

SKRIPSI

**MINIMASI *DOWNTIME* MESIN *DRYER* DENGAN
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
DI PT PAPERTECH INDONESIA UNIT II**



**DISUSUN OLEH:
RIZQI AGA PRATAMA
NPM. 15.0501.0016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
TAHUN 2019**

SKRIPSI

**MINIMASI *DOWNTIME* MESIN *DRYER* DENGAN
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
DI PT PAPERTECH INDONESIA UNIT II**

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Industri Jenjang Strata (S-1) Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Magelang**



**DISUSUN OLEH:
RIZQI AGA PRATAMA
NPM. 15.0501.0016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
TAHUN 2019**

HALAMAN PENEGASAN

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

Nama : Rizqi Aga Pratama

NPM : 15.0501.0016

Magelang, 11 November 2018



Rizqi Aga Pratama
NPM. 15.0501.0016

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizqi Aga Pratama

NPM : 15.0501.0016

Program Studi : Teknik Industri

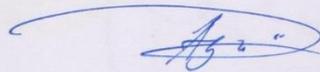
Universitas : Universitas Muhammadiyah Magelang

Judul : **MINIMASI *DOWNTIME* MESIN *DRYER* DENGAN
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT
PAPERTECH INDONESIA UNIT II**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul di atas adalah benar-benar asli dari jerih payah mahasiswa dan belum pernah diseminarkan sebelumnya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan diharapkan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Magelang, 11 November 2018
Mahasiswa,



Rizqi Aga Pratama
NPM. 15.0501.0016

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**MINIMASI DOWNTIME MESIN DRYER DENGAN
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
DI PT PAPERTECH INDONESIA UNIT II**

Dipersiapkan dan disusun oleh

RIZQI AGA PRATAMA

NPM. 15.0501.0016

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 9 Juli 2019

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I

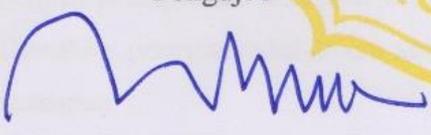
Pembimbing II


Yun Arifatul Fatimah, MT., Ph.D
NIDN.1006067403


Tuessi Ari Purnomo, ST., M.Tech
NIDN.0626037302

Penguji I

Penguji II

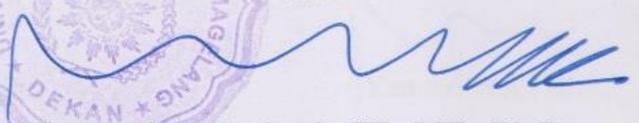

Ir. Moehamad Aman, MT
NIDN.0613066301


Muhammad Imron R, ST., M.Si
NIDN.0626127201

Skripsi ini telah diterima sebagai satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 9 Juli 2019

Dekan


Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D
NIK.987408139

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : RIZQI AGA PRATAMA
NPM : 15.0501.2016
Fakultas/ Jurusan : TEKNIK / TEKNIK INDUSTRI
E-mail address : agarap@gmail.com

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UMM Magelang, Hak Bebas *Royalty Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)* atas karya ilmiah
 LKP/ KP TA/ SKRIPSI TESIS Artikel Jurnal *)
yang berjudul :

MINIMASI DOWNTIME MESIN DRYER DENGAN RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE DI PT PAPERTECH INDONESIA UNIT II

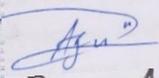
berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas *Royalty Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right)* ini Perpustakaan UMMagelang berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/ mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UMMagelang, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya.

Dibuat di : MAGELANG
Pada tanggal : 9 JULI 2019

Penulis,

 
Rizqi Aga Pratama
nama terang dan tanda tangan

Mengetahui,
Dosen Pembimbing


Yun Arifatul F. MT, Ph.D
nama terang dan tanda tangan

*) : pilih salah Satu

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat nikmat dan karunia-Nya, Skripsi ini dapat diselesaikan. Penyusunan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata 1 (S1) di jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.

Penyelesaian Tugas Akhir/Skripsi ini banyak memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan jalan kemudahan untuk menyelesaikan laporan Skripsi ini dengan baik.
2. Ibu Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.
3. Bapak Affan Rifa'i, ST., MT selaku Kepala Program Studi Teknik Industri S1 Universitas Muhammadiyah Magelang.
4. Ibu Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., PhD dan Bapak Tuessi Ari P, ST., M. Tech., M.SE selaku dosen pembimbing yang selalu dengan sabar memberikan arahan, saran, dan kritikan yang sangat berharga.
5. Dosen Fakultas Teknik, pimpinan dan staf Universitas Muhammadiyah Magelang untuk bimbingan dan pelayanan yang diberikan.
6. Seluruh Staf dan Karyawan PT Papertech Indonesia Unit II yang telah banyak membantu selama penulis melaksanakan penelitian.
7. Bapak, Rokhimatno dan Ibu, Istiqomah selaku kedua orangtua penulis yang senantiasa mendoakan keberhasilan dan kesuksesan penulis dan telah mendukung penuh dalam berbagai kendala yang penulis hadapi selama melakukan penelitian dan pengerjaan skripsi.
8. Para sahabat yang telah banyak membantu dan menyemangati dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2015 yang saling mendukung satu sama lain.
10. Pihak-pihak lain yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam pembuatan atau penyelesaian laporan.

Penulis menyadari bahwa pengerjaan Tugas Akhir/Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran sangat dibutuhkan. Semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap Laporan Tugas Akhir/Skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Magelang, 11 November 2018



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN KULIT MUKA	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENEGASAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Penelitian Relevan	6
B. Sistem Perawatan	8
C. <i>Downtime</i>	12
D. <i>Reliability Centered Maintenance</i>	13
E. <i>Fault Tree Analysis</i>	26
F. Mesin <i>Dryer</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Jenis Penelitian	29
B. Waktu dan Tempat Penelitian	29

C. Jalannya penelitian	29
D. Tahapan Penelitian	31
E. Data dan Metode Pengumpulan Data	33
F. Pengolahan Data.....	33
G. Analisis Dan Pembahasan	35
H. Kesimpulan dan Saran	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi.....	36
B. Pendefinisian Batasan Sistem.....	37
C. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi	38
D. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi	42
E. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	42
F. <i>Logic Tree Analysis</i>	45
G. Pemilihan Tindakan.....	46
H. Analisis dan Pembahasan	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Severity	19
Tabel 2.2 Nilai Occurrence	20
Tabel 2.3. Nilai Detection	21
Tabel 2.4 Simbol-Symbol Fault Tree	27
Tabel 4.1 Frekuensi Kerusakan Sub Sistem Mesin Dryer	36
Tabel 4.2 Frekuensi Kerusakan Komponen <i>Dryer</i> Grup 3	37
Tabel 4.3 SWBS <i>Dryer</i> Grup 3	41
Tabel 4.4 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi <i>Dryer</i> Grup 3	42
Tabel 4.5 FMEA <i>Dryer</i> Grup 3	43
Tabel 4.6 RPN <i>Dryer</i> Grup 3	45
Tabel 4.7 <i>Logic Tree Analysis Dryer</i> Grup 3	46
Tabel 4.8 Pemilihan Tindakan pada <i>Dryer</i> Group 3	47
Tabel 4.9 Data Rata-rata Waktu Downtime Komponen Kritis	47
Tabel 4.10 Estimasi Penurunan Waktu Downtime	48
Tabel 4.11 Rata-Rata Produksi Harian PT Papertech Indonesia	48
Tabel 4.12 Biaya Perawatan Corrective Maintenance	51
Tabel 4.13 Biaya Perawatan Preventive Maintenance	51
Tabel 4.14 Estimasi Penurunan Biaya Perawatan	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram kerusakan mesin PT Papertech Indonesia.....	3
Gambar 2.1 Contoh <i>System Work Breakdown Structure</i>	17
Gambar 2.2 Struktur pertanyaan <i>Logic Tree Analisis</i>	22
Gambar 2.3 Road Map Pemilihan Tindakan	25
Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian	31
Gambar 4.1 Batasan Sistem <i>Dryer</i> Grup 3	38
Gambar 4.2 Blok Diagram Fungsi Mesin <i>Dryer</i>	39
Gambar 4.3 <i>IN/OUT Interface</i> mesin <i>Dryer</i>	40
Gambar 4.3 <i>Fault Tree Analysis</i> mesin <i>Dryer</i> Grup 3.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerusakan Mesin Saat Beroperasi di PT Papertech Indonesia

Lampiran 2. Kerusakan Komponen Mesin Dryer

Lampiran 3. Failure Mode and Effect Analysis

Lampiran 4. Logic Tree Analysis

Lampiran 5. Pemilihan Tindakan

ABSTRAK

MINIMASI *DOWNTIME* MESIN *DRYER* DENGAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* DI PT PAPERTECH INDONESIA UNIT II

Oleh : Rizqi Aga Pratama
Pembimbing : 1. Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D
2. Tuessi Ari P, ST., M. Tech., M.SE

PT Papertech Indonesia Unit II merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi kertas. Permasalahan yang dihadapi oleh PT Papertech Indonesia Unit II adalah tingginya frekuensi kerusakan mesin *Dryer* yang mengakibatkan adanya kegiatan perbaikan mesin yang menimbulkan *downtime* dan berhentinya proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan perawatan mesin *Dryer* dan meminimalkan terjadinya *downtime*. Metode yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance*. Dalam metode ini terdapat tujuh tahapan pengolahan data, yaitu seleksi sistem dan pengumpulan informasi, penentuan batasan sistem, deskripsi sistem dan blok diagram fungsi, penentuan kegagalan sistem, analisis *Failure Mode and Effect Analysis*, analisis *Logic Tree Analysis* dan pemilihan tindakan perawatan. Hasil penelitian menunjukkan sub sistem *Dryer* Grup 3 mempunyai kontribusi terbesar terhadap kerusakan mesin *Dryer* sebesar 50%. Adapun komponen kritis yang terdapat pada sub sistem *Dryer* Grup 3 adalah *Canvas Roll*, *Packing Shaft Rotary*, *Canvas* dan *Carbon*. Berdasarkan hasil perencanaan perawatan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* maka diperoleh rekomendasi agar semua komponen kritis termasuk dalam kategori tindakan perawatan *Condition Directed*. Dengan diterapkannya metode perawatan *Reliability Centered Maintenance* sebagai metode perawatan pada komponen kritis, maka berpotensi memberikan dampak positif, yaitu penurunan rata-rata *downtime* komponen kritis sebesar 23.82%, penurunan rata-rata biaya perawatan sebesar 20.36% dan peningkatan jumlah produksi sebesar 44.8 ton.

Kata kunci: Mesin *Dryer*, *Reliability Centered Maintenance*, Kertas.

ABSTRACT

DOWNTIME MINIMATION ON DRYER MACHINE USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE IN PT PAPERTECH INDONESIA UNIT II

By : Rizqi Aga Pratama
Supervisor : 1. Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D
2. Tuessi Ari P, ST., M. Tech., M.SE

PT Papertech Indonesia Unit II is manufacturing company that produces papers. The problem faced by PT Papertech Indonesia Unit II is the high frequency of the damage on the Dryer machine which results in engine repair activities that cause downtime and production process malfunction. This study aims to develop dryer machine maintenance and to minimize the occurrence of downtime. The method used in this research is Reliability Centered Maintenance. The method has seven stages of data processing, including the system selection and information gathering, the system boundary determination, the system description and function block diagram, the Failure Mode and Effect Analysis, the Logic Tree Analysis, and the selection of maintenance action. The results showed that the 3rd Dryer group had the largest contribution to the damage to the Dryer machine by 50%. The critical components found in the 3rd Dryer group are Canvas Roll, Packing Shaft Rotary, Canvas and Carbon. Based on the results of maintenance planning using the Reliability Centered Maintenance method, recommendations for all critical components are included in the category of Condition Directed maintenance action. The implementation of the Reliability Centered Maintenance method as a maintenance method for critical components, provided positive impacts, which are the reduction in the average critical component downtime by 23.82%, the decrease in average maintenance costs by 20.36% and the increase in production of 44.8 tons.

Keywords: *Dryer machine, Reliability Centered Maintenance, Papers.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam persaingan global yang terjadi di Indonesia saat ini, perusahaan dituntut untuk dapat memanfaatkan sumber daya yang ada di dalam perusahaan baik yang berupa sumber daya manusia, investasi, material, metode, maupun mesin secara efektif dan efisien demi menunjang kelancaran sistem produksi di dalam perusahaan. Sistem produksi merupakan kumpulan sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan transformasi input produksi menjadi output produksi (Ginting, 2007). Agar sistem produksi dapat berjalan dengan baik perlu diperhatikan dari setiap sub sistemnya. Sub sistem dari sistem produksi tersebut antara lain berupa perencanaan produksi, pengendalian produksi, penentuan standar-standar operasi, pengendalian kualitas, penentuan fasilitas produksi, perawatan fasilitas produksi, dan penentuan harga pokok produksi (Ginting, 2007).

Pemeliharaan fasilitas produksi merupakan salah satu dari sub sistem produksi yang sangat penting untuk dilaksanakan oleh perusahaan, karena dapat memberikan pengaruh pada kelancaran proses produksi. Namun sebagian perusahaan tidak memperhatikan pemeliharaan dan perawatan fasilitas produksi dengan baik agar dapat berkompetisi di pasar global. Untuk mencapai manufaktur yang sukses dan diakui tingkat internasional, perusahaan harus mampu melakukan pemeliharaan yang efisien dan efektif (Ahuja & Khamba, 2008). Integrasi yang efektif dari fungsi pemeliharaan dengan fungsi manufaktur dapat membantu penghematan waktu, uang dan sumber daya yang digunakan. Oleh karena itu, untuk mampu berkompetisi dalam dunia industri saat ini, kegiatan pemeliharaan dan perawatan menjadi bagian tidak terpisahkan dalam manufaktur.

Mesin atau peralatan harus dioptimalkan penggunaannya untuk menjaga kelancaran proses produksi. Semakin sering mesin bekerja untuk memenuhi target produksi dapat menurunkan kemampuan mesin, menurunkan umur mesin dan sering membutuhkan pergantian komponen yang rusak. Untuk

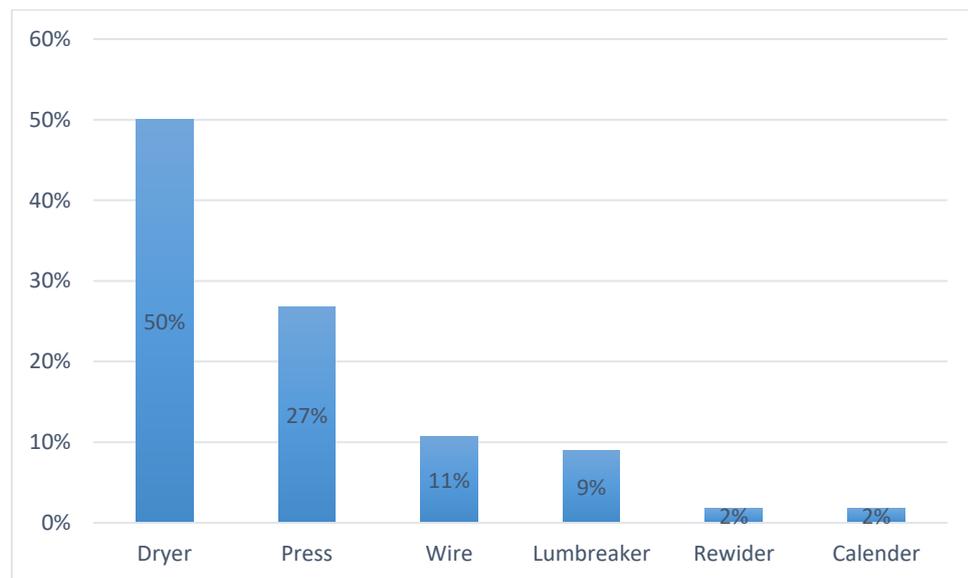
menjadi perusahaan yang bersaing, kerusakan mesin dan segala macam gangguan harus diminimalkan, mesin harus dipertahankan dalam performa terbaik. Apabila mesin atau peralatan yang digunakan mengalami kerusakan pada saat akan beroperasi maupun pada saat sedang berproduksi, maka akan mengganggu kelancaran proses produksi yang berdampak pada kerugian perusahaan berupa *opportunity cost* karena penghentian produksi serta mengakibatkan adanya *downtime* mesin.

Downtime merupakan waktu yang dibutuhkan oleh mesin yang mengalami kerusakan dan berhenti, sampai dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan dan mesin siap untuk digunakan kembali (Wijayanti, 2018). *Downtime* mesin dapat terjadi ketika unit mengalami masalah seperti kerusakan yang dapat mengganggu performansi secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksinya sehingga membutuhkan sejumlah waktu tertentu untuk mengembalikan fungsi unit tersebut pada kondisi semula. *Downtime* mesin akan merugikan perusahaan dalam berbagai aspek baik aspek material, ekonomi maupun waktu karena akan menghambat proses produksi yang berlangsung. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen pemeliharaan mesin adalah untuk menekan periode kerusakan sampai batas minimum, maka strategi perawatan mesin-mesin produksi untuk meminimalkan *downtime machine* menjadi sangat penting. Perusahaan harus memahami bahwa pemeliharaan tidak hanya tentang perbaikan dan pelestarian mesin dan perangkat, tetapi juga tindakan yang berusaha untuk pengelolaan sumber daya yang lebih efisien (Jasiulewicz-Kaczmarek M. , 2014).

PT Papertech Indonesia Unit II Magelang merupakan perusahaan daur ulang kertas yang menghasilkan jenis kertas *Chip Board*, *Super Chipboard*, *Core A* dan *Core B*. Perusahaan ini beroperasi 24 jam sehari dan 7 hari seminggu, dengan begitu mesin bekerja terus-menerus tanpa henti. Penghentian mesin hanya dilakukan ketika *schedule shut down* atau ketika terjadi kerusakan pada komponen tertentu yang mengakibatkan terganggunya proses produksi. *Schedule shut down* yang dilakukan akan diawali dengan pemeriksaan seluruh mesin. Pemeriksaan tersebut bertujuan untuk melihat dan mencatat komponen-

komponen yang perlu diganti. Kemudian dilakukan persiapan-persiapan *shut down* secara keseluruhan, setelah itu barulah *shut down* dilakukan untuk memperbaiki kerusakan dan mengganti komponen tertentu.

Proses produksi daur ulang kertas pada PT Papertech Indonesia Unit II Magelang memiliki satu *line* produksi dan bersifat *continue*. Sehingga jika terjadi kerusakan pada salah satu mesin maka akan menghentikan seluruh proses produksi. Oleh karena itu, perawatan mesin sangat penting untuk diprioritaskan. Pada perusahaan ini terdapat beberapa mesin yang mendukung jalannya proses produksi, salah satunya adalah mesin *Dryer* yang berfungsi untuk mengeringkan kertas. Mesin *Dryer* memiliki peran yang sangat penting karena mesin inilah yang menjadikan lembaran kertas memiliki tingkat kadar air sesuai dengan yang diinginkan. Mesin *Dryer* memiliki tingkat kegagalan yang paling tinggi, sehingga penelitian dilakukan pada mesin *Dryer*. Pada gambar 1.1 dapat dilihat diagram frekuensi kerusakan mesin di tahun 2017 yang mengakibatkan aktivitas produksi berhenti.



Sumber: Data Perusahaan

Gambar 1.1 diagram kerusakan mesin PT Papertech Indonesia

Pada gambar 1.1 menunjukkan dari total kerusakan mesin sebanyak 56 kali, mesin *Dryer* mempunyai kontribusi terbesar yaitu sebanyak 28 kali (50%), kemudian berturut-turut diikuti mesin *Press* sebanyak 15 kali (27%), mesin *Wire* sebanyak 6 kali (11%), mesin *Lumbreaker* sebanyak 5 kali (9%), mesin *Rewider* sebanyak 1 kali (2%) dan mesin *Calender* sebanyak 1 kali (2%).

Mesin *Dryer* seringkali mengalami *downtime* yang disebabkan karena adanya kerusakan yang diantaranya berupa Canvas robek, Canvas Roll rusak, Carbon aus, Packing bocor dan lain-lain, sehingga proses produksi menjadi terhenti. Kerugian yang ditanggung perusahaan akibat adanya kerusakan adalah kegiatan produksi menjadi terhenti.

Perusahaan sudah menerapkan *preventive maintenance*, tetapi frekuensi kerusakan mesin *Dryer* masih tergolong tinggi. Sehingga diperlukan strategi perawatan yang tepat, agar *downtime* mesin dapat diminimalkan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang tepat adalah metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM merupakan metode perawatan yang memanfaatkan informasi yang berkenaan dengan kehandalan suatu fasilitas, untuk memperoleh strategi perawatan yang efektif, efisien dan mudah untuk dilaksanakan (Kurniawan, 2013). Melalui penggunaan RCM, dapat diperoleh strategi perawatan yang harus dilakukan untuk menjamin mesin atau peralatan dapat terus beroperasi dengan baik. RCM berfungsi untuk mengatasi penyebab dominan dari kegagalan yang nantinya akan membawa pada keputusan perawatan yang berfokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi (Palit & Sutanto, 2012). Dengan menggunakan metode RCM dapat ditentukan rancangan kebijakan perawatan mesin *Dryer* yang tepat untuk perusahaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “**Minimasi Downtime Mesin Dryer Dengan Reliability Centered Maintenance di PT Papertech Indonesia Unit II**”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: Bagaimana meminimalkan *downtime* mesin *Dryer* dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* pada PT Papertech Indonesia Unit II Magelang.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui komponen mesin kritis yang terdapat pada mesin *Dryer*.

2. Memperoleh strategi perawatan yang tepat untuk komponen kritis pada mesin *Dryer* berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance*.
3. Mendapatkan perbandingan perawatan yang dilakukan perusahaan dengan perawatan berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance*.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti hanya pada mesin *Dryer* dan komponen kritis.
2. Penelitian berfokus pada 4 komponen mesin *Dryer* yang memiliki frekuensi kegagalan tertinggi.
3. Data sekunder yang diambil dari perusahaan merupakan data tahun 2017.
4. Kegiatan pemeliharaan berupa cara perbaikan, pembongkaran dan penggantian tidak dibahas.

E. Manfaat Penelitian

Apabila tujuan penelitian ini tercapai, maka manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kelancaran dan jumlah produksi di perusahaan.
2. Meningkatkan reliabilitas dan durabilitas mesin.
3. Memperpanjang umur asset perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Relevan

Penelitian yang akan dilakukan terkait dengan penelitian-penelitian terdahulu yang diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Hamim Rachman dkk (2017) dengan judul Usulan Perawatan Sistem *Boiler* dengan metode *Reliability Centered Maintenance* menyatakan bahwa komponen yang paling kritis berdasarkan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* adalah komponen yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar, yakni komponen *gland seal steam* dengan nilai RPN sebesar 180 dan *check valve* dengan nilai RPN sebesar 120 sehingga membutuhkan perhatian yang lebih dan tindakan pemeliharaan yang tepat. Hasil pemilihan tindakan perawatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terdapat satu komponen kritis yang termasuk dalam kategori perawatan *Condition Directed* (CD), yaitu *El Bow*, dan dua komponen kritis termasuk dalam kategori perawatan *Time Directed* (TD) yaitu *gland seal steam* dan *check valve*. Interval penggantian optimum komponen dengan *Total Minimum Downtime* yaitu *gland seal steam* sebesar 37 hari dan *check valve* 58 hari. Dengan mengusulkan metode RCM sebagai metode perawatan maka dimungkinkan adanya potensi penurunan rata-rata downtime sebesar 11,33% dari perawatan yang dilakukan perusahaan sekarang dengan usulan yang dilakukan peneliti.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Sudiyono Kromodiharjo (2015) dengan judul Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada Pulverizer PLTU Paiton Unit 3 menyatakan bahwa dengan penerapan metode RCM diperoleh 3 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task (preventive maintenance)*, 8 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task (preventive maintenance)*, 1 *failure mode* dapat dicegah dengan *redesign*. Nilai rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) masing masing subsistem *Pulverizer*, yaitu rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) dari *grinding*

roller adalah 2880,66 jam. Rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) dari *hydraulic pump* adalah 5075,06 jam. Rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) dari *gearbox* adalah 5381,65 jam. Rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) dari *coal feeder* adalah 525,17 jam.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Heri Mujayin (2015) dengan judul Usulan Perawatan Mesin *Stitching* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* menyatakan bahwa komponen yang memiliki *Risk Priority Number* (RPN) terbesar yaitu *Bearing* dengan nilai sebesar 210, *V-belt* dengan nilai sebesar 192, Pegas dengan nilai sebesar 150 sehingga membutuhkan perawatan yang lebih. Hasil pemilihan tindakan perawatan RCM terdapat 3 komponen yang direncanakan dengan perawatan CD (*Condition Directed*), yaitu kumparan, pegas, mata pisau dan 2 komponen yang direncanakan dengan perawatan TD (*Time Directed*) yaitu *V-belt* dan *Bearing*. Interval penggantian optimum komponen dengan *Total Minimum Downtime* yaitu *V-belt* sebesar 21 hari dan *Bearing* 47 hari. Dengan menerapkan metode RCM sebagai metode perawatan, maka dimungkinkan adanya potensi penurunan rata-rata *downtime* sebesar 47,83%.

Merujuk pada penelitian relevan, dapat diketahui bahwa pada penelitian pertama mengkaji tentang kegagalan pada komponen mesin *Boiler*, dilakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* untuk menentukan komponen kritis berdasarkan nilai *Risk Priority Number*, kemudian ditentukan kategori tindakan perawatan dan interval perawatan untuk masing-masing komponen mesin *Boiler*. Pada penelitian kedua mengkaji tentang kegagalan pada mesin *Pulverizer*, setelah melakukan analisis dan pengolahan data maka didapatkan nilai *Mean Time Between Failure* dan kategori tindakan perawatan yang tepat untuk masing-masing komponen mesin *Pulverizer*. Pada penelitian ketiga mengkaji tentang kegagalan komponen pada mesin *Stitching*, analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* untuk menentukan komponen kritis pada mesin *Stitching*, selanjutnya ditentukan interval perawatan berdasarkan *Total Minimum Downtime* untuk masing-masing komponen mesin *Stitching*.

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan terhadap ketiga penelitian relevan yaitu objek yang diteliti berupa mesin *Dryer*, digunakannya metode *Reliability Centered Maintenance* adalah untuk mengetahui kegagalan mesin *Dryer* serta menentukan tindakan perawatan yang tepat. Sebagai pembaruan dalam penelitian ini, selain menggunakan analisis metode *Reliability Centered Maintenance*, pada analisa *Failure Mode and Effect Analysis* juga akan ditambahkan analisa dengan metode *Fault Tree Analysis* untuk mengidentifikasi penyebab sebuah kerusakan dan probabilitas sebuah kerusakan dapat terjadi.

B. Sistem Perawatan

1. Definisi Perawatan

Perawatan atau *maintenance* didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai (Sudrajat, 2011). Perawatan adalah fungsi yang memonitor dan memelihara fasilitas pabrik, peralatan, dan fasilitas kerja dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (*uptime*) dan meminimisasi selang waktu berhenti (*downtime*) yang diakibatkan oleh adanya kerusakan maupun perbaikan (Manzini, 2010). Fungsi perawatan perlu dijalankan dengan baik, karena dengan dijalankannya dengan baik fungsi tersebut maka fasilitas-fasilitas produksi akan terjaga kondisinya. Peranan perawatan terhadap mesin dan peralatan serta fasilitas menjadi sangat penting dalam menunjang beroperasinya suatu industri. Sehingga perlu mendapat perhatian yang cukup besar. Oleh karena itu aktivitas perawatan merupakan bagian integral dari suatu industri untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

2. Pemahaman Istilah Perawatan

Pelaksanaan perawatan industri membutuhkan komunikasi yang jelas diantara konseptor dengan pelaksana perawatan. Menurut Kurniawan

(2013) terdapat beberapa istilah perawatan yang perlu dipahami secara detail, antara lain:

a. *Inspection* (Inspeksi)

Inspection adalah aktivitas pengecekan untuk mengetahui keberadaan atau kondisi dari fasilitas produksi. Inspeksi biasanya berupa aktivitas yang membutuhkan panca indera dan analisis yang kuat dari setiap pelaksanaan, bahkan adapula yang melakukannya dengan menggunakan alat bantu, sehingga kesimpulan yang dihasilkan dapat mendekati kondisi nyata (akurat).

b. *Repair* (perbaikan)

Repair adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi mesin yang mengalami gangguan, sehingga tidak dapat beroperasi seperti sebelum terjadi gangguan tersebut, dimana prosesnya hanya dilakukan untuk perbaikan yang sifatnya kecil (perbaikan setempat). Biasanya *repair* tidak terlalu banyak mengganggu kontinuitas proses produksi.

c. *Overhaul* (perbaikan menyeluruh)

Overhaul adalah aktivitas perbaikan menyeluruh. Aktivitas ini memiliki makna yang sama dengan *repair*, hanya saja ruang lingkupnya lebih besar. Perawatan ini dilakukan apabila kondisi mesin (fasilitas) berada dalam keadaan rusak parah, sementara kemampuan untuk mengganti dengan yang baru tidak ada. *Overhaul*, biasanya dapat mengganggu kegiatan produksi dan membutuhkan biaya yang besar. Contoh kegiatan, misalnya turun mesin pada mobil, dilakukan jika kondisi mesin rusak parah.

d. *Replacement* (penggantian)

Replacement adalah aktivitas penggantian mesin. Biasanya mesin yang memiliki kondisi yang lebih baik akan menggantikan mesin sebelumnya. *Replacement* dilakukan jika kondisi alat sudah tidak memungkinkan lagi untuk beroperasi, atau sudah melewati umur ekonomis penggunaan. *Replacement* membutuhkan investasi yang besar

bagi perusahaan, sehingga alternative ini, biasanya menjadi pilihan terakhir, setelah *repair* dan *overhaul*.

3. Tujuan Perawatan

Menurut Kurniawan (2013) tujuan dari perawatan (*maintenance*) yang utama adalah mengatasi segala permasalahan yang berkenaan dengan kontinuitas aktivitas produksi, memperpanjang umur pengoprasian peralatan dan fasilitas industri, meminimasi *downtime*, yaitu waktu selama proses produksi terhenti (waktu menunggu) yang dapat mengganggu kontinuitas proses, meningkatkan efisiensi sumber daya produksi, peningkatan profesionalisme personil departemen perawatan industri, meningkatkan nilai tambah produk, sehingga perusahaan dapat bersaing di pasar global, membantu para pengambil keputusan, sehingga dapat memilih solusi optimal terhadap kebijakan perawatan fasilitas industri, melakukan perencanaan terhadap perawatan, sehingga memudahkan dalam proses pengontrolan aktivitas perawatan, mereduksi biaya perbaikan dan biaya yang timbul dari terhentinya proses karena permasalahan keandalan mesin.

4. Klasifikasi Perawatan

Menurut Sudrajat (2011) klasifikasi dari perawatan (*maintenance*) dapat didefinisikan sebagai berikut:

a. *Preventive Maintenance*

Perawatan pencegahan adalah merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan. Keuntungan kebijakan perawatan pencegahan terutama akan menjamin keandalan dari suatu sistem tersebut, menjamin keselamatan bagi pemakai, umur pakai mesin menjadi lebih panjang, *downtime* proses produksi dapat diperendah. Sedangkan kerugian yang terjadi di antaranya waktu operasi akan banyak terbuang, kemungkinan akan terjadi *human error* dalam proses *assembling* atau lainnya. Tujuan perawatan pencegahan diarahkan untuk memaksimalkan *availability*, dan meminimalkan ongkos melalui peningkatan *reliability*.

b. Breakdown Maintenance

Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin/peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kebijakan ini merupakan strategi yang kasar dan kurang baik karena dapat menimbulkan biaya tinggi, kehilangan kesempatan untuk mengambil keuntungan bagi perusahaan karena diakibatkan terhentinya mesin, keselamatan kerja tidak terjamin, kondisi mesin tidak diketahui, dan tidak ada perencanaan waktu, tenaga kerja, maupun biaya yang baik.

c. Scheduled Maintenance

Perawatan ini bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan.

d. Predictive Maintenance

Perawatan *predictive* ini pun merupakan bagian perawatan pencegahan. Perawatan *predictive* ini dapat diartikan sebagai strategi perawatan di mana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri. Perawatan prediktif disebut juga perawatan berdasarkan kondisi (*condition based maintenance*) atau juga disebut monitoring kondisi mesin (*machinery condition monitoring*), yang artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui keandalan mesin serta keselamatan kerja terjamin.

e. Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan perawatan korektif meliputi seluruh aktivitas mengembalikan sistem dari keadaan rusak menjadi beroperasi kembali. Perbaikan baru terjadi ketika mengalami kerusakan, walaupun terdapat beberapa perbaikan yang

dapat diundur. Tujuan dari Aktivitas yang telah dilakukan ialah perbaikan yaitu menunggu sampai kerusakan terjadi terlebih dahulu, kemudian baru diperbaiki agar fasilitas produksi maupun peralatan yang ada dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi sehingga operasi dalam proses produksi dapat berjalan lancar dan kembali normal.

5. Biaya Perawatan Mesin

Biaya perawatan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk merawat mesin dalam keadaan operasi yang memuaskan. Menurut Setiaji & Runtut (2017) untuk mengetahui biaya perawatan dapat dicari dengan cara:

Biaya *Corrective Maintenance*:

$$C_f = \text{Harga Komponen} + (\text{downtime} \times \text{gaji mekanik/jam}) + (\text{kapasitas produksi} \times \text{downtime} \times \text{production loss}) \dots \dots \dots (1)$$

Biaya *Preventive Maintenance*:

$$C_p = \text{Harga Komponen} + (\text{downtime} \times \text{gaji mekanik/jam}) + (\text{kapasitas produksi} \times \text{downtime} \times \text{production loss}) \dots \dots \dots (2)$$

C. Downtime

Downtime merupakan waktu yang dibutuhkan oleh mesin yang mengalami kerusakan dan berhenti, sampai dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan dan mesin siap untuk digunakan kembali (Wijayanti, 2018). *Downtime* mesin dapat terjadi ketika unit mengalami masalah seperti kerusakan yang dapat mengganggu performansi secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksinya sehingga membutuhkan sejumlah waktu tertentu untuk mengembalikan fungsi unit tersebut pada kondisi semula. *Downtime* mesin akan merugikan perusahaan dalam berbagai aspek baik aspek material, ekonomi maupun waktu. *Downtime* mesin akan mengganggu efisiensi kerja mesin juga mengganggu efisiensi kerja proses produksi karena akan menghambat proses produksi yang berlangsung. Untuk meminimasi terjadinya *downtime* pada mesin produksi, maka dapat dilakukan dengan melakukan perawatan mesin. Dengan menganalisa penyebab serta frekuensi *downtime* yang terjadi dapat ditentukan strategi perawatan yang tepat untuk menanggulangi masalah *downtime* yang dialami

oleh perusahaan. Perawatan mesin dilakukan untuk mengurangi lamanya *downtime* serta frekuensi terjadinya *downtime* mesin. Dengan berkurangnya *downtime* mesin selain meningkatkan kelancaran proses produksi juga diharapkan dapat meningkatkan kinerja proses produksi.

D. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

1. Definisi *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar aset fisik dapat kontinyu dalam memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini (Pranoto, 2015). *Reliability Centered Maintenance* merupakan metode perawatan yang memanfaatkan informasi yang berkenaan dengan kehandalan suatu fasilitas, untuk memperoleh strategi perawatan yang efektif, efisien dan mudah untuk dilaksanakan (Kurniawan, 2013). Penekanan terbesar pada *Reliability Centered Maintenance* adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting dari pada karakteristik teknik itu sendiri. Menurut Palit & Susanto (2012) melalui penggunaan RCM, dapat diperoleh informasi yang harus dilakukan untuk menjamin mesin atau peralatan dapat terus beroperasi dengan baik, RCM berfungsi untuk mengatasi penyebab dominan dari kegagalan yang nantinya akan membawa pada keputusan perawatan yang berfokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi.

2. Prinsip-prinsip *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Menurut Pranoto (2015) prinsip-prinsip *Reliability Centered Maintenance (RCM)* diantaranya adalah RCM memelihara fungsional sistem karena bukan sekedar memelihara suatu sistem/alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem/alat tersebut sesuai dengan harapan, RCM lebih fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan, RCM berbasiskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu sistem/*equipment* untuk terus beroperasi sesuai dengan

fungsi yang diinginkan, RCM bertujuan menjaga agar keandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut, RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi, RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standard* yang ditetapkan, RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata / jelas, Tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

3. Tujuan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Menurut Razak (2017) tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu untuk membangun suatu prioritas desain untuk memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif, untuk merencanakan *preventive maintenance* yang aman dan handal pada level-level tertentu dari sistem, untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perbaikan item dengan berdasarkan bukti keandalan yang tidak memuaskan, untuk mencapai ketiga tujuan tersebut dengan biaya yang minimum.

Reliability Centered Maintenance sangat menitikberatkan pada penggunaan *preventive maintenance* maka keuntungan RCM adalah dapat menjadi program perawatan yang paling efisien, biaya yang lebih rendah dengan mengeliminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan, minimisasi frekuensi *overhaul*, minimisasi peluang kegagalan peralatan secara mendadak, dapat memfokuskan kegiatan perawatan pada komponen-komponen kritis meningkatkan *reliability* komponen, menggabungkan *root cause analysis*.

4. Langkah-langkah penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang diperlukan dalam melakukan analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Menurut Gulati (2013) terdapat 7 langkah dalam RCM yaitu:

a. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi

Berikut ini akan dibahas secara terpisah antara pemilihan sistem dan pengumpulan informasi.

1) Pemilihan sistem

Ketika memutuskan untuk menerapkan program RCM pada fasilitas ada dua pertanyaan yang timbul, yaitu:

a) Pada tingkat *assembly* beberapa proses analisis akan dilakukan.

Proses analisis RCM sebaiknya dilakukan pada tingkat sistem bukan pada tingkat komponen. Dengan proses analisis pada tingkat sistem akan memberikan informasi yang lebih jelas mengenai fungsi komponen terhadap sistem.

b) Apakah seluruh sistem akan dilakukan proses analisis dan bila tidak bagaimana dilakukan pemilihan sistem.

Tidak semua sistem akan dianalisis. Hal ini disebabkan karena bila dilakukan proses analisis secara bersamaan untuk dua sistem atau lebih, maka proses analisis akan sangat luas. Selain itu, proses analisis akan dilakukan secara terpisah, sehingga dapat lebih mudah untuk menunjukkan setiap karakteristik sistem dari fasilitas (mesin/peralatan) yang dibahas.

2) Pengumpulan informasi

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan pengertian yang lebih mendalam mengenai sistem dan bagaimana sistem bekerja. Pengumpulan informasi ini juga akan dapat digunakan dalam analisis RCM pada tahapan selanjutnya. Informasi-informasi yang dikumpulkan dapat melalui pengamatan langsung dilapangan, wawancara, dan sejumlah buku referensi. Informasi yang dikumpulkan antara lain cara kerja mesin, komponen utama mesin, spesifikasi mesin dan rangkaian sistem pemesinan.

b. Pendefinisian batasan sistem

Jumlah sistem dalam suatu fasilitas atau pabrik sangat luas tergantung dari kekompleksitasan fasilitas, karena itu perlu dilakukan pendefinisian batas sistem. Lebih jauh lagi pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya.

c. Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi

Dalam tahap ini ada lima fungsi informasi yang harus di kembangkan yaitu penguraian sistem, blok diagram fungsi, masukan dan keluaran sistem, dan data historis peralatan serta *system work breakdown structure* (SWBS).

1) Penguraian sistem

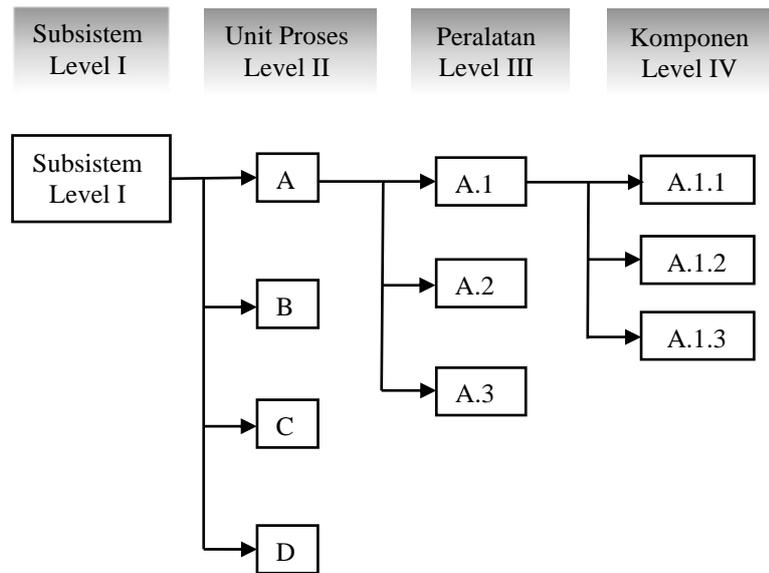
Langkah pendeskripsian sistem diperlukan untuk mengetahui komponen komponen yang terdapat di dalam sistem tersebut dan bagaimana komponen komponen yang terdapat dalam sistem tersebut beroperasi. Sedangkan informasi fungsi peralatan dan cara sistem beroperasinya dapat dipakai sebagai informasi untuk membuat dasar untuk menentukan kegiatan pemeliharaan pencegahan. Keuntungan yang didapat dari pendeskripsian sistem adalah sebagai dasar informasi tentang desain dan cara sistem beroperasinya yang dipakai acuan untuk kegiatan pemeliharaan pencegahan di kemudian hari, diperoleh pengetahuan sistem secara menyeluruh, mengidentifikasi parameter-parameter yang menyebabkan kegagalan sistem.

2) Blok diagram fungsi

Melalui pembuatan blok diagram fungsi suatu sistem maka masukan, keluaran dan interaksi antara sub-sub sistem tersebut dapat tergambar dengan jelas.

3) *System Work Breakdown Structure* (SWBS)

System Work Breakdown Structure dikembangkan bersamaan dengan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) oleh departmen Pertahanan Amerika Serikat (DoD). Pada tahap ini akan digambarkan himpunan daftar peralatan untuk setiap bagian-bagian fungsi sub sistem. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama yaitu diagram dan kode dari subsistem/komponen. Pada gambar 2.1 berikut ini merupakan contoh *System Work Breakdown Structure* (SWBS).



Gambar 2.1 Contoh System Work Breakdown Structure

d. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi

Fungsi (*Function*) adalah kinerja (*performance*) yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. *Functional Failure* (FF) didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu komponen atau sistem untuk memenuhi standar dari setiap item hanya dapat ditentukan bila fungsi-fungsi dari setiap dipahami secara jelas. Ada beberapa kategori fungsi:

1) Fungsi primer

Setiap aset dioperasikan untuk memenuhi suatu fungsi atau beberapa fungsi spesifik. Ini dikenal sebagai fungsi primer. Fungsi ini menyebabkan aset itu ada dan merupakan keterkaitan dari setiap orang yang ingin mengembangkan program maintenance. Fungsi primer biasanya sesuai dengan nama *item*-nya.

2) Fungsi sekunder

Hampir setiap item memiliki pula sejumlah fungsi sekunder yang kadang-kadang melebihi jumlah fungsi primer, namun kegagalan mereka masih menimbulkan konsekuensi yang serius, terkadang melebihi dari pada kegagalan pada fungsi primer, jadi perlu

diidentifikasi dengan jelas. Fungsi sekunder memiliki unsur *containment, support, hygiene* dan *gauges*.

Definisi kegagalan fungsional mencakup kerugian fungsionalnya dan situasi dimana prestasinya jatuh dari batas yang dapat diterima. Dalam hal ini, standar prestasi fungsional yang terkait dengan mudah untuk didefinisikan. Tetapi masalah tidak semudah itu bilamana pandangan terhadap kegagalan melibatkan banyak pertimbangan dari banyak orang. Yang perlu menjadi perhatian disini adalah standar prestasi yang digunakan untuk menentukan kegagalan fungsional, menentukan tingkan *maintenance* pencegahan yang dibutuhkan untuk mencegah kegagalan. Dalam prakteknya, banyak waktu dan energi yang dihemat bila standar prestasi disetujui sebelum kegagalan terjadi, dan bila setiap orang bertindak dengan dasar standar tersebut apabila kegagalan memang terjadi. Inilah sebabnya mengapa standar ini harus didefinisikan secara jelas untuk setiap item peralatan dalam konteks operasinya dan juga mengapa mereka harus di-*set* oleh *engineer* (*maintenance* dan *designer*) bersama-sama dengan orang operasional.

e. Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen dan menganalisis pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level sistem, item-item khusus yang kritis dapat dinilai dan tindakan-tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode-mode kegagalan yang kritis.

Dari analisis ini kita dapat memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan, sehingga kita akan dapat memberikan perilaku lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan pemeliharaan yang tepat.

Hanya dengan menggunakan metode FMEA ini secara umum dibatasi dengan waktu dan sumber-sumber yang tersedia dan kemampuan untuk mendapatkan *database* yang cukup detail pada saat menganalisis (sebagai contoh pendefinisian sistem akurat, gambar terbaru / *up to date*) data *failure rate*.

Risk Priority Number (RPN) adalah sebuah pengukuran dari resiko yang bersifat relative, RPN diperoleh melalui hasil perkalian antara rating *Severity*, *Occurence* dan *Detection*. RPN ditentukan sebelum mengimplementasikan rekomendasi dari tindakan perbaikan, dan ini digunakan untuk mengetahui bagian manakah yang menjadi prioritas utama berdasarkan nilai RPN tertinggi.

$$RPN = S \times O \times D \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: S = *Severity*
O = *Occurance*
D = *Detection*

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk kearah tindakan perbaikan.

Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN tersebut. Ketiga komponen tersebut adalah:

1) *Severity* (S)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai rating *Severity* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem. Berikut adalah nilai severity secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai *Severity*

<i>Rating</i>	<i>Criteria of Severity Effect</i>
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
8	Kehilangan fungsi utama
7	Pengurangan fungsi utama

Berlanjut ke halaman 20

Lanjutan dari halaman 19

6	Kehilangan kenyamanan fungsi pengguna
5	Mengurangi kenyamanan fungsi pengguna
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerjaan menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerjaan menyadari adanya masalah
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

Sumber: (Pranoto J. , 2012)

2) Occurrence (O)

Occurrence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. *Occurrence* berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin. Nilai rating *Occurrence* antara 1 sampai 10. Berikut adalah nilai *Occurrence* secara umum dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai *Occurrence*

Rating	Probability of Occurrence
10	Lebih besar dari 50 per 7200 jam penggunaan
9	35-50 per 7200 jam penggunaan
8	31-35 per 7200 jam penggunaan
7	26-30 per 7200 jam penggunaan
6	21-25 per 7200 jam penggunaan
5	15-20 per 7200 jam penggunaan
4	11-15 per 7200 jam penggunaan
3	5-10 per 7200 jam penggunaan
2	Lebih kecil dari 5 per 7200 jam penggunaan
1	Tidak pernah sama sekali

Sumber: (Pranoto J. , 2012)

3) *Detection* (D)

Deteksi diberikan pada sistem pengendalian yang digunakan saat ini yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi penyebab atau mode kegagalan. Nilai rating deteksi antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi sangat sulit terdeteksi. Berikut adalah nilai *Detection* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai *Detection*

<i>Rating</i>	<i>Probability of Detection</i>
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk Terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk mendeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang sedang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Sumber: (Pranoto J. , 2012)

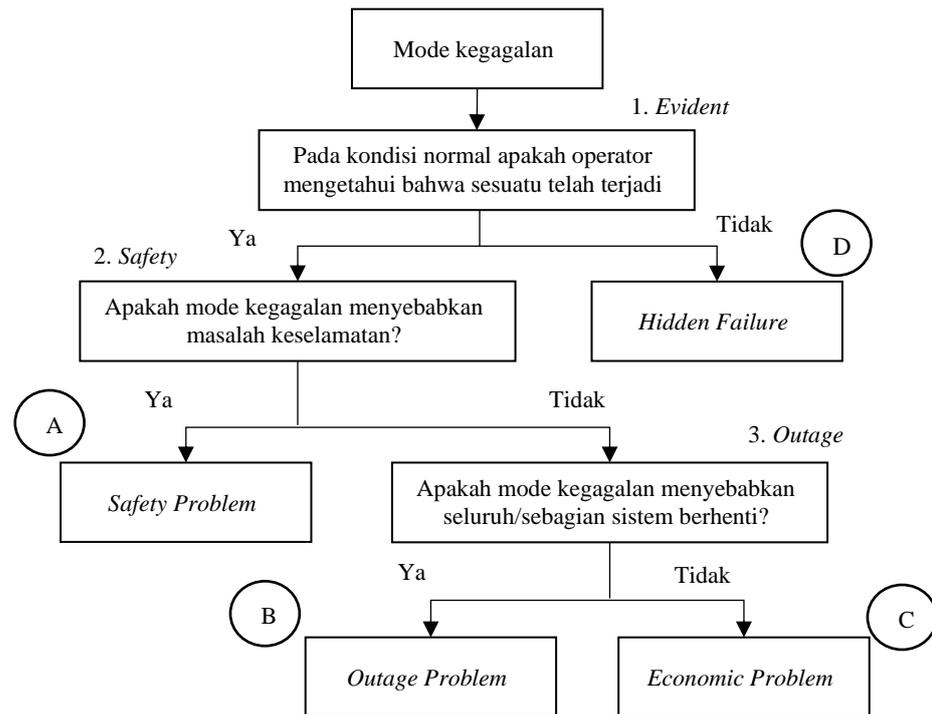
f. Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan. melakukan tinjauan fungsi dan kegagalan fungsi sehingga status *mode* kerusakan tidak sama. Proses LTA menggunakan pertanyaan logika yang sederhana atau struktur keputusan kedalam empat kategori, setiap pertanyaan akan dijawab “Ya” atau “Tidak”. Hal yang penting dalam analisis kekritisian yaitu sebagai berikut:

- 1) *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?

- 2) *Safety*, yaitu apakah *mode* kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
- 3) *Outage*, yaitu apakah *mode* kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
- 4) *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:
 - a) Kategori A (*Safety problem*): Jika *failure mode* mempunyai konsekuensi *safety* terhadap personal maupun lingkungan
 - b) Kategori B (*Outage problem*): Jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* sehingga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan
 - c) Kategori C (*Economic problem*): Jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan
 - d) Kategori D (*Hidden failure*): Jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure*, yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, kategori D/B dan kategori D/C.

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat struktur pertanyaan dari *Logic Tree Analisis*.



Gambar 2.2 Struktur pertanyaan dari *Logic Tree Analisis*

g. Pemilihan tindakan.

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang harus dilakukan memiliki syarat sebagai berikut:

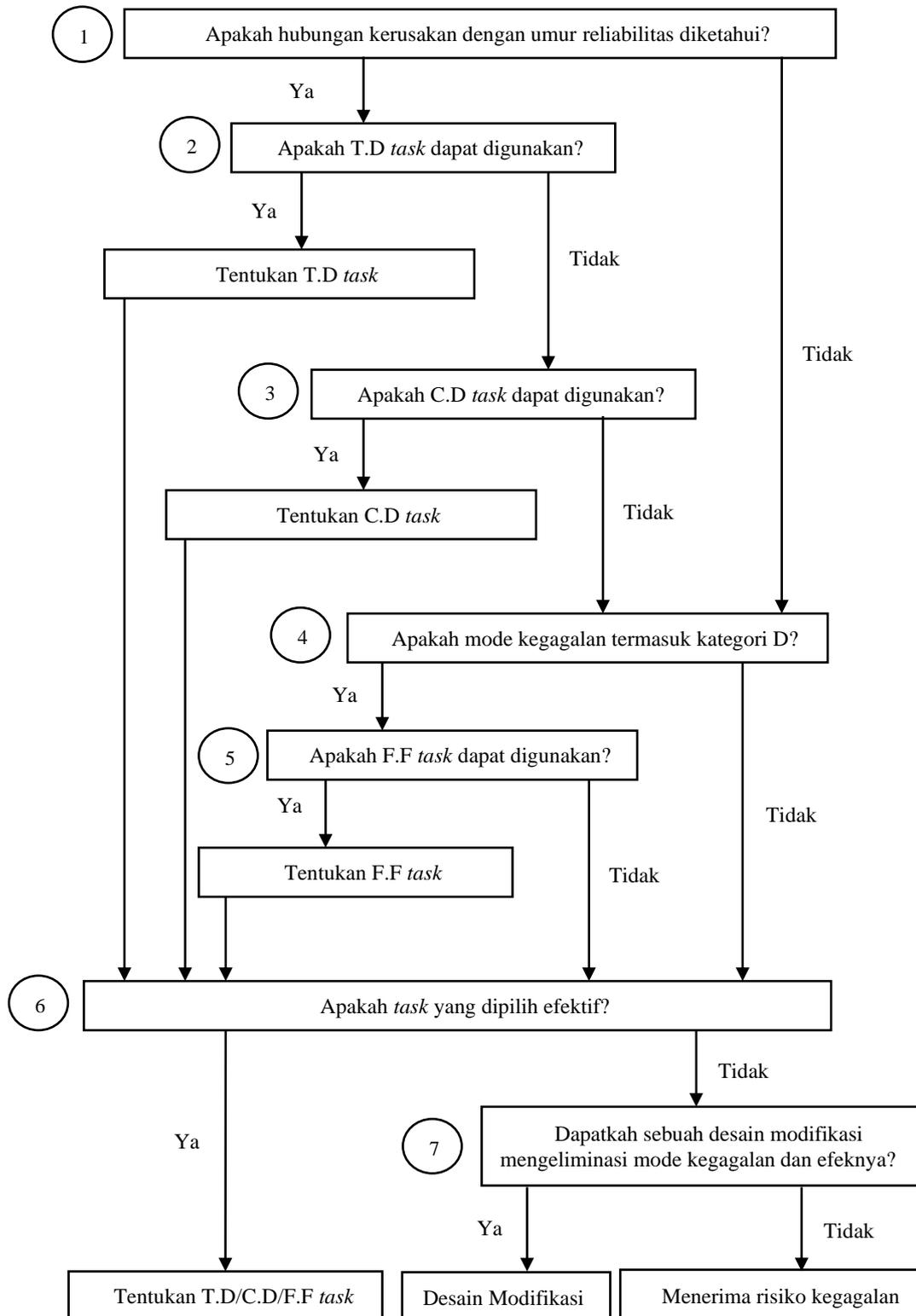
- 1) Aplikatif, tugas tersebut akan dapat mencegah kegagalan, mendeteksi kegagalan atau menemukan kegagalan tersembunyi.
- 2) Efektif, tugas tersebut harus merupakan pilihan dengan biaya paling efektif diantara kandidat lainnya.

Pemilihan tindakan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* terbagi menjadi empat (Gulati, 2013), yaitu:

- 1) *Condition Directed (C.D)*. Tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

- 2) *Time Directed* (T.D), tindakan yang diambil yang lebih berfokus pada aktivitas pembersihan yang dilakukan secara berkala.
- 3) *Finding Failure* (F.F), tindakan yang diambil tujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
- 4) *Run to Failure* (R.T.F), tindakan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan komponen (melakukan penggantian komponen). Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan ekonomis yang dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat *Road map* pemilihan tindakan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).



Gambar 2.3 Road Map Pemilihan Tindakan

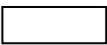
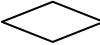
E. *Fault Tree Analysis*

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan pendekatan *top-down* analisis kegagalan, dimulai dengan potensi kejadian utama atau peristiwa yang tidak diinginkan disebut dengan *top level event*, lalu menentukan semua hal yang dapat membuat peristiwa atau kejadian tersebut terjadi. Analisis tersebut dilakukan dengan menentukan bagaimana *top level event* (potensi kejadian utama) bisa terjadi, apa penyebabnya, dan siapa penyebabnya. Penyebab dari potensi kejadian utama adalah “*connected*” melalui *logic gates* yaitu *AND-gates* dan *OR-gates*. *FTA* merupakan metodologi analisis yang menggunakan model grafis untuk menunjukkan analisis proses secara visual. *FTA* memungkinkan untuk identifikasi kejadian kegagalan berdasarkan penilaian probabilitas kegagalan (Dewi, 2005). Potensi kejadian utama merupakan suatu analisis berbentuk pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis.

Pohon kesalahan merupakan suatu model grafis yang menyangkut berbagai kombinasi contoh kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa yang tidak diinginkan yang sudah didefinisikan sebelumnya, atau dapat diartikan sebagai gambaran hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa-peristiwa dasar yang mendorong. Pembuatan model pohon kesalahan (*fault tree*) dilakukan dengan cara wawancara dengan manajemen dan melakukan pengamatan langsung terhadap proses produksi di lapangan. Selanjutnya sumber-sumber kecelakaan kerja tersebut digambarkan dalam bentuk model pohon kesalahan.

Dalam *FTA* terdapat beberapa simbol kejadian digunakan untuk menunjukkan sifat dari setiap kejadian dalam sistem. Simbol-simbol kejadian ini akan lebih memudahkan dalam mengidentifikasi kejadian yang terjadi. Adapun simbol-simbol kejadian yang digunakan dalam *FTA* dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Simbol-Simbol *Fault Tree*

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Even OR</i>
	<i>Logic Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>

Dalam FTA juga dilakukan perhitungan probabilitas sebuah kegagalan. Probabilitas terjadinya *output fault event* dari gerbang *AND* dan *OR* dapat dihitung berdasarkan dua persamaan berikut :

$$\text{Gerbang AND : } F = f_1 f_2 f_3 \dots f_n \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{Gerbang OR : } F = 1 - (1 - f_1) (1 - f_2) \dots (1 - f_n) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan: F = Probabilitas terjadinya output kejadian gagal.

f = Probabilitas terjadinya input kejadian gagal.

n = Jumlah input kejadian gagal.

F. Mesin *Dryer*

Mesin *Dryer* merupakan mesin yang berfungsi untuk mengeringkan lembaran kertas, mesin *Dryer* menjadikan kadar air dalam kertas menjadi 6-7%. Peralatan pengering yang digunakan berupa drum *dryer* yang dipanaskan oleh *steam* dengan suhu maksimum $\pm 150^\circ \text{C}$ dan tekanan 0,5 mPa. Drum-drum pada mesin *Dryer* berjumlah 30 *drum dryer* yang dibagi menjadi tiga group. Setiap group digerakkan oleh satu mesin penggerak (dinamo) dan terdiri dari sepuluh *drum dryer*, diameter drum *dryer* yaitu 1.200 mm dengan panjang 1.700 mm.

Pada mesin *Dryer* lembaran dari bagian mesin *press* dibawa menggunakan kanvas dan lembaran kertas berada di atas kanvas. Kemudian dilewatkan

melalui drum-drum yang terdapat pada mesin *Dryer*. Drum-drum tersebut dipanaskan menggunakan *steam* yang ditransformasikan ke dalamnya sehingga terjadi proses perpindahan panas dari *steam* menuju drum *dryer* dan dari drum *dryer* panas dialirkan ke kertas. Jadi pada drum *dryer* ada tiga lapisan utama yang berbeda, lapisan paling luar merupakan kertas, lapisan tengah adalah canvas, dan lapisan paling dalam merupakan drum *dryer*. Sehingga terjadi perpindahan panas secara konveksi dan konduksi. Proses pengeringan meliputi pemasukan *steam* ke dalam unit drum *dryer* untuk menguapkan kandungan air dari lembaran kertas. Pemanasan dilakukan secara bertahap, mulai dari tahap awal $\pm 110^{\circ}\text{C}$ sampai pada bagian akhir $\pm 140^{\circ}\text{C}$.

Mesin *Dryer* seringkali mengalami *downtime* yang disebabkan karena adanya kerusakan yang diantaranya berupa canvas robek, canvas roll rusak, carbon aus, packing bocor dan lain-lain, sehingga proses produksi menjadi terhenti. Kerugian yang ditanggung perusahaan akibat adanya kerusakan adalah kegiatan produksi menjadi terhenti.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

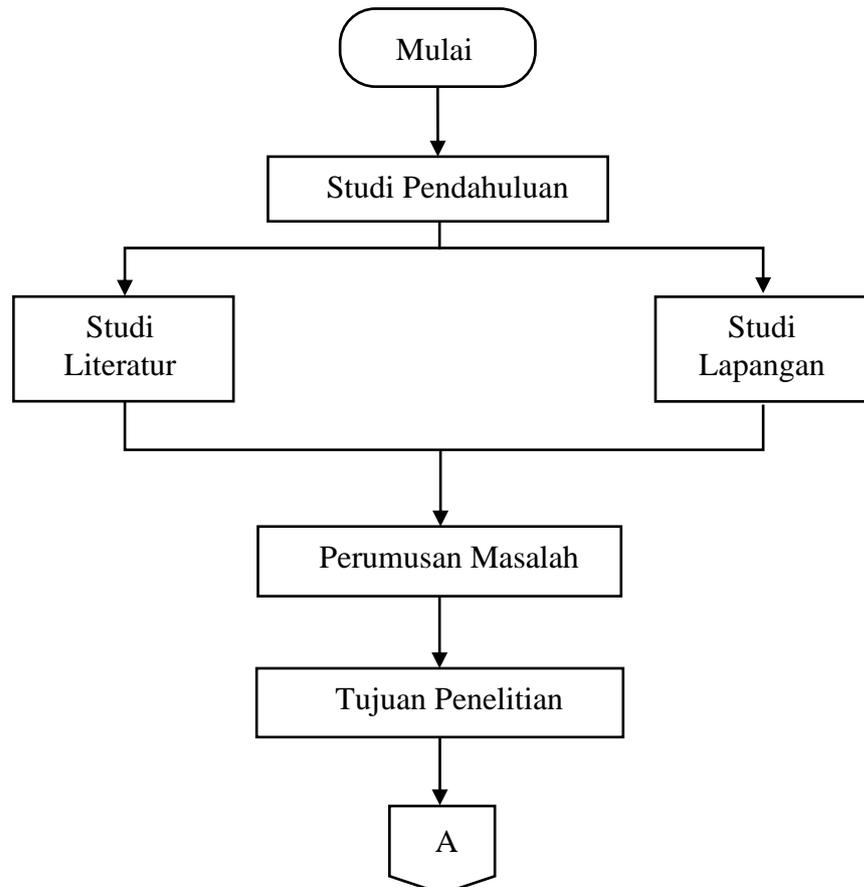
Penelitian ini digolongkan kedalam jenis penelitian deskriptif, karena bertujuan memaparkan pemecahan masalah aktual di PT Papertech Indonesia secara sistematis dan dapat dijadikan usulan bagi perusahaan dalam menentukan kebijakan perawatan mesin yang efektif dan efisien dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

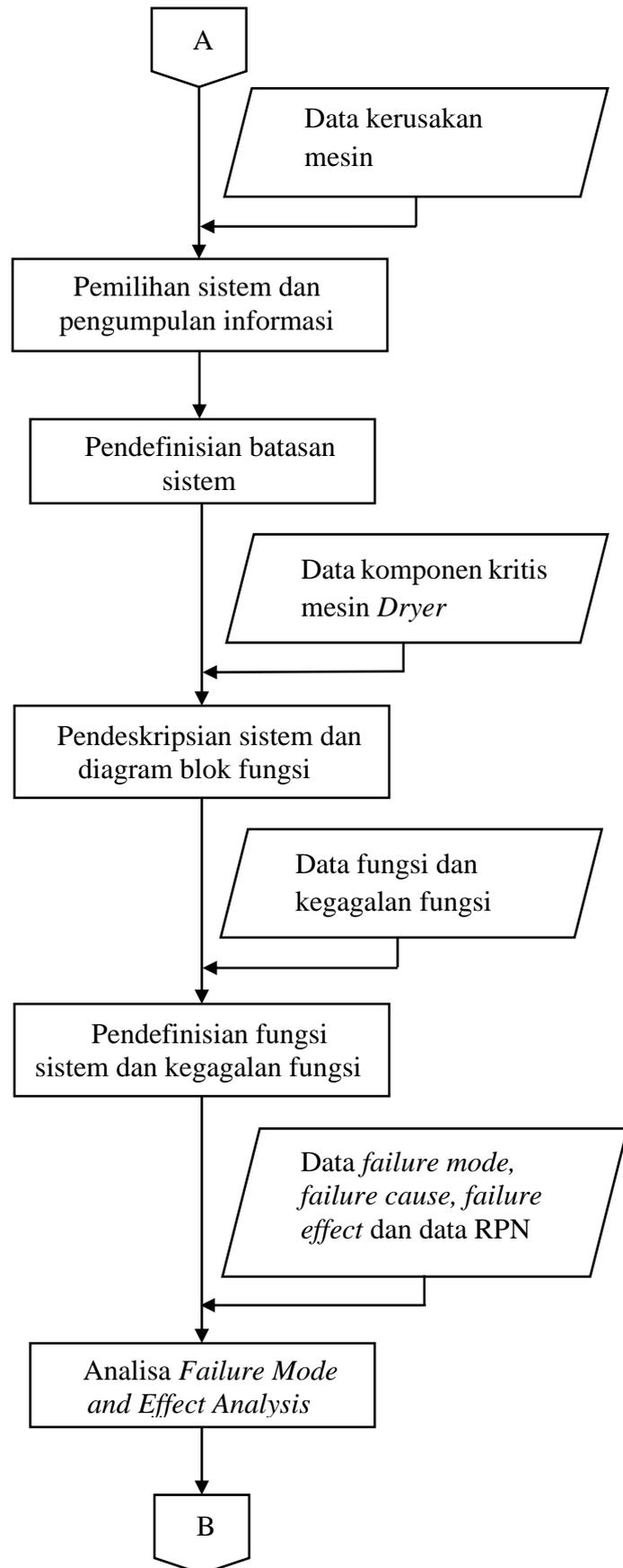
B. Waktu dan Tempat Penelitian

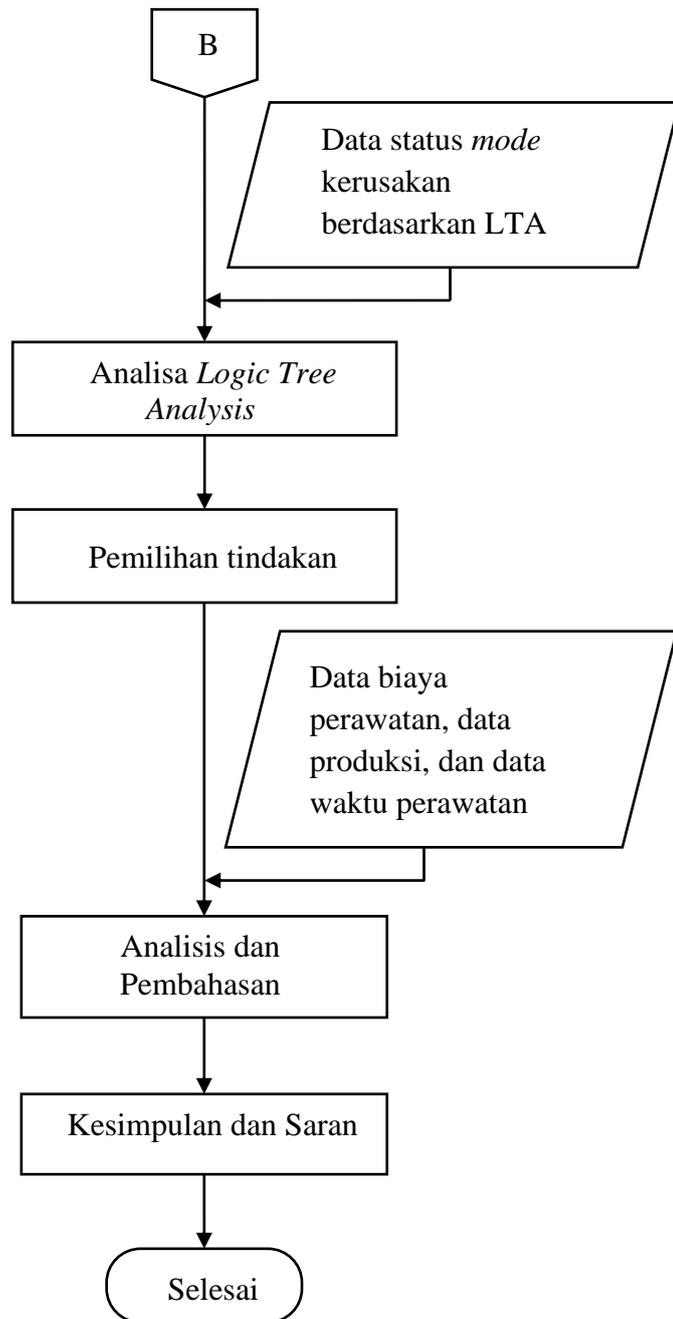
Penelitian dilakukan pada bulan November 2018 sampai Januari 2019 pada aktifitas perawatan mesin di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang.

C. Jalannya penelitian

Jalannya penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut:







Gambar 3.1 *Flowchart* Alur Penelitian

D. Tahapan Penelitian

1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan sebagai langkah awal dalam proses penelitian dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi serta didukung dengan studi literatur untuk mengetahui permasalahan yang

terdapat di PT Papertech Indonesia Unit II dan isu-isu global tentang sistem perawatan mesin industri, studi pendahuluan ini meliputi:

a. Studi Lapangan

Melakukan pengamatan awal pada objek penelitian di PT Papertech Indonesia Unit II untuk mengetahui perusahaan dalam hubungannya dengan perawatan mesin-mesin produksi. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Pengamatan

Pada penelitian ini, pengamatan dilakukan untuk mengetahui informasi tentang jenis mesin yang digunakan dan sistem perawatan yang diterapkan oleh perusahaan.

2) Wawancara

Pada penelitian ini, wawancara dilakukan untuk mengetahui aktivitas perawatan mesin di PT Papertech Indonesia Unit II.

b. Studi Literatur

Merupakan tahapan penelusuran referensi yang bersumber dari jurnal, buku, maupun penelitian yang ada sebelumnya tentang konsep *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

2. Perumusan masalah

Setelah dilakukan studi lapangan di PT. Papertech Indonesia, maka ditetapkan perumusan masalah yaitu faktor-faktor apa saja yang menyebabkan *downtime* pada mesin *Dryer*, dan bagaimana menentukan sistem perawatan yang tepat untuk meminimalisasi *downtime* mesin *dryer* dengan metode *Reliability Centered Maintenance*?

3. Tujuan penelitian

Pada tahap ini ditetapkan tujuan penelitian yaitu mengetahui komponen kritis yang terdapat pada mesin *Dryer*, dan menentukan sistem perawatan yang tepat untuk meminimalisasi *downtime* mesin *Dryer* dengan metode *Reliability Centered Maintenance*.

E. Data dan Metode Pengumpulan Data

1. Jenis Data

Dalam penelitian ini menggunakan data primer yang meliputi data fungsi dan kegagalan fungsi, data *failure mode*, *failure cause*, *failure effect*, *failure severity*, *failure occurrence*, *failure detection* yang dikumpulkan berdasarkan metode FMEA, data status *mode* kerusakan berdasarkan metode LTA, data biaya perawatan, meliputi harga suku cadang dan jumlah tenaga kerja, data waktu perawatan, yang bersifat korektif maupun preventif. Penelitian ini juga menggunakan data sekunder berupa data kerusakan, data produksi dan data komponen kritis mesin *Dryer*. Data yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah data tahun 2017.

2. Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini dilakukan metode wawancara dan dokumentasi. Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data kerusakan, data produksi dan data komponen kritis mesin *Dryer*. Sedangkan metode wawancara digunakan untuk mengetahui penyebab dan akibat kerusakan, fungsi dan kegagalan fungsi, mode kerusakan mesin *Dryer* berdasarkan metode FMEA dan metode LTA.

F. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data yang diinginkan maka selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), ada tujuh tahapan yang digunakan dalam metode RCM yaitu:

1. Pemilihan sistem dan Pengumpulan Informasi

Pada tahap ini dilakukan pemilihan sistem dan pengumpulan informasi yang berkaitan dengan mesin *Dryer* di PT. Papertech Indonesia.

2. Pendefinisian Batasan Sistem

Tahap selanjutnya yaitu batasan sistem. Batasan sistem bertujuan untuk membedakan antara satu sistem dengan sistem lainnya agar dapat membuat daftar komponen yang mendukung sistem tersebut. Batasan sistem dalam penelitian ini ialah tentang mesin *Dryer*.

3. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram fungsi

Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi dengan melakukan penguraian sistem pada mesin *Dryer* untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat dalam sistem tersebut. Blok diagram fungsi merupakan tahap selanjutnya dengan cara merepresentasikan fungsi dari sistem dalam bentuk blok- blok dari setiap sub sistem yang menyusun sistem *Dryer*.

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Fungsi sistem dan kegagalan sistem merupakan tahapan selanjutnya yang dilakukan untuk mengetahui sistem yang terdapat pada mesin *Dryer* tersebut berjalan sesuai yang diharapkan atau tidak. Menentukan ketidakmampuan sistem untuk memenuhi standar dengan mengkategorikan fungsi kedalam fungsi primer dan fungsi skunder.

5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk dapat memprediksi jenis kerusakan sebuah komponen, penyebab rusaknya sebuah komponen dan efek kerusakan komponen terhadap sistem. Pada tahap ini juga akan mengevaluasi sistem dengan mempertimbangkan mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen dan menganalisis pengaruh terhadap keadaan sistem pada mesin *Dryer*. Dari hasil analisis nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* yang ditentukan dari staff bagian maintenance kemudian memprediksi komponen mana yang kritis dan memberikan perlakuan dengan tindakan pemeliharaan. Menentukan suatu tindakan perbaikan dan menentukan komponen yang menjadi prioritas berdasarkan hasil dari *Risk Priority Number* (RPN). Hasil RPN akan menunjukkan tingkatan prioritas yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk tindakan perbaikan yang tepat.

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) dilakukan untuk memberikan prioritas mode kerusakan, melakukan tinjauan kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat

diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA.

7. Pemilihan Tindakan

Didalam tahapan pemilihan tindakan perawatan akan ditentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu dengan menjawab pertanyaan pada *Road Map* pemilihan tindakan, Apakah kerusakan masuk dalam kategori tindakan perawatan *Time Directed*, *Condition Directed*, *Failure Finding* atau *Run To Failure*.

G. Analisis Dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengolahan data maka diketahui komponen kritis dengan tingkat kegagalan tertinggi yang kemudian dianalisis dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mendapatkan tindakan perawatan yang tepat, kemudian dalam bagian ini diketahui perbandingan perawatan yang sekarang diterapkan perusahaan dengan perawatan berdasarkan RCM.

H. Kesimpulan dan Saran

Bagian ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Dalam analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM), tidak semua subsistem yang ada dalam suatu sistem dianalisis untuk memperoleh perawatan yang optimum. Proses analisis RCM dilakukan pada tingkat sistem bukan pada tingkat komponen. Objek yang dipilih adalah subsistem yang memiliki tingkat kerusakan lebih tinggi dibanding subsistem yang lainnya.

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan pengertian yang lebih mendalam mengenai sistem dan bagaimana sebuah sistem bekerja. Pengumpulan informasi ini juga akan dapat digunakan dalam analisis RCM pada tahapan selanjutnya. Informasi-informasi yang dikumpulkan dapat melalui pengamatan langsung di lapangan, wawancara, dan sejumlah buku referensi.

Sistem yang dipilih dalam penelitian ini adalah mesin *Dryer*, mesin ini terdiri dari beberapa sub sistem mesin yaitu: *Dryer Grup 1*, *Dryer Grup 2* dan *Dryer Grup 3*. Analisis RCM akan dilakukan pada sub sistem mesin *Dryer* yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi. Frekuensi kerusakan sub sistem mesin *Dryer* ditampilkan pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Frekuensi Kerusakan Sub Sistem Mesin *Dryer*

Sub Sistem	Frekuensi	Persentase
Dryer Grup 1	27	31%
Dryer Grup 2	17	19%
Dryer Grup 3	44	50%

Sumber: Maintenance Department PT Papertech Indonesia

Pada tabel 4.1 menunjukkan dari total kerusakan mesin sebanyak 88 kali, *Dryer Grup 3* mempunyai kontribusi terbesar yaitu sebanyak 44 kali (50%), sehingga analisis RCM difokuskan pada *Dryer Grup 3*.

Selanjutnya adalah menentukan komponen kritis pada *Dryer Grup 3*, sebanyak 4 komponen yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi akan dipilih menjadi komponen kritis. Adapun frekuensi kerusakan komponen yang terdapat pada *Dryer Grup 3* dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Frekuensi Kerusakan Komponen *Dryer* Grup 3

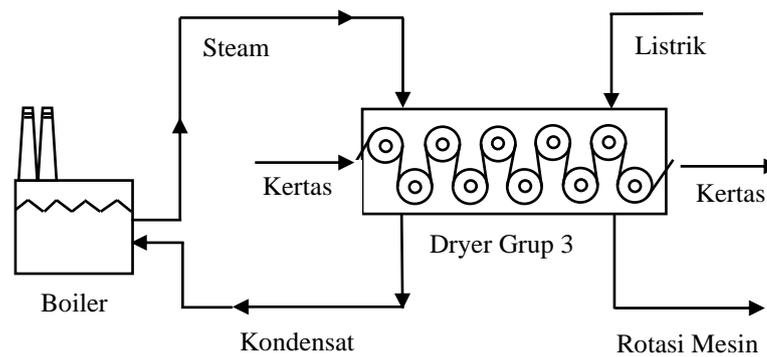
Komponen	Frekuensi	Persentase
Canvas Roll	15	34%
Packing Shaft Rotary	7	16%
Canvas	4	9%
Carbon	4	9%
Carrier Rope	3	7%
Packing Man Hole	2	5%
Shaft Canvas Roll	2	5%
Drat Outlet Rotary	2	5%
Housing Bearing	1	2%
Span Roll	1	2%
Shaft Span Roll	1	2%
Dryer	1	2%
Roll Guider	1	2%

Sumber : *Maintenance Department PT Papertech Indonesia*

Berdasarkan tabel 4.2 maka diketahui 4 komponen yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi yaitu Canvas Roll, Packing Shaft Rotary, Canvas dan Carbon, maka 4 komponen tersebut kemudian dipilih sebagai komponen kritis pada *Dryer* Grup 3.

B. Pendefinisian Batasan Sistem

Definisi batasan sistem (*system boundary definition*) dilakukan agar sistem yang dinilai memiliki batasan yang jelas, dan tidak terjadi tumpang tindih dengan sistem lainnya. Batasan sistem digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), berisi komponen-komponen yang terlibat dalam suatu sistem dan tentang apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas, perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem. Pada gambar 4.1 dapat dilihat skema pendefinisian batasan sistem pada *Dryer* Grup 3 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Batasan Sistem *Dryer* Grup 3

Berdasarkan gambar 4.1 maka diketahui bahwa *Dryer* Grup 3 memiliki input berupa kertas sebagai bahan yang diproses, listrik sebagai sumber energi penggerak dinamo dan steam sebagai sumber pemanas. Sedangkan outputnya berupa kertas yang sudah diproses, gerakan rotasi mesin dan kondensat yang kemudian dialirkan ke *Boiler* untuk kembali dipanaskan.

C. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi

Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem, berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut, maka dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi deskripsi sistem, blok diagram fungsi, *IN/OUT interface* dan *system work breakdown structure*.

1. Deskripsi Sistem

Deskripsi sistem merupakan penjelasan fungsi sebuah sistem, berikut ini merupakan fungsi mesin *Dryer*, yakni:

- a. Melakukan proses evaporasi dengan energi uap yang dihasilkan *Boiler*.
- b. Melakukan pengeringan dengan suhu 110-141° C.
- c. Melakukan pengeringan dengan kecepatan putaran drum 180-260 Rpm.

2. Blok Diagram Fungsi

Pada blok diagram fungsi, subsistem mesin *Dryer* akan tergambar dengan jelas. Gambar 4.2 berikut ini merupakan blok diagram fungsi mesin *Dryer*.



Gambar 4.2 Blok Diagram Fungsi Mesin *Dryer*

Fungsi sub sistem yang ada pada mesin *Dryer* dijelaskan sebagai berikut:

a. *Dryer* Grup 1

Berfungsi untuk menurunkan kadar air pada kertas. Proses pengeringan ini menggunakan 10 drum *dryer*. Cara kerja *Dryer* Grup 1 adalah kertas yang keluar dari mesin *Press* akan masuk dan melewati drum *dryer* 1 hingga 10. Permukaan drum *dryer* yang mendapatkan panas dari steam akan menurunkan kadar air yang terkandung didalam kertas. Adapun spesifikasinya dapat dilihat sebagai berikut:

Jumlah = 10 drum *dryer*

Putaran = 180-260 Rpm

Suhu = 110-120° C.

b. *Dryer* Grup 2

Berfungsi untuk menurunkan kadar air pada kertas. Proses pengeringan ini menggunakan 10 drum *dryer*. Cara kerja *Dryer* Grup 2 adalah kertas yang keluar dari *Dryer* Grup 1 akan masuk dan melewati drum *dryer* 11 hingga 20. Permukaan drum *dryer* yang mendapatkan panas dari steam akan menurunkan kadar air yang terkandung didalam kertas. Adapun spesifikasinya dapat dilihat sebagai berikut:

Jumlah = 10 drum *dryer*

Putaran = 180-260 Rpm

Suhu = 120-130° C.

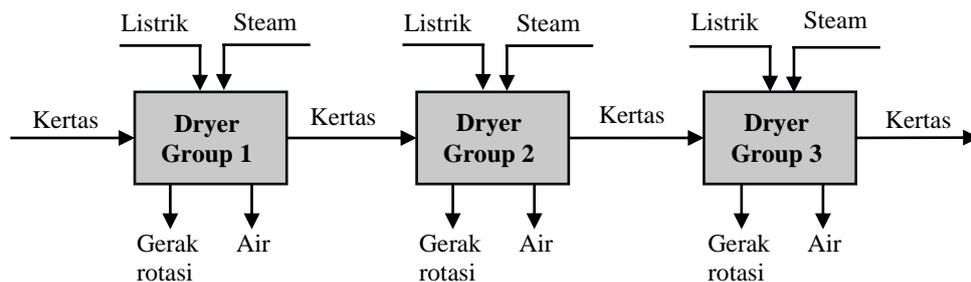
c. *Dryer* Grup 3

Berfungsi untuk menurunkan kadar air pada kertas. Proses pengeringan ini menggunakan 10 drum *dryer*. Cara kerja *Dryer* Grup 3 adalah kertas yang keluar dari *Dryer* Grup 2 akan masuk dan melewati drum *dryer* 21 hingga 30. Permukaan drum *dryer* yang mendapatkan panas dari steam akan menurunkan kadar air yang terkandung didalam kertas. Adapun spesifikasinya dapat dilihat sebagai berikut:

Jumlah = 10 drum *dryer*
 Putaran = 180-260 Rpm
 Suhu = 130-141° C.

3. *IN/OUT Interface*

Tahapan *in/out interface* ini menjelaskan masukan dan keluaran pada subsistem mesin *Dryer* serta interaksi diantara subsistem tersebut. *In/out interface* untuk mesin *Dryer* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *IN/OUT Interface* mesin *Dryer*

a. Masukan Sistem

Uraian elemen/komponen yang masuk ke dalam sub sistem mesin *Dryer* adalah sebagai berikut:

1) *Steam*

Steam yang dihasilkan dari *boiler* digunakan sebagai penghasil energi panas yang diperlukan pada proses produksi untuk mengeringkan lembaran-lembaran kertas pada mesin *Dryer*.

2) Listrik

Energi listrik digunakan sebagai tenaga penggerak elektromotor pada mesin *Dryer* sehingga menghasilkan gerakan rotasi.

3) Kertas

Kertas yang keluar dari mesin *Press* dengan kadar air $\pm 54\%$ diproses di mesin *Dryer* supaya kadar air berkurang menjadi 6-7%.

b. Keluaran Sistem

Uraian elemen/komponen yang keluar dari dalam sub sistem mesin *Dryer* adalah sebagai berikut:

1) Air

Air kondensat (*steam* yang mengembun dan berubah menjadi air) yang terkumpul didalam drum *dryer* dialirkan kedalam *Boiler* untuk kembali dipanaskan.

2) Gerak rotasi

Energi listrik yang masuk digunakan untuk menggerakkan drum *dryer* sehingga menghasilkan gerakan rotasi yang digunakan sebagai media transportasi kertas sepanjang proses operasi.

3) Kertas

Kertas yang sudah kering dengan kadar air 6-7% merupakan hasil keluaran dari proses pengeringan kertas. Setelah kertas keluar dari *dryer*, kemudian kertas akan masuk ke mesin *Popreel* untuk menggulung kertas menjadi bentuk *jumbo roll*.

c. Interaksi/Hubungan

Interaksi antar sub sistem yang ada pada mesin *Dryer* berupa sub sistem mesin *Dryer* yang beroperasi secara berurutan, dimana output dari sub sistem pertama merupakan input untuk sub sistem selanjutnya, sehingga kegagalan yang fatal dari satu unit proses akan menyebabkan kegagalan sistem.

4. *System Work Breakdown Structure*

System Work Breakdown Structure (SWBS) merupakan struktur hierarki yang menjabarkan komponen-komponen yang berhubungan dengan fungsi sub sistem yang mengalami *breakdown*. SWBS komponen kritis *Dryer* Grup 3 dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 SWBS *Dryer* Grup 3

Kode	Sub Sistem	Kode	Komponen
A	Dryer Grup 3	A.1	Canvas Roll
		A.2	Packing Shaft Rotary
		A.3	Canvas
		A.4	Carbon

Sumber : Data Primer Diolah

D. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Fungsi (*Function*) adalah kinerja (*performance*) yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. Kegagalan Fungsi didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu komponen / sistem untuk memenuhi standar prestasi (*performance standard*) yang diharapkan. Tabel 4.4 berikut ini adalah pendeskripsian fungsi dan kegagalan fungsional komponen *Dryer* Grup 3.

Tabel 4.4 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi komponen *Dryer* Grup 3

No. Fungsi	No.Kegagalan Fungsi	Uraian Fungsi/ Kegagalan Fungsi
A.1		Meregangkan canvas
	A.1.1	Canvas menjadi kendor dan tidak stabil
A.2		Mencegah steam keluar dari sambungan antara shaft rotary dengan drum dryer
	A.2.1	Keluarnya steam dari sambungan shaft rotary dengan drum dryer
A.3		Merekatkan kertas melewati drum dryer
	A.3.1	Kertas tidak menempel pada drum dryer
A.4		Mencegah steam keluar dari sambungan antara body rotary join dengan shaft rotary
	A.4.1	Keluarnya steam dari sambungan body rotary joint dengan shaft rotary

Sumber : Data Primer Diolah

E. Failure Mode and Effect Analysis

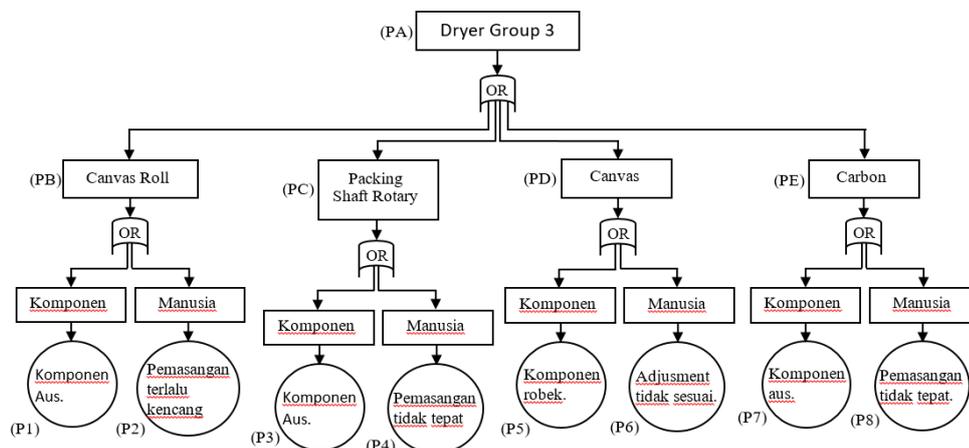
Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan teknik yang banyak digunakan secara luas untuk melakukan penilaian yang menyebutkan bentuk, penyebab, pengaruh, kerusakan terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Penilaian kualitatif yang menjadi dasar dari FMEA terkadang menyebabkan beberapa perkiraan mengenai kemungkinan terjadinya kerusakan. Kolom *functional mode* menunjukkan jenis kegagalan yang terjadi pada komponen, kolom *failure cause* menunjukkan penyebab terjadinya kegagalan, sedangkan kolom *failure effect* menunjukkan apa yang terjadi ketika komponen tersebut gagal memenuhi standard performansinya. Analisis FMEA untuk komponen *Dryer* Grup 3 dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 FMEA *Dryer* Grup 3

Komponen	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect
Canvas Roll	Canvas roll macet	Komponen aus	Canvas menjadi kendor dan tidak stabil
		Pemasangan terlalu kencang	
Packing Shaft Rotary	Kebocoran steam	Pemasangan tidak tepat	Keluarnya steam dari sambungan shaft rotary dengan drum dryer
		Suhu tinggi dan tekanan steam	
Canvas	Canvas kendor atau robek	Adjustment tidak sesuai	Kertas tidak menempel pada drum dryer
		Komponen aus	
Carbon	Kebocoran steam	Komponen aus	Keluarnya steam dari sambungan body rotary joint dengan shaft rotary
		Pemasangan tidak tepat	

Sumber : Data Primer Diolah

Selanjutnya dilakukan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), merupakan diagram pohon untuk mengidentifikasi apa penyebab kerusakan dan kenapa sebuah kerusakan dapat terjadi. Pada gambar 4.4 dapat dilihat FTA pada mesin *Dryer* Grup 3.

Gambar 4.4 *Fault Tree Analysis* (FTA) mesin *Dryer* Grup 3

Berdasarkan diagram *Fault Tree Analysis* diketahui bahwa penyebab kerusakan pada mesin *Dryer* Grup 3 diantaranya yaitu pemasangan yang terlalu kencang, pemasangan yang tidak tepat, *adjustment* yang tidak sesuai, komponen robek dan komponen yang aus. Kemudian dihitung nilai probabilitas untuk tiap risiko kerusakan mesin *Dryer* Grup 3 sebagai berikut:

1. Nilai probabilitas *basic event*:
 - a. Komponen Canvas Roll aus, (P1) = 0,2727
 - b. Pemasangan Canvas Roll terlalu kencang, (P2) = 0,0681
 - c. Komponen Packing Shaft Rotary aus, (P3) = 0,0909
 - d. Pemasangan Packing Shaft Rotary tidak tepat, (P4) = 0,0681
 - e. Komponen Canvas robek, (P5) = 0,0454
 - f. Adjustment Canvas tidak sesuai, (P6) = 0,0454
 - g. Komponen Carbon aus, (P7) = 0,0681
 - h. Pemasangan Carbon tidak tepat (P8) = 0,0227
2. Nilai probabilitas *intermediate event*, (PE) =

$$PE = 1 - [(1 - P7) (1 - P8)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,0681) (1 - 0,0227)]$$

$$= 0,0892$$
3. Nilai probabilitas *intermediate event*, (PD) =

$$PD = 1 - [(1 - P5) (1 - P6)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,0454) (1 - 0,0454)]$$

$$= 0,0887$$
4. Nilai probabilitas *intermediate event*, (PC) =

$$PC = 1 - [(1 - P3) (1 - P4)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,0909) (1 - 0,0681)]$$

$$= 0,1528$$
5. Nilai probabilitas *intermediate event*, (PB) =

$$PB = 1 - [(1 - P1) (1 - P2)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,2727) (1 - 0,0681)]$$

$$= 0,3222$$
6. Nilai probabilitas *top event*, (PA) =

$$PA = 1 - [(1 - PB) (1 - PC) (1 - PD) (1 - PE)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,3222) (1 - 0,1528) (1 - 0,0887) (1 - 0,0892)]$$

$$= 0,5233$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka kemudian diketahui nilai probabilitas dari risiko kerusakan mesin Dryer Grup 3, yaitu sebesar 0,5233 atau 52,33%.

Selanjutnya dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan pada perkalian *severity*, *occurrence* dan *detection* dengan rumus $RPN = S \times O \times D$. Nilai RPN komponen kritis pada sub sistem *Dryer* Grup 3 dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 RPN *Dryer* Grup 3

Komponen	Severity	Occurance	Detection	RPN
Canvas Roll	10	5	6	300
Packing Shaft Rotary	4	3	2	24
Canvas	10	2	6	120
Carbon	4	2	7	56

Sumber : Data Primer Diolah

Dengan menggunakan *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) maka dapat diketahui kegagalan fungsi yang terjadi pada mesin *Dryer* yang kemudian diidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan dan selanjutnya dapat diketahui pula efek atau dampak yang ditimbulkan dari kegagalan fungsi tersebut. Dengan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), dapat diidentifikasi penyebab-penyebab kerusakan serta probabilitas sebuah kerusakan dapat terjadi. *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk menentukan angka prioritas resiko utama komponen yang perlu dilakukan tindakan perawatan pencegahan. Hal ini disebabkan karena komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi akan sangat mempengaruhi kelancaran proses produksi. Adapun komponen mesin yang memiliki resiko prioritas kegagalan tertinggi adalah Canvas Roll dengan nilai RPN sebesar 300, kemudian yang kedua adalah kegagalan Canvas dengan nilai RPN sebesar 120, dengan demikian bagian *maintenance* dapat melakukan pengawasan yang ketat dan usaha perawatan yang intensif bagi komponen tersebut.

F. Logic Tree Analysis (LTA)

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis* adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan

kategorinya. Penyusunan LTA untuk *Dryer* Grup 3 dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 *Logic Tree Analysis Dryer* Grup 3

Komponen	<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	Kategori
Canvas Roll	Ya	Ya	Ya	A
Packing Shaft Rotary	Ya	Tidak	Tidak	C
Canvas	Ya	Tidak	Ya	B
Carbon	Ya	Tidak	Tidak	C

Sumber : Data Primer Diolah

Berdasarkan tabel 4.7 maka diketahui bahwa kerusakan komponen Canvas Roll termasuk dalam kategori A atau *safety problem* (kegagalan komponen yang menyebabkan masalah pada keselamatan operator). Kerusakan komponen Canvas termasuk dalam kategori B atau *outage problem* (kegagalan komponen yang menyebabkan berhentinya sistem secara keseluruhan). Sedangkan kerusakan komponen Packing Shaft Rotary dan Carbon termasuk dalam kategori C atau *economic problem* (tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan).

G. Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa *Reliability Centered Maintenance*. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif. Keputusan seleksi pada komponen kritis *Dryer* Grup 3 dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Pemilihan Tindakan pada *Dryer Group 3*

Nama Komponen	Keputusan Seleksi	Pemeriksaan yang dianjurkan
Canvas Roll	<i>Condition Directed</i>	<i>Vibration Monitoring</i> <i>Alignment inspection</i> <i>Visual Inspection</i>
Packing Shaft Rotary	<i>Condition Directed</i>	<i>Visual Inspection</i>
Canvas	<i>Condition Directed</i>	<i>Vibration Monitoring</i> <i>Alignment inspection</i> <i>Visual Inspection</i>
Carbon	<i>Condition Directed</i>	<i>Visual Inspection</i>

Sumber : Data Primer Diolah

Berdasarkan tabel 4.8 maka diketahui bahwa semua komponen kritis termasuk dalam kategori tindakan pemeliharaan *Condition Directed*. Pada kategori ini, perawatan komponen dilakukan dengan mendeteksi kerusakan, apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen. Pemeliharaan dilakukan yang meliputi mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, *vibration monitoring*, dan *alignment inspection*.

H. Analisis dan Pembahasan

1. Analisis Waktu *Downtime*

Pada tabel 4.9 dapat dilihat rata-rata waktu *downtime* penggantian komponen secara korektif dan penggantian secara preventif berdasarkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* masing-masing komponen kritis sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Rata-rata Waktu *Downtime* Komponen Kritis

Komponen	<i>Downtime Corrective Maintenance (menit)</i>	<i>Downtime Preventive Maintenance (menit)</i>
Canvas Roll	105	75
Packing Shaft Rotary	90	70
Canvas	220	180
Carbon	95	70

Selanjutnya dilakukan perhitungan perbandingan total waktu *downtime* penggantian komponen perawatan yang bersifat korektif dengan perawatan preventif berdasarkan pendekatan *Reliability Centered*

Maintenance. Berdasarkan tabel 4.9 maka dapat dihitung total *downtime*, hasil estimasi penurunan waktu *downtime* dapat dilihat pada tabel 4.10 dengan perhitungan:

Total Downtime Corrective Maintenance

= *downtime corrective maintenance* x frekuensi kerusakan

Total Downtime Preventive Maintenance

= *downtime preventive maintenance* x frekuensi kerusakan

Tabel 4.10 Estimasi Penurunan Waktu *Downtime*

Komponen	Total <i>Downtime</i> Corrective Maintenance (menit)	Total <i>Downtime</i> Preventive Maintenance (menit)	Penurunan <i>Downtime</i> (menit)	Persentase Estimasi Penurunan <i>Downtime</i>
Canvas Roll	1575	1125	450	28.57%
Packing Shaft Rotary	630	490	140	22.22%
Canvas	880	720	160	18.18%
Carbon	380	280	100	26.31%
Rata-Rata Penurunan <i>Downtime</i>				23.82%

Berdasarkan tabel 4.10 menunjukkan adanya rata-rata penurunan *downtime* sebesar 23.82% dan penurunan waktu *downtime* sebanyak 850 menit dengan diterapkannya perawatan preventif menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*.

2. Analisis Jumlah Produksi

Pada tabel berikut ditampilkan rata-rata jumlah produksi harian di PT Papertech Indonesia di tahun 2017 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Rata-Rata Produksi Harian PT Papertech Indonesia

Bulan	Produksi Harian (Ton)
Januari	74,718
Februari	73,699
Maret	74,760
April	73,117
Mei	72,436
Juni	73,714
Juli	79,701
Agustus	78,189
September	80,239

Oktober	77,753
November	80,202
Desember	78,181
Total	916,709
Rata-rata	76,392

Sumber : Production Department PT Papertech Indonesia

Berdasarkan tabel 4.11 maka diketahui bahwa jumlah rata-rata produksi harian PT Papertech Indonesia adalah sebesar 76,392 ton. Perusahaan beroperasi 24 jam per hari, yang berarti rata-rata output produksi perusahaan adalah 3,183 ton/jam berdasarkan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata produksi/jam} &= \frac{\text{Rata-rata produksi harian}}{24} \\
 &= \frac{76.392}{24} \\
 &= 3,183 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 4.10 dapat dilihat bahwa dengan penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* dimungkinkan adanya penurunan *downtime* sebesar 850 menit (14,1 jam), dan diketahui bahwa rata-rata produksi perusahaan adalah sebesar 3,183 ton/jam maka dimungkinkan adanya peningkatan produksi sebesar 44,8803 ton melalui perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan Produksi} &= \text{waktu produksi} \times \text{produksi/jam} \\
 &= 14,1 \times 3,183 \\
 &= 44,8803 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

3. Analisis Biaya Perawatan

Berdasarkan frekuensi kerusakan komponen maka dapat dihitung biaya penggantian komponen. Untuk menghitung biaya perawatan komponen diperlukan beberapa data yang dapat mendukung untuk digunakan dalam perhitungan. Berikut data pendukung yang digunakan:

- Output produksi adalah sebesar 3.183 kg/jam.
- Production Loss jika terjadi kerusakan adalah sebesar Rp 5.500/kg.
- Harga komponen Canvas Roll adalah Rp 7.400.000/buah.
- Harga komponen Packing Shaft Rotary adalah Rp 2.300.000/buah.
- Harga komponen Canvas adalah Rp 9.700.000/buah.
- Harga komponen Carbon adalah Rp 4.150.000/buah.

- g. Gaji untuk mekanik adalah sebesar Rp 4.500.000/bulan. Diasumsikan bahwa mekanik bekerja selama 26 hari dalam sebulan dan 8 jam/hari. Maka gaji mekanik untuk satu jam kerja adalah Rp 21.650.
- h. Pengerjaan perbaikan komponen Canvas Roll membutuhkan empat mekanik, sehingga biaya perbaikannya adalah sebesar Rp 88.600/jam.
- i. Pengerjaan perbaikan komponen Packing Shaft Rotary membutuhkan dua mekanik, sehingga biaya perbaikannya adalah sebesar Rp 43.300/jam.
- j. Pengerjaan perbaikan komponen Canvas membutuhkan empat mekanik, sehingga biaya perbaikannya adalah sebesar Rp 88.600/jam.
- k. Pengerjaan perbaikan komponen Carbon membutuhkan satu mekanik, sehingga biaya perbaikannya adalah sebesar Rp 21.650/jam.

Biaya perbaikan komponen yang bersifat korektif maupun biaya perbaikan komponen yang bersifat preventif dapat diketahui berdasarkan perhitungan pada tabel 4.12 dan 4.13 sebagai berikut:

Tabel 4.12 Biaya Perawatan *Corrective Maintenance*

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Biaya Tenaga Kerja/Jam (Rp)	Downtime (Jam)	Kapasitas Produksi (Kg)	Production Loss /kg (Rp)	Biaya perbaikan (Rp)
Canvas Roll	7.400.000	88.600	1,75	3183	5.500	38.191.425
Packing Shaft Rotary	2.300.000	43.300	1,5	3183	5.500	28.624.700
Canvas	9.700.000	88.600	3,6	3183	5.500	73.042.360
Carbon	4.150.000	21.650	1,58	3183	5.500	31.844.477

Tabel 4.13 Biaya Perawatan *Preventive Maintenance*

Komponen	Harga Komponen (Rp)	Biaya Tenaga Kerja/Jam (Rp)	Downtime (Jam)	Kapasitas Produksi (Kg)	Production Loss /kg (Rp)	Biaya perbaikan (Rp)
Canvas Roll	7.400.000	88.600	1,25	3183	5.500	29.393.875
Packing Shaft Rotary	2.300.000	43.300	1,16	3183	5.500	22.657.768
Canvas	9.700.000	88.600	3	3183	5.500	62.485.300
Carbon	4.150.000	21.650	1,16	3183	5.500	24.482.654

Berdasarkan tabel 4.12 dan 4.13 maka kemudian dapat dihitung estimasi penurunan biaya perbaikan komponen yang dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut:

Tabel 4.14 Estimasi Penurunan Biaya Perawatan

Komponen	<i>Corrective Maintenance</i> (Rp)	<i>Preventive Maintenance</i> (Rp)	Penghematan (Rp)	Penghematan
Canvas Roll	38.191.425	29.393.875	8.797.550	23,03%
Packing Shaft Rotary	28.624.700	22.657.768	5.966.932	21,84%
Canvas	73.042.360	62.485.300	10.557.060	14,45%
Carbon	31.844.477	24.482.654	7.361.823	23,11%
Rata-Rata Penghematan				20,36%

Berdasarkan tabel 4.14 dapat dilihat adanya rata-rata penghematan sebesar 20,36% dan penurunan biaya sebesar Rp 32.683.365 dengan diterapkannya perawatan preventif menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Objek terpilih yang menjadi bahan penelitian adalah sub sistem *Dryer* Grup 3 yang memiliki kontribusi 50% dari total kerusakan mesin *Dryer*. Komponen Canvas Roll , Packing Shaft Rotary, Canvas dan Carbon merupakan komponen yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi, maka 4 komponen tersebut dipilih sebagai komponen kritis pada *Dryer* Grup 3.
2. Komponen kritis yang memiliki resiko prioritas kegagalan tertinggi adalah Canvas Roll dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 300, kemudian yang kedua adalah kegagalan Canvas dengan nilai RPN sebesar 120, dengan demikian bagian *maintenance* dapat melakukan pengawasan yang ketat dan usaha perawatan yang tepat.
3. Satu komponen tergolong dalam kategori A (*safety problem*) yaitu Canvas Roll, sebanyak satu komponen tergolong dalam kategori B (*outage problem*) yaitu Canvas, dan dua komponen termasuk dalam kategori C (*economic problem*) yaitu Packing Shaft Rotary dan Carbon, dengan demikian bagian *maintenance* harus memprioritaskan perawatan komponen Canvas Roll dan Canvas karena kegagalan komponen tersebut dapat menimbulkan masalah pada keselamatan operator dan kelancaran proses produksi.
4. Kebijakan perawatan baru yang ditentukan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menunjukkan bahwa semua mode kegagalan komponen kritis dapat diatasi secara *Condition Directed* (CD), yaitu dengan melakukan pengamatan dan pemeriksaan secara berkala untuk mendeteksi kerusakan komponen, apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan, maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

5. Dengan diterapkannya *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai metode perawatan pada komponen kritis, maka dapat dilihat adanya potensi penurunan rata-rata *downtime* sebesar 23,82%, penurunan rata-rata biaya perawatan sebesar 20,36% dan peningkatan produksi sebesar 44,8 ton.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, penulis mengajukan beberapa saran agar penelitian yang selanjutnya dapat lebih baik dan berguna untuk pihak-pihak yang terkait. Berikut saran dari penulis yang dapat dijadikan pertimbangan diantaranya:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, peneliti menyarankan agar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini dapat diterapkan sebagai pendekatan yang digunakan dalam sistem perawatan di PT Papertech Indonesia, perusahaan hendaknya melakukan tindakan perawatan pencegahan secara intensif untuk menghindari terjadinya kerusakan yang dapat mempengaruhi biaya perawatan dan kelancaran proses produksi.
2. Perusahaan dapat menerapkan tindakan perawatan *Condition Directed* (CD) pada semua komponen kritis sub sistem *Dryer* Grup 3 supaya perusahaan dapat mendeteksi gejala kerusakan komponen dan segera melakukan perbaikan/penggantian, dengan demikian perusahaan dapat meminimalkan *downtime* mesin dan biaya perawatan serta meningkatkan jumlah produksi.
3. Untuk penelitian yang selanjutnya dapat menerapkan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin lain untuk memperoleh hasil yang lebih signifikan pada penurunan *downtime*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, L. P., & Khamba, J. (2008). Total Productive Maintenance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7).
- Dewi, L. &. (2005). Implementasi Fault Tree Analysis pada Sistem Pengendalian Kualitas. *Seminar Nasional II, Forum Komunikasi Teknik Industri*. Yogyakarta.
- Ginting, R. (2007). *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gulati, R. (2013). *Maintenance And Reliability Best Practices Second Edition*. New York: Industrial Press, Inc.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2014). Integrating Lean and Green Paradigm in Maintenance Management. *19th World Congress The International Federation of Automatic Control* (pp. 4471-4476). Cape Town: The International Federation of Automatic Control.
- Kromodiharjo, S., & Bhakti, R. (2015). Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (PLTU Paiton Unit 3). *Jurnal Teknik ITS*, 6 no 1.
- Kurniawan, F. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial System*. London: Springer.
- Mujayin, H., & Kurniawan, R. A. (2017). Usulan Perawatan Mesin Stitching Dengan Metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Teknik Industri*, 16 no 2.
- Palit, H. C., & Sutanto, W. (2012). Perancangan RCM Untuk Mengurangi Downtime Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Alumunium. *Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV* (pp. A-38-1 - A-38-7). Surabaya: Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV.
- Pranoto. (2015). *Reliability Centered Maintenance*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Pranoto, J. (2012). Implementasi Studi Preventive Maintenance Fasilitas Produksi Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Sinar Sanata Electronic Industri. *Jurnal Teknik Industri Universitas Sumatra Utara*, Vol5 no 1, 55-66.

- Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Teknik Industri*, 18 no. 1.
- Razak, R. (2017). *Usulan Perawatan Komponen Pada Unit Off-Highway Truck 793c Dengan Metode Rcm*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Setiaji, G., & Runtuk, J. K. (2017). Perencanaan Penjadwalan Perawatan Preventif pada Mesin Duplex di Pabrik Kertas. *Journal of Industrial Engineering*, 117-128.
- Sudrajat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Refika Aditama.
- Wijayanti, D. P. (2018). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Perencanaan Perawatan Mesin Bubut NC*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerusakan Mesin Saat Beroperasi di PT Papertech Indonesia

Mesin	Frekuensi	Persentase
Dryer	28	50%
Press	15	27%
Wire	6	11%
Lumbreaker	5	9%
Rewinder	1	2%
Calender	1	2%
Total	56	100%

Lampiran 2. Kerusakan Komponen Mesin Dryer

Sub Mesin	Komponen	Frekuensi
Dryer Grup 1	Packing Bazoka	9
	Packing Shaft Rotary	7
	Packing Man Hole	7
	Carbon	2
	Canvas	2
	Total	27
Dryer Grup 2	Canvas Roll	8
	Packing Bazoka	5
	Packing Shaft Rotary	2
	Carbon	1
	Canvas	1
	Total	17
Dryer Grup 3	Canvas Roll	15
	Packing Shaft Rotary	7
	Canvas	4
	Carbon	4
	Carrier Rope	3
	Packing Man Hole	2
	Shaft Canvas Roll	2
	Drat Outlet Rotary	2
	Housing Bearing	1
	Span Roll	1
	Shaft Span Roll	1
	Dryer	1
	Roll Guider	1
	Total	44

Lampiran 3. Failure Mode and Effect Analysis

Component	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect	S	O	D	RPN
Canvas Roll	Canvas roll macet	Komponen aus, pemasangan terlalu kencang	Canvas menjadi kendur dan tidak stabil	10	5	6	300
Packing Shaft Rotary	Kebocoran steam	Pemasangan tidak tepat, suhu tinggi dan tekanan steam	Keluarnya steam dari sambungan shaft rotary dengan drum dryer	4	3	2	24
Canvas	Canvas kendur atau robek	Adjustment tidak sesuai, komponen aus	Kertas tidak menempel pada drum dryer	10	2	6	120
Carbon	Kebocoran steam	Komponen aus, pemasangan tidak tepat	Keluarnya steam dari sambungan body rotary joint dengan shaft rotary	4	2	7	56

Lampiran 4. Logic Tree Analysis

Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Critically Analysis			Category
				Evident	Safety	Outage	
Canvas Roll	Meregangkan canvas	Canvas menjadi kendur dan tidak stabil	Canvas roll macet	Ya	Ya	Ya	A
Packing Shaft Rotary	Mencegah steam keluar dari sambungan antara	Keluarnya steam dari sambungan shaft rotary dengan drum dryer	Kebocoran steam	Ya	Tidak	Tidak	C

	shaft rotary dengan drum dryer						
Canvas	Merekatkan kertas melewati drum dryer	Kertas tidak menempel pada drum dryer	Canvas kendor atau robek	Ya	Tidak	Ya	B
Carbon	Mencegah steam keluar dari sambungan antara antara body rotary join dengan shaft rotary	Keluarnya steam dari sambungan body rotary joint dengan shaft rotary	Kebocoran steam	Ya	Tidak	Tidak	C

Lampiran 5. Pemilihan Tindakan

Komponen	Function	Failure Mode	Selection Guide							Selection Task
			1	2	3	4	5	6	7	
Canvas Roll	Meregangkan canvas	Canvas roll macet	Y	T	Y			Y		Condition Directed
Packing Shaft Rotary	Mencegah steam keluar dari sambungan antara shaft rotary dengan drum dryer	Kebocoran steam	Y	T	Y			Y		Condition Directed
Canvas	Merekatkan kertas melewati drum dryer	Canvas kendor atau robek	Y	T	Y			Y		Condition Directed
Carbon	Mencegah steam keluar dari sambungan antara antara body rotary join dengan shaft rotary	Kebocoran steam	Y	T	Y			Y		Condition Directed

