleh karena itu objek yang akan di teliti pada penelitian ini akan ditujukan pada stasiun gilingan. Peneliti akan mencari mesin dan komponen mesin apa saja yang mengakibatkan *downtime* pada stasiun gilingan.

Stasiun Gilingan merupakan stasiun yang berfungsi untuk memerah nira secara maksimal dari dalam tebu dengan menggunakan air sebagai zat pelarut nira. Peralatan yang digunakan di stasiun gilingan dalam produksi gula di PG Kebon Agung ini adalah sebagai berikut:

1. *Cane Cutter* (Pisau Tebu), berfungsi untuk memotong batang tebu dengan ukuran antara 10-15cm.
2. *Heavy Duty Hammer Shredder* (HDHS), berfungsi untuk mencacah/menghancurkan potongan tebu menjadi bentuk serat batang tebu.

3. *Carrier*, berfungsi untuk mengangkat tebu/potongan tebu/cacahan tebu ke mesin gilingan
4. *Mill* (Gilingan), berfungsi untuk pemerah nira dari dalam tebu.

Urutan proses yang akan dilewati oleh tebu di stasiun gilingan ini diawali dengan *Cane Cutter* 1 dan berakhir pada Gilingan 5. Urutan proses dapat dilihat pada **Gambar 4.7**

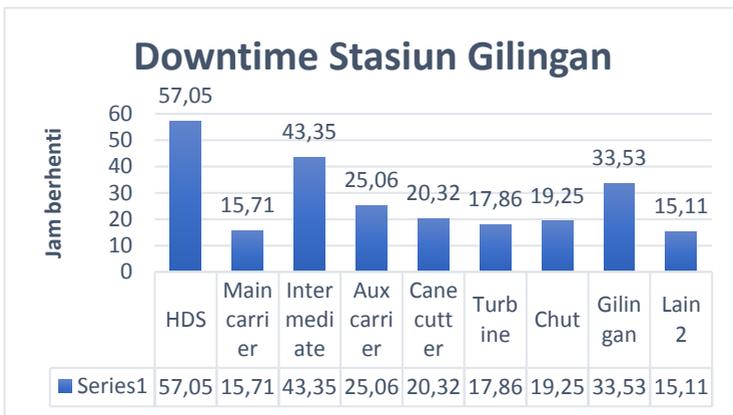


**Gambar 4.7** Urutan Proses Pada St. Gilingan  
 Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

Proses yang terjadi pada stasiun gilingan yang pertama yaitu tebu ditimbang dan diletakan diatas meja tebu, kemudian tebu diangkat menuju *cane cutter* dengan melewati *leveller* terlebih dahulu. *Leveller* digunakan untuk meratakan tumpukan tebu ketika akan masuk pada *cane cutter* dan HDHS. Tebu akan di potong kira-kira 10-15cm dengan menggunakan *cane cutter*, dan dihancurkan/dicacah dengan menggunakan HDHS. Tahap tersebut merupakan persiapan sebelum tebu masuk ke dalam mesin *mill* atau gilingan, tujuannya supaya proses pemerahan nira lebih optimal. Hasil dari cacahan tersebut kemudian dibawa dengan *elevator* dan akan di bawa menuju ke gilingan yang terdiri dari lima unit gilingan. Pada gilingan pertama dan kedua tebu akan menghasilkan *raw juice* yang nantinya akan langsung dibawa langsung ke proses pemurnian di stasiun pemurnian. Pada gilingan ketiga sampai dengan ke lima tebu tersebut akan di tambahkan air imbibisi dengan tujuan agar kadar gula yang dikandung dalam tebu dapat larut semaksimal mungkin. Suhu optimal air imbibisi yang digunakan yaitu 65-75°C. Bila suhu terlalu dingin maka tingkat kelarutan gula akan menurun, sedangkan bila terlalu panas maka akan melarutkan zat lilin yang

terdapat pada batang tebu. Air imbibisi yang ditambahkan sebesar 25-30% dari berat tebu yang masuk. Bila air imbibisi yang digunakan terlalu sedikit, maka kadar gula yang dilarutkan pun tidak maksimal dan bila terlalu banyak air imbibisi yang digunakan, maka akan berdampak pada beban penguapan di evaporator. Setelah tebu mengalami beberapa proses di stasiun gilingan ini maka dari batang tebu tersebut akan mengeluarkan zat cair dimana zat cair ini disebut nira.

etelah mengetahui mesin dan kegunaan mesin serta proses yang terjadi pada stasiun gilingan maka pengamatan ini akan dilanjutkan dengan melihat data *downtime* pada mesin di stasiun gilingan. Berdasarkan pengamatan, data *downtime* mesin di stasiun gilingan pada tahun 2015-2016 dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



**Gambar 4.8** Downtime Mesin di St Gilingan Tahun 2015-2016

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa pada stasiun gilingan mesin yang memiliki *downtime* tertinggi yaitu mesin HDHS atau *Heavy Duty HammerHammer Shredder* dengan *downtime* atau jam berhenti sebesar 57,05 jam. Kemudian dilanjutkan oleh *Intermediate Carrier* dengan *downtime* sebesar 43,35 jam. Setelah itu dilanjutkan dengan Gilingan dengan *downtime* sebesar 33,53 jam. Kemudian *downtime* selanjutnya yaitu mesin *Aux Carrier* dengan *downtime* 25,06 jam. Kemudian

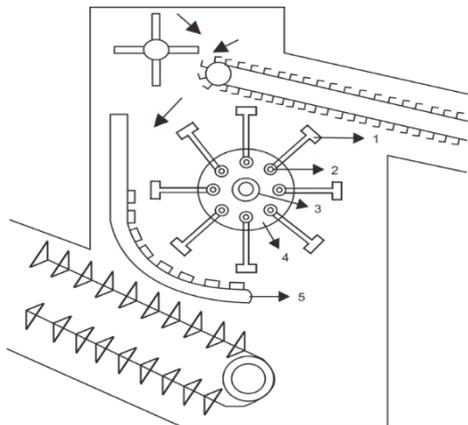
*Cane Cutter* dengan *downtime* 20,32 jam, dilanjutkan dengan *Chut* 19,25 jam, *Turbine* 17,86 jam, *Main Carrier* 15,71 jam, dan 15,11 jam untuk lain-lain. Dari data tersebut dipilihlah mesin HDHS karena memiliki *downtime* tertinggi yaitu sebesar 58,22 jam. Setelah diketahui mesin dengan *downtime* tertinggi, kemudian dilakukan pencarian komponen penyebab mesin tersebut memiliki *downtime* yang tinggi.

#### 4.4 Penentuan Mesin dan Komponen Mesin

*Heavy Duty Hammer Shredder* merupakan alat yang digunakan untuk mencacah potongan tebu menjadi serat potongan yang lebih kecil. Tujuan pencacahan tebu ini untuk memperoleh luas permukaan pemerahan yang lebih besar sehingga nira dapat terperah semaksimal mungkin. Mesin HDHS dapat dilihat pada **Gambar 4.9**. Komponen pada mesin HDHS terdiri dari:

1. *Hammer Tip* sebagai pemukul tebu setelah dicacah *Tip*
2. *Tangkai Hammer* sebagai tempat dudukan *Hammer Tip*
3. Rotor sebagai bagian motor listrik yang bergerak
4. *As Shredder* adalah tempat Rotor berputar
5. *Anvil* sebagai landasan tempat *Hammer* memukul

**Gambar 4.9** Mesin HDHS



Sumber: PG Kebon Agung

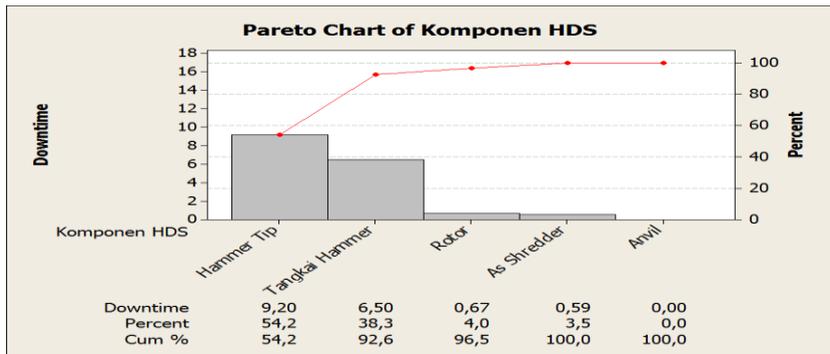
Data *downtime* mesin HDHS didapatkan dari *daily report* yang dimiliki oleh departemen teknik. Data *downtime* komponen menunjukkan lamanya kegagalan dan tingkat kegagalan komponen yang terjadi pada tahun 2015 hingga tahun 2016. Data tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

**Tabel 4.1** *Downtime* Komponen HDHS

No.	Komponen	<i>Downtime</i> (Jam)	Frekuensi Kerusakan
1	Tangkai <i>Hammer</i>	6,5	7
2	<i>Hammer Tip</i>	9,2	7
3	Rotor	0,67	2
4	<i>Anvil</i>	-	-
5	<i>As Shredder</i>	0,59	2

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

Untuk menentukan komponen mesin yang menyebabkan mesin HDHS memiliki *downtime* yang tinggi yaitu dengan menggunakan diagram *pareto*. Diagram *pareto* memiliki aturan 80-20, yang memiliki arti bahwa untuk banyaknya kejadian sekitar 80% dari efeknya disebabkan oleh 20% penyebabnya. Berdasarkan diagram *pareto* data komponen mesin yang dipilih dapat dilihat pada **Gambar 4.10**



**Gambar 4.10** Diagram *Pareto Downtime* Komponen HDHS

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

Dari diagram *pareto* diatas dapat diketahui bahwa 80% kerusakan mesin HDHS disebabkan oleh *Hammer Tip* dan Tangkai *Hammer*. Komponen-komponen tersebut nantinya akan

digunakan untuk objek penelitian ini. **Gambar 4.11** merupakan komponen Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip*.



(a) *Hammer Tip*



(b) *Tangkai Hammer*

**Gambar 4.11** *Hammer Tip* (a) dan *Tangkai Hammer* (b)  
Sumber: PG Kebon Agung

Data waktu kerusakan *Hammer Tip* dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dan *Tangkai Hammer* dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Data kerusakan *Hammer Tip* dan *Tangkai Hammer* merupakan data kerusakan pada tahun 2015 hingga tahun 2016.

**Tabel 4.2** Data Waktu Kerusakan *Tangkai Hammer* Tahun 2015-2016

No.	Tanggal	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	13 Juli 2015	0,47	-
2	19 September 2015	1	1008
3	22 Oktober 2015	1,6	792
4	29 Oktober 2015	1	168
5	39 Oktober 2015	0,85	24
6	9 November 2015	1,08	240
7	27 Oktober 2016	0,5	2976

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

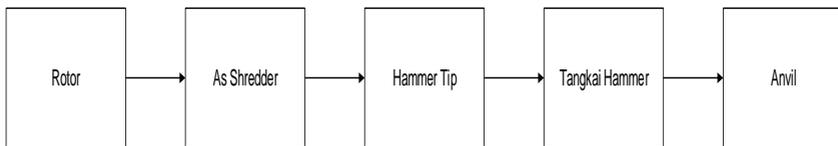
**Tabel 4.3** Data Waktu Kerusakan *Hammer Tip* Tahun 2015-2016

No.	Tanggal	TTR (Jam)	TTF (Jam)
1	8 Oktober 2015	0,83	-
2	21 Oktober 2015	0,4	312
3	2 November 2015	0,92	288
4	23 Juli 2016	1,5	672
5	8 September 2016	1,5	1128
6	18 Desember 2016	0,33	2184
7	21 Desember 2016	3,72	72

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

#### 4.5 *Functional Block Diagram (FBD) HDHS*

*Functional Block Diagram (FBD)* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara masing-masing *sub assembly* dengan mengamati beberapa proses pada komponen. Pada penelitian ini FBD akan menggambarkan hubungan masing-masing *sub-assembly* pada mesin HDHS. Hasil *Functional Block Diagram (FBD)* mesin HDHS dapat dilihat pada **Gambar 4.12**



**Gambar 4.12** *Functional Block Diagram (FBD)* Komponen Mesin HDHS

Sumber : PG Kebon Agung

*Functional Block Diagram (FBD)* dari mesin HDHS dapat dilihat pada gambar diatas, hasilnya yaitu pada FBD mesin HDHS komponen yang pertama yaitu Rotor. Rotor merupakan elemen yang berputar, pada rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan-lilitan kawatnya dialiri oleh arus searah. Pertama-tama Rotor ini akan berputar dimana rotor berhubungan dengan *As shredder*. Pada saat *As shredder* berputar maka komponen *Hammer Tip* akan ikut berputar pula, karena *As shredder* merupakan tempat dudukan *Hammer Tip*. Ada satu komponen lagi yang ikut berputar, komponen tersebut adalah Tangkai

*Hammer*. Tangkai *Hammer* ikut berputar karena memiliki hubungan dengan *Hammer Tip*, *Hammer Tip* sendiri merupakan tempat duduk dari Tangkai *Hammer*, pada saat *As shredder* berputar maka *Hammer Tip* dan Tangkai *Hammer* pun ikut berputar. Tangkai *Hammer* digunakan untuk menghaluskan cacahan tebu. Cacahan tebu yang akan dihaluskan akan melewati *Anvil*. *Anvil* merupakan tempat *Hammer* menghaluskan/ memukul cacahan tebu tersebut, oleh karena itu *Anvil* dan Tangkai *Hammer* memiliki hubungan antar komponen.

## 4.6 Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode RCM II

### 4.6.1 System Function dan Function Failure

Objek pada penelitian ini yaitu komponen dari mesin *Heavy Duty Hammer Shredder*, dari diagram *pareto* yang telah dijelaskan diatas maka komponen dari HDHS yang terpilih yaitu *Hammer Tip* dan Tangkai *Hammer*. Pada sub-bab ini akan menjelaskan tentang fungsi dari komponen *Hammer Tip* dan Tangkai *Hammer* serta mengetahui kegagalan fungsi dari komponen tersebut. Hasil system function dan function failure dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

**Tabel 4.4** Fungsi dan Kegagalan Fungsi Komponen *Tangkai Hammer* dan *Hammer Tip*

Komponen	Function	Function Failure
<i>Hammer Tip</i>	Berfungsi untuk memukul tebu yang telah dicacah sehingga dapat memudahkan pada proses penggilingan.	Gagal untuk memukul cacahan tebu
<i>Tangkai Hammer</i>	Berfungsi sebagaiudukan <i>Hammer Tip</i>	Gagal untuk memegang <i>Hammer Tip</i>

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Pada Tabel dapat dilihat bahwa komponen pertama yaitu *Hammer Tip* yang memiliki fungsi untuk memukul tebu yang telah di cacah pada mesin *cane cutter* dan untuk memudahkan pada proses penggilingan. Kegagalan fungsi yang dialami *Hammer Tip*

bila terjadi kerusakan yaitu gagal untuk memukul cacahan tebu, sehingga tidak dapat melakukan proses selanjutnya.

Komponen yang kedua yaitu *Tangkai HammerTip*. *Tangkai Hammer* memiliki fungsi sebagai tempat duduk *Hammer Tip* atau untuk memegang *Hammer Tip*. Kegagalan fungsi yang terjadi pada *Tangkai Hammer* yaitu bila komponen ini gagal untuk memegang *Hammer Tip*, atau dalam kata lain *Tangkai Hammer* ini lepas.

#### **4.6.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

Setelah diketahui *System Function* dan *Function Failure* langkah selanjutnya yaitu membuat *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tujuan pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yaitu untuk mencari penyebab kegagalan dari fungsi komponen pada mesin HDHS dan juga akibat apa saja yang akan terjadi bila komponen tersebut mengalami kegagalan. Penyebab kegagalan fungsi komponen akan dijelaskan pada kolom *Failure Mode*, sementara akibat kegagalan akan dijelaskan pada kolom *Failure Effect*. Hasil dari tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

Dapat dilihat pada tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bahwa pada komponen pertama yaitu *Hammer Tip* penyebab kegagalannya yaitu *Hammer* patah, *Hammer* tersebut patah karena memukul benda yang keras atau cacahan tebu yang tidak tercacah dengan sempurna. Kemudian akibat dari kegagalan tersebut mesin HDHS berhenti dan tidak dapat mencacah tebu yang mengakibatkan proses produksi berhenti pada St. Gilingan.

Dapat dilihat pada tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bahwa Pada komponen yang kedua yaitu *Tangkai Hammer* penyebab kegagalan yang terjadi yaitu *Tangkai Hammer Tip* Putus atau terlepas dari *As shredder* sehingga *Hammer Tip* pun ikut terlepas dan tidak dapat melakukan pencacahan. Akibat yang terjadi bila *Tangkai Hammer* mengalami kerusakan yaitu mesin HDHS tidak dapat mencacah tebu yang mengakibatkan proses produksi pada St Gilingan berhenti.

#### **4.6.3 Distribusi Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)**

Setelah mengetahui *function* dan *function failure* serta *fmea*, langkah selanjutnya yaitu pengujian distribusi. Pengujian distribusi ini digunakan untuk menentukan distribusi yang dipilih, dimana dari distribusi yang dipilih maka rumus untuk perhitungan MTTF dan MTTR akan di dapatkan. Pengujian distribusi ini dilakukan dengan mengidentifikasi pola dari data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR). Dari pengujian distribusi ini akan membentuk salah satu dari empat jenis distribusi, empat jenis distribusi ini yaitu distribusi *Weibull*, Eksponensial, Normal dan *Lognormal*. Kemudian dipilih rumus untuk menghitung MTTR dan MTTF dari masing-masing komponen.

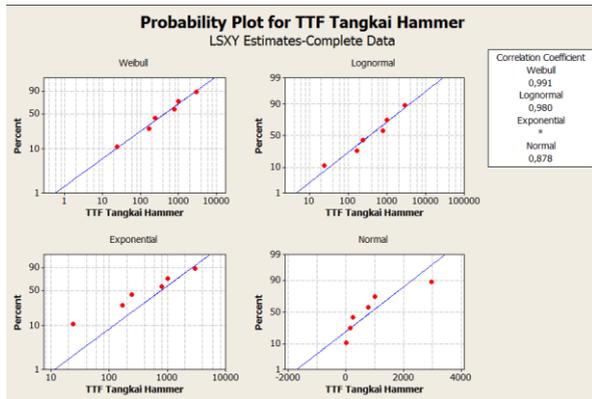
**Tabel 4.5** *Failure Mode and Effect Analysis*

<b>FMEA WORKSHEET</b>		SYSTEM : <i>HEAVY DUTY HAMMERHAMMER SHREDDER</i>		Facilitator : Sri Winarno	
		SUB-SYSTEM : <i>HEAVY DUTY HAMMERHAMMER SHREDDER</i>		Auditor : Farhan Azhari	
No.	Komponen	<i>Function</i>	<i>Functional Failure (loss of function)</i>	<i>Failure Mode (cause of failure)</i>	<i>Failure Effect (what happen when it failure)</i>
1	<i>Hammer TipHammer</i>	Berfungsi untuk memukul tebu yang telah dicacah sehingga dapat memudahkan pada proses penggilingan.	Gagal untuk memukul cacahan tebu	<i>Hammer TipHammer</i> Patah	Tidak dapat mencacah tebu sehingga proses produksi akan berhenti
2	<i>Tangkai HammerTip</i>	Berfungsi sebagai Dudukan Hammer Tip <i>Hammer</i>	Gagal untuk memegang Hammer Tip <i>Hammer</i>	<i>Tangkai HammerTip</i> terlepas dari As <i>shredder</i>	Tidak dapat memegang Hammer Tip sehingga tidak dapat mencacah tebu sehingga proses produksi akan berhenti

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.3.1 Distribusi *Time to Failure* (TTF) dan Parameter Komponen dengan *Downtime* Tertinggi

Pada pengujian distribusi ini tahap yang pertama yaitu dengan menguji *goodness of fit* dari data TTF. Pengujian ini dilakukan dengan melihat nilai *anderson darling* (AD) yang terdapat pada *Probability Plot*. Menurut Soesetyo dan Liem (2014), Kriteria pemilihan distribusi adalah dengan melihat nilai statistik *Anderson-Darling* (AD) yang paling kecil dan *pearson correlation coefficient*. Nilai AD berfungsi untuk mengukur kesesuaian terhadap distribusi tertentu. Semakin kecil nilai AD menunjukkan bahwa data semakin sesuai dengan distribusi yang diuji. Nilai *pearson correlation coefficient* merupakan ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antar variabel. Setelah diketahui distribusinya langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengujian kembali untuk menunjukkan *Distribution Overview Plot*, dimana pada *distribution probability plot* terdapat nilai-nilai yang dibutuhkan untuk menghitung MTTR dan MTTF. Pengujian distribusi *time to failure* (TTF) dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16, dimana langkah-langkah menggunakan *software* Minitab 16 terdapat pada **Lampiran 5**. Hasil *Probability Plot* dan nilai *Anderson Darling* (AD) dari pengujian distribusi TTF pada komponen *Hammer Tip* dapat dilihat pada **Gambar 4.13**



**Distribution ID Plot: TTF Tangkai Hammer**

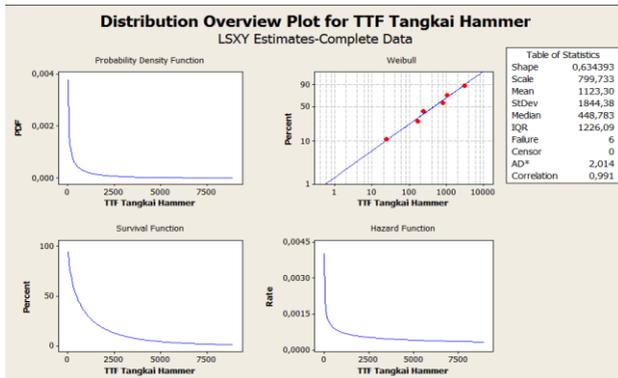
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,014	0,991
Lognormal	2,052	0,980
Exponential	2,099	*
Normal	2,417	0,878

**Gambar 4.13** Hasil Pengolahan Data TTF *Tangkai Hammer*

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

Dari pengujian *Goodness of fit* data diatas dapat dilihat bahwa terdapat nilai Anderson-Darling untuk distribusi *Weibull* yaitu 2,014. Nilai Anderson-Darling pada distribusi *Lognormal* yaitu 2,052. Nilai Anderson-Darling pada distribusi *Exponential* yaitu 2,099. Nilai Anderson-Darling pada distribusi Normal yaitu 2,417. Nilai Anderson-Darling terkecil pada data TTF *Tangkai Hammer* ini terletak pada distribusi *Weibull* dengan AD sebesar 2,014. Maka perhitungan MTTF akan dihitung dengan menggunakan distribusi *Weibull*. Perhitungan MTTF dengan distribusi *Weibull* ini akan membutuhkan nilai *Shape* serta *scale*, untuk melihat nilai tersebut maka harus melihat dari hasil *Distribution Overview Plot*. Hasil *Distribution Overview Plot* dari nilai TTF komponen *Tangkai Hammer* ini dapat dilihat pada **Gambar 4.14**



**Gambar 4.14** Penentuan Parameter Distribusi Weibull Data TTF Tangkai *Hammer Tip*

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

Parameter *shape* ( $\beta$ ) menggambarkan laju kerusakan komponen sementara Parameter *scale* ( $\theta$ ) merupakan nilai tengah dari pola data, pada parameter *shape* ( $\beta$ ) memiliki ketentuan:

- $\beta > 1$  : laju kerusakan cenderung menurun
- $\beta = 1$  : laju kerusakan cenderung konstan
- $\beta < 1$  : laju kerusakan cenderung meningkat

Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai *Shape* yaitu 0,634393 dan nilai *Scale* yaitu 799,733. Untuk penentuan distribusi TTF komponen *hammer tip* didapatkan bahwa distribusinya yaitu distribusi *Weibull*. Hasil Probability plot dan *Distribution Overview Plot* serta nilai *Anderson-Darling* dapat dilihat pada **Lampiran 64**. Pada distribusi *Weibull* dibutuhkan nilai *Shape* dan *Scale*, dimana didapatkan nilai *shape* yaitu 0,895038 dan nilai *scale* yaitu 821,349. Data hasil penentuan jenis distribusi dan parameter dapat dilihat ada **Tabel 4.6**

**Tabel 4.6** Jenis Distribusi dan Parameter TTF Tiap Komponen

No.	Nama Komponen	Jenis Distribusi	Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\theta$ )
1	Tangkai <i>Hammer</i>	<i>Weibull</i>	0,634393	799,733
2	<i>Hammer Tip</i>	<i>Weibull</i>	0,895038	821,349

Sumber: Hasil pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.3.2 Mean Time to Failure (MTTF) Komponen dengan Downtime Tertinggi

Pada tahap ini langkah yang dilakukan yaitu perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF). Pada data *Time to Failure* TTF didapatkan distribusi pada *Hammer Tip* yaitu distribusi *Weibull*, oleh karena itu perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) menggunakan rumus (8) yaitu rumus MTTF dengan distribusi *Weibull*. Adapun rumus MTTF yang berdistribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

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

$$MTTF = 821,349 \Gamma(1 + \frac{1}{0,895038})$$

$$MTTF = 821,349 \Gamma(2,117271)$$

$$MTTF = 821,349(1,05539)$$

$$MTTF = 866,8 \text{ Jam}$$

Keterangan:

Nilai Tabel gamma ( $\Gamma$ ) 2,117271 = 1,05539

Dari hasil perhitungan , maka diperoleh MTTF pada komponen *Hammer Tip* sebesar 866,8 jam. Ini berarti rata-rata umur komponen dari *Hammer Tip* selama 866,8 jam. Pada komponen Tangkai *Hammer* perhitungan MTTF menggunakan rumus (8), karena distribusi pada komponen Tangkai *Hammer* yaitu berjenis *Weibull*. Adapun rumus MTTF yang berdistribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

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

$$MTTF = 799,733 \Gamma(1 + \frac{1}{0,634393})$$

$$MTTF = 799,733 \Gamma(2,576309953)$$

$$MTTF = 799,733(1,404598174)$$

$$MTTF = 1123,3 \text{ Jam}$$

Keterangan:

Nilai Tabel gamma ( $\Gamma$ ) 2,576309953 = 1,404598174

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil MTTF pada komponen Tangkai *Hammer* yaitu selama 1123,3 jam. Ini merupakan umur rata-rata dari Tangkai *Hammer* yaitu selama 1123,3 jam. Hasil MTTF kedua komponen tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

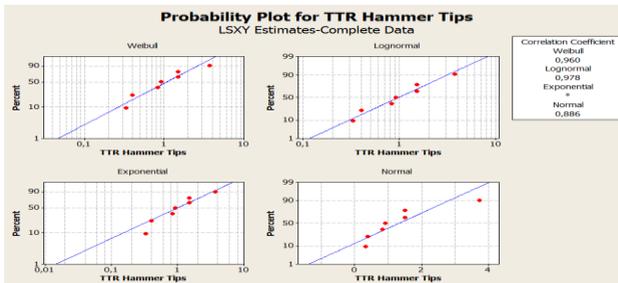
**Tabel 4.7** Hasil *Mean Time to Failure* (MTTF) Tiap Komponen

Komponen	MTTF (Jam)
Tangkai <i>Hammer</i>	1123,3
<i>Hammer Tip</i>	866,8

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.3.3 Distribusi Time to Repair (TTR) dan Paramater Komponen dengan *Downtime* Tertinggi

Pada pengujian distribusi ini, data yang dilihat yaitu data time to repair (TTR), TTR merupakan waktu antar perbaikan. Penelitian jenis distribusi ini dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16. Hasil Probability Plot dan nilai Anderson Darling (AD) dari pengujian distribusi TTR pada komponen *Hammer Tip* dapat dilihat pada **Gambar 4.15**



### Distribution ID Plot: TTR Hammer Tips

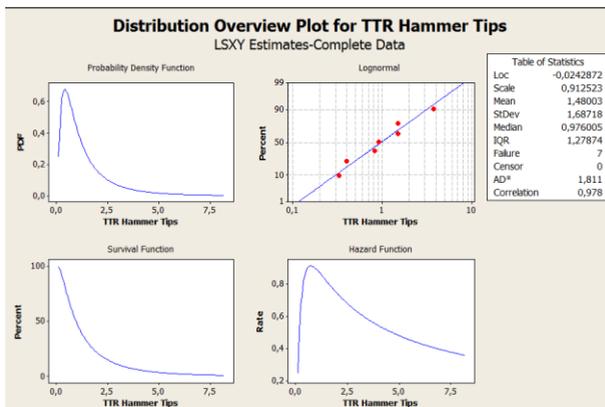
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,000	0,960
Lognormal	1,811	0,978
Exponential	1,930	*
Normal	2,213	0,886

**Gambar 4.15** Hasil Pengolahan Distribusi Data TTR *Hammer Tip*  
 Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari pengujian *Goodness of fit* data diatas dapat dilihat bahwa terdapat nilai Anderson-Darling untuk distribusi *Weibull* yaitu 2,000. Nilai Anderson-Darling pada distribusi *Lognormal* yaitu 1,811. Nilai Anderson-Darling pada distribusi *Exponential* yaitu 1,930. Nilai Anderson-Darling pada distribusi *Normal* yaitu 2,213. Nilai Anderson-Darling terkecil pada data TTR *Hammer Tip* ini terletak pada distribusi *Lognormal* dengan AD sebesar 1,811. Maka perhitungan MTTR akan dihitung dengan menggunakan distribusi *Lognormal*. Perhitungan MTTR dengan distribusi *Lognormal* ini akan membutuhkan nilai *median* serta *scale*, untuk melihat nilai tersebut maka harus melihat dari hasil *Distribution Overview Plot*. Hasil *Distribution Overview Plot* dari nilai TTR komponen *Hammer Tip* ini dapat dilihat pada **Gambar 4.16**

**Gambar 4.16** Penentuan Parameter Distribusi Lognormal Data TTR *Hammer Tip*



Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai *median* yaitu 0,976005 dan nilai *scale* yaitu 0,912523. Untuk penentuan distribusi TTR komponen Tangkai *hammer* didapatkan bahwa distribusinya yaitu distribusi Normal. Hasil Probability plot dan Distribution Overview Plot serta nilai Anderson-Darling dapat dilihat pada **Lampiran 75**. Pada distribusi Normal dibutuhkan nilai *Mean*, dimana didapatkan nilai *mean* yaitu 0,92871. Data hasil penentuan jenis distribusi dan parameter dapat dilihat ada **Tabel 4.8**

**Tabel 4.8** Jenis Distribusi dan Parameter TTR Tiap Komponen

No	Nama Komponen	Jenis Distribusi	Mean	Scale ( $\theta$ )	Median ( <i>tmed</i> )
1	Tangkai Hammer	Normal	0,92871	-	-
2	Hammer Tip	Lognormal	-	0,912523	0,92871

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.3.4 Mean Time to Repair (MTTR) Komponen dengan Downtime Tertinggi

Pada tahap ini langkah yang dilakukan yaitu perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR). Pada data *Time to Repair* (TTR) didapatkan distribusi pada *Hammer Tip* yaitu distribusi *Lognormal*, oleh karena itu perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) menggunakan rumus (6) yaitu rumus MTTR dengan distribusi *Lognormal*. Adapun rumus MTTR yang berdistribusi *Lognormal* adalah sebagai berikut:

$$MTTR = tmed e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR = 0,92871 e^{\frac{0,912523^2}{2}}$$

$$MTTR = 0,92871 e^{0,416349113}$$

$$MTTR = 0,92871 (1,516415176)$$

$$MTTR = 1,48 \text{ jam}$$

Keterangan:

$$\text{Nilai } e (0,416349113) = 1,516415176$$

Dari hasil perhitungan , maka diperoleh MTTR pada komponen *Hammer Tip* sebesar 1,48 jam. Ini berarti rata-rata perbaikan komponen dari *Hammer tip* selama 1,48 jam. Pada komponen Tangkai *Hammer* perhitungan MTTR menggunakan rumus (5), karena distribusi pada komponen Tangkai *Hammer* yaitu berjenis Normal. Adapun rumus MTTR yang berdistribusi Normal adalah sebagai berikut:

$$MTTR = \mu$$

$$MTTR = 0,92871$$

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil MTTR pada komponen Tangkai *Hammer* yaitu selama 0,92871 jam. Ini merupakan rata-rata perbaikan dari Tangkai *Hammer* yaitu selama 0,92871 jam. Hasil MTTR kedua komponen tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.9**

**Tabel 4.9** Hasil *Mean Time to Repair* (MTTR) Tiap Komponen

Komponen	MTTR (Jam)
Tangkai <i>Hammer</i>	0,92871
<i>Hammer Tip</i>	1,48

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.4 Total Biaya Perawatan

Setelah melakukan perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR) langkah selanjutnya yang akan dilakukan yaitu perhitungan total biaya perawatan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui biaya apa saja yang dikeluarkan oleh perusahaan pada saat perawatan, serta mengetahui total biaya minimum yang dikeluarkan oleh perusahaan. Pada total biaya minimum data biaya yang perlu diketahui yaitu biaya kerugian produksi karena perawatan mesin/komponen, biaya pergantian komponen mesin serta biaya tenaga kerja. Perhitungan biaya kerugian produksi, biaya pergantian komponen dan biaya tenaga kerja dapat dilihat dibawah ini:

### 1. Biaya Kerugian Produksi

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena mesin tidak dapat melakukan proses produksi. Hal ini mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian karena tidak dapat melakukan proses produksi. Pada PG Kebon Agung HDHS merupakan mesin pada line utama proses produksi. Mesin HDHS ini memiliki kapasitas produksi sebesar 5 ton/jam atau 5000kg/jam dengan harga gula di pasar sebesar Rp 11.500,-. Biaya kerugian produksi dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

Biaya Kerugian Produksi = Kapasitas Produksi x Harga gula

Biaya Kerugian Produksi = 5000 x Rp 11.500,-

Biaya Kerugian Produksi = Rp 57.500.000,-

### 2. Biaya Pergantian Komponen

Biaya pergantian Komponen merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pergantian komponen mesin. Pada mesin HDHS komponen yang dipertimbangkan yaitu Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip*. Biaya komponen Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip* dapat dilihat pada **Tabel 4.10**

**Tabel 4.10** Harga Komponen Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip*

No.	Komponen	Harga (Rp)
1.	Tangkai <i>Hammer</i>	627.500,-
2.	<i>Hammer Tip</i>	2.800.000,-

Sumber: Data Penelitian

### 3. Biaya Tenaga Kerja

Biaya Tenaga Kerja merupakan Biaya yang dikeluarkan untuk membayar tenaga kerja yang melakukan tindakan perawatan. Pada PG Kebon Agung bila mesin rusak maka pekerja dari bagian teknik akan melakukan tindakan perawatan. Jumlah jam kerja selama satu hari yaitu 8 jam yang termasuk di dalamnya jam istirahat selama 1 jam. Bila mesin HDHS rusak maka terdapat 2 teknisi yang akan memperbaikinya. Data perhitungan biaya tenaga kerja pada PG Kebon Agung dapat dilihat pada **Tabel 4.11**

**Tabel 4.11** Biaya Tenaga Kerja Perawatan HDHS

Tenaga Kerja	Biaya Per hari (Rp)	Biaya Per Jam (Rp)
Teknisi 1	214.800	30.685
Teknisi 2	214.800	30.685
Total	429.600	61.370

Sumber: Data Penelitian

Dari data diatas dapat dilihat bahwa total biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp 429.600,- per hari dan Rp 61.370 per jamnya. Setelah mendapatkan ketiga biaya diatas langkah selanjutnya yaitu perhitungan *Failure Cost (Cf)* dan *Preventive Cost (Cp)*. Perhitungan *Failure Cost (Cf)* dan *Preventive Cost (Cp)* akan menggunakan data biaya kerugian produksi, data biaya pergantian komponen dan data biaya tenaga kerja. Perhitungan *Failure Cost (Cf)* dan *Preventive Cost (Cp)* dapat dilihat dibawah ini:

a. *Failure Cost (Cf)*

$Cf = [(Biaya\ Tenaga\ Kerja + Biaya\ Kerugian\ Produksi) \times Tf] +$   
Harga Komponen

$$Cf = [(Rp\ 61.370,- + Rp\ 57.500.000,-) \times 0,98271] + Rp\ 627.500,-$$
$$Cf = Rp\ 57.193.633,-$$

Keterangan:

$Tf$  = Nilai MTTR pada masing-masing komponen yang telah dihitung sebelumnya

Pada perhitungan diatas dapat dilihat bahwa *failure cost* yang dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebesar Rp 57.193.633,- untuk komponen Tangkai *Hammer*. Untuk perhitungan Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip* dapat dilihat pada **Tabel 4.12**

**Tabel 4.12** Hasil Perhitungan *Failure Cost* (Cf)

Nama Komponen	Harga Komponen (Rp)	Biaya Kerugian Produksi (Rp/Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)	Tf (Jam)	Cf (Rp)
Tangkai Hammer	627.500	57.500.000	61.370	0,92871	57.193.633
Hammer Tip	2.800.000	57.500.000	61.370	1,48	87.990.827

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa *failure cost* yang dikeluarkan oleh perusahaan bila terjadinya kerusakan pada komponen *Hammer tip* yaitu sebesar Rp 57.193.633,. Pada biaya *failure cost* ini diasumsikan bahwa komponen ini memiliki *reliability* yang rendah sehingga perlu dilakukannya pergantian pada komponen tersebut. Hasil *failure cost* pada komponen tangkai hammer menjadi lebih kecil di dibandingkan dengan biaya produksi, hal ini diakibatkan pada waktu *Tf* sebesar 0,92871 jam sementara pada biaya kerugian produksi dalam 1 jam.

b. *Preventive Cost* (Cp)

$C_p = [(Biaya\ Tenaga\ Kerja + Biaya\ Kerugian\ Produksi) \times T_p] +$   
 Harga Komponen

$C_p = [(Rp\ 61.370,- + Rp\ 57.500.000,-) \times 0,5] + Rp\ 627.500,-$

$C_p = Rp\ 29.408.185$

Keterangan :

*T<sub>p</sub>* = waktu perbaikan setelah adanya penjadwalan. Data ini didapatkan dari wawancara dengan pembimbing lapangan

- Komponen Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip* memerlukan waktu perbaikan selama 0,5 jam

Pada data diatas nilai dari *preventive cost* untuk komponen Tangkai *Hammer* sebesar Rp 29.408.185. dengan cara yang sama nilai *preventive cost* untuk komponen *Hammer Tip* dapat dilihat pada **Tabel 4.13**

**Tabel 4.13** Preventive Komponen Tangkai Hammer dan Hammer Tipcost

Nama Komponen	Harga Komponen (Rp)	Biaya Kerugian Produksi (Rp/Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)	Tp (Jam)	Cp(Rp)
Tangkai Hammer	627.500	57.500.000	61.370	0,5	29.408.185
Hammer Hammer Tip	2.800.000	57.500.000	61.370	0,5	31.580.685

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

Setelah didapatkan *Failure Cost* dan *Preventive Cost* langkah selanjutnya yaitu menghitung interval perawatan yang optimal. Perhitungan interval perawatan ini menggunakan rumus (12). Perhitungan interval perawatan yang optimal untuk setiap komponen dapat dilihat dibawah ini:

$$TM = \theta \left( \frac{CP}{CF-CP} \times \frac{1}{\beta-1} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Contoh perhitungan TM komponen Tangkai Hammer

$$TM = 799,733 \left( \frac{29.408.185}{57.193.633 - 29.408.185} \times \frac{1}{0,634393-1} \right)^{\frac{1}{0,634393}}$$

$$TM = 799,733(1,058402371 \times 0,634393)^{1,576309953}$$

$$TM = 426,8329 \text{ jam}$$

Pada perhitungan diatas didapatkan bahwa pada komponen Tangkai Hammer interval perawatan yang optimal sebesar 426,8329 jam. Interval perawatan ini akan memberikan informasi mengenai komponen yang memerlukan perawatan dan juga informasi mengenai jangka waktu komponen yang dapat bekerja dengan optimal. Untuk perhitungan interval perawatan Tangkai Hammer dan Hammer Tip dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

**Tabel 4.14** Hasil Perhitungan Interval Perawatan

Nama Komponen	Shape ( $\beta$ )	Scale ( $\theta$ )	$C_p$ (Rp)	$C_f$ (Rp)	TM (Jam)
Tangkai	0,6343	799,73	29.408.1	57.193.6	426,83
Hammer	93	3	85	33	29
Hammer Tip	0,8950	821,34	31.580.6	87.990.8	379,52
	38	9	85	27	57

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian

#### 4.6.4.1 Total Cost Maintenance (TC) dan Reliability (R)

Setelah melakukan perhitungan interval perawatan, langkah selanjutnya yaitu perhitungan *total cost maintenance* dan *reliability*. *Total cost maintenance* merupakan perhitungan total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan perawatan/perbaikan. Perhitungan *total cost maintenance* akan meliputi *failure cost* ( $C_f$ ) dan *preventive cost* ( $C_p$ ). Selain menghitung *total cost maintenance*, pada sub bab ini akan melakukan perhitungan *reliability* atau keandalan. Perhitungan *reliability* ini digunakan untuk melihat tingkat produktivitas suatu mesin selama selang waktu tertentu. Perhitungan *total cost maintenance* dan *reliability* pada komponen HDHS dapat dilihat dibawah ini:

1. Perhitungan Total Cost Maintenance dan Reliability pada komponen Tangkai Hammer

$$\begin{aligned}
 TC_{MTTF} &= \frac{C_f}{\theta^\beta} MTTF^{\beta-1} + \frac{C_p}{MTTF} \\
 &= \frac{57.193.633}{799,733^{0,634393}} 1123,3^{0,634393-1} + \frac{29.408.185}{1123,3} \\
 &= \text{Rp } 89.342,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{MTTF} &= e^{-\left(\frac{MTTF}{\theta}\right)^\beta} \\
 &= e^{-\left(\frac{1123,3}{799,733}\right)^{0,634393}} \\
 &= 0,289232631
 \end{aligned}$$

Dari Hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai dari *total cost maintenance* ( $TC_{MTTF}$ ) sebesar Rp 89.342,- nilai ini merupakan nilai biaya perawatan per jamnya dan akan digunakan untuk perhitungan *total cost maintenance*. Dapat dilihat bahwa nilai reliabilitinya sebesar 0,289232631. Hasil

perhitungan biaya perawatan dari komponen Tangkai *hammer* selama periode 2015-2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.15**

**Tabel 4.15** *Total Cost Maintenance (TC<sub>M<sub>MTF</sub></sub>*) Tangkai *Hammer* Periode 2015 - 2016

Tanggal	TTR	Biaya Perawatan per jam (Rp/Jam)	Total Cost Maintenance (TC) (Rp)
13 Juli 2015	0,47	89.342	41.990
19 September 2015	1	89.342	89.342
22 Oktober 2015	1,6	89.342	142.947
29 Oktober 2015	1	89.342	89.342
30 Oktober 2015	0,85	89.342	75.941
09 November 2015	1,08	89.342	96.489
27 Oktober 2016	0,5	89.342	44.671
<b>Total</b>			<b>580.725</b>

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai total cost *maintenance* mesin Tangkai *hammer* pada periode 2015 – 2016 sebesar Rp 580.725,-. Langkah selanjutnya yang akan dilakukan yaitu perhitungan total cost *maintenance* dan *reliability* komponen Tangkai *hammer* sesuai dengan interval perawatan. Perhitungan *Total Cost Maintenance (TC<sub>TM</sub>)* dan *Reliability (R<sub>TM</sub>)* komponen Tangkai *hammer* sesuai dengan interval perawatan dapat dilihat dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 TC_{TM} &= \frac{Cf}{\theta\beta} TM^{\beta-1} + \frac{Cp}{TM} \\
 &= \frac{57.193.633}{799,733^{0,634393}} 426,8329^{0,634393-1} + \frac{29.408.185}{426,8329} \\
 &= \text{Rp } 158.868,- \\
 R_{TM} &= e^{-\left(\frac{TM}{\theta}\right)^{\beta}} \\
 &= e^{-\left(\frac{426,8329}{799,733}\right)^{0,634393}} \\
 &= 0,510970687
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan dapat dilihat bahwa nilai dari *Total Cost Maintenance* ( $TC_{TM}$ ) sebesar Rp 158.868,- dan *Reliability* ( $R_{TM}$ ) sebesar 0,510970687. Perhitungan biaya perawatan komponen Tangkai *hammer* setelah adanya interval perawatan dapat dilihat pada **Tabel 4.16**

**Tabel 4.16** *Total Cost Maintenance* ( $TC_{TM}$ ) Tangkai *Hammer* setelah Interval Perawatan

Tanggal	TTR (Jam)	TTF (Jam)	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability Rate (%)
13/07/2015	0,5	-	24	0,2	23,8	99,17
19/09/2015	0,5	1008	24	0,5	23,5	97,92
22/10/2015	0,5	792	24	0,5	23,5	97,92
29/10/2015	0,5	168	24	0,5	23,5	97,92
30/10/2015	0,5	24	24	0,5	23,5	97,92
09/11/2015	0,5	240	24	0,5	23,5	97,92
27/10/2016	0,5	2976	24	0,5	23,5	97,92
Total TTR	3,5					
Loading Time			168			
Total Downtime				3,2		
Total Operation Time					164,8	
Total Availability Rate						98,10

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa total dari total cost *maintenance* komponen Tangkai *hammer* setelah terdapat interval perawatan sebesar Rp 293.185,-. Setelah dilakukan perhitungan lalu dilakukan analisis dan memperoleh hasil bahwa  $TC_{MTTF} > TC_{TM}$  dengan penurunan biaya sebesar Rp 580.725 – Rp 556.041 = Rp 24.684 per tahun atau penurunannya sama dengan 2,17%. Dari nilai *reliability* menunjukkan hasil  $R_{MTTF} < R_{TM}$  dengan nilai awal sebesar 0,289232631 menjadi 0,510970687. Bila dimasukkan kedalam persentase maka akan di dapatkan hasil sebesar 42,60%. Maka dari itu dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan adanya interval perawatan maka akan menurunkan biaya *total cost maintenance* (TC), selain itu juga dengan adanya interval perawatan yang optimal maka *reliability* atau keandalan suatu mesin juga akan meningkat.

2. Perhitungan *Total Cost Maintenance* dan *Reliability* pada komponen *Hammer Tip*

$$TC_{MTTF} = \frac{c_f}{\theta^\beta} MTTF^{\beta-1} + \frac{c_p}{MTTF}$$

$$= \frac{87.990.872}{821,349^{0,895038}} 866,8^{0,895038-1} + \frac{31.580.685}{866,8}$$

$$= \text{Rp } 142.959,-$$

$$R_{MTTF} = e^{-\left(\frac{MTTF}{\theta}\right)^\beta}$$

$$= e^{-\left(\frac{866,8}{821,349}\right)^{0,895038}}$$

$$= 0,350152068$$

Dari Hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai dari total cost maintenance ( $TC_{MTTF}$ ) komponen *Hammer Tip* sebesar Rp 142.959,- nilai ini merupakan nilai biaya perawatan per jamnya dan akan digunakan untuk perhitungan total cost maintenance. Dapat dilihat bahwa nilai reliabilitinya sebesar 0,350152068. Hasil perhitungan biaya perawatan dari komponen *HammerHammer TipTip* selama periode 2015-2016 dapat dilihat pada **Tabel 4.17**

**Tabel 4.17** Total Cost Maintenance ( $TC_{MTTF}$ ) *Hammer tip* Periode 2015 – 2016

Tanggal	TTR	TTF	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availabilit Rate (%)
20/10/2015	0,83	-	24	0,83	23,17	96,54
21/10/2015	0,4	24	24	0,4	23,6	98,33
23/10/2015	0,92	48	24	0,92	23,08	96,17
01/11/2016	1,5	3096	24	1,5	22,5	93,75
14/12/2016	1,5	1032	24	1,5	22,5	93,75
18/12/2016	0,33	96	24	0,33	23,67	98,63
21/12/2016	3,72	72	24	3,72	20,28	84,50
Total TTR	9,2					
Loading Time			168			
Total Downtime				9,2		
Total Operation Time					158,8	
Total Availability Rate						94,52

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai total cost maintenance mesin *Hammer Tip* pada periode 2015 – 2016 sebesar Rp 961.781,-. Langkah selanjutnya yang akan dilakukan yaitu perhitungan total cost maintenance dan *reliability* komponen

*Hammer Tip* sesuai dengan interval perawatan. Perhitungan *Total Cost Maintenance* ( $TC_{TM}$ ) dan *Reliability* ( $R_{TM}$ ) komponen Tangkai *Hammer* sesuai dengan interval perawatan dapat dilihat dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 TC_{TM} &= \frac{Cf}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{Cp}{TM} \\
 &= \frac{87.990.827}{821,349^{0,895038}} 379,5257^{0,895038-1} + \frac{31.580.685}{379,5257} \\
 &= \text{Rp } 199.383,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{TM} &= e^{-\left(\frac{TM}{\theta}\right)^\beta} \\
 &= e^{-\left(\frac{379,5257}{821,349}\right)^{0,895038}} \\
 &= 0,60587681
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa nilai dari *Total Cost Maintenance* ( $TC_{TM}$ ) sebesar Rp 199.383,- dan *Reliability* ( $R_{TM}$ ) sebesar 0,60587681. Perhitungan biaya perawatan komponen Tangkai *hammer* setelah adanya interval perawatan dapat dilihat pada **Tabel 4.18**

**Tabel 4.18** Total Cost Maintenance ( $TC_{TM}$ ) *Hammer Tip* setelah Interval Perawatan

Tanggal	TTR	TTF	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability Rate (%)
20/10/2015	0,5	-	24	0,5	23,5	97,92
21/10/2015	0,5	24	24	0,5	23,5	97,92
23/10/2015	0,5	48	24	0,5	23,5	97,92
01/11/2016	0,5	3096	24	0,5	23,5	97,92
14/12/2016	0,5	1032	24	0,5	23,5	97,92
18/12/2016	0,5	96	24	0,5	23,5	97,92
21/12/2016	0,5	72	24	0,5	23,5	97,92
Total TTR	3,5					
Loading Time			168			
Total Downtime				3,5		
Total Operation Time					164,5	
Total Availability Rate						97,92

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa total dari total cost *maintenance* komponen *Hammer Tip* setelah terdapat interval

perawatan sebesar Rp 199.383,- . Setelah dilakukan perhitungan lalu dilakukan analisis dan memperoleh hasil bahwa  $TC_{MTTF} > TC_{TM}$  dengan penurunan biaya sebesar Rp 1.315.226– Rp 697.840= Rp 617.386 per tahun atau penurunannya sama dengan 65,33%. Dari nilai *reliability* menunjukkan hasil  $R_{MTTF} < R_{TM}$  dengan nilai awal sebesar 0,350152068 menjadi 0,60587681. Bila dimasukkan kedalam persentase maka akan di dapatkan hasil sebesar 26,78%. Maka dari itu dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan adanya interval perawatan maka akan menurunkan biaya *total cost maintenance* (TC), selain itu juga dengan adanya interval perawatan yang optimal maka *reliability* atau keandalan suatu mesin juga akan meningkat. Hasil perbandingan perhitungan MTTF dan TM dapat dilihat pada **tabel 4.19**.

Dari hasil perbandingan dapat dilihat bahwa interval perawatan yang optimal (TM) dapat menurunkan *total cost maintenance* (TC) dan menaikkan keandalan atau *reliability* (R). Apabila *reliability* meningkat maka kestabilan proses produksi dapat terjaga dengan baik. Hal ini akan berdampak pada efisiensi dan efektivitas dari proses produksi, yang mana nantinya akan menaikkan keuntungan dari perusahaan.

#### 4.6.4.2 Availability rate

Setelah melakukan perhitungan *Total Cost Maintenance* (TC) dan *Reliability* (R), langkah selanjutnya yaitu perhitungan *Availability rate*. *Availability rate* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan (Septiyan dan Supriyanto, 2012). Menurut Sudrajat (2011), menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, *terhadap loading time*. *Avaliability* juga dapat diartikan sebagai jumlah waktu dikurangi dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan. Adapun rumus perhitungan *availability rate* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \textit{Availability rate} &= \frac{\textit{Operation Time}}{\textit{Loading Time}} \\
 \textit{Operation time} &= \textit{loading Time} - \textit{downtime}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan perhitungan *Availability rate* untuk komponen Tangkai *hammerHammer* pada tanggal 13 Juli 2015.

$$\begin{aligned} \textit{Operation time} &= \textit{loading Time} - \textit{downtime} \\ &= 24 - 0,47 \\ &= 23,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Availability rate} &= \frac{\textit{Operation Time}}{\textit{Loading Time}} \\ &= \frac{23,53}{24} \times 100\% \\ &= 98,04\% \end{aligned}$$

**Tabel 4.19** Perbandingan *Total Cost Maintenance* (TC) dan *Reliability* (R) Aktual Perusahaan dengan Interval Perawatan Optimal

<b>Nama Komponen</b>	<b>MTTF (Jam)</b>	<b>TM (Jam)</b>	<b>TC<sub>MTTF</sub> (Rp)</b>	<b>TC<sub>TM</sub> (Rp)</b>	<b>R<sub>MTTF</sub></b>	<b>R<sub>TM</sub></b>	<b>Penurunan TC (%)</b>	<b>Kenaikan R (%)</b>
Tangkai <i>HammerHammer</i>	1123,3	426,8329	580.725	556.041	0,289	0,718	2,17	42,60
<i>HammerHammer TipTip</i>	866,8	379,5257	1.315.226	697840	0,350	0,606	65,33	26,78

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Keterangan:

- MTTF = Rata-rata waktu kerusakan yang muncul sesuai dengan interval perawatan yang dilakukan oleh perusahaan
- TM = Interval perawatan yang optimal
- TC<sub>MTTF</sub> = Total biaya perawatan yang muncul sesuai dengan interval perawatan yang dilakukan oleh perusahaan
- TC<sub>TM</sub> = Total biaya perawatan yang muncul setelah dilakukan interval perawatan yang optimum
- R<sub>MTTF</sub> = Nilai keandalan yang muncul sesuai dengan interval perawatan yang dilakukan oleh perusahaan
- R<sub>TM</sub> = Nilai keandalan yang muncul setelah dilakukan interval perawatan yang optimum

Dari perhitungan *Availability rate* didapatkan bahwa nilai *availability rate* dari komponen Tangkai *hammer* pada tanggal 13 Juli sebesar 95,64%. Untuk perhitungan *availability rate* Tangkai *hammer* selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

**Tabel 4.20** Hasil Perhitungan *Availability rate* Komponen Tangkai *Hammer* Periode 2015 – 2016 Sebelum Interval Perawatan

Tanggal	TTR (Jam)	TTF (Jam)	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability Rate (%)
13/07/2015	0,47	-	24	0,47	23,53	98,04
19/09/2015	1	1008	24	1	23	95,83
22/10/2015	1,6	792	24	1,6	22,4	93,33
29/10/2015	1	168	24	1	23	95,83
30/10/2015	0,85	24	24	0,85	23,15	96,46
09/11/2015	1,08	240	24	1,08	22,92	95,50
27/10/2016	0,5	2976	24	0,5	23,5	97,92
Total TTR	6,5					
Loading Time			168			
Total Downtime				6,5		
Total Operation Time					161,5	
Total Availability Rate						96,13

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari hasil perhitungan **Tabel 4.19** didapatkan nilai total *availability rate* sebesar 96,13%. Pada hasil total TTR didapatkan nilai sebesar 6,5 jam, selanjutnya pada total *loading time* didapatkan nilai sebesar 168 jam. Pada total *downtime* didapatkan nilai sebesar 6,5 jam dan pada total *operation time* didapatkan nilai sebesar 161,5 jam. Pada total *availability rate* nilai perhitungan ini merupakan pembagian antara *operation time* dengan *loading time* kemudian dikalikan dengan 100%. Perhitungan di tabel ini merupakan perhitungan *availability* komponen Tangkai *Hammer* sebelum adanya penerapan interval perawatan yang optimum. Selanjutnya dengan cara yang sama maka dilakukan perhitungan *availability rate* pada komponen *Hammer Tip* sebelum dilakukan interval perawatan yang optimal.

**Tabel 4.21** Hasil Perhitungan *Availability rate* Komponen *Hammer Tip* Periode 2015 – 2016 Sebelum Interval Perawatan

Tanggal	TTR	TTF	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability Rate (%)
20/10/2015	0,83	-	24	0,83	23,17	96,54
21/10/2015	0,4	24	24	0,4	23,6	98,33
23/10/2015	0,92	48	24	0,92	23,08	96,17
01/11/2016	1,5	3096	24	1,5	22,5	93,75
14/12/2016	1,5	1032	24	1,5	22,5	93,75
18/12/2016	0,33	96	24	0,33	23,67	98,63
21/12/2016	3,72	72	24	3,72	20,28	84,50
Total TTR	9,2					
Loading Time			168			
Total Downtime				9,2		
Total Operation Time					158,8	
Total Availability Rate						94,52

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dari hasil perhitungan **Tabel 4.21** didapatkan nilai total *availability rate* sebesar 94,52%. Kemudian untuk total TTR sebesar 9,2 jam, untuk *total loading time* didapatkan sebesar 168 jam. Kemudian pada *total downtime* didapatkan sebesar 9,2 jam, yang terakhir pada *total operation time* didapatkan nilai sebesar 158,8 jam. Pada *total availability rate* nilai perhitungannya merupakan pembagian antara *operation time* dengan *loading time* kemudian dikalikan dengan 100%. Perhitungan di tabel ini merupakan perhitungan *availability* komponen Tangkai *hammer* sebelum adanya penerapan interval perawatan yang optimum. Perhitungan pada tabel diatas merupakan perhitungan berdasarkan data dari perusahaan pada periode tahun 2015 dan periode tahun 2016.

**Tabel 4.22** Hasil Perhitungan *Availability rate* Komponen Tangkai *Hammer* Periode 2015 – 2016 Setelah Interval Perawatan

Tanggal	TTR	TTF	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability Rate (%)
13/07/2015	0,5	-	24	0,5	23,5	97,92
19/09/2015	0,5	1008	24	0,5	23,5	97,92
22/10/2015	0,5	792	24	0,5	23,5	97,92
29/10/2015	0,5	168	24	0,5	23,5	97,92
30/10/2015	0,5	24	24	0,5	23,5	97,92
09/11/2015	0,5	240	24	0,5	23,5	97,92
27/10/2016	0,5	2976	24	0,5	23,5	97,92
Total TTR	3,5					
Loading Time			168			
Total Downtime				3,5		
Total Operation Time					164,5	
Total Availability Rate						97,92

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

**Tabel 4.22** merupakan tabel perhitungan *availability rate* dimana telah dilakukannya interval perawatan yang optimal. Hasil dari tabel tersebut yaitu didapatkan total *availability rate* sebesar 97,92. Pada hasil total TTR didapatkan nilai sebesar 3,5 jam, selanjutnya pada total *loading time* didapatkan nilai sebesar 168 jam. Pada total *downtime* didapatkan nilai sebesar 3,5 jam dan pada total *operation time* didapatkan nilai sebesar 164,5 jam. Pada total *availability rate* nilai perhitungan ini merupakan pembagian antara *operation time* dengan *loading time* kemudian dikalikan dengan 100%. Selanjutnya dengan cara yang sama maka dilakukan perhitungan *availability rate* pada komponen *Hammer Tip* setelah dilakukan interval perawatan yang optimal.

**Tabel 4.23** Hasil Perhitungan *Availability rate* Komponen *Hammer Tip* Periode

2015 – 2016 Setelah Interval Perawatan

Tanggal	TTR	TTF	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation Time (Jam)	Availability Rate (%)
20/10/2015	0,5	-	24	0,5	23,5	97,92
21/10/2015	0,5	24	24	0,5	23,5	97,92
23/10/2015	0,5	48	24	0,5	23,5	97,92
01/11/2016	0,5	3096	24	0,5	23,5	97,92
14/12/2016	0,5	1032	24	0,5	23,5	97,92
18/12/2016	0,5	96	24	0,5	23,5	97,92
21/12/2016	0,5	72	24	0,5	23,5	97,92
Total TTR	3,5					
<i>Loading Time</i>			168			
<i>Total Downtime</i>				3,5		
<i>Total Operation Time</i>					164,5	
<i>Total Availability Rate</i>						97,92

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dapat dilihat pada **Tabel 4.23** bahwa nilai *Availability rate* sebesar 97,92%, dimana perhitungan ini merupakan pembagian antara *operation time* dengan *loading time* kemudian dikalikan dengan 100%. Perhitungan *availability rate* ini merupakan perhitungan komponen *Hammer Tip* setelah adanya interval perawatan yang optimal. Dari data-data diatas dapat diketahui bahwa *availability rate* pada komponen Tangkai *Hammer* naik sebesar 1,79% dan pada komponen *Hammer Tip availability rate* naik sebesar 3,4%.

**Tabel 4.24** Perbandingan *Availability rate* Sebelum (MTTF) dan Setelah Dilakukan Interval Perawatan (TM)

	Tangkai <i>HammerHammer</i>		<i>HammerHammer TipTip</i>	
	MTTF	TM	MTTF	TM
<i>Loading time (Jam)</i>	168	168	168	168
<i>Downtime (Jam)</i>	6,5	3,5	9,2	3,5
<i>Operational Time (Jam)</i>	161,5	164,5	158,8	164,5
<i>Availability rate (%)</i>	96,13	97,92	94,52	97,92
<i>Peningkatan AR (%)</i>	1,79		3,4	

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

**Tabel 4.24** ini merupakan hasil dari perbandingan *availability rate* sebelum dan setelah dilakukannya interval perawatan yang optimum. Pada tabel dapat dilihat bahwa untuk komponen Tangkai *Hammer availability ratenya* meningkat menjadi 1,79%. Pada komponen *Hammer Tip* dapat dilihat bahwa *availability ratenya* juga mengalami kenaikan sebesar 3,4%. Selanjutnya yaitu melihat *opportunity cost* dari *availability rate* MTTF dan TM. Pada tahap ini akan melihat perbandingan biaya yang dikeluarkan bila interval perawatan yang dipilih.

#### 4.6.4.3 *Opportunity Cost*

Setelah melakukan perhitungan *availability rate* dengan cara membagi *operation time* dengan *loading time*, langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu perhitungan *opportunity cost*. *Opportunity Cost* adalah biaya yang ditanggung seseorang bila sebuah alternatif dipilih (Siswanto, 2010). *Opportunity Cost* juga dapat diartikan sebagai kesempatan atau peluang yang hilang jika seseorang memilih suatu alternatif dimana alternatif tersebut berkaitan dengan ekonomi. Berikut merupakan tabel perbandingan *availability rate* pada komponen *Tangkai hammer* dan *Hammer Tip* sebelum dan setelah adanya interval perawatan yang optimum.

**Tabel 4.25** *Opportunity Cost* Dari *Availability rate* Sebelum (MTTF) dan Setelah Dilakukan Interval Perawatan (TM)

	Tangkai HammerHammer		HammerHammer TipTip	
	MTTF	TM	MTTF	TM
<i>Availability rate</i> (%)	96,13	97,92	94,52	97,92
<i>Total Cost (Rp)</i>	580.725	556.041	1.315.226	697.840
Peningkatan AR (%)	1,79		3,4	

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

Dapat dilihat pada **Tabel 4.25** bahwa nilai *total cost* untuk MTTF tangkai *hammer* sebesar Rp 580.725,- dan nilai *total cost* untuk TM tangkai *hammer* sebesar Rp 556.041,-. Untuk komponen *hammer tip* didapatkan *total cost* MTTF sebesar Rp 1.315.226,- dan *total cost* untuk TM sebesar Rp 697.840,- Hasil nilai TM dari setiap komponen merupakan *opportunity cost*. Dapat dilihat bahwa dengan *opportunity cost* didapatkan biaya yang lebih efisien.

#### 4.6.4.4 Rekomendasi Perbaikan

Setelah diketahui interval perawatan, langkah selanjutnya adalah penyusunan RCM II *decision worksheet* yang ditunjukkan pada **Tabel 4.26**. *Consequence evaluation* adalah konsekuensi dari kegagalan. Untuk dua komponen kritis memiliki konsekuensi *hidden failure* dan *operational consequences*. *Hidden failure* karena operator tidak dapat membuktikan secara langsung kegagalan, dan *operational consequences* adalah konsekuensi operasional yang berakibat pada berhentinya produksi.

Penentuan *proposed task* atau kegiatan perawatan dengan menggunakan RCM II *decision diagram*. Terdapat tiga jenis perawatan yang ada pada *proposed task* yaitu *scheduled discard task*, *scheduled restoration task*, dan *scheduled on condition*. *Scheduled discard task* yaitu kegiatan perawatan dengan

mengganti komponen sesuai dengan interval yang sudah ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi komponen saat itu. *Scheduled restoration task* adalah kegiatan pemulihan kondisi komponen, dan *scheduled on condition* adalah kegiatan pengecekan komponen terhadap potensi kegagalan dan tindakan diambil setelah melihat kondisi dari komponen.

Kegiatan perawatan yang dilakukan untuk komponen *Hammer Tip* jenis kerusakan patah adalah *schedule discard task*, karena berdasarkan hasil diskusi dengan pihak *maintenance* perusahaan, dibutuhkan waktu lebih lama bila dilakukan perbaikan, maka dari itu dilakukan pergantian komponen. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak, untuk melakukan penggantian *Hammer Tip* dibutuhkan waktu  $\pm 30$  menit, sedangkan MTTR memerlukan waktu  $\pm 1,48$  jam. Dengan penggantian komponen, maka waktu *downtime* mesin lebih kecil daripada melakukan perbaikan, maka kerugian akibat *downtime* dapat dikurangi. Untuk komponen *Tangkai Hammer* jenis kerusakan patah adalah *schedule discard task*, karena dibutuhkan waktu sekitar  $\pm 30$  menit untuk mengganti komponen *Tangkai HammerTip*, sementara MTTR membutuhkan waktu  $\pm 0,98$  jam. Karena *downtime* lebih kecil maka dari itu kerugian akibat *downtime* dapat dikurangi.

Pada RCM II *decision worksheet* pada mesin HDHS cara pembacaan dengan melihat *Functional (F)*, *Functional failure (FF)* *failure mode (FM)*. *Consequence evaluation* merupakan konsekuensi dari kegagalan komponen. H untuk konsekuensi kegagalan berupa *hidden failure*, S untuk konsekuensi terhadap keselamatan, O untuk konsekuensi operasional yang berdampak pada produksi atau operasional. pada komponen *Hammer Tip* memiliki konsekuensi H dan O. *Proactive Task* terdiri dari H1/S1/O1/N1 untuk mencatat apakah *on condition task* dapat digunakan untuk meminimalkan terjadinya *failure mode*, H2/S2/O2/N2 untuk mencatat apakah *scheduled restoration task* dapat digunakan untuk mencegah *failure* dan H3/S3/O3/N3 untuk mencatat apakah *scheduled discard task* dapat digunakan untuk mencegah *failure*. Pengisian *proactive task* berdasarkan keadaan kondisi dan karakteristik mesin HDHS yang disesuaikan dengan RCM II *decision diagram*. *Proposed Task* yaitu kolom yang

digunakan untuk mencatat tindakan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan, untuk komponen Hammer Tip *Hammer* tindakan yang dilakukan adalah dengan mengganti Hammer Tip *Hammer*. *Initial interval* untuk mencatat interval perawatan. *Can be done by* digunakan untuk mencatat siapakah yang berwenang dalam melakukan kegiatan tersebut.

Pada Hammer Tip untuk kolom F tertulis angka 1 maka memiliki arti bahwa Hammer Tip berfungsi untuk mencacah/menghaluskan tebu. Pada *tangkai hammer* untuk kolom F tertulis angka 1 maka memiliki arti bahwa *tangkai hammer* berfungsi sebagai pegangan dari hammer tip. Angka pada kolom F menandakan bahwa komponen tersebut memiliki 1 fungsi, bila memiliki fungsi dua maka pada fungsi pertama diberi angka 1 dan pada fungsi kedua diberi angka 2. Kemudian pada Hammer Tip untuk kolom FF tertulis A maka memiliki arti bahwa hammer tip *Hammer* gagal untuk mencacah tebu, apabila hammer tip *Hammer* mengalami kegagalan fungsi yang lainnya maka kolom FF akan ditulis B. Pada *tangkai hammer* untuk kolom FF tertulis A maka memiliki arti bahwa *tangkai hammer* gagal untuk memegang hammer tip *Hammer*. Pada kolom FM bila F dan FF hammer tip gagal untuk mencacah maka FM diisi dengan angka 1, bila F dan FF disebabkan oleh *function mode* lainnya maka diisi angka 2. Pada penelitian ini setiap fungsi memiliki masing-masing 1 *function failure* dan 1 *function mode*.

**Tabel 4.26** RCM II *Decision WorkSheet*

RCM II <i>Decision Worksheet</i>										Sistem: Mesin <i>Heavy Duty Hammer Shredder</i>						Date	Sheet No:				
										Sub Sistem: Mesin <i>Heavy Duty Hammer Shredder</i>							Deafult Action	Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by	
										Fungsi Sub Sistem: Mencacah Tebu Menjadi Bentuk Serat Batang Tebu											
Information Reference										Consequence Evaluation			H1	H2	H3	Deafult Action			Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by
No.	Komponen	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6							
									N1	N2	N3										
1.	<i>Hammer Tip</i>	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	<i>Scheduled Discard Task PenggantianTangkai Hammer</i>	426,83	Mekanik				
2.	<i>Tangkai Hammer</i>	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y	-	-	-	<i>Scheduled Discard Task Penggantian Tangkai Hammer Tip</i>	379,53	Mekanik				

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penelitian

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada PG. Kebon Agung Malang, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil identifikasi komponen HDHS di stasiun gilingan dengan menggunakan pareto terdapat dua jenis komponen kritis yang mengakibatkan tingginya *downtime* pada mesin HDHS, komponen-komponen tersebut adalah Tangkai *Hammer* dan *Hammer Tip*.
2. Berdasarkan analisis penyebab kegagalan dan dampak yang diakibatkan oleh komponen kritis, diketahui bahwa pada komponen *Hammer Tip* jenis kerusakannya yaitu gagal untuk mencacah tebu yang disebabkan karena *hammer tip* patah. Sementara pada komponen *Tangkai Hammer* jenis kerusakan yang terjadi yaitu gagal untuk memegang *hammer tip* yang disebabkan karena *tangkai hammer* terlepas dari *as shredder*.
3. Berdasarkan analisis perhitungan interval perawatan yang di dapatkan menggunakan rumus dari RCM diketahui bahwa, pada tangkai *hammer* interval perawatan sebelum optimum adalah 1123,3 jam dan keandalan 13,3%, kemudian setelah dilakukan perhitungan, interval perawatan optimum menjadi 436,83 jam dan keandalan naik sebesar 28,9%, hal ini menandakan bahwa untuk satu komponen tangkai hammer dilakukan pergantian selama 436,83 jam sekali. Pada komponen *hammer tip* interval perawatan sebelum optimum adalah 866,8 jam dan keandalan sebesar 35%, kemudian setelah dilakukan perhitungan, interval perawatan optimum menjadi 379,83 jam dan keandalan naik menjadi 44,2%, hal ini menandakan bahwa untuk satu komponen *hammer tip* dilakukan pergantian selama 379,83 jam sekali.

## **5.2 Saran**

Perusahaan diharapkan mendata secara rinci kegiatan perawatan dan biaya perawatan yang dilakukan. Hal ini karena hasil penelitian akan lebih valid apabila perusahaan berkoordinasi dengan peneliti dalam mempersiapkan data historis kerusakan mesin dan juga agar dapat memudahkan penelitian selanjutnya

## DAFTAR PUSTAKA

- Afegy, H, Islam. 2012. **Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study**. *Journal Engineering Vol.2, Hal 863-873, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Fayoum University, Al Fayyum, Egypt.*
- Assauri, S. 2008. **Manajemen Produksi dan Operasi Edisi Revisi 2008**. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Asisco, H. 2012. **Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim**. *Jurnal Kaunia, UIN Sunan Kalijaga Vol.VII, No. 2,78-79.*
- Azis, M, Tahrir. 2009. **Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serba Guna Ga. Siwabessy**. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik UGM Yogyakarta ISSN 1978-0176*
- Badan Pusat Statistik. 2016. **Distribusi Perdagangan Komoditas Gula Pasir**. Jakarta: Badan Pusat Statistik
- Bangun, Irawan, H. 2014. **Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* li Pada Mesin *Blowing Om***. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Vol. 1 No. 1 Hal 1-12.*
- Corder, A.S. 1976. **Teknik Manajemen Pemeliharaan**. Jakarta: Penerbit Erlangga.

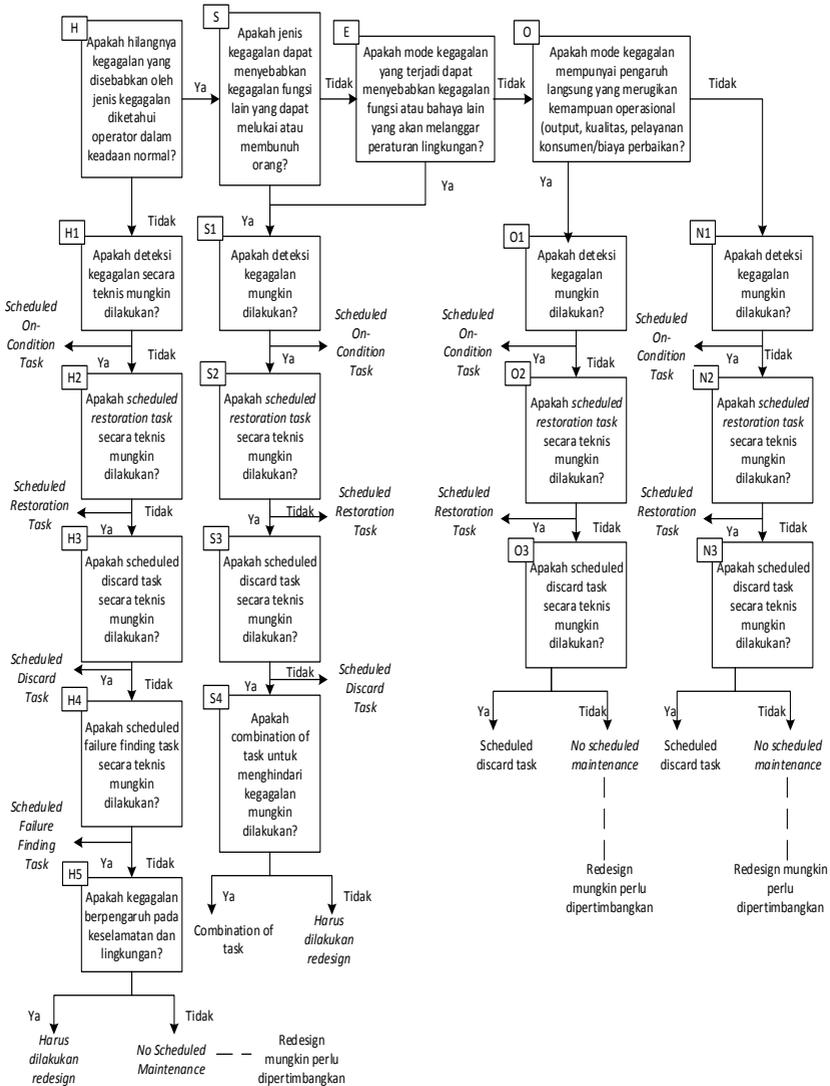
- Ebeling, C.E. 1997. **An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering**. New-York: McGraw-Hill Companies Inc.
- Gaspersz, V. 2002. **Lean Six Sigma for Manufacturing and Services Industries**. PT Gramedia Pustaka. Jakarta
- Kusumaningrum. 2005. **Restrukturisasi Industri Gula Nasional**. IPB Press. Bogor. Hal 132-133
- Lewis, E.E. 1987. **Introduction to Reliability Engineering**. New York: John Willey.
- Lukodono, Rio. 2013. **Analisis Penerapan Metode RCM Dan MVSM Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance (Studi Kasus PG. X)**. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1 Tahun 2013 Hal 43-45. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya*
- Moubray, J. 1997. **Reliability Centered Maintenance 2nd Edition**. Great Britain: Biddies Ltd, Guildford and King's Lynn.
- Putra, B. I. 2010. **Evaluasi Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Danner 1.3 di PT X**. *Jurnal Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Vol 5. pp:59-66*.
- Sari, D. P. 2016. **Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin blowing I Di Plant I PT. Pisma Putra Textile**. *Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro. Vol. XI, No. 2, Mei 2016*
- Septiyan, A & Supriyanto, H. 2012. **Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Sebagai Pedoman Perbaikan Efektivitas Mesin CNC Cutting**. *Jurnal Teknik POMITS, Vol 1 No 1. Hal 1-6*

- Setiawan, I. 2014. **Fmea Sebagai Alat Analisa Risiko Moda Kegagalan pada *Magnetic Force Welding Machine Me-27.1*. *Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir*. Vol. 7(13): 31-41**
- Siswato. 2010. ***Operation Research***. Jakarta : Erlangga.
- Soesetyo, I & Liem, Y. B. 2014. **Penjadwalan *Predictive Maintenance* dan Biaya Perawatan Mesin *Pellet* di PT Charoen Pokphand Indonesia**. *Jurnal Titra*, Vol 2 No 2. Hal 147-154
- Sudradjat, A. 2011. **Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri**. Bandung: Refika Aditama.
- Sugiyanto, 2007. **Permintaan Gula di Indonesia**. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, Vol 8 No 2. Hal 113-127
- Suryana, M. T. 2015. **Perencanaan Perawatan *Pulverizer* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II (Studi Kasus di PT. YTL PAITON)***. Skripsi. Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya Malang.
- Susila, D. H. 2005. **Analisis Produktivitas Gula**. PT Elek Media Komputindo. Jakarta. Hal 76-79
- Wilbert., Sinaga, T.S & Rambe, A.J.M. 2013. **Penerapan *Preventive Maintenance* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* dengan Mengaplikasikan *Grey FMEA* pada PT. WXY**. *e-Journal Teknik Industri FT USU*, Vol 1 No 3. Hal 53-59.

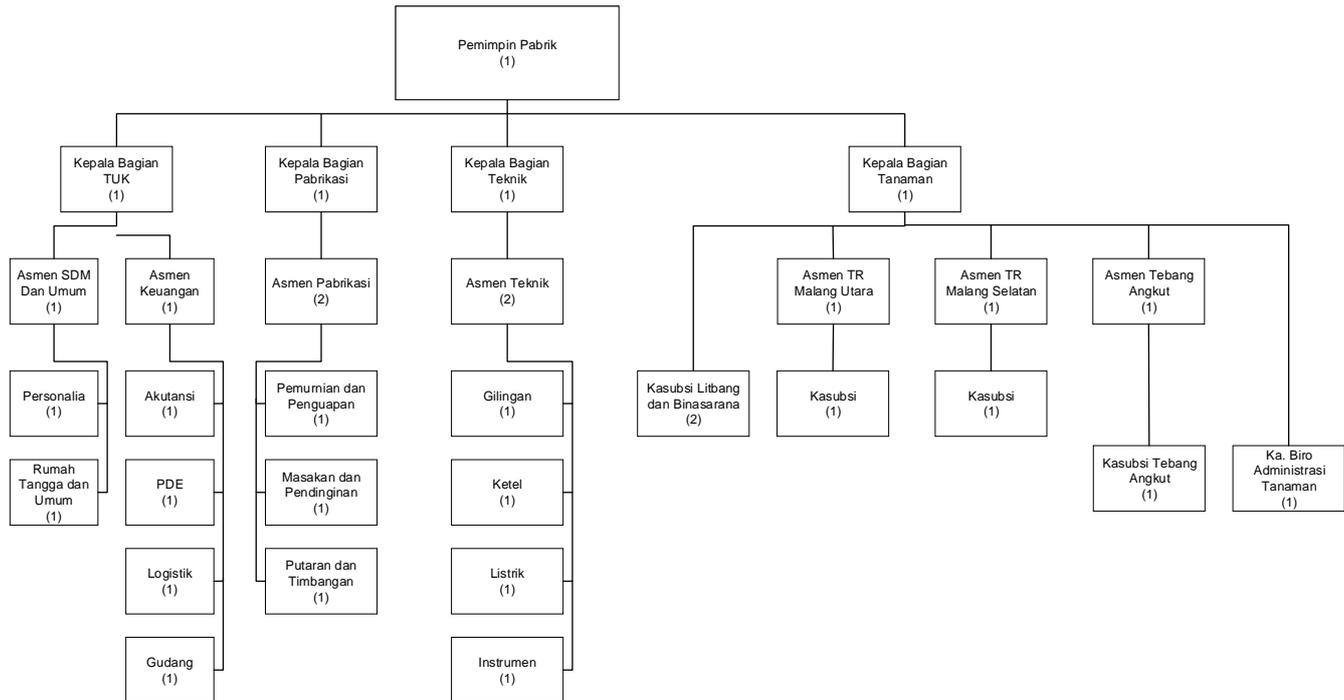


# LAMPIRAN

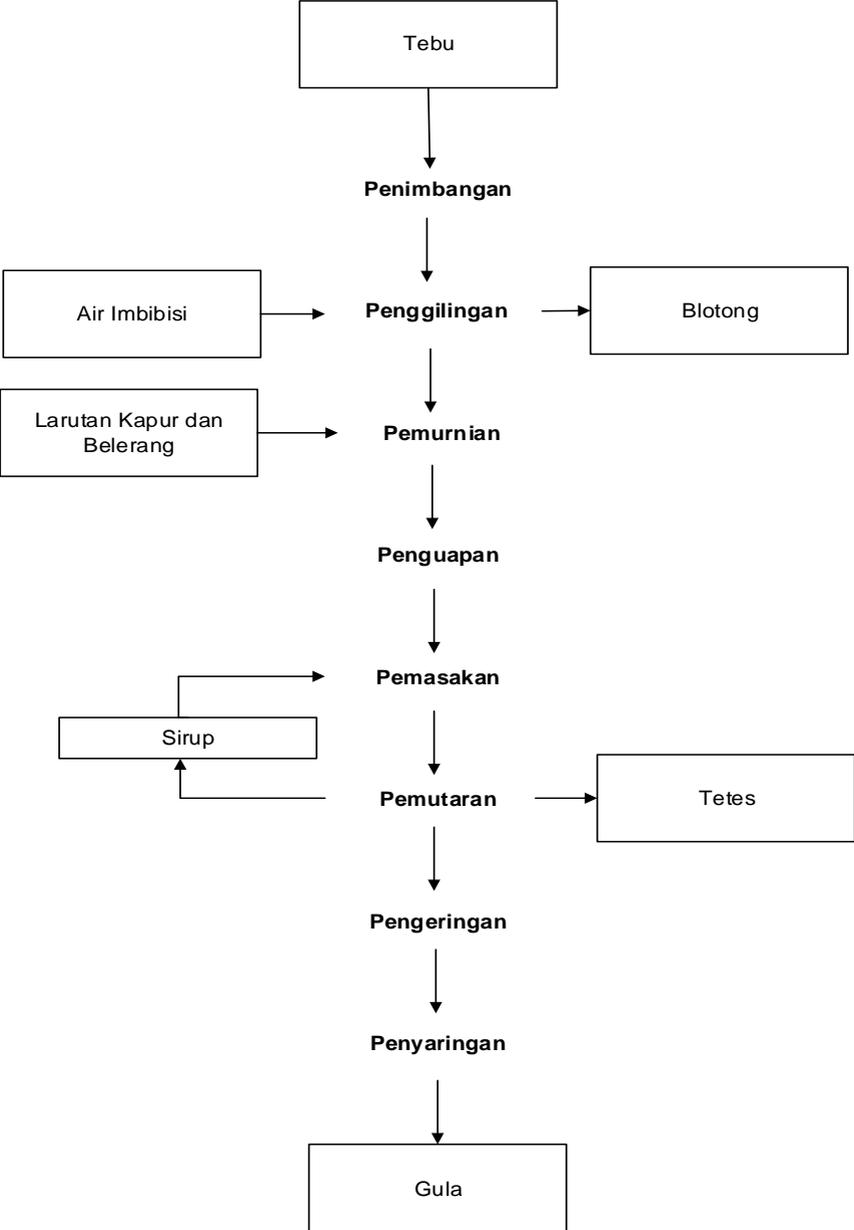
## Lampiran 1 RCM Decision Diagram



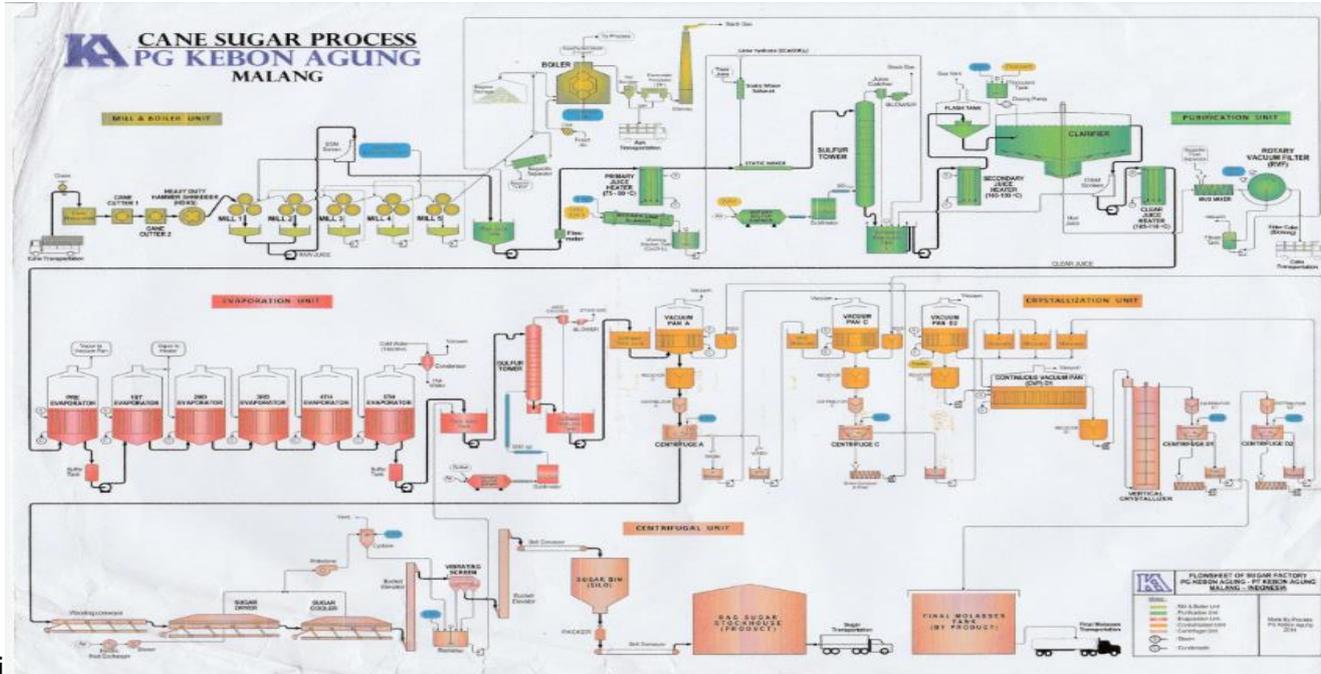
## Lampiran 2 Struktur Organisasi PG Kebon Agung Malang



**Lampiran 3 Diagram Alir Pembuatan Gula**



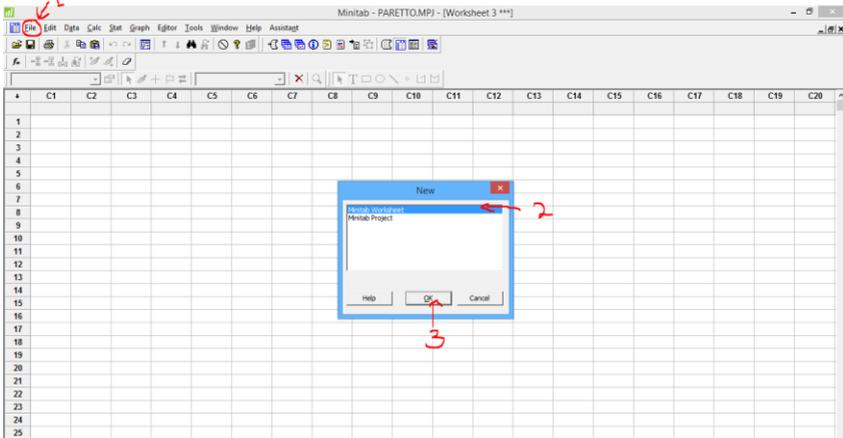
## Lampiran 4 Alur Proses Produksi



Sumber : PG Kebon Agung Malang

# Lampiran 5 Langkah-Langkah Penentuan Distribusi Pada Minitab 16

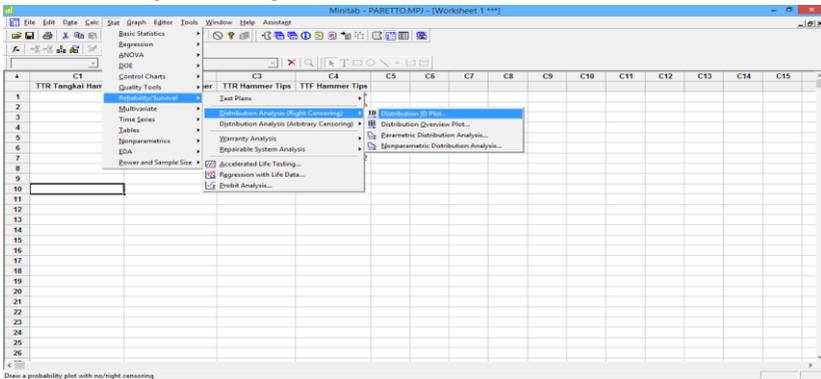
## 1. Langkah pertama yaitu membuat sheet pada minitab 16



## 2. Langkah kedua yaitu memasukkan data pada kolom yang terdapat pada mini tab 16

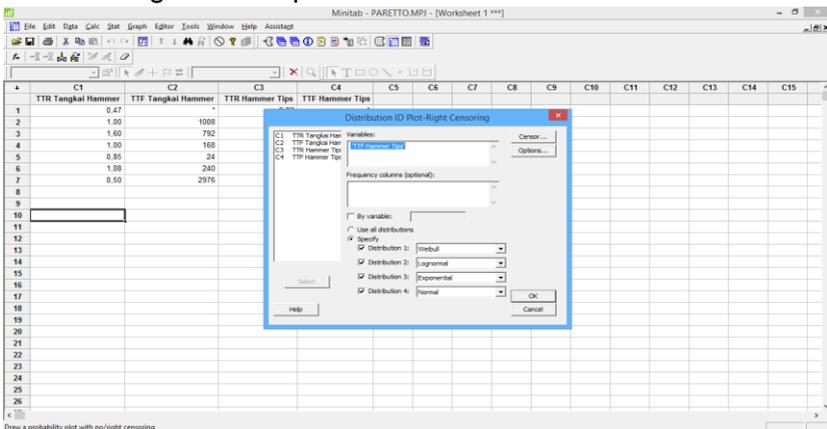
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	TTR Tangkal Hammer	TTF Tangkal Hammer	TTR Hammer Tips	TTF Hammer Tips											
2	0.47	-	0.63	-											
3	1.00	1008	0.40	312											
4	1.60	792	0.92	280											
5	1.00	168	1.50	672											
6	0.85	24	1.50	1120											
7	1.08	240	0.33	2184											
8	0.90	2976	3.72	72											
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															

### 3. Langkah ketiga



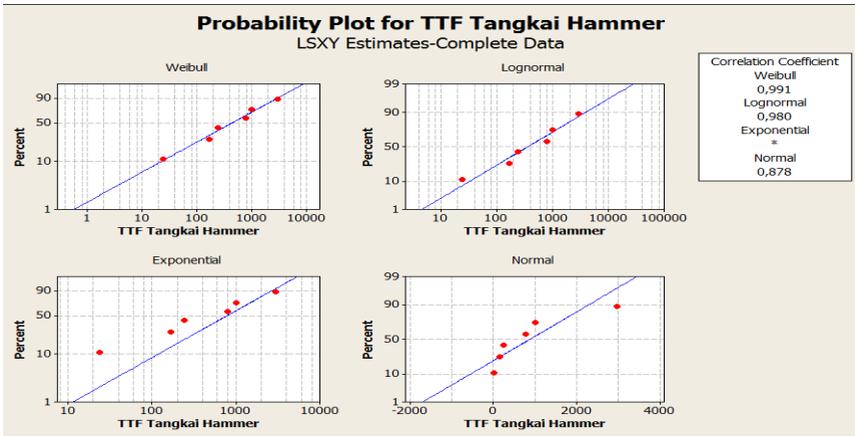
Pilih “Stat” > “Reliability/Survival” > “Distribution Analysis (Right Censoring)” > “Distribution ID Plot”

### 4. Langkah keempat

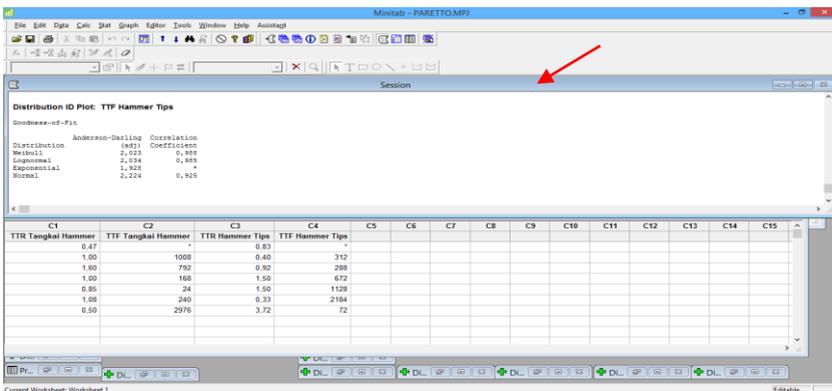


Pada langkah keempat maka akan terlihat kolom *Distribution ID Plot-Right Censoring*, pada kolom variables akan dipilih salah satu dari variabel (C1, C2, C3, C4). Kemudian klik “specify” dan “centang” (v) semua kolom Distribusi, lalu pada setiap distribusi dipilih distribusinya sesuai yang diinginkan, kemudian klik “OK”.

Setelah di klik ok maka akan mendapatkan data seperti gambar dibawah ini

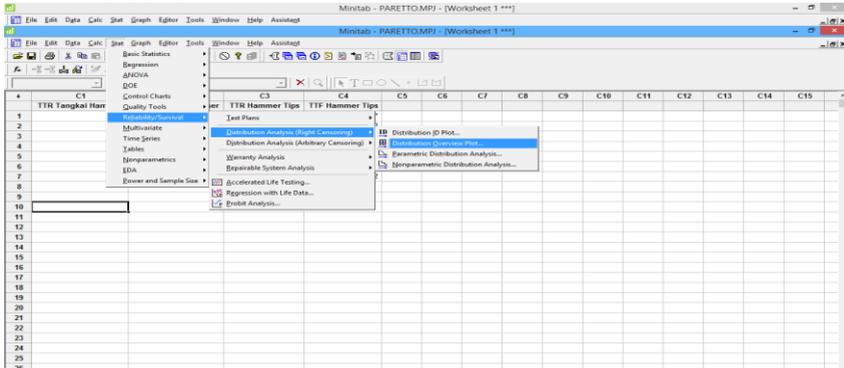


Selain mendapatkan data distribusi seperti ini, maka akan mendapatkan juga data *anderson darling* dan *correlation coefficient* pada kolom session seperti gambar dibawah ini



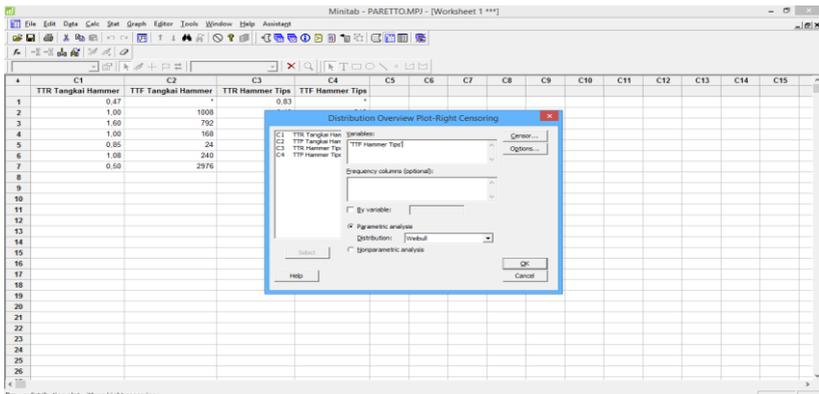
## 5. Langkah kelima

Setelah mendapatkan distribusinya dengan melihat nilai *Anderson Darling* dan *Correlation Coefficient* maka langkah selanjutnya yaitu dengan melihat *Distribution Overview Plot*nya. Caranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



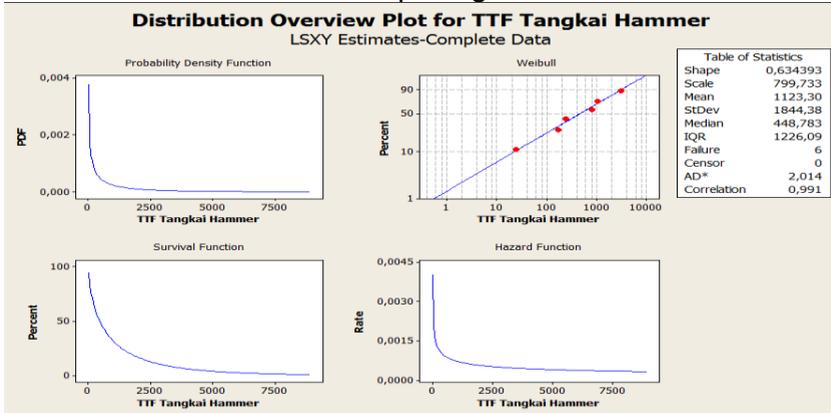
Pilih “Stat” > “Reliability/Survival” > “Distribution Analysis (Right Censoring)” > “Distribution Overview Plot”

## 6. Langkah keenam



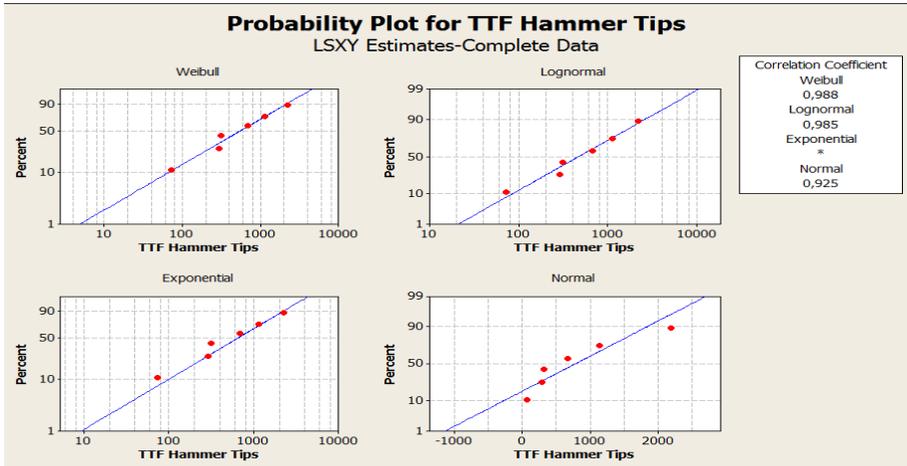
Pada Langkah keenam yang dilakukan yaitu pilih variabel yang sama pada langkah keempat, setelah itu pilih kolom *parametric analysis* dan masukkan *distribution* yang

terpilih pada langkah keempat, kemudian klik “OK”. Setelah di klik “OK” maka akan muncul hasil pada gambar dibawah ini



Pada hasil diatas dapat dilihat pada *Table Of Statistics* terlihat berbagai macam data yang nantinya beberapa data tersebut akan digunakan sebagai perhitungan pada penentuan MTTR dan MTTF.

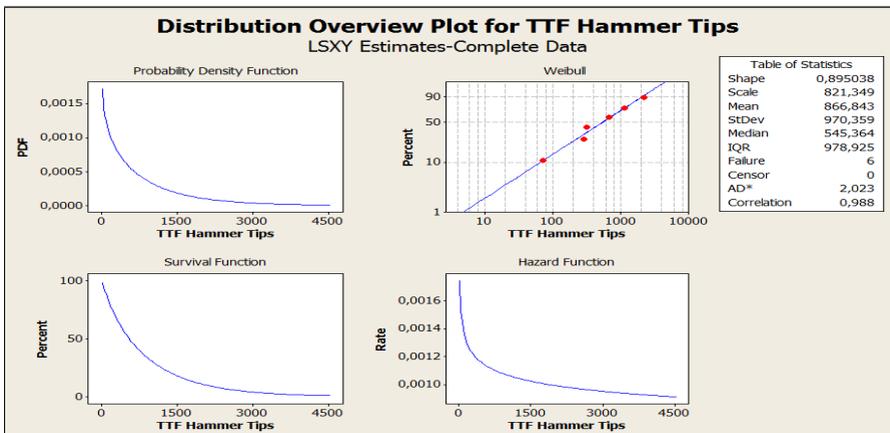
## Lampiran 6 Hasil Probability plot dan Distribution Overview Plot serta nilai Anderson-Darling TTF *Hammer Tip*



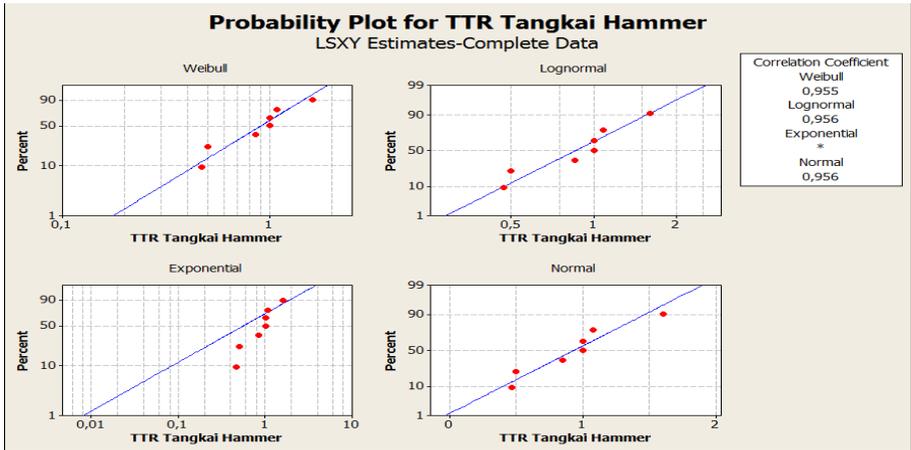
### Distribution ID Plot: TTF Hammer Tips

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,023	0,988
Lognormal	2,034	0,985
Exponential	1,928	*
Normal	2,224	0,925



## Lampiran 7 Hasil Probability plot dan Distribution Overview Plot serta nilai Anderson-Darling TTR Tangkai Hammer



**Distribution ID Plot: TTR Tangkai Hammer**

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1,949	0,955
Lognormal	1,943	0,956
Exponential	3,393	*
Normal	1,913	0,956

