

**PERENCANAAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA
MESIN *CHILLER* DENGAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE* PADA PT. MULTIMAS
NABATI ASAHAN KUALA TANJUNG**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

OLEH :

KRISTOPEL PANE

13 815 0028



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila kemudian hari adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,



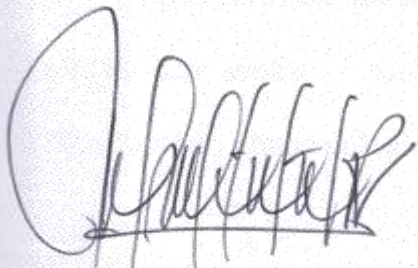
Kristopel pane

13.815.0028

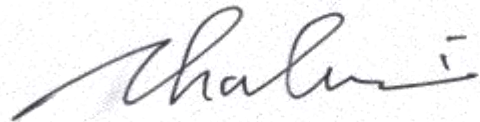
Judul skripsi : Perencanaan *Preventive Maintenance* Pada Mesin *Chiller*
Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* Pada PT.
Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung

Nama : Kristopel Pane
NPM : 138150028
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Ir. M. Banjarnahor, M.Si
Pembimbing I



Chalis Fajri Hasibuan, ST, M.Sc
Pembimbing II

Mengetahui :



Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc.
Dekan Fakultas Teknik



Yuana Delvika, ST, MT.
Ketua Program Studi

Tanggal sidang : 17 Oktober 2017

ABSTRAK

Kristopel pane NPM 13.815.0028. “Perencanaan Preventive Maintenance Pada Mesin Chiller Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT.Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung”. Dibawah bimbingan bapak Ir. M. Banjarnahor M.Si Sebagai pembimbing I dan bapak Chalis Fajri Hasibuan ST, M.Sc sebagai pembimbing II

PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan minyak kelapa sawit. Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan langsung di perusahaan ternyata mesin masih sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan *breakdown* meskipun perusahaan telah menerapkan kegiatan *corrective maintenance*. Berdasarkan kondisi ini, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan sistem pemeliharaan mesin dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan (RCM) sebagai suatu pendekatan untuk memperbaiki sistem pemeliharaan mesin sekarang dan menentukan interval penggantian yang optimal dengan perhitungan TMD (*Total Minimum Downtime*). Tingkat kerusakan tertinggi ada pada mesin chiller sebesar 22,47 %. Hal ini disebabkan oleh sistem mesin yang kompleks. Hasil analisis dengan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* diperoleh bahwa komponen *PLC control panel* , *Expanse Valve* , *Motor Compressor* adalah komponen yang kritis. Interval penggantian yang optimal dengan meminimalkan *downtime* untuk komponen *PLC control panel* adalah 61 hari, *Expanse Valve* adalah 100 hari, *Motor Compressor* adalah 70 hari. Adapun komponen-komponen lainnya di kategorikan dalam *condition directed*. Dengan dilakukannya pergantian komponen sebelum terjadinya kerusakan telah meminimalkan waktu *downtime*.

Kata kunci: Breakdown, downtime, Reliability Centered Maintenance.

ABSTRACT

Kristopel Pane 138150028. “The Planning of Preventive Maintenance on Chiller Machine by Using Reliability Centered Maintenance Method at PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung”. Supervised by Ir. Marali Banjarnahor, MSi. and Chalis Fajri Hasibuan ST, MSc.

PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung is a company runs in the field of processing crude palm oil. According to interview and observation in the location, damaged machine is still common occurs despite the company holds the corrective maintenance. Thus, the study develops a system for handling the machine with Reliability Centered Maintenance (RCM) approach. The research aims to implement the RCM as the approach to fix the current maintenance machine system and determines an optimal replacement interval by using Total Minimum Downtime (TMD) calculation. The highest damage occurs on Chiller machine with total damage as 22.47% due to the complex of machine system. Through RCM method, the analysis result shows that there are several components were in critical condition, namely PLC control panel, Expanse valve, and Motor Compressor. An optimal replacement interval is by minimizing the downtime for PLC control panel as much as 61 days, 100 days for Expanse valve, and 70 days for Motor Compressor. The other components are categorized as a condition-directed. The downtime epoch can be decreased by replacing the components before the damage occurrence.

Keywords: Breakdown, Downtim., Reliability Centered Maintenance.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas sarjana ini dengan baik.

Laporan tugas sarjana ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana teknik pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area. penulis melakukan penelitian di PT.Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung, dengan judul “Perencanaan Preventive Maintenance Pada Mesin Chiller Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung”.

Besar harapan penulis, penyusunan laporan penelitian ini dapat menambah pengetahuan bagi pembaca. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, karena pengetahuan dan pengalaman penulis yang masih terbatas. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Dalam penulisan Tugas Sarjana ini, penulis telah mendapatkan bimbingan dan dukungan yang besar dari berbagai pihak, baik berupa materi, spiritual, informasi maupun administrasi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. DR. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

2. Ibu Yuana Delvika, ST, MT, selaku Ketua Program Studi dan Koordinator Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. M. Banjarnahor, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Chalis Fajri Hasibuan, ST,M.Sc ,selaku Dosen Pembimbing II.
5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, yang telah memberikan dukungan sepenuhnya kepada penulis baik doa, moral maupun materi dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
6. Bapak Aidilsyah lubis selaku manager department engineering
7. Bapak S.M.Pane, selaku pembimbing kegiatan Praktek Kerja Lapangan.
8. Semua karyawan/wati di PT.MNA terkhusus SPC Equipment yang turut membantu penulis dalam pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan.
9. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Industri, terkhusus rekan-rekan stambuk 2013
10. Seluruh pihak yang tidak dapat dituliskan satu-persatu, namun telah memberikan dukungan, bantuan dan inspirasi yang sangat berharga.

Akhir kata, penulis mengharapkan agar laporan Tugas Sarjana ini dapat memberikan manfaat baik bagi kita semua.

Penulis,

Kristopel Pane

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-4
1.3. Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4. Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5. Batasan Dan Asumsi Penelitian..	I-5

BAB II TINJAUAN FUSTAKA

2.1. Pengertian Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	II-1
2.2. Pengklasifikasian Perawatan... ..	II-2
2.2.1. <i>Preventive Maintenance</i>	II-3
2.2.2. <i>Corrective Maintenance</i>	II-5
2.3. <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	II-5
2.3.1. Langkah – Langkah Penerapan RCM... ..	II-7

2.4.	Keandalan (<i>Reliability</i>)	II-22
2.4.1.	Defenisi Keandalan (<i>Reliability</i>).....	II-22
2.4.2.	<i>EasyFit</i>	II-24
2.4.3.	Pola Distribusi Data Dalam Keandalan (<i>reliability</i>)... ..	II-25
2.5.	Diagram Pareto.....	II-27
2.6.	Interval Penggantian Komponen dengan TMD	II-29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	III-1
3.2.	Objek Penelitian.....	III-1
3.3.	Jenis penelitian.....	III-1
3.4.	Variabel Penelitian.....	III-1
3.4.1	Variabel Independen.....	III-1
3.4.2.	Variabel Dependen.....	III-2
3.5.	Kerangka Konseptual	III-2
3.6.	Rancangan Penelitian	III-3
3.7.	Metode Pengumpulan Data	III-3

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Pengumpulan Data	IV-1
4.2.	Pengolahan Data.....	IV-4
4.2.1.	Sistem Perawatan Mesin Sekarang.....	IV-4
4.2.2.	<i>Reliability centered Maintenance</i>	IV-4

4.2.2.1. Pemilihan Sistem Dan Pengumpulan Informasi...	IV-5
4.2.2.2. Pendefisian Batasan Sistem.....	IV-6
4.2.2.3. Deskripsi Sistem Dan Diagram Block Fungsi.....	IV-7
4.2.2.4. Fungsi Sistem Dan Kegagalan Sistem.....	IV-10
4.2.2.5. <i>Grey FMEA</i>	IV-11
4.2.2.6. <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	IV-20
4.2.2.7. <i>Task Selection</i> (pemilihan Tindakan)	IV-24
4.3. <i>Reliability</i>	IV-27
4.3.1. Pengujian Distribusi	IV-27
4.4.2. Perhitungan Total Minumun Downtime.....	IV-28

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai <i>Severity</i>	II-14
Tabel 2.2. Nilai <i>Occurrence</i>	II-15
Tabel 2.3. Nilai <i>Detection</i>	II-16
Tabel 4.1 Jam Produksi PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung	IV-1
Tabel 4.2 Frekuensi Breakdown Mesin Produksi	IV-2
Tabel 4.3 Persentase Kumulatif Diagram Pareto	IV-2
Tabel 4.4 Interval Waktu Kerusakan Komponen Kritis Mesin Chiller	IV-3
Tabel 4.5 Batasan Sistem	IV-7
Tabel 4.6 SWBS Komponen Utama yang Mengalami Breakdown.....	IV-10
Tabel 4.7 Fungsi Sistem dan Kegagalan Sistem	IV-10
Tabel 4.8 Matrix Kegagalan Fungsi Sistem.....	IV-11
Tabel 4.9 Penentuan <i>Rating Severity</i>	IV-13
Tabel 4.10 Penentuan <i>Rating Occurance</i>	IV-14
Tabel 4.11 Penentuan <i>Rating Detection</i>	IV-15
Tabel 4.12 Tingkat Resiko Berdasarkan Prioritas	IV-20
Tabel 4.13 Identifikasi Hasil Wawancara LTA	IV-22
Tabel 4.14 Pemilihan Tindakan Perawatan.....	IV-26
Tabel 4.15 Pengujian Pola Distribusi Dengan Software EasyFit.....	IV-28
Tabel 4.16 Nilai Tf dan Tp untuk Tiap Komponen	IV-28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh <i>System Work Breakdown Structure</i>	II-10
Gambar 2.2 struktur pertanyaan dari <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	II-20
Gambar 2.3 <i>Road Map</i> Pemilihan Tindakan	II-21
Gambar 2.4 Pareto Diagram	II-28
Gambar 3.1 Kerangka Konseptual.....	III-2
Gambar 4.1 Diagram Pareto <i>Breakdown</i> Mesin	IV-3
Gambar 4.2 Blok Diagram Mesin Chiller	IV-9
Gambar 4.3 <i>Fish Bone</i> Diagram Penentuan <i>Severity</i>	IV-12
Gambar 4.4 <i>Fish Bone</i> Diagram Penentuan <i>Occurance</i>	IV-12
Gambar 4.5 <i>Fish Bone</i> Diagram <i>Detection</i>	IV-13
Gambar 4.6 <i>Flowchart</i> Penentuan.....	IV-22
Gambar 4.7 Diagram Alir Pemilihan Tindakan	IV-25
Gambar 4.8 Kalender Jadwal Preventive	IV-31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemeliharaan atau *maintenance* adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Secara umum jenis perawatan terbagi atas dua yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Preventive maintenance* adalah perawatan yang dilakukan sebelum kegagalan/ kerusakan terjadi sedangkan *corrective maintenance* dilakukan setelah terjadinya kegagalan/kerusakan pada sebuah sistem. Dampak yang terjadi akibat ketidak teraturan terhadap perawatan mesin/peralatan diantaranya tidak tercapainya target produksi, kehilangan waktu proses produksi, biaya perbaikan yang lebih tinggi dan biaya lembur akibat kehilangan waktu produksi.

Hal tersebut diatas juga terjadi di PT. Multimas Nabati Asahan. Perusahaan telah menerapkan sistem perawatan mesin dengan menjalankan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk mendukung kelancaran proses produksi. Penerapan sistem perawatan dengan *preventive maintenance* yang dilakukan adalah melakukan perawatan secara berkala seperti pelumasan mesin-mesin, pengencangan baut-baut mesin dan pembersihan bagian dalam mesin. Penerapan sistem perawatan secara *corrective maintenance* dilakukan setelah terjadi kerusakan pada mesin yaitu melakukan perbaikan maupun penggantian komponen mesin yang rusak. Penggantian komponen pada

mesin yang bersifat *corrective* ini mengakibatkan mesin berhenti beroperasi pada saat proses produksi sedang berlangsung. Hal ini akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan akibat kerusakan yang terjadi tidak pada waktunya dan peluang keuntungan yang hilang. Penggantian komponen mesin secara *corrective* ini juga mengakibatkan kerugian pada biaya perawatan mesin karena keuntungan yang hilang akibat mesin tidak beroperasi dari waktu kerusakan hingga dapat dioperasikan kembali dan biaya operator untuk melakukan penggantian.

Biaya perawatan *corrective* didapatkan dari (biaya tenaga kerja + biaya kehilangan produksi) x waktu penggantian komponen + harga komponen. Biaya perawatan ini dapat diminimalkan dengan menghilangkan biaya kehilangan produksi dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk melakukan penggantian komponen. Menghilangkan biaya kehilangan produksi dan meminimalkan waktu penggantian komponen dapat dilakukan dengan perencanaan penggantian komponen mesin yaitu menjadwalkan waktu penggantian komponen.

Oleh karena itu untuk menyelesaikan masalah tersebut perlu diterapkan perencanaan perawatan yang terjadwal secara *preventive maintenance* untuk melakukan penggantian komponen sehingga mesin mampu beroperasi pada jam kerja standar tanpa terjadi kerusakan saat proses produksi berlangsung sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan biaya perawatan yang timbul pada perawatan yang sudah terjadwal akan dapat dioptimalkan.

Penelitian dengan melakukan penjadwalan penggantian komponen mesin ini telah dilakukan diantaranya pada penelitian yang dilakukan di PT. Chaeron Phokphand Indonesia dengan sistem perawatan *breakdown maintenance* dan

corrective maintenance, menyebabkan kerugian diantaranya kehilangan biaya produksi dan biaya perbaikan yang tinggi sebab tidak adanya jadwal perbaikan mesin berdasarkan analisa kegagalan mesin dan pada *Joint Operating Body Pertamina-Petrochina East Java (JOB-PEJ)* yang sering mengalami kerusakan mesin secara tiba-tiba, diperlukan tindakan perbaikan yang mengeluarkan biaya perbaikan komponen lebih mahal jika dibandingkan dengan pencegahan sebelum mesin atau peralatan mengalami kerusakan. Kedua kasus ini berhasil menerapkan metode *Reliability centered maintenance (RCM)* untuk menjaga kondisi mesin tetap dalam kondisi optimal dengan membuat jadwal perawatan mesin berdasarkan tingkat keandalannya dan meminimalkan biaya perawatan setelah melakukan perawatan secara terjadwal.

Metode ini sangat tepat diterapkan pada PT. Multimas Nabati Asahan untuk menyelesaikan permasalahan menentukan interval waktu penggantian komponen mesin untuk menghindari kerusakan mesin secara tiba-tiba dan menjaga keandalan mesin tetap pada tingkat yang diharapkan dengan menerapkan jadwal penggantian komponen mesin secara berkala pada mesin chiller yang satu tahun terakhir mengalami kerusakan sebanyak 20 kali.

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk mengusulkan sistem perawatan mesin dengan mengusulkan sistem perawatan mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Metode RCM diharapkan dapat menetapkan *schedule maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat yang harus dilakukan pada komponen mesin

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat dirumuskan permasalahan pada PT. Multimas Nabati Asahan adalah seringnya terjadi *breakdown* produksi telah menimbulkan kerugian baik dalam waktu produksi dan materi. Dengan demikian perlu di usulkan suatu rancangan *preventive maintenance* pergantian komponen kritis agar tidak terjadi kerusakan secara tiba-tiba yang dapat mengakibatkan mesin chiller mengalami *breakdown*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan antara lain :

- a. Menentukan interval waktu pergantian untuk komponen kritis yang sering mengalami kerusakan.
- b. Rekomendasi jenis tindakan/aktivitas perawatan (*maintenance task*) yang dilakukan pada setiap komponen yang diteliti.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah :

- A. Bagi Mahasiswa
 1. Dapat memahami atau mengetahui beberapa aspek perusahaan/instansi misalnya : sejarah, tugas atau fungsi dan organisasi instansi.
 2. Membandingkan teori-teori yang telah diperoleh di bangku perkuliahan dengan praktek di lapangan.
 3. Memperoleh suatu keterampilan dalam penguasaan pengerjaan.
 4. Dapat mengumpulkan data dari lapangan guna menyusun skripsi.

B. Bagi Fakultas

1. Untuk memperluas pengenalan Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Menciptakan dan mempererat hubungan kerja sama dengan perusahaan/instansi.

C. Bagi Perusahaan/Instansi

1. Dapat memperkenalkan kepada mahasiswa dan masyarakat umum.
2. Sumbangan perusahaan dalam memajukan pembangunan di bidang pendidikan.
3. penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan ataupun perbaikan seperlunya dalam pemecahan masalah.

1.5. Batasan Masalah Dan Asumsi Penelitian

Mengingat terlalu luasnya masalah, maka penulis menetapkan batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian hanya dilakukan pada mesin chiller.
2. Permasalahan biaya tidak dibahas dalam penelitian ini.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Karyawan bekerja pada kondisi normal atau tidak mempertimbangkan faktor psikologis.
2. Tidak ada pergantian fasilitas kerja selama dilakukan penelitian.
3. Tidak ada perubahan kondisi kerja.
4. Tenaga kerja tetap.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Menurut Corder perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Menurut Assauri perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Berdasarkan pada teori diatas maka perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, mesin dan peralatan pabrik, mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang diharapkan.

Manajemen perawatan adalah pengorganisasian operasi perawatan untuk memberikan pandangan umum mengenai perawatan fasilitas industri. Pengorganisasian ini mencakup penerapan metode manajemen dan metode yang menunjang keberhasilan manajemen ini adalah dengan mengembangkan dan menggunakan suatu penguraian sederhana yang dapat diperluas melalui gagasan dan tindakan.

2.2. Pengklasifikasian Perawatan

Adapun klasifikasi dari perawatan mesin adalah:

1. *Planned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu. *Planned maintenance* terbagi atas 2, yaitu:

a. *Preventive Maintenance*, suatu sistem perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan/komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya. *Preventive Maintenance* terbagi atas:

1. *Time based Maintenance* Kegiatan perawatan ini berdasarkan periode waktu, meliputi inspeksi harian, service, pembersihan harian dan lain sebagainya.

2. *Condition based Maintenance* Kegiatan perawatan ini menggunakan peralatan untuk mendiagnosa perubahan kondisi dari peralatan/aset, dengan tujuan untuk memprediksi awal penetapan interval waktu perawatan.

b. *Predictive maintenance* didefinisikan sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik komponen. Hasilnya menjadi indikasi kapabilitas fungsi sekarang dan masa depan.

2. *Unplanned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya tidak direncanakan. *Unplanned maintenance* terbagi atas 2, yaitu:

a. *Corrective Maintenance*, suatu kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga mencapai standar yang telah ditetapkan pada mesin tersebut.

- b. *Breakdown Maintenance*, yaitu suatu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan. Cara ini dilakukan apabila efek failure tidak bersifat signifikan terhadap operasi ataupun produksi.

Maintenance memberikan pemeriksaan yang teratur pada mesin. Perbaikan-perbaikan *preventive* dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan jadwal diluar perawatan harian. Panjang dari jangka waktu yang ditentukan tergantung pada perencanaan mesin, tujuan pemakaiannya dan kondisi kerjanya.

2.2.1. Preventive Maintenance

Preventive maintenance dilakukan dengan melakukan perawatan secara berkala tanpa menunggu mesin atau peralatan yang lain itu rusak terlebih dahulu.

Preventif maintenance dilakukan antara lain:

1. Menjaga kebersihan mesin-mesin dan peralatan instalasi tenaga listrik serta peralatan lain yang dipergunakan setiap hari.
2. Mengganti minyak pelumas mesin yang membutuhkan penggantian secara berkala.
3. Memberi minyak pelumas pada permukaan yang bersenyuhan dan bergesekan, misalnya roda gigi, roll, sebagainya.

Preventive maintenance adalah suatu sistem perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan/komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya.

Kegiatan *preventive maintenance* dilakukan erat kaitannya dalam hal menghindari suatu sistem atau peralatan mengalami kerusakan. Pada kenyatannya, kerusakan masih mungkin saja terjadi meskipun telah dilakukan *preventive maintenance*. Ada tiga alasan mengapa dilakukan tindakan *preventive maintenance* yaitu :

1. Menghindari terjadinya kerusakan
2. Mendeteksi awal terjadinya kerusakan
3. Menemukan kerusakan yang tersembunyi

Sedangkan keuntungan dari penerapan *preventive maintenance* antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi terjadinya perbaikan (*repairs*) dan *downtime*.
2. Meningkatkan umur penggunaan dari peralatan
3. Meningkatkan kualitas dari produk
4. Meningkatkan *availibilitas* dari peralatan
5. Meningkatkan kemampuan dari operator, bagian mekanik dan keselamatan
6. Mengurangi waktu untuk merespon terjadinya kerusakan yang parah
7. Menjamin peralatan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya
8. Meningkatkan kontrol dari peralatan dan mengurangi *inventory* level.
9. Memperbaiki sistem informasi terhadap peralatan/komponen
10. Meningkatkan identifikasi dari masalah yang dihadapi

2.2.2. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan

untuk mengatasi kegagalan atau kerusakan yang ditemukan selama masa waktu *preventive maintenance*. Pada umumnya, *corrective maintenance* bukanlah aktivitas perawatan yang terjadwal, karena dilakukan setelah sebuah komponen mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mengembalikan kehandalan sebuah komponen atau sistem ke kondisi semula.

Corrective Maintenance di dalam buku “*Maintanability, Maintenance and Realibility for Engineers*”, diasumsikan bahwa *Corrective maintenance* dapat dilaksanakan dengan lima langkah berikut:

1. Mengetahui penyebab kegagalan (*failure recognition*).
2. Lokasi kegagalan (*failure location*).
3. Mendiagnosa peralatan atau unit-unit yang gagal (*dianogsis within the equipment or item*).
4. Mengganti atau memperbaiki bagian yang gagal (*failed part replacement or repair*).
5. Mengembalikan sistem ke kondisi menjalankan tugasnya kembali (*system to service*).

2.3. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap asset fisik atau suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaanya. Penelitian tentang RCM pada

dasarnya berusaha menjawab 7 pertanyaan utama tentang asset atau peralatan yang diteliti. Ketujuh pertanyaan mendasar tersebut antara lain :

1. Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari item dalam konteks pada saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana item/peralatan tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure mode*)?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequence*)?
6. Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kegagalan tersebut (*proactive task and task interval*)?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan?

RCM merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan *Preventive maintenance*. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perencanaan dan kualitas pembentukan *preventive maintenance* yang efektif. Perencanaan tersebut juga meliputi komponen pengganti yang telah diprediksikan dan direkomendasikan. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan untuk menentukan kebutuhan perawatan terhadap aset yang bersifat fisik dalam konteks operasinya. Secara mendasar,

metodologi RCM menyadari bahwa semua peralatan pada sebuah fasilitas tidak memiliki tingkat prioritas yang sama. RCM menyadari bahwa disain dan operasi dari peralatan berbeda-beda sehingga memiliki peluang kegagalan yang berbeda beda juga.

2.3.1. Langkah-langkah Penerapan RCM

Sebelum menerapkan RCM, kita harus menentukan dulu langkah-langkah yang diperlukan dalam RCM. Adapun langkah-langkah yang diperlukan dalam RCM dijelaskan dalam bagian berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

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

a. Pemilihan Sistem

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

1. Pada tingkat *assembly* yang keberapa 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 dan kegagalan fungsi komponen terhadap sistem.

2. Apakah seluruh sistem akan dilakukan proses analisis dan bila tidak

Bagaimana dilakukan pemilihan sistem.

Tidak semua sistem akan dilakukan proses analisis. Hal ini disebabkan karena bila dilakukan proses analisis secara bersamaan untuk dua sistem atau lebih 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.

b. 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 di lapangan, wawancara, dan sejumlah buku referensi. Informasi yang dikumpulkan antara lain cara kerja mesin, komponen utama mesin, spesifikasi mesin dan rangkaian sistem permesinan.

2. Pendefinisian Batasan Sistem

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

3. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok 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:

- a. Sebagai dasar informasi tentang desain dan cara sistem beroperasinya yang dipakai sebagai acuan untuk kegiatan pemeliharaan pencegahan di kemudian hari.
- b. Diperoleh pengetahuan sistem secara menyeluruh.
- c. Untuk 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. Masukan dan Keluaran Sistem

Bagian menggambarkan proses transformasi dari faktor masukan menjadi keluaran. Sebagai contoh arus listrik masuk ke dalam subsistem pompa adalah untuk menggerakkan motor pompa. Pada saat switch dalam keadaan on, maka motor akan bergerak. Motor pompa yang bergerak akan menggerakkan shaft,

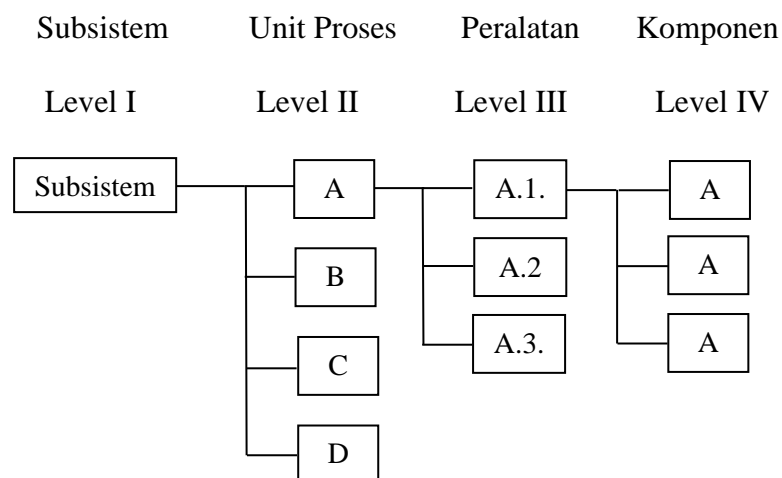
shaft akan menggerakkan impeller. Arus listrik yang masuk ditransformasikan menjadi energi untuk menggerakkan pompa memindahkan fluida.

4. Data Historis Peralatan

Data historis ini berisikan informasi perkembangan dari sistem (mesin dan peralatan) dari awal pengoperasian hingga saat terakhir. Informasi ini dapat berupa penggantian komponen, penambahan kapasitas, kecelakaan kerja akibat kegagalan fungsi atau perubahan design. Informasi ini akan sangat berguna dalam pengkajian langkah-langkah selanjutnya.

5. *System Work Breakdown Structure (SWBS)*

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



Gambar 2.1. Contoh *System Work Breakdown Structure*

4. 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 prestasi (*performance standard*) yang diharapkan. Persyaratan *maintenance* dari setiap item hanya dapat ditentukan bila fungsi-fungsi dari setiap dipahami secara jelas. Ada beberapa kategori fungsi:

a. 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.

b. Fungsi Sekunder

Hampir setiap item memiliki pula sejumlah fungsi sekunder yang kadangkadang melebihi jumlah fungsi primer, namun kegagalan mereka masih menimbulkan konsekuensi yang serius, terkadang melebihi dari pada kegagalan pada fungsi primer. Ini berarti kebutuhan untuk mempertahankan fungsi sekunder membutuhkan usaha dan waktu sebagaimana pada fungsi primer, jadi perlu diidentifikasi dengan jelas. Fungsi sekunder memiliki unsur *containment*, *support*, *appearance*, *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 di sini adalah standar prestasi yang digunakan untuk menentukan kegagalan fungsional, menentukan tingkat *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.

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

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen komponen dan menganalisis pengaruh pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruhpengaruh 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 modemode kegagalan yang kritis, Davidson, John [1988].

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 relatif. RPN diperoleh melalui hasil perkalian antara *rating Severity*, *Occurrence* 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.

$$\mathbf{RPN = Severity \times Occurrence \times Detection}$$

$$\mathbf{RPN = S \times O \times D}$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah 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*

Rating	<i>Criteria of severity effect</i>
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan Dapat membahayakan operator mesin
8	Kehilangan fungsi utama Energi listrik tidak dapat dihasilkan
7	Pengurangan fungsi utama Gangguan terhadap line electricity production
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

2. *Occurence (O)*

Occurence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. *Occurence* 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	<i>Probability of Occurrence</i>
10	Lebih besar dari 50 per 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

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*

Rating	<i>Detection Design Control</i>
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk mendeteksi bentuk penyebab kegagalan
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang 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

6. *Grey Theory*

Grey theory diusulkan oleh Julong Deng tahun 1982, berkaitan dengan keputusan ditandai oleh informasi yang tidak lengkap, dan mengeksplorasi perilaku sistem menggunakan relasional analisis dan konstruksi model. Teori grey menyediakan ukuran untuk menganalisis hubungan antara diskrit kuantitatif dan kualitatif seri, dan semua komponen dalam seri harus memenuhi karakteristik berikut :

- a. Existent (ada).
- b. Countable (dapat dihitung).
- c. Extensible (dapat diperluas).
- d. Independent (mandiri).

Karena faktor-faktor dari FMEA memiliki semua sifat ini, oleh karena itu, FMEA cocok untuk penerapan Grey Theory. Keuntungan utama dari penerapan Grey Theory untuk FMEA adalah kemampuan menentukan bobot yang berbeda untuk masing-masing faktor dan tidak memerlukan fungsi utilitas bentuk apapun. Langkah-langkahnya pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Membangun seri perbandingan

Pada tahap ini adalah memasukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada masing-masing tipe kegagalan.

Tampilannya adalah sebagai berikut :

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(1) & X_1(2) & X_1(k) \\ X_2(1) & X_2(2) & X_2(k) \\ X_n(1) & X_n(2) & X_n(k) \end{bmatrix}$$

2. Menetapkan seri standar

Untuk mengurangi resiko yang potensial, nilai-nilai semua faktor keputusan akan menjadi sekecil mungkin dengan begitu, standard yang ditetapkan adalah sebagai berikut :

$$X_0 = [X_0(1)X_1(2)X_2(3)]$$

3. Mencari perbedaan antara seri standar dan seri perbandingan

Pada tahap ini mengurangi nilai dari seri perbandingan dengan seri standar. Maka hasilnya adalah sebagai berikut :

$$D_0 \begin{bmatrix} X_1(1) & X_1(2) & X_1(k) \\ X_2(1) & X_2(2) & X_2(k) \\ X_n(1) & X_n(2) & X_n(k) \end{bmatrix}$$

Dimana $\Delta_{0j}(k) = \|X_0(j) - X_j(j)\|$

4. Menghitung koefisien relasional grey

Langkah-langkah untuk perhitungan pada langkah keempat ini adalah sebagai berikut :

- a. Carilah nilai maximum dan minimum pada langkah ketiga.

$$\Delta_{\min} \text{ dan } \Delta_{\max}$$

- b. ζ adalah berupa identifikasi, hanya mempengaruhi nilai relatif dari resiko tanpa mengubah prioritas. Nilai ζ yang biasanya digunakan adalah 0,5

$$\gamma(X_0(k), X_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0j}(j) + \zeta \Delta_{\max}}$$

$$\gamma_{oi}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0j}(j) + \zeta \Delta_{\max}}$$

Dimana, $j = 1, \dots, m$ $k = 1, \dots, n$

5. Menentukan derajat hubungan

$$\Gamma(X_1, X_j) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma(X_1(j), X_j(j))$$

$$\Gamma_{oi}(j) = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \gamma_{oi}(j)$$

6. Mengurutkan tingkat resiko berdasarkan prioritas.

Pada langkah ini mengurutkan tingkat resiko dengan mengurutkan nilai dari terbesar hingga terkecil.

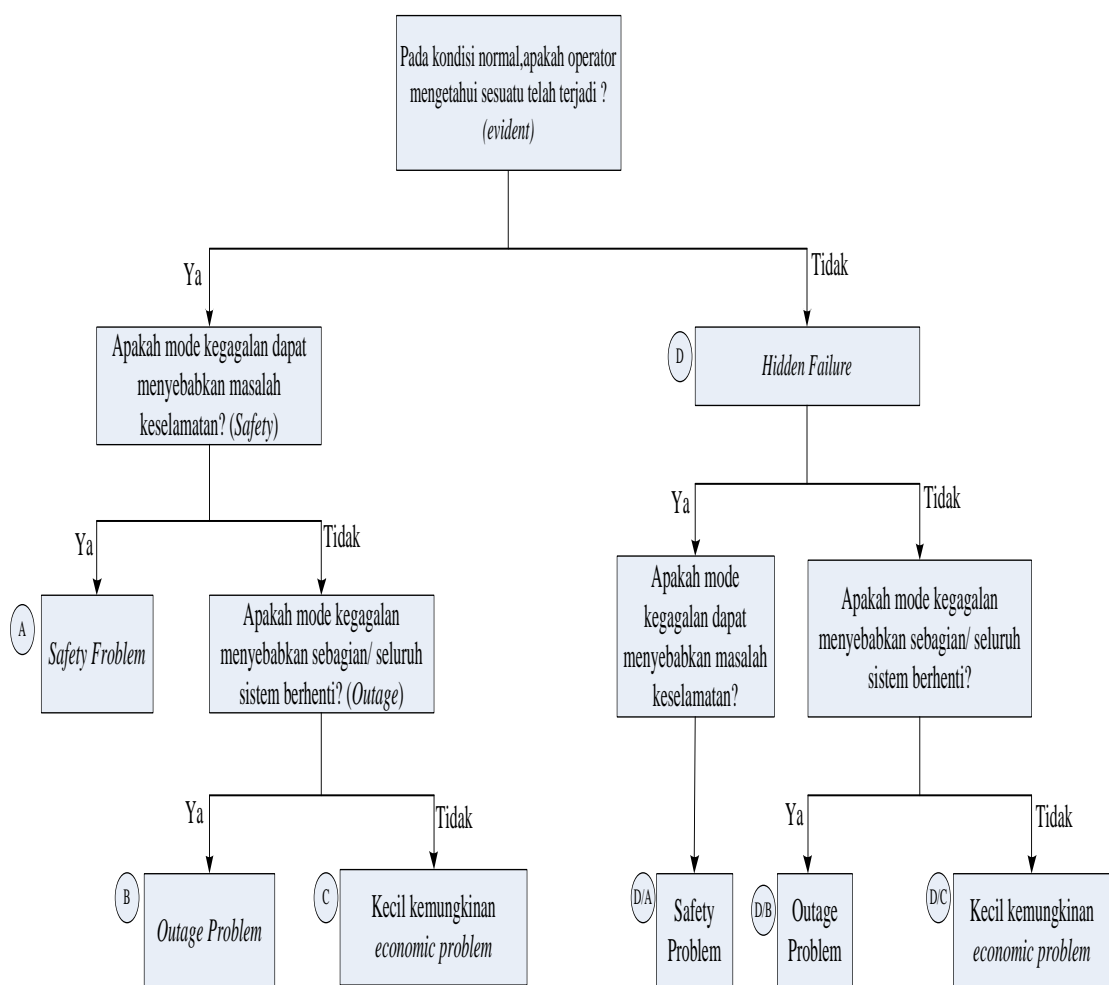
7. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Penyusunan *Logic Tree Analysis (LTA)* memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA ini. Pada bagian kolom tabel LTA mengandung informasi mengenai nomor dan nama kegagalan fungsi, nomor dan mode kerusakan, analisis kekritisan dan keterangan tambahan yang dibutuhkan. Analisis kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

- a. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
- b. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
- c. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
- d. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:

1. Kategori A (*Safety problem*)
2. Kategori B (*Outage problem*)
3. Kategori C (*Economic problem*)
4. Kategori D (*Hidden failure*)

Pada Gambar 2.2. dapat dilihat struktur pertanyaan dari Logic Tree Analysis (LTA).

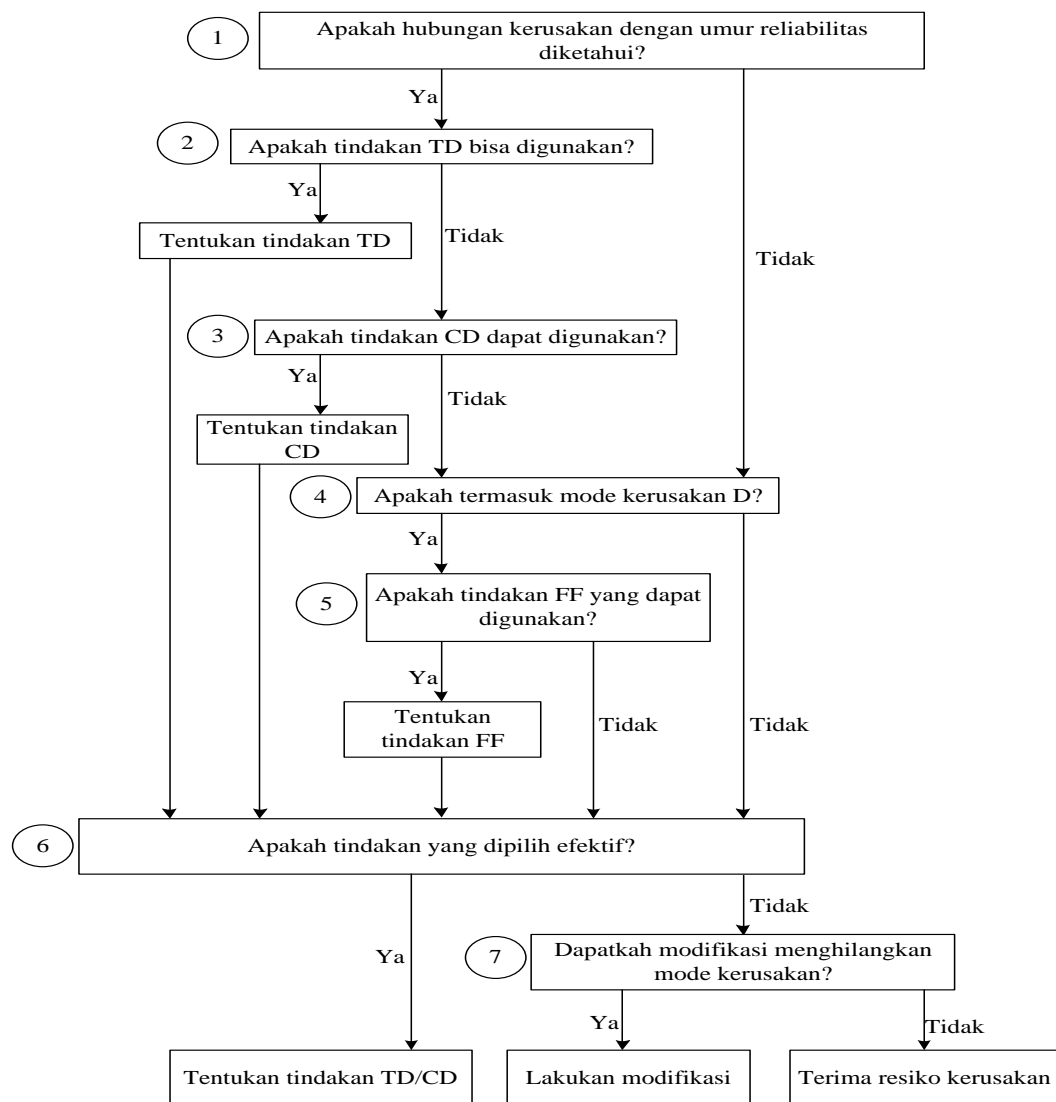


Gambar 2.2. Struktur Pertanyaan LTA

8. Pemilihan Kegiatan

Tugas yang dipilih dalam kegiatan *preventive maintenance* harus memenuhi syarat berikut:

- a. *Aplikatif*, tugas tersebut akan dapat mencegah kegagalan, mendeteksi kegagalan atau menemukan kegagalan tersembunyi.
- b. *Efektif*, tugas tersebut harus merupakan pilihan dengan biaya yang paling efektif diantara kandidat lainnya.



Gambar 2.3. Road Map Pemilihan Tindakan

Pada Gambar 2.2. berikut dapat dilihat *Road map* pemilihan tindakan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tindakan perawatan terbagi menjadi 3 jenis 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 bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
3. *Finding Failure* (F.F), tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

2.4. Keandalan (*Reliability*)

2.4.1. Defenisi Keandalan (*Reliability*)

Pemeliharaan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem pemeliharaan juga keandalan digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan sendiri. Akhir-akhir ini konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan interval penggantian komponen mesin/*spare part*. Ukuran keberhasilan suatu tindakan pemeliharaan (*maintenance*) dapat dinyatakan dengan tingkat *reliability*. Secara umum

reliability dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan

. Berdasarkan definisi *reliability* dibagi atas empat komponen pokok, yaitu:

1. Probabilitas

Merupakan komponen pokok pertama, merupakan input numerik bagi pengkajian *reliability* suatu sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai kelayakan suatu sistem. Menandakan bahwa *reliability* menyatakan kemungkinan yang bernilai 0-1

2. Kemampuan yang diharapkan (*Satisfactory Performance*)

Komponen ini memberikan indikasi yang spesifik bahwa kriteria dalam menentukan tingkat kepuasan harus digambarkan dengan jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.

3. Tujuan yang Diinginkan

Tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa tingkatan dalam memproduksi suatu barang konsumen.

4. Waktu (*Time*)

Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan suatu jadwal dalam dalam fungsi *reliability*.

Waktu yang dipakai adalah MTTF (*Mean Time to Failure*) untuk menentukan waktu kritis dalam pengukuran *reliability*.

5. Kondisi Pengoperasian (*Specified Operating Condition*)

Faktor-faktor lingkungan seperti: getaran (*vibration*), kelembaban (*humidity*), lokasi geografis yang merupakan kondisi tempat berlangsungnya pengoperasian, merupakan hal yang termasuk kedalam komponen ini. Faktorfaktornya tidak hanya dialamatkan untuk kondisi selama periode waktu tertentu ketika sistem atau produk sedang beroperasi, tetapi juga ketika sistem atau produk berada di dalam gudang (*storage*) atau sedang bergerak (*transformed*) dari satu lokasi ke lokasi yang lain.

2.4.2. *EasyFit*

Fitur utama dari *EasyFit* adalah kemampuan untuk secara otomatis sesuai dengan lebih dari 40 distribusi untuk data sampel dan memilih model terbaik (pengguna tingkat lanjut dapat menerapkan fitur pas manual). *The goodness of fit tests* (*Kolmogorov-Smirnov*, *Anderson-Darling*, *Chi-Squared* dan berbagai grafik membantu membandingkan distribusi dipasang dan memastikan telah memilih model yang paling valid. *EasyFit* untuk melakukan analisis data dan simulasi, membuat model *worksheet* maju, dan mengembangkan aplikasi VBA berurusan dengan ketidakpastian untuk kebutuhan khusus. Program ini didukung Distribusi *Bernoulli*, *Beta*, *Binomial*, *Chi-Squared*, *Erlang*, *eksponensial F*, *Gamma*, *Logaritma*, *Lognormal*, *Binomial*, *Normal*, *Weibull*, dan lain-lain. *EasyFit* memungkinkan untuk secara otomatis atau manual sesuai dengan sejumlah besar distribusi data Anda dan untuk memilih model terbaik dalam hitungan detik. Hal ini dapat digunakan sebagai aplikasi yang berdiri sendiri atau dengan Microsoft

Excel, yang memungkinkan Anda untuk memecahkan berbagai masalah bisnis dengan hanya pengetahuan dasar statistik.

Manfaat EasyFit:

1. Menghemat waktu

Mengurangi waktu analisis Anda dengan 70-95% dari metode manual

2. Menghemat uang

Mencegah kesalahan analisis dan membuat keputusan bisnis yang lebih baik dan menjamin kualitas tinggi dari proyek Anda

3. Easyfit sangat mudah dipelajari

2.4.3. Pola Distribusi Data Dalam Keandalan (*reliability*)

Pola distribusi data dalam Keandalan (*Reliability*) antara lain :

1. Pola Distribusi *Weibull*

Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan pada komponen. Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi *Weibull*:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right]$$

Parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan *weibull* (*weibull slope*), sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya (β), yaitu:

$\beta < 1$: Distribusi *weibull* akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.

$\beta = 1$: Distribusi *weibull* akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.

$\beta > 1$: Distribusi *weibull* akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

2. Pola Distribusi Normal

Distribusi normal (*Gaussian*) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik.

Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi Normal:

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-u)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

Konsep *reliability* distribusi normal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

3. Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi Lognormal :

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(t) - u)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

Konsep *reliability* distribusi Lognormal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

4. Pola Distribusi *Eksponensial*

Distribusi *eksponensial* sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi *eksponensial*. Distribusi *eksponensial* akan tergantung pada nilai λ , yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi Eksponensial :

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

5. Pola Distribusi *Gamma*

Distribusi *Gamma* memiliki karakter yang hampir mirip dengan distribusi weibull dengan shape parameter β dan scale parameter α . Dengan memvariasikan nilai kedua parameter tersebut maka ada banyak jenis sebaran data yang dapat diwakili oleh distribusi *Gamma*. Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi Gamma:

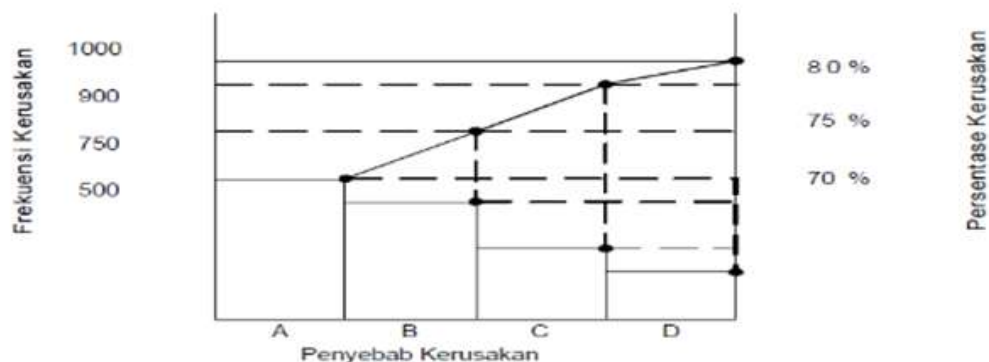
$$F(t) = \int_0^t \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)\right] dt$$

2.5. Diagram Pareto

Alfredo Pareto adalah orang yang pertama kali memperkenalkan diagram pareto ini. Tujuannya pada saat itu untuk mendistribusikan kesejahteraan masyarakat, kemudian Dr. Joseph Juran mengembangkannya lagi sehingga dapat digunakan pada berbagai macam bidang. Diagram pareto adalah grafik yang menguraikan klasifikasi data secara menurun mulai dari kiri ke kanan. Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi masalah dari yang paling besar sampai

yang paling kecil. Diagram ini pada awalnya menampilkan distribusi frekuensi tentang.

kesejahteraan beberapa negara, yang kemudian ternyata sesuai untuk diterapkan pada manajemen mutu. Diagram Pareto menunjukkan bahwa sekitar 80 % dari kekayaan atau kesejahteraan negara-negara dikuasai oleh sekelompok kecil negara. Jika diterapkan pada manajemen mutu, diagram pareto umumnya mengatakan bahwa 80% dari problem dapat diselesaikan jika penyebab utamanya yang umumnya ditimbulkan oleh sekelompok kecil penyebab utama (20%), dapat diselesaikan. Diagram pareto mempunyai ciri khas yaitu sumbu y merupakan persen terhadap total reject dan penyajian data dalam grafik atau diagram sekaligus menampilkan baik grafik batang dari nilai persentase masing-masing reject terhadap total reject maupun grafik garis mengenai persen kumulatifnya. Oleh karena itu diagram pareto digunakan untuk menunjukkan prioritas pada suatu masalah dimana kepada masalah dominan tersebut dapat dilakukan penyelesaian yang terarah. Fokus penyelesaian terhadap masalah tersebut kemudian akan dapat dilakukan dan dikembangkan lebih lanjut.



Gambar 2.4. Pareto Diagram

2.6. Interval Penggantian Komponen dengan Total Minimum Downtime

Pada dasarnya downtime didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik), sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (breakdown period) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan downtime minimum menjadi sangat penting. Pembahasan berikut akan difokuskan pada proses pembuatan keputusan penggantian komponen sistem yang meminimumkan downtime, sehingga tujuan utama dari manajemen sistem perawatan untuk memperpendek periode kerusakan sampai batas minimum dapat dicapai. Penentuan tindakan preventif yang optimum dengan meminimumkan downtime akan dikemukakan berdasarkan interval waktu penggantian (replacement interval). Tujuan untuk menentukan penggantian komponen yang optimum berdasarkan interval waktu, t_p , diantara penggantian preventif dengan menggunakan kriteria meminimumkan total downtime per unit waktu, dapat dijelaskan melalui.

$$D(t_p) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p}, \text{ dimana}$$

$H(t_p)$ = Banyaknya kerusakan (kagagalan) dalam interval waktu $(0, t_p)$, merupakan nilai harapan (expected value)

T_f = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan.

T_p = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan preventif (komponen belum rusak).

$t_p + T_p$ = Panjang satu siklus.

Meminimumkan total minimum *downtime* akan diperoleh tindakan penggantian komponen berdasarkan interval waktu t_p yang optimum. Untuk komponen yang memiliki distribusi kegagalan mengikuti distribusi peluang tertentu dengan fungsi peluang $f(t)$, maka nilai harapan (*expected value*) banyaknya kegagalan yang terjadi dalam interval waktu $(0, t_p)$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$H(t_p) = \sum_{i=0}^{t_p-1} [1 + H(t_p - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t) dt$$

$H(0)$ ditetapkan sama dengan nol, sehingga untuk $t_p = 0$, maka $H(t_p) = H(0) = 0$.

DAFTAR PUSTAKA

Assauri, Sofjan. 1999. Manajemen Produksi dan Operasi. Edisi Keempat. Jakarta :
Lembaga Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

A. K. Fovil. Reliability Engineering. Mc. Graw Hill Publishing Co.

Corder, Antony. 1992. Teknik Manajemen Pemeliharaan. Jakarta : Erlangga

Dale H, Besterfield. Quality Control. Fifth Edition. (New Jersey: Prentice Hall,
Inc., 1998), hlm. 5-7

Goble, William M. 1998. Control Systems Safety Evaluation & Reliability

Gaspersz, Vincent. 2000. Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik
Industri.

Isma,boy. Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered (
Boy Isma Putra, ST., MM.) Maintenance II (RCM II) Pada Mesin Danner
1.3 Di PT. .X.

Indriawati, Katherin , dkk. 2010. Penerapan Reliability Centered Maintenance pada
Sistem Gas Buang Boiler di PT. IPMOMI Paiton.

Mathwave Technologies. 2007. EasyFit

Smith, Anthony M, Glenn R. Hinchcliffe. 2003. RCM- Gateway to World Class
Maintenance. New York : Elseiver.

Verma, Dinesh dkk. 1994. Maintainability.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

No	Tanggal	Kerusakan chiller
1	Minggu, 06 September 2015	Compressor
2	Sabtu, 12 September 2015	Expanse Valve
3	Rabu, 16 September 2015	PLC Control panel
4	Minggu, 08 November 2015	Compressor
5	Selasa, 17 November 2015	Evaporator
6	Senin, 14 Desember 2015	Expanse Valve
7	Selasa, 29 Desember 2015	PLC Control panel
8	Senin, 11 Januari 2016	Condenser
9	Selasa, 19 Januari 2016	Compressor
10	Kamis, 04 Februari 2016	PLC Control panel
11	Jumat, 04 Maret 2016	Compressor
12	Senin, 14 Maret 2016	Evaporator
13	Kamis, 24 Maret 2016	PLC Control panel
14	Minggu, 27 Maret 2016	Expanse Valve
15	Jumat, 20 Mei 2016	PLC Control panel
16	Senin, 30 Mei 2016	Compressor
17	Selasa, 05 Juli 2016	PLC Control panel
18	Sabtu, 16 Juli 2016	Condenser
19	Jumat, 19 Agustus 2016	Expanse Valve
20	Kamis, 25 Agustus 2016	Compressor

No:.....

KUESIONER PENELITIAN

I. Identitas Responden

Nama :

Umur :

Jabatan :

II. Petunjuk Pengisian

Pengisian kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui keseriusan effect yang ditimbulkan jika terjadi kerusakan komponen mesin (severity), kemungkinan terjadinya cause kegagalan yang berhubungan dengan effect (occurance), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan (detection) komponen mesin chiller PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung.

Bagian I

Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang menurut Anda paling sesuai, dengan ketentuan sebagai berikut:

Rating	Criteria of severity effect
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan Dapat membahayakan operator mesin
8	Kehilangan fungsi utama Energi listrik tidak dapat dihasilkan
7	Pengurangan fungsi utama Gangguan terhadap line electricity production
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

Bagian II

Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang menurut Anda paling sesuai, dengan ketentuan sebagai berikut:

Rating	Probability of Occurrence
10	Lebih besar dari 50 per 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

Pengisian Kuesioner Bagian Occurance

Isilah kuesioner ini sesuai dengan persepsi atau pendapat Anda terhadap kemungkinan terjadinya cause kegagalan yang berhubungan dengan effect akibat kerusakan komponen mesin. Apakah termasuk rating 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, atau 10 terhadap pernyataan berikut :

Komponen	Frekuensi Kerusakan	Rating Occurance									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Compressor</i>	6			√							
<i>Evaporator</i>	2		√								
<i>Condenser</i>	2		√								
<i>Expanse Valve</i>	4		√								
<i>PLC Control panel</i>	6			√							

Bagian III

Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang menurut Anda paling sesuai, dengan ketentuan sebagai berikut:

Rating	Detection Design Control
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk mendeteksi bentuk penyebab kegagalan
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

Pengisian Kuesioner Bagian Detection

Isilah kuesioner ini sesuai dengan persepsi atau pendapat Anda terhadap kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum terjadi kerusakan komponen. Apakah termasuk rating 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, atau 10 terhadap pernyataan berikut :

Komponen	Frekuensi Kerusakan	Rating Detection									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Compressor</i>	6						√				
<i>Evaporator</i>	2				√						
<i>Condenser</i>	2				√						
<i>Expanse Valve</i>	4						√				
<i>PLC Control panel</i>	6				√						

LAMPIRAN-3

Perhitungan Total Minimum Downtime (TMD)

1. PLC Control Panel

No	F(t)	H(t)	D(t)
1	2,13446E-06	2,13446E-06	0,23750028
2	1,73391E-05	1,73392E-05	0,17812615
3	5,90451E-05	5,90462E-05	0,15833594
4	0,000140846	0,000140854	0,14844217
5	0,000276431	0,000276469	0,14250733
6	0,000479552	0,000479684	0,13855227
7	0,000764	0,000764367	0,13572877
8	0,001143585	0,001144459	0,13361272
9	0,001632114	0,001633982	0,13196853
10	0,002243371	0,002247037	0,13065480
50	0,252410727	0,330214546	0,12200098
51	0,265703357	0,35344247	0,12199765
52	0,27928279	0,377993189	0,12199781
53	0,293134487	0,403937327	0,12200146
54	0,307242995	0,431349909	0,12200858
55	0,321591989	0,460310664	0,12201918
56	0,336164316	0,490904335	0,12203326
57	0,350942045	0,523221017	0,12205086
58	0,365906521	0,557356503	0,12207201
59	0,381038421	0,593412663	0,12209676
60	0,39631782	0,631497834	0,12212518
61	0,411724254	0,411724254	0,12159197
62	0,427236791	0,60314054	0,12195563
63	0,442834104	0,709925305	0,12212957
64	0,458494547	0,783991428	0,12223027
65	0,474196231	0,845962012	0,12230318
66	0,489917108	0,90436837	0,12236672
67	0,50563505	0,962915395	0,12242864
68	0,521327931	1,023322622	0,12249237
69	0,536973716	1,086471066	0,12255953
70	0,552550537	1,152880709	0,12263094
71	0,568036784	1,222915435	0,12270711
72	0,583411183	1,296873724	0,12278840
73	0,598652877	1,375030063	0,12287509
74	0,613741508	1,457654532	0,12296744
75	0,628657292	1,545022444	0,12306572
76	0,643381094	1,637419324	0,12317018
77	0,657894497	1,735143659	0,12328112
78	0,67217987	1,838508508	0,12339880
79	0,68622043	1,947842529	0,12352352

2. Expanse Valve

No	F(t)	H(t)	D(t)
1	7,70328E-12	7,70328E-12	0,20833200
2	1,16708E-06	1,16708E-06	0,15624907
3	0,001250784	0,001250784	0,13893722
4	0,162067171	0,162067171	0,13499071
5	0,999732702	0,999732702	0,14860389
6	4,62196E-11	4,62196E-11	0,12152700
7	5,39228E-11	5,39228E-11	0,11904686
8	6,1626E-11	6,1626E-11	0,11718675
9	6,93293E-11	6,93293E-11	0,11574000
10	7,70326E-11	7,70326E-11	0,11458260
11	8,47359E-11	8,47359E-11	0,11363564
20	1,54065E-10	1,54065E-10	0,10937430
21	1,61768E-10	1,61768E-10	0,10912629
30	2,31098E-10	2,31098E-10	0,10763820
31	2,38801E-10	2,38801E-10	0,10752619
41	3,15834E-10	3,15834E-10	0,10670663
45	3,46647E-10	3,46647E-10	0,10648080
46	3,5435E-10	3,5435E-10	0,10643048
47	3,62053E-10	3,62053E-10	0,10638230
48	3,69756E-10	3,69756E-10	0,10633613
49	3,7746E-10	3,7746E-10	0,10629184
50	3,85163E-10	3,85163E-10	0,10624932
51	3,92866E-10	3,92866E-10	0,10620847
60	4,62196E-10	4,62196E-10	0,10590210
61	4,69899E-10	4,69899E-10	0,10587364
70	5,39228E-10	5,39228E-10	0,10565409
71	5,46931E-10	5,46931E-10	0,10563313
80	6,16261E-10	6,16261E-10	0,10546808
81	6,23964E-10	6,23964E-10	0,10545200
90	6,93293E-10	6,93293E-10	0,10532340
91	7,00996E-10	7,00996E-10	0,10531068
93	7,16403E-10	7,16403E-10	0,10528606
94	7,24106E-10	7,24106E-10	0,10527415
95	7,3181E-10	7,3181E-10	0,10526248
96	7,39513E-10	7,39513E-10	0,10525106
97	7,47216E-10	7,47216E-10	0,10523988
98	7,54919E-10	7,54919E-10	0,10522892
99	7,62623E-10	7,62623E-10	0,10521818
100	7,70326E-10	7,70326E-10	0,10520766

3. Motor Compressor

No	F(t)	H(t)	D(t)
1	4,61531E-11	4,61531E-11	0,23611000
2	3,03518E-06	3,03518E-06	0,17708273
3	0,001995687	0,001995687	0,15750698
4	0,180945463	0,180945463	0,15439008
5	0,999174314	0,999174314	0,17179970
6	2,76918E-10	2,76918E-10	0,13773083
7	3,23071E-10	3,23071E-10	0,13492000
8	3,69224E-10	3,69224E-10	0,13281188
9	4,15377E-10	4,15377E-10	0,13117222
10	4,6153E-10	4,6153E-10	0,12986050
11	5,07684E-10	5,07684E-10	0,12878727
20	9,23061E-10	9,23061E-10	0,12395775
21	9,69214E-10	9,69214E-10	0,12367667
30	1,38459E-09	1,38459E-09	0,12199017
31	1,43074E-09	1,43074E-09	0,12186323
40	1,84612E-09	1,84612E-09	0,12100638
41	1,89228E-09	1,89228E-09	0,12093439
50	2,30765E-09	2,30765E-09	0,12041610
51	2,35381E-09	2,35381E-09	0,12036980
52	2,39996E-09	2,39996E-09	0,12032529
53	2,44611E-09	2,44611E-09	0,12028245
54	2,49226E-09	2,49226E-09	0,12024120
55	2,53842E-09	2,53842E-09	0,12020145
56	2,58457E-09	2,58457E-09	0,12016313
57	2,63072E-09	2,63072E-09	0,12012614
58	2,67688E-09	2,67688E-09	0,12009043
59	2,72303E-09	2,72303E-09	0,12005593
60	2,76918E-09	2,76918E-09	0,12002258
61	2,81534E-09	2,81534E-09	0,11999033
65	2,99995E-09	2,99995E-09	0,11987123
66	3,0461E-09	3,0461E-09	0,11984371
67	3,09225E-09	3,09225E-09	0,11981701
68	3,13841E-09	3,13841E-09	0,11979110
69	3,18456E-09	3,18456E-09	0,11976594
70	3,23071E-09	3,23071E-09	0,11912345
71	3,27687E-09	3,27687E-09	0,11971775
72	3,32302E-09	3,32302E-09	0,11969465
73	3,36917E-09	3,36917E-09	0,11967219