

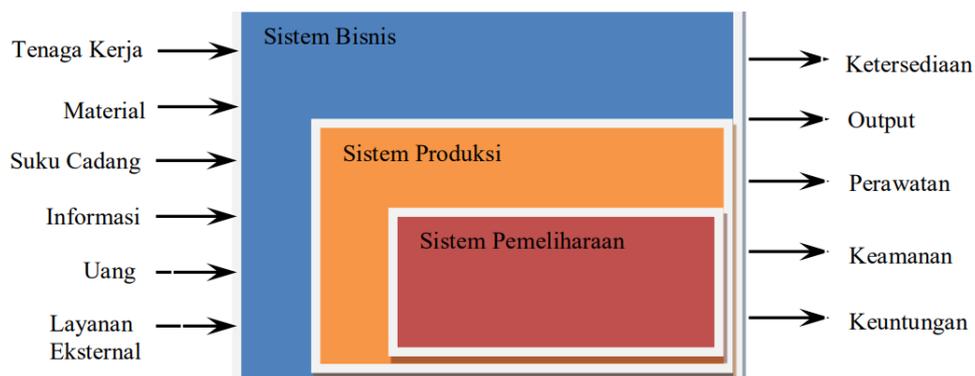
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perawatan (*Maintenance*)

2.1.1 Pengertian Perawatan

Istilah *Maintenance* seringkali digunakan dan diartikan sebagai perawatan atau perawatan. Perawatan atau perawatan merupakan konsep aktivitas yang diperlukan untuk menjaga kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi normalnya. Perawatan merupakan bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan atau mempertahankan kondisi mesin agar selalu dapat berfungsi. Perawatan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat digunakan sesuai harapan. Sehingga kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan mesin dan peralatan pada kondisi operasional dan aman, serta apabila terjadi kerusakan dapat dikendalikan.



Gambar 2. 1 Model *input-output* proses perawatan dalam sistem produksi

(Sumber : Pronowo, 2018)

Proses perawatan dapat digambarkan sebagai *model input output* seperti pada Gambar 2.1 Proses perawatan akan mempengaruhi tingkat ketersediaan

(*availability*) fasilitas produksi, laju produksi, kualitas produk akhir (*end product*), ongkos produksi, dan keselamatan operasi. Faktor-faktor tersebut selanjutnya akan berpengaruh terhadap tingkat keuntungan (*profitability*) perusahaan. Proses perawatan selain membantu kelancaran proses produksi karena ketepatan waktu pengiriman produk, juga menjaga fasilitas dan peralatan tetap efektif dan efisien dan terhindar dari kerusakan (*zerro breakdown*).

Proses produksi membutuhkan kegiatan perawatan yang meliputi pembersihan, inspeksi, pelumasan, serta pengadaan suku cadang demi keberlanjutannya. Perawatan mempunyai kaitan erat dengan tindakan pencegahan (*preventive*) dan perbaikan (*corrective*) berupa:

- a. *Inspection* yaitu tindakan pemeriksaan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) agar dapat diketahui apakah sistem berada pada kondisi normal.
- b. *Service* yaitu tindakan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) yang biasanya telah dijadwalkan dalam buku perawatan mesin
- c. *Replace* yaitu tindakan penggantian komponen yang rusak, dapat dilakukan secara mendadak atau sesuai perencanaan pencegahan.
- d. *Repair* yaitu tindakan perbaikan yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.
- e. *Overhaul* tindakan perbaikan skala besar yang biasanya dilakukan pada akhir periode tertentu.

2.1.2 Tujuan Perawatan

Umumnya perawatan difokuskan pada pencegahan untuk mengurangi dan atau menghindari kerusakan dengan memastikan keandalan dan kesiapan peralatan, serta meminimalkan biaya perawatan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1,

proses perawatan atau sistem adalah subsistem dari sistem produksi. Sistem produksi itu sendiri memiliki tujuan:

- a. Memaksimalkan keuntungan dari peluang pasar yang tersedia
- b. Meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh kegagalan produksi
- c. Memperhatikan aspek teknis dan ekonomis pada proses produksi

Sehingga sistem perawatan dapat membantu tercapainya tujuan tersebut dengan peningkatan keuntungan dan kepuasan pelanggan. Pencapaian itu dilakukan dengan pendekatan nilai fungsi dari fasilitas produksi yang ada dengan cara:

- a. Meminimasi Waktu Henti (*downtime*)
- b. Memperbaiki kualitas
- c. Meningkatkan produktivitas
- d. Menyerahkan pesanan tepat waktu

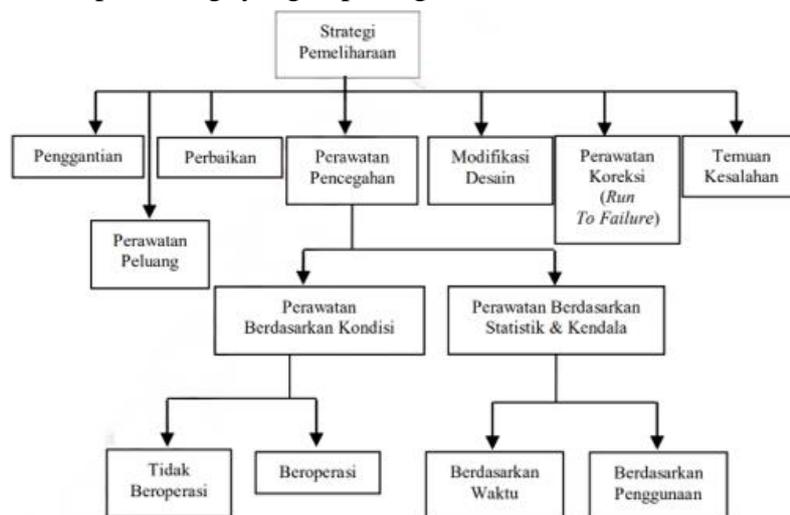
Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan menurut Japan Institute of Plan *Maintenance* dan *Consultant* TPM India, secara ringkas dapat disebutkan sebagai berikut:

- a. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi
- b. Menjamin tingkat ketersediaan optimal dari fasilitas produksi
- c. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk penggunaan darurat
- d. Menjamin keselamatan operator dan pengguna fasilitas
- e. Mendukung kemampuan mesin agar dapat sesuai dengan fungsinya
- f. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan suku cadang diluar batas

- g. Mencapai tingkat Biaya Perawatan serendah mungkin dengan *Maintenance* secara efektif dan efisien
- h. Mengadakan kerja sama erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah dan total biaya yang rendah

2.1.3 Strategi Perawatan

Prinsip perawatan fasilitas produksi adalah menjaga tingkat konsistensi dalam mengoptimalkan produksi dan kesiapan fasilitas tanpa mengesampingkan keselamatan. Untuk mencapainya diperlukan *strategi* perawatan. Proses perawatan umumnya dibagi dua: perawatan terencana dan tidak terencana. Gambar 2.2 menunjukkan beberapa *strategi* yang dapat digunakan menurut Duffuaa et al, 1999.



Gambar 2. 2 Klasifikasi *strategi* perawatan

(Sumber : Pronowo, 2018)

Perawatan di bagi menjadi beberapa jenis, yaitu antara lain :

1. Perawatan Penggantian (*Replacement*)

Penggantian komponen dilakukan secara keseluruhan atau sebagian dari sistem yang perlu diganti karena tingkat utilitas mesin atau keandalan fasilitas

produksi berada dalam kondisi yang buruk. Tujuan dari *strategi* perawatan penggantian adalah untuk memastikan berfungsinya sistem dalam kondisi normal.

2. Perawatan Peluang (*Opportunity Maintenance*)

Perawatan peluang dilakukan ketika ada peluang saat mesin dimatikan. Perawatan peluang bertujuan untuk mencegah waktu menganggur (*idle*) baik operator ataupun petugas perawatan. Perawatan dapat dilakukan dari yang paling sederhana seperti pembersihan hingga perbaikan fasilitas dalam sistem produksi.

3. Perawatan Perbaikan Besar (*Overhaul*)

Merupakan pengujian dan perbaikan secara menyeluruh pada beberapa atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi normal yang dapat diterima. Perawatan perbaikan besar merupakan perawatan terencana dan prosesnya dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem, sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar subsistem berada pada kondisi yang handal.

4. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Merupakan perawatan terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan. Perawatan pencegahan merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan yang tidak terduga serta menemukan penyebab rusaknya fasilitas produksi. Dalam praktiknya *preventive Maintenance* dibedakan atas:

a) *Routine Maintenance*

Yaitu kegiatan perawatan terhadap kondisi dasar mesin dengan cara mengganti suku cadang yang aus/rusak serta dilakukan secara rutin. Contoh perawatan rutin: pembersihan peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan suplai bahan bakar dan angin kompresor.

b) *Periodic Maintenance*

Yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan periodik dalam jangka waktu tertentu (misalnya mingguan atau sebulan sekali), dengan cara melakukan pengecekan berkala dan memulihkan bagian mesin yang rusak atau tidak sempurna. Contoh perawatan periodik: penyetelan *Sensor - Sensor*, pengecekan silinder pneumatik.

c) *Running Maintenance*

Merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Perawatan ini termasuk perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau mesin dalam keadaan sedang beroperasi. Biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus berproduksi. Kegiatan perawatan dilakukan dengan cara mengawasi secara aktif.

d) *Shutdown Maintenance*

Merupakan kegiatan perawatan yang hanya dapat dilaksanakan pada saat fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan.

Perawatan pencegahan dilakukan untuk menghindari peralatan atau sistem mengalami kerusakan. Pada kenyataannya mungkin agak sulit menghindari adanya kerusakan. Namun begitu tetap ada alasan untuk perawatan pencegahan, yaitu:

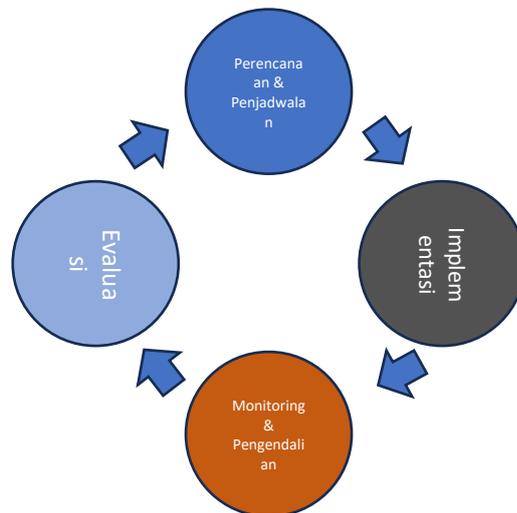
- a. Menghindari terjadinya kerusakan
- b. Mendeteksi terjadinya kerusakan lebih awal
- c. Menemukan kerusakan tersembunyi
- d. Mengurangi waktu menganggur
- e. Menaikkan ketersediaan (*availability*) fasilitas produksi
- f. Pengurangan penggantian suku cadang dan pengendalian persediaan

- g. Meningkatkan efisiensi mesin
- h. Memberikan pengendalian anggaran dan biaya
- i. Memberi informasi pertimbangan penggantian mesin

2.1.4 Elemen Manajemen Perawatan

Terdapat dua elemen penting pada pendekatan manajemen perawatan yaitu:

- a. Manajemen perawatan merupakan aktivitas penting karenanya harus dikelola secara *strategis*. Siklus manajemen perawatan (Gambar 2.3) meliputi tahapan: (1) perencanaan dan penjadwalan, (2) implementasi, (3) monitoring dan pengendalian, dan (4) evaluasi
- b. Manajemen perawatan secara efektif perlu didasarkan pada *model* kuantitatif (*model* matematis) yang mengintegrasikan perawatan dan kebijakan lain seperti produksi dsb. Model matematis untuk mendapatkan parameter optimal dalam menentukan *strategi* perawatan yang diturunkan dari *model* mekanisme kegagalan dari kondisi peralatan



Gambar 2. 3 Siklus manajemen perawatan

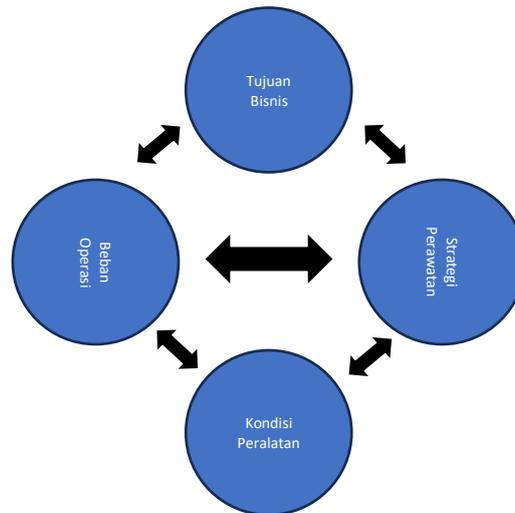
(Sumber : Pronowo, 2018)

Pada tahapan perencanaan dan penjadwalan dilakukan kegiatan perencanaan perawatan, terbagi dua yaitu: *Planned & unplanned*. Tahap kedua yaitu implementasi, dilakukan pelaksanaan proses perawatan. Tahap ketiga berupa monitoring dan pengendalian, dilakukan dalam jangka pendek dan dilakukan secara langsung. Tahap evaluasi, dilakukan dalam jangka panjang, misalnya 1 semester dan biasanya berupa audit

Dalam manajemen perawatan, perawatan bisa kita pandang sebagai aktivitas multidisiplin yang melibatkan:

- a. Pemahaman tentang mekanisme degradasi dan hubungannya dengan pengumpulan data dan analisis untuk menilai status peralatan
- b. Pengembangan *model* kuantitatif untuk memprediksi pengaruh perbedaan tindakan (perawatan dan operasi) pada degradasi kondisi peralatan
- c. Pengelolaan perawatan dari sudut pandang *strategis*

Titik awal kegiatan perawatan terletak pada kondisi peralatan. Kondisi peralatan dipengaruhi oleh pembebanan saat operasi dan perawatan. Perawatan tergantung keandalan peralatan (keandalan yang rendah membutuhkan usaha perawatan yang lebih besar), akhirnya hal ini juga tergantung pada kebijakan yang dibuat saat desain dan manufaktur peralatan. Kondisi pembebanan peralatan tergantung pada kebijakan produksi yang dipengaruhi oleh pertimbangan pasar dan komersial, ini mempunyai pengaruh besar dalam kinerja bisnis keseluruhan. Oleh karena itu kebijakan perawatan dan operasional perlu dilaksanakan bersama dengan memperhitungkan pengaruhnya pada degradasi peralatan dan tujuan bisnis secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 (Pranowo, 2019)



Gambar 2. 4 Elemen kunci manajemen perawatan

(Sumber : Pronowo, 2018)

2.2 RCM

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah suatu proses analisis yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan dalam menjamin suatu sistem agar dapat berjalan dengan baik dan sesuai fungsi yang diinginkan (Fani, 2019). Berdasarkan RCM-Gateway to *World Class Maintenance* dalam (Erwin, 2017). Langkah – langkah yang diperlukan dalam proses RCM adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi Proses RCM pada sistem yang akan dianalisis akan memperoleh informasi yang jelas dan detail tentang fungsi dan kegagalan fungsi komponen.
2. Pendefinisian Batasan Sistem Langkah ini memerlukan definisi batas sistem yang lebih mendalam. Pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya.

3. Diagram Sistem dan Diagram Blok Fungsi Dalam tahap ini terdapat tiga informasi yang harus dikembangkan, yaitu deskripsi sistem, blok diagram fungsi, dan *system work breakdown structure* (SWBS).
4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi Pada langkah ini, proses analisis dilakukan terhadap kegagalan fungsi, bukan kepada kegagalan peralatan karena kegagalan komponen akan dibahas lebih lanjut di tahapan berikutnya (FMEA). Biasanya kegagalan fungsi memiliki beberapa kondisi yang menyebabkan kegagalan.
5. FMEA (*Failure mode and Effect Analysis*) FMEA adalah metode yang bertujuan untuk menganalisis berbagai macam *mode* kegagalan dari sistem yang terdiri dari beberapa komponen dan menganalisis pengaruh terhadap fungsi sistem tersebut. Dalam FMEA juga dilakukan perhitungan nilai Nomor Prioritas Risiko (*Risk Priority Number*) (RPN) yang mengukur resiko bersifat relatif. RPN diperoleh melalui hasil perkalian antara *rating Severity*, Tingkat Kejadian (*Occurrence*) dan *Detection*.
$$RPN = \text{Tingkat keparahan (Severity)} \times \text{Tingkat Kejadian (Occurrence)} \times \text{Tingkat Terdeteksi (Detection)}$$
6. LTA (*Logic Tree Analysis*) Penyusunan LTA bertujuan untuk menentukan prioritas pada tiap *mode* kerusakan dan melakukan tinjauan fungsi dan kegagalan fungsi, sehingga status *mode* kerusakan tidak sama. Analisis pada LTA menggolongkan setiap *mode* kerusakan kedalam empat kategori. Empat hal dalam analisis kekritisian adalah sebagai berikut:
 - a. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?

- b. *Safety*, yaitu apakah *mode* kegagalan menyebabkan masalah keselamatan?
 - c. *Outage*, yaitu apakah *mode* kerusakan mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti?
 - d. *Category*, yaitu pengkategorian setelah menjawab beberapa pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yaitu:
 1. Kategori A (*Safety problem*), apabila kegagalan komponen mengakibatkan masalah keselamatan karyawan.
 2. Kategori B (*Outage problem*), apabila kegagalan komponen mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti.
 3. Kategori C (*Economic problem*), apabila kegagalan komponen mengakibatkan masalah ekonomi perusahaan.
 4. Kategori D (*Hidden Failure*), apabila karyawan tidak mengetahui telah terjadinya kegagalan komponen dalam kondisi normal.
7. Pemilihan Tindakan Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk setiap *mode* kerusakan tertentu. Tindakan perawatan terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:
1. *Condition Directed (C.D)* Tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan dilakukan visual inspection, memeriksa alat, serta mengecek data yang ada. Apabila dalam pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan, maka dilakukan perbaikan atau penggantian komponen.

2. *Time Directed* (T.D) Tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan berdasar pada waktu atau umur komponen.
3. *Finding Failure* (F.F) Tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tidak terdeteksi dengan melakukan pengecekan secara berkala. (Rahaja, 2021)

2.3 RCM II

Menurut (Moubray, 1997), *Reliability-Centred Maintenance: a Process used to determine the Maintenance requirements of any physical asset in its Operating text*. Realibility Centred Maintenance II digunakan untuk menentukan apa saja yang harus dilakukan agar aset fisik dapat selalu melakukan apa yang diinginkan penggunaannya sesuai dengan konteks operasi yang dimiliki oleh aset fisik tersebut. Terdapat tujuh pertanyaan dasar yang melandasi penerapan RCM II yaitu sebagai berikut:

1. Apa fungsi dan asosiasi standar dari aset yang sesuai dengan konteks operasinya saat ini?
2. Bagaimana aset tersebut gagal dalam memenuhi fungsinya?
3. Apa penyebab tiap kegagalan fungsi yang terjadi?
4. Apa yang terjadi ketika kegagalan tersebut muncul?
5. Bagaimana kegagalan tersebut dapat memengaruhi sistem yang ada?
6. Apa yang bisa dilakukan untuk memprediksi dan mencegah terjadinya kegagalan tersebut?
7. Apa yang harus dilakukan apabila tidak ada tindakan proactive yang sesuai?

Penjelasan dari ketujuh pertanyaan dasar yang mendasari penerapan RCM II adalah sebagai berikut (Moubray, 1997):

1. *Function and Performance Standards*

Sebelum suatu proses diterapkan, terlebih dahulu harus dipastikan bahwa objek yang digunakan akan selalu mampu memenuhi keinginan penggunanya dalam konteks operasinya.

2. *Functional Failure*

Kegagalan fungsi terjadi ketika suatu aset tidak mampu memenuhi fungsi standar performansi yang diinginkan oleh penggunanya. Terdapat dua macam kegagalan yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total adalah kegagalan yang terjadi ketika suatu aset tidak mampu memenuhi standar performansi fungsi yang dapat diterima oleh penggunanya. Sedangkan kegagalan parsial adalah kegagalan yang terjadi ketika aset masih dapat berfungsi namun tidak mampu memenuhi standar performansi yang dapat diterima oleh penggunanya.

3. *Failure modes*

Failure modes atau penyebab kegagalan adalah suatu kejadian yang mengakibatkan terjadinya kegagalan pada asset fisik. Penting untuk dilakukan identifikasi mengenai penyebab kegagalan secara mendetail agar kegagalan tidak terjadi lagi di aset tersebut.

4. *Failure Effects*

Failure Effects atau dampak kegagalan terjadi akibat adanya *Failure modes*.

5. *Failure Consequences*

Konsekuensi kegagalan dalam proses klasifikasi RCM dibedakan menjadi empat macam yaitu: *Hidden Failure Consequences* adalah konsekuensi kegagalan

yang berhubungan dengan kegagalan yang tersembunyi *Safety and Environment Consequences* adalah konsekuensi kegagalan yang berhubungan dengan keselamatan dan lingkungan *Operational Consequences* adalah konsekuensi kegagalan yang berhubungan dengan hal-hal yang operasional *Non-Operational Consequences* adalah konsekuensi kegagalan yang berhubungan dengan hal-hal non operasional

6. *Proactive task.*

Proactive dilakukan untuk mengoptimalkan *availability* dari suatu pabrik.

7. *Default action.*

Terdapat 3 macam kategori dari *default task* yaitu: *Failure finding*. Dilakukan pengecekan terhadap fungsi yang tersembunyi secara *periodic* agar dapat menentukan apakah terdapat fungsi yang gagal atau tidak. *Redesign*. *Redesign* membutuhkan suatu perubahan untuk mengubah kapabilitas dari suatu sistem *No scheduled Maintenance*. *Task* jenis ini tidak membutuhkan usaha untuk mengantisipasi ataupun mencegah penyebab kegagalan yang mungkin akan terjadi.

Perbedaan antara RCM dengan RCM II adalah pada fokus masalah yang ingin diselesaikan. RCM berfokus pada pencegahan terjadinya kegagalan yang sering terjadi sedangkan RCM II berfokus pada efek kegagalan yang ditimbulkan oleh *Failure mode*. RCM II diharapkan mampu memperbaiki bagian yang bermasalah pada saat yang tepat dan dengan cara yang tepat pula.

Berikut adalah langkah-langkah RCM II dengan lengkap dan detail:

1. Pendefinisian Fungsi dan Kinerja Identifikasi dan definisi fungsi sistem atau peralatan dan kinerjanya untuk menentukan tujuan perawatan. Fungsi dan kinerja harus diuraikan secara jelas dan spesifik.

2. Analisis Kegagalan Identifikasi dan analisis potensi kegagalan dari sistem atau peralatan dengan melihat penyebab, konsekuensi, dan tingkat risiko kegagalan yang mungkin terjadi.
3. Penentuan Strategi Perawatan Memilih strategi perawatan terbaik berdasarkan analisis kegagalan, strategi perawatan dapat berupa perbaikan, penggantian, atau pengujian.
4. Penentuan Rencana Perawatan Membuat rencana perawatan dengan jadwal perawatan, tindakan perawatan, dan peralatan yang diperlukan untuk memastikan sistem atau peralatan selalu dalam kondisi yang baik.
5. Implementasi RCM II Melakukan implementasi dari strategi dan rencana perawatan yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, termasuk pembelian peralatan, pelatihan karyawan, dan penjadwalan perawatan.
6. Pemantauan Kinerja Memonitor kinerja dari sistem atau peralatan secara teratur, dan melakukan perubahan strategi perawatan jika diperlukan untuk memastikan kinerja yang optimal.
7. Re-evaluasi RCM II Melakukan evaluasi ulang dari RCM II pada sistem atau peralatan setiap kali terjadi perubahan atau terdapat masalah baru yang muncul.

2.3.1 RCM II Information Sheet

RCM II *information sheet* berfungsi untuk mendeskripsikan *Failure mode* di setiap tingkatan level (Moubray, 1997). Tabel 2.1 menunjukkan contoh RCM II *information Sheet*.

Tabel 2. 1 RCM II Information Sheet (Moubray, 1997)

(Sumber : Moubray, 1997)

RCM II Information Sheet	System :	
	Sub System :	
Function	Function Failure	Failure mode

2.3.2 RCM II Decision Process

Dalam *Decision* process, digunakan RCM II *Decision Worksheet* sebagai alat bantu untuk memutuskan *task* yang akan digunakan. RCM II *Decision task* digunakan untuk melakukan melakukan *record* jawaban dari pertanyaan yang muncul pada *Decision* diagram (Moubray, 1997). Informasi yang ada di dalam RCM II *Decision* diagram ini nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam perawatan yang tepat dalam suatu sistem. Contoh RCM II *Decision sheet* ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

RCM II Decision Worksheet			System:													
			Sub System:													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task			Can Be Done By
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	B	3	Y	N	N	N							No Scheduled Maintenance			

Gambar 2. 5 Contoh RCM II Decision Worksheet

(Sumber : Moubray, 1997)

Terdapat enam kolom di dalam RCM II *Decision Worksheet* yaitu kolom *information reference*, *Consequence evaluation*, *Proactive task*, *Default action*, *proposed task*, dan *can be done by*. Penjelasan untuk masing-masing dari keenam kolom adalah sebagai berikut :

1. Kolom *Information Reference* adalah kolom yang berisi informasi yang diperoleh dari FMEA, dengan kode yang ada di dalamnya adalah *Function* (F), *Function Failure* (FF), dan *Failure modes* (FM)
2. Kolom *Consequence Evaluation* adalah kolom yang berisikan konsekuensi yang diakibatkan oleh kegagalan fungsi pada komponen. Kolom *Consequence Evaluation* terdiri atas *Hidden Failure* (H), *Safety Consequence* (S), *Environment Consequences*, dan *Operational Consequence* (O)
3. Kolom *Proactive Task*. Kolom ini digunakan untuk memutuskan *Proactive task* mana yang akan dipilih. Aturan dalam pemilihan *Proactive task* adalah sebagai berikut: H1/S1/O1/N1 yaitu memungkinkan untuk mendeteksi gejala awal kerusakan untuk menghindari konsekuensi H2/S2/O2/N2 yaitu *scheduled restoration task* digunakan untuk menghindari kegagalan yang mungkin akan terjadi H3/S3/O3/N3 yaitu *scheduled discard task* yang digunakan untuk menghindari kegagalan yang mungkin akan terjadi
4. Kolom *Default action*. Kolom ini digunakan untuk mencatat jawaban pertanyaan dari ketiga *default question*. Ketiga pertanyaan itu adalah sebagai berikut: H4 yaitu apakah *Failure finding task* memungkinkan untuk dilakukan? H5 yaitu mungkinkah kegagalan yang terjadi akan berefek pada keselamatan atau lingkungan? Bila jawabannya adalah “iya” maka dilakukan *Redesign*, bila jawabannya “tidak” maka tidak ada jadwal perawatan (*no*

scheduled Maintenance) S4 yaitu apakah kombinasi dari beberapa *task* memungkinkan untuk diterapkan dan layak dilakukan?

5. Kolom *Proposed task* adalah tindakan perencanaan yang direncanakan akan dilakukan untuk menerjemahkan hasil dari *Proactive task* maupun *Default action* yang telah diberikan.
6. Kolom *Can be done by* adalah kolom yang berisikan pihak-pihak yang bertanggung jawab dan berkaitan langsung dengan proses perawatan dari komponen-komponen yang bersangkutan.
7. **Severity (Tingkat Keberatangan):** Severity menggambarkan seberapa besar dampak atau kerugian yang mungkin terjadi jika suatu peristiwa atau kejadian terjadi. Semakin tinggi tingkat keberatangan, semakin besar dampak yang ditimbulkan dan semakin serius konsekuensinya. Penilaian severity dilakukan dengan mengukur tingkat keparahan potensi dampak dari skala rendah hingga tinggi. Contoh, dalam analisis risiko kecelakaan lalu lintas, tingkat keberatangan rendah dapat berarti kerusakan ringan pada kendaraan, sementara tingkat keberatangan tinggi dapat menyebabkan cedera serius atau kematian.
8. **Occurrence (Tingkat Kejadian):** Occurrence mengacu pada seberapa sering peristiwa atau kejadian yang berisiko dapat terjadi. Semakin tinggi tingkat kejadian, semakin sering kejadian tersebut dapat terjadi. Penilaian occurrence dilakukan dengan mengukur tingkat frekuensi atau kemungkinan terjadinya peristiwa dari skala rendah hingga tinggi. Contoh, dalam analisis risiko kecelakaan lalu lintas, tingkat kejadian rendah berarti kecelakaan jarang

terjadi, sementara tingkat kejadian tinggi menunjukkan kemungkinan kecelakaan yang lebih sering terjadi.

9. Detectability (Tingkat Deteksi): Detectability mengukur kemampuan untuk mendeteksi atau mengidentifikasi peristiwa atau kejadian yang berisiko sebelum dampak negatif terjadi. Semakin tinggi tingkat deteksi, semakin mudah peristiwa tersebut dapat dideteksi sebelum menyebabkan dampak yang serius. Penilaian detectability dilakukan dengan mengukur tingkat kemampuan deteksi dari skala rendah hingga tinggi. Contoh, dalam analisis risiko kecelakaan lalu lintas, tingkat deteksi rendah berarti risiko kecelakaan sulit untuk dideteksi sebelum terjadinya, sementara tingkat deteksi tinggi menandakan adanya peringatan atau sistem pencegahan yang dapat mengurangi risiko kecelakaan.

2.4 Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu.

Dalam menyatakan berfungsi tidaknya suatu fasilitas/peralatan tertentu, kita bisa menyatakannya dalam nilai keandalan dari fasilitas/peralatan tersebut. Keandalan menyatakan konsep kesuksesan operasi atau kinerja dan ketiadaan kerusakan. Ketidakandalan menyatakan kebalikannya. Teori keandalan menguraikan kegunaan interdisiplin, probabilitas, statistik, dan pemodelan stokastik, dikombinasikan dengan pengetahuan rekayasa ke dalam desain dan pengetahuan ilmu mekanisme kerusakan, untuk mempelajari berbagai aspek keandalan (Blischke & Murthy, 2000). Meningkatnya persaingan bisnis antar

perusahaan dan permintaan konsumen yang membutuhkan produk dengan kualitas tinggi dan jadwal penyerahan tepat waktu, telah mendorong kebutuhan peralatan (*equipment*) atau mesin (*machine*) pada tingkat keandalan (*reliability*) yang tinggi

Peralatan dinyatakan memiliki dua kondisi yaitu “baik” dan “rusak” yang merupakan proses probabilistik, sehingga jika keandalan berharga 1 maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik, dan jika berharga 0 maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah $R(t)$ maka keandalan berkisar $0 \leq R(t) \leq 1$. Keandalan dapat dihitung dengan rumus (Ansori & Mustajib, 2014)

2.5 Fungsi Keandalan

Peralatan dinyatakan memiliki dua kondisi yaitu “baik” dan “rusak” yang merupakan proses probabilistik, sehingga jika keandalan berharga 1 maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik, dan jika berharga 0 maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah $R(t)$ maka keandalan berkisar $0 \leq R(t) \leq 1$. Keandalan dapat dihitung dengan rumus (Ansori & Mustajib, 2014):

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = P(X > t)$$

Dimana: $R(t)$ merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi hingga waktu t . Probabilitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t disebut sebagai CDF (*Cumulative Distribution Failure*) dengan rumusan: $F(t)=P(x < t)$ Sehingga dari kedua persamaan diatas dapat dirumuskan bahwa probabilitas keandalan suatu peralatan hingga waktu t dirumuskan sebagai: $R(t)=1-F(t)$

2.6 Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda.

2.6.1 Laju Kerusakan

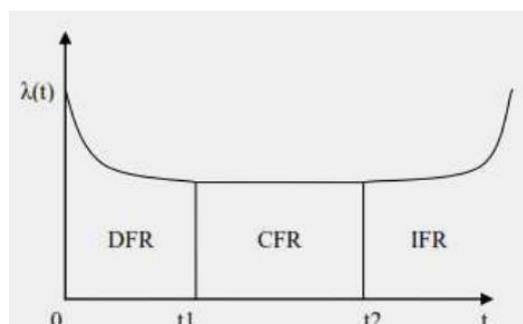
Laju kerusakan adalah probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama. Laju kerusakan $\lambda(t)$ dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = P\{x < t + \Delta t / x > t\}$$

2.6.2 Karakteristik Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan dibagi menjadi tiga tahap yaitu :

- Kegagalan Awal (*early failure*). Kegagalan yang terjadi pada awal pengoperasian suatu item yang ditandai dengan laju kerusakan yang menurun.
- Kegagalan Acak (*random failure*). Kegagalan yang terjadi pada item yang berjalan normal ditandai dengan laju kegagalan konstan
- Kegagalan Usang (*wear-out failure*). Kegagalan yang terjadi pada usia kegunaan tertentu yang ditandai dengan laju kerusakan yang semakin meningkat yang menuntut segera dilakukan penggantian sebagian alat atau keseluruhan dengan yang baru.



Gambar 2. 6 Kurva bathub-shape

(Sumber : Dhamayanti 2016)

2.6.3 Model – Model Kerusakan

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan variabel random. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya. Berikut ini beberapa distribusi yang umum digunakan dalam menghitung tingkat keandalan peralatan.

1. *Mean time to Failure* (MTTF). Keandalan suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem atau alat tersebut, yang dinotasikan dengan $E [T]$ dan sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau *mean time to Failure* (MTTF). MTTF hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering sekali mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat yang masih baru atau baik.
2. *Mean Time To Repair* (MTTR). MTTR adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan. MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan. MTTR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E[T] = \int_t^{\infty} R(t)dt$$

3. *Mean Time Between Failure* (MTBF). MTBF (rata-rata waktu antar kerusakan) adalah suatu ukuran seberapa andal suatu produk atau komponen. Karena kebanyakan komponen mempunyai tingkat kerusakan dalam ribuan atau bahkan sepuluh ribu jam antar kerusakan. Sebagai contoh, suatu mesin bubut mungkin mempunyai rata-rata waktu antar kerusakan 300.000 jam.

Perhitungan MTBF dapat digunakan sebagai suatu acuan dasar ketika hendak melakukan perancangan suatu produksi baru. MTBF dapat dikembangkan sebagai hasil dari pengujian intensif berdasar pada pengalaman produk nyata (eksperimen sebelumnya), atau yang diramalkan dengan penelitian faktor yang sudah diketahui. Pabrikan boleh menjadikan MTBF sebagai indeks keandalan suatu komponen atau produk dan dalam beberapa hal juga untuk memberikan kepada pelanggan suatu jaminan keandalan. MTBF dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTBF = MTTF + MTTR$$

2.7 Penentuan Waktu Interval Perawatan

Penentuan *Maintenance task* dilakukan dengan menganalisis *information worksheet* dan *Decision Worksheet*. Analisis pada *information worksheet* dilakukan dengan mengamati *record failure*. Tabel *information worksheet* terdiri dari fungsi sistem, kegagalan sistem dan FMEA (*Failure mode and Effect Analysis*). Hasil *Maintenance task* yang telah ditentukan kemudian akan ditentukan interval waktu yang tepat untuk melakukan perawatan. Perhitungan interval waktu ini tergantung pada jenis *task* yang ada pada komponen. Rumus untuk menghitung interval perawatan *schedule on condition task* yaitu (Dhamayanti dkk, 2016):

$$PM = 1.2 \times P - F \text{ interval}$$

Adapun untuk rumus yang digunakan pada *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task* yaitu dengan dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau penggantian kerusakan komponen. Rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut (Dhamayanti dkk, 2016):

$$Cf = Cr + MTTR (Co + Cw)$$

C_f = Biaya perbaikan atau penggantian karena kerusakan komponen setiap siklus perawatan

C_r = Biaya penggantian kerusakan komponen

C_o = Biaya kerugian produksi (loss revenue)

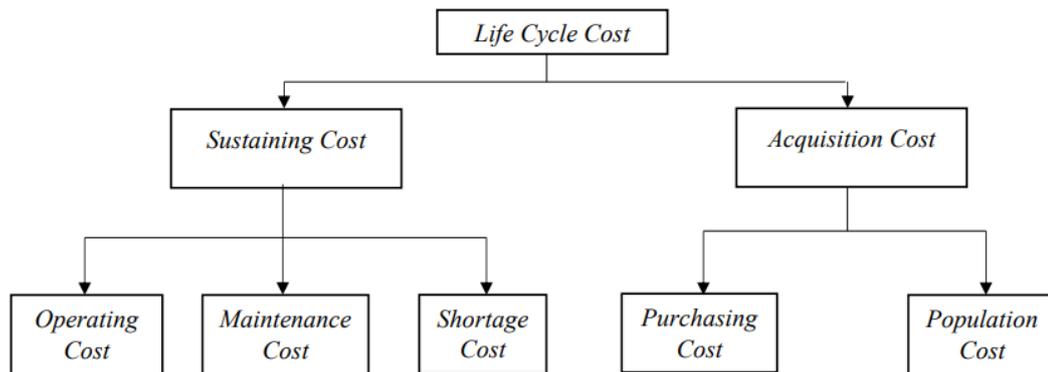
C_w = Biaya tenaga kerja

2.8 LCC

Menurut Blanchard dan Fabricky (1990) *life cycle Costing* merupakan penjumlahan perkiraan biaya dari awal hingga penyelesaian, baik peralatan maupun proyek seperti yang ditentukan oleh studi analisis dan perkiraan pengeluaran total yang dialami selama hidup. Tujuan dari analisis LCC adalah untuk memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari serangkaian alternatif sehingga *Cost term ownership* (kepemilikan) yang paling pendek tercapai. Pendekatan *Life Cycle Cost* menekankan pada pertimbangan total *Cost* selama pengoperasian *equipment* daripada *initial Cost*. Model adalah gambaran dari suatu permasalahan yang dapat merepresentasikan permasalahan yang sebenarnya. Berikut adalah *model* dari *life cycle Cost*.

Life Cycle Cost adalah seluruh total biaya atas kepemilikan suatu mesin. Perhitungan LCC didapatkan dari penjumlahan Biaya Pemeliharaan (*Sustaining Cost*) dan *Acquisition Cost*. Biaya Pemeliharaan (*Sustaining Cost*) terdiri dari Biaya Perawatan (*Maintenance Cost*), *Biaya Operasional (Operating Cost)*, dan *Biaya Kekurangan (Shortage Cost)*. Sedangkan *Acquisition Cost* terdiri dari *Biaya Pengadaan (purchasing Cost)* dan *Biaya Populasi (population Cost)*. Berikut merupakan rumus berdasarkan persamaan :

$$LCC = AcC + ScC$$



Gambar 2. 7 Gambar Model LCC

(Sumber : Dhamayanti 2016)

Acquisition Cost (Biaya Akuisisi): *Acquisition Cost* mengacu pada total biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan atau membeli produk atau aset. Ini mencakup biaya pembelian langsung dari pemasok atau produsen, biaya pengiriman, biaya instalasi, dan biaya pemasangan awal. Biaya akuisisi mencerminkan investasi awal yang harus dikeluarkan untuk memperoleh produk atau aset tersebut.

Sustainability Cost (Biaya Keberlanjutan): *Sustainability Cost*, juga dikenal sebagai total *Cost of ownership* (TCO), mengacu pada total biaya yang terkait dengan kepemilikan dan operasi produk atau aset selama seluruh masa pakainya. Ini mencakup biaya operasional, biaya perawatan, biaya penggantian komponen, biaya perbaikan, biaya energi, biaya pelatihan, dan biaya lainnya yang terkait dengan penggunaan dan pemeliharaan produk atau aset selama hidupnya.

Biaya Operasional (*Operating Cost*) (Biaya Operasional): Biaya Operasional (*Operating Cost*) mencakup biaya yang terkait dengan pengoperasian dan penggunaan produk atau aset selama siklus hidupnya. Ini mencakup biaya energi, biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya operasional harian, dan biaya lain yang terkait dengan aktivitas operasional.

Biaya Perawatan (*Maintenance Cost*) (Biaya Perawatan): Biaya Perawatan (*Maintenance Cost*) mencakup biaya yang terkait dengan pemeliharaan dan perbaikan produk atau aset selama masa pakainya. Ini termasuk Biaya Perawatan preventif, biaya suku cadang, biaya perbaikan dan pemeliharaan rutin, dan biaya perbaikan yang tidak terduga ketika terjadi kegagalan.

Biaya Kekurangan (*Shortage Cost*) (Biaya Kekurangan): Biaya Kekurangan (*Shortage Cost*) mencerminkan biaya yang muncul akibat kekurangan persediaan atau produk, yang dapat mengakibatkan gangguan produksi atau ketidakmampuan untuk memenuhi permintaan pasar. Biaya ini dapat meliputi biaya kekurangan bahan baku, biaya produksi yang terhenti, dan biaya lain yang terkait dengan ketidaktersediaan produk.

Biaya Pengadaan (*purchasing Cost*) (Biaya Pembelian): Biaya Pengadaan (*purchasing Cost*) mencakup biaya yang terkait dengan pembelian produk atau aset, termasuk harga pembelian, biaya pengiriman, biaya pemasangan, dan biaya administrasi pembelian.

Biaya Populasi (*population Cost*) (Biaya Populasi): Biaya Populasi (*population Cost*) mencerminkan biaya yang muncul akibat populasi atau jumlah produk atau aset yang dikelola atau dimiliki oleh organisasi. Ini dapat mencakup biaya inventarisasi, pemantauan, dan manajemen populasi, serta biaya terkait lainnya.

Berikut adalah langkah-langkah dalam siklus hidup biaya:

1. Perencanaan: Identifikasi kebutuhan dan persyaratan produk atau sistem, termasuk faktor-faktor seperti bahan baku, peralatan, biaya tenaga kerja, pengiriman, dan distribusi.

2. Desain: Menentukan desain produk atau sistem, termasuk material, teknologi, dan spesifikasi kinerja.
3. Produksi: Menentukan biaya produksi, termasuk biaya material, biaya tenaga kerja, biaya mesin, dan biaya lainnya yang terkait dengan produksi.
4. Operasi: Menghitung biaya operasi, termasuk biaya perawatan, biaya energi, biaya penggantian suku cadang, dan biaya lainnya yang terkait dengan penggunaan produk atau sistem.
5. Perawatan: Menghitung biaya perawatan, termasuk biaya perbaikan, Biaya Perawatan preventif, dan biaya lainnya yang terkait dengan perawatan produk atau sistem.
6. Pindahan atau Penghapusan: Menghitung biaya penghapusan atau pindahan, termasuk biaya penjualan, biaya pembelian baru, dan biaya lainnya yang terkait dengan penghapusan produk atau sistem.
7. Analisis Biaya-Nutrisi: Menimbang biaya hidup dengan keuntungan yang diterima.
8. Evaluasi LCC: Membandingkan biaya total untuk setiap alternatif produk atau sistem untuk menentukan pilihan terbaik.

Menghitung Biaya Pemeliharaan (*Sustaining Cost*) yang didapatkan dari penjumlahan dari *Annual* Biaya Operasional (*Operating Cost*), Biaya Perawatan Tahunan (*Annual Maintenance Cost*) dan Biaya Kekurangan Tahunan (*Annual Shortage Cost*).

$$\text{Sustaining Cost} = \text{Annual Operating Cost} + \text{Annual Maintenance Cost} + \text{Annual Shortage Cost}$$

Biaya Operasional Tahunan (*Annual Operation Cost*)

Biaya Tenaga Kerja=Biaya Mekanik x 12 Bulan x Jumlah Mekanik

Biaya Energi=Harga Listrik/kWH x Jam Operasional x Daya Pemakaian

Perhitungan Operasional *Cost*:

Operating Cost (OC)=Biaya Tenaga Kerja+Biaya Energi

Annual Operation Cost=[$OP_n+OP_{n+1}+\dots+OP_{n+11}$]

Keterangan :

OP = Biaya Operasional (*Operating Cost*)

n = bulan ke – n

Annual OC = Perhitungan dalam 1 tahun

Biaya Perawatan Tahunan (*Annual Maintenance Cost*)

Setelah melakukan perhitungan Biaya Operasional Tahunan (*Annual Operation Cost*), dilanjut dengan perhitungan Biaya Perawatan Tahunan (*Annual Maintenance Cost*), dimana dalam menghitung nilai tersebut diperlukan variabel Biaya tenaga kerja, biaya penggantian komponen dan biaya konsumsi.

Maintenance Cost=Biaya Tenaga Kerja+Biaya Penggantian Komponen+Biaya Konsumsi

Annual Maintenance Cost=[$MC_n+MC_{n+1}+\dots+MC_{n+11}$]

Keterangan :

MC = Biaya Perawatan (*Maintenance Cost*)

n = bulan ke – n

Annual MC = Perhitungan dalam 1 tahun

Biaya Kekurangan Tahunan (*Annual Shortage Cost*)

Biaya Kekurangan (*Shortage Cost*) didapatkan dari hasil perkalian antara estimasi mesin tidak diperbaiki dengan jumlah potential loss/jam dikarenakan mesin mengalami kerusakan.

Shortage Cost = Estimasi mesin tidak diperbaiki X Jumlah Potensial Loss/Jam

Perhitungan *Acquicition Cost* yang didapatkan dari penjumlahan antara Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*) dengan Biaya Populasi Tahunan (*Annual population Cost*)

Acquicition Cost = *Annual purchasing Cost* + *Annual Population Cost*

Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*)

Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*) adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk pembelian seluruh perangkat mesin print. Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*) akan berbeda pada setiap umur mesin yang dipengaruhi oleh suku bunga yang berlaku.

Annual Purchasing Cost = Harga Mesin Print x (A/P, i, n)

Keterangan :

A/P = Account Payable

$i = 8\%$

$n = \text{Bulan ke} - n$

$A/P, i, n = \text{didapatkan dari tabel bunga pemajemukan (Lampiran 2)}$

Biaya Populasi Tahunan (*Annual population Cost*)

Biaya Populasi (*population Cost*) adalah biaya total yang dikeluarkan untuk semua unit suatu perangkat dalam satu tahun. Biaya ini didapatkan dari hasil perkalian Biaya Setara Tahunan (*Annual equivalent Cost*) per unit dengan jumlah unit yang dimiliki. Untuk mendapatkan Biaya Setara Tahunan (*Annual equivalent Cost*) per unit, pertama-tama kita perlu menghitung selisih antara nilai Biaya Pengadaan (*purchasing Cost*) dan Book Value. Kemudian, selisih tersebut dihitung kembali dengan menggunakan rumus tertentu untuk mendapatkan Biaya Ekuivalen (*equivalent Cost*). Setelah itu, Biaya Ekuivalen (*equivalent Cost*) dikalikan dengan jumlah unit untuk mendapatkan Biaya Populasi (*population Cost*). Dalam perhitungan ini, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan dengan benar agar didapatkan hasil yang akurat.

Nilai Sisa Biaya Siklus Hidup (*Salvage Value*)

Untuk menghitung Nilai Sisa Biaya Siklus Hidup (*Salvage Value*) diperlukan data harga pembelian mesin Printer pada tahun 2022 dan nilai depresiasi mesin yang diasumsikan sebesar 5% setiap tahunnya, formula nya sebagai berikut :

$$\text{Salvage Value} = P - (i \times P)$$

Keterangan :

$P = \text{Harga print awal pembelian}$

i = depresiasi mesin

Nilai Perolehan (Book Value)

Untuk mencari Nilai Perolehan (Book Value) memerlukan hasil perhitungan Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*), berikut formula dari Book Value:

$$\text{Book Value} = P - n(P - F) / L$$

Keterangan :

P = Harga mesin per unit

L = Umur mesin

n = 1 tahun

F = Nilai Sisa Biaya Siklus Hidup (Salvage Value)

Annual Nilai Perolehan (Book Value)

Dilanjutkan dengan melakukan perhitungan Nilai Perolehan (Book Value) dalam 1 tahun, yaitu menggunakan formula sebagai berikut :

$$\text{Annual Book Value} = B \times (A/F, 5\%, n)$$

Keterangan :

B = Book Value

A/F = Annuity Factor

Biaya Setara Tahunan (*Annual equivalent Cost*)

Biaya Setara Tahunan (*Annual equivalent Cost*) dihitung dengan cara mencari selisih antara Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*) dan Biaya

Perolehan Tahunan (*Annual Book Value*), dituliskan dalam bentuk formula sebagai berikut :

$$\text{Annual Equivalent Cost} = \text{Annual Purchasing Cost} - \text{Annual Book Value} \times N$$

Keterangan :

P = Harga mesin per unit

L = Umur mesin

n = 1 tahun

F = Nilai Sisa Biaya Siklus Hidup (*Salvage Value*)

(*Annual population Cost*)

Biaya Populasi (*population Cost*) dihitung dengan penjumlahan nilai Biaya Pembelian Tahunan (*Annual Purchasing Cost*), dalam bentuk formula dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Population Cost} = \text{Annual Purchasing Cost} + \text{Annual Equivalent Cost}$$

2.9 Mesin *Printer* Percetakan

Untuk mencetak banner menggunakan mesin *digital printing*, diperlukan *Printer* yang ukurannya besar agar sesuai dengan ukuran bahannya yang juga besar, mencapai 3,2 meter. Penting untuk mempersiapkan segala hal yang dibutuhkan sebelum memulai proses cetak, seperti menghubungkan mesin dengan sumber listrik dan komputer. Untuk menjaga kualitas mesin, disarankan untuk mengikuti

buku petunjuk penggunaan dengan benar dan tidak menggunakannya secara sembarangan.

Mesin digital *printing* ini dikembangkan dari mesin cetak tradisional dengan cara kerja yang mirip dengan *Printer* desktop, namun dapat mencetak pada beragam media dengan ukuran yang besar. Ukuran area print pada mesin ini mencapai 3,2 meter dan menggunakan printhead Konica 512i atau 1024i dengan kecepatan cetak yang berbeda. Harga mesin digital printing bervariasi tergantung merk dan jenis printhead yang digunakan.

Proses dan cara perawatan mesin digital printing mudah dilakukan, seperti membersihkan printhead dan perhatikan bahan pada saat proses cetak agar tidak menekuk ke atas. Perlu diingat bahwa printhead bersifat consumable dan perlu dilakukan cleaning setelah beberapa jam penggunaan agar lebih awet dan menjaga kualitas cetakan. Pada saat instalasi dan training, disarankan ada lebih dari satu orang untuk mempelajarinya.

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* II dan *Life Cycle Cost* adalah :

1. Amalia, S. Subekti, A. Setiawan, P.A (2021) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Kegiatan Perawatan dengan Metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) dan Penentuan Persediaan Suku Cadang Pada Boiler Perusahaan Rokok”. Pada penelitian ini bertujuan melakukan kegiatan perawatan secara terencana serta menentukan persediaan suku cadang sehingga meningkatkan efektifitas kerja alat serta mengurangi angka kecelakaan terhadap pekerja. Metode yang akan digunakan dalam penelitian

ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) dan penentuan kebutuhan suku cadang menggunakan *Economic Order Quantity* (EOQ). Kegagalan fungsi komponen ditinjau dari *Failure mode and Effect Analysis* (FMEA). Penilaian risiko didapatkan dari perhitungan Nomor Prioritas Risiko (*Risk Priority Number*) (RPN), terdapat perhitungan nilai MTTF, MTTR, dan interval perawatan. Hasil dari penelitian ini diketahui terdapat 14 bentuk kegagalan fungsi pada boiler. Dalam RCM II diketahui bahwa terdapat 7 *Failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan *scheduled discard* task. Terdapat 6 *Failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan *scheduled* restoration task, dan terdapat 1 *Failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan *scheduled* on conditional task. Berdasarkan perhitungan EOQ terdapat 7 komponen yang masuk dalam perencanaan persediaan suku cadang.

2. Kusuma, T, Y, T. dan Assagaf, M, K. (2021) dalam penelitiannya yang berjudul “*Planning Activities and Maintenance Time Intervals of Induction Machines using The Reliability Centered Maintenance (RCM) II and Age Replacement Method*”. Dalam penelitian ini, mesin induksi menjadi objek yang dipelajari karena sering mengalami kerusakan saat produksi berlangsung. Kerusakan pada mesin tersebut dapat menghambat proses produksi sehingga target produksi menjadi sulit tercapai. Sehubungan ini, perusahaan hanya menerapkan perawatan korektif atau pembersihan dan penggantian komponen saat terjadi kerusakan, tetapi masih sering terjadi kerusakan pada mesin induksi tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya metode perawatan yang lebih efektif seperti penggunaan lembar keputusan RCM II

dan metode penggantian umur agar komponen mesin dapat diganti secara tepat waktu dan Biaya Perawatan dapat ditekan. Berdasarkan hasil penelitian, aktivitas perawatan dan interval penggantian komponen mesin harus dilakukan secara berurutan, seperti gabungan tugas terjadwal untuk SCR dengan interval waktu 294 jam, tugas buang terjadwal untuk kawat niklin dan kabel anaconda dengan interval waktu 451 jam dan 397 jam, dan tugas restorasi terjadwal untuk klem dengan interval waktu 617 jam. Dengan menerapkan metode perawatan yang tepat, umur pakai komponen mesin induksi dapat meningkat sebesar 22%, 28%, 25%, dan 24%.