

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah kegiatan yang bertujuan untuk mengembalikan fungsi dari suatu mesin atau sistem agar tetap berfungsi normal (Dhamayanti et al., 2016). Lebih lanjut perawatan adalah aktivitas memperbaiki suatu komponen atau sistem pada kondisi tertentu serta pada periode tertentu. Pada kegiatan perawatan tujuan utamanya tidak hanya untuk mengoptimalkan ketersediaan (*availability*) pada biaya yang minimum (Alhilman, 2016).

Pengertian lain mengenai perawatan adalah perpaduan dari aktivitas-aktivitas yang dibutuhkan yang bertujuan mempertahankan kondisi suatu barang atau memperbaiki suatu barang sehingga bisa diterima (Sari & Ridho, 2016).

Definisi perawatan menurut (Ir. Fajar Kurniawan, M.Si, 2013) antara lain:

1. Perpaduan dari berbagai aktivitas-aktivitas menjaga suatu barang atau memperbaikinya sehingga kondisi barang tersebut bisa diterima.
2. Aktivitas menentukan suatu tindakan, metode, material, alat, fasilitas serta personel pada waktu tertentu.

2.1.2 Tujuan Perawatan

Untuk mempertahankan komponen komponen agar selalu dalam keadaan layak maka dibutuhkan kegiatan perawatan yang bertujuan untuk mengoptimalkan keandalan (realibility) dari peralatan maupun sistem tersebut. Harapan dilakukannya aktivitas perawatan yaitu agar komponen komponen selalu dalam keadaan optimal sehingga mendukung kelancaran proses produksi (Susanto & Azwir, 2018) .Selain itu menurut (Ansori, 2013) secara umum tujuan proses perawatan yaitu fokus pada langkah pencegahan, mengurangi atau menghindari kerusakan dari komponen komponen dengan cara memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta menekan biaya perawatan. Proses perawatan atau sistem perawatan adalah sub sistem produksi yang bertujuan untuk :

- a. Memaksimalkan keuntungan
- b. Memperhatikan aspek teknis dan ekonomis pada proses produksi.

Tujuan dari kegiatan sistem manajemen perawatan menurut *Japan Institute of Plan Maintenance Consultan TPM India* adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan umur pakai dari suatu fasilitas produksi.
- b. Menjamin agar tingkat ketersediaan dari fasilitas produksi tetap optimum.
- c. Menjamin seluruh fasilitas dalam keadaan siap untuk pemakaian darurat.
- d. Menjamin keselamatan seluruh pemakai fasilitas dan operator.
- e. Mendorong kemampuan fasilitas atau mesin agar dapat mendukung kegiatan sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan.

- f. Mengurangi pemakaian dan menyimpan yang diluar batas serta menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan peraturan perusahaan tentang investasi tersebut.
- g. Meminimalkan biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melakukan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien.
- h. Mengadakan kerjasama yang erat dengan divisi-divisi lain dalam perusahaan yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya dengan total biaya yang rendah.

2.1.3 Strategi Perawatan

Menurut (Ansori, 2013) Filosofi perawatan untuk pada dasarnya mempertahankan level maksimum konsistensi optimasi produksi dan *availabilitas* tanpa mengurangi faktor keselamatan. Untuk tercapai filosofi tersebut dibutuhkan strategi perawatan (*maintenance strategy*). Pada umumnya proses perawatan pada suatu perusahaan terbagi menjadi dua bagian yaitu perawatan terjadwal (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terjadwal (*unplanned maintenance*). Strategi tersebut diuraikan sebagai berikut :

1. Penggantian (*Replacment*)

Merupakan kebijakan perawatan dengan cara mengganti seluruh atau sebagian komponen-komponen dari sebuah sistem yang dirasa perlu oleh karena komponen tersebut berada dalam tingkat utilitas mesin atau keandalan fasilitas produksi pada kondisi kurang baik. Tujuan dari

kebijakan perawatan ini adalah untuk menjamin komponen-komponen tersebut berfungsi dengan keadaan normal.

2. Perawatan peluang (*Opportunity Maintenance*)

Merupakan Aktivitas perawatan sederhana seperti pembersihan (cleaning) maupun perbaikan pada sistem (repairing) yang dilakukan ketika terdapat kesempatan seperti pada saat mesin sedang *shut down*. Aktivitas tersebut dimaksudkan agar tidak terjadi waktu mengganggu pada operator atau petugas perawatan.

3. Perbaikan (*overhaul*)

Merupakan perawatan berat dimana komponen atau *part* dilakukan perbaikan dan pengujian secara menyeluruh sampai pada kondisi yang diterima. Perawatan perbaikan merupakan jenis perawatan yang terencana dan biasanya proses perawatannya dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem, sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar sub sistem berada pada kondisi yang handal.

4. Perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Merupakan aktivitas perawatan yang dilakukan sebelum sebuah komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi atau kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan perkiraan interval waktu tertentu atau kriteria yang telah ditentukan dengan tujuan mengurangi peluang terjadinya kegagalan atau degradasi fungsi dari sebuah peralatan (Alhilman, 2017a). Namun menurut (Ansori, 2013) Preventive maintenance adalah strategi perawatan yang

terencana yang bertujuan untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan dan menemukan resiko kesusakan pada fasilitas produksi. Dalam prakteknya *preventive maintenance* dibedakan atas :

- *Routine maintenance*

Merupakan pemeliharaan terjadwal terhadap kondisi normal mesin dan mengganti *part* yang rusak. Seperti contoh pembersihan, pelumasan serta pengecekan kondisi mesin.

- *Periodic Maintenance*

Yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala atau periodik pada jangka waktu tertentu yang telah ditentukan seperti *weekly check* atau satu minggu sekali yang bertujuan memulihkan bagian-bagian yang tidak sempurna. Contoh : penggantian komponen seperti bearing atau penyetelan kembali baud atau katup-katup.

- *Running maintenance*

Merupakan perawatan terencana yang dilakukan ketika fasilitas produksi atau mesin sedang bekerja. Perawatan ini biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus beroperasi untuk melayani proses produksi. Kegiatan perawatan ini dilakukan dengan cara mengawasi secara aktif (*monitoring*). Diharapkan hasil dari perbaikan ini dapat menjamin kondisi operasional tanpa adanya gangguan yang mengakibatkan kerusakan.

- *Shutdown maintenance*

Merupakan perawatan yang dapat dilakukan apabila mesin atau fasilitas produksi dalam keadaan dimatikan atau dihentikan.

5. Modifikasi desain (*design modification*)

Merupakan aktivitas perbaikan pada tahap pembuatan dan penambahan kapasitas pada sebagian kecil peralatan sampai pada kondisi yang diterima. Pada umumnya modifikasi dilakukan karena adanya kebutuhan menaikkan atau meningkatkan kapasitas maupun kinerja dari peralatan.

6. Perawatan koreksi (*breakdown/corrective maintenance*)

Merupakan perawatan tidak terencana dimana perawatan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan yang mengakibatkan peralatan tersebut tidak berfungsi normal. Untuk melaksanakan perbaikan ini tentunya kita hanya menyiapkan suku cadang pengganti.

7. Temuan kesalahan (*fault finding*)

Merupakan perawatan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi dalam menjalankan operasinya dengan cara melakukan inspeksi atau pemeriksaan dengan mengoperasikan peralatan tersebut.

8. Perawatan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*)

Perawatan ini juga dikenal dengan istilah *predictive maintenance*, perawatan ini dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter kunci peralatan yang mempengaruhi kondisi peralatan. Contohnya memantau kondisi pelumas dan getaran mesin sehingga bisa mendeteksi lebih awal terjadinya kerusakan dan dapat memperkirakan kapan mesin atau peralatan

tersebut akan mengalami kerusakan. Jadi perawatan berbasis kondisi merupakan suatu peringatan awal terhadap kerusakan lebih lanjut.

2.1.4 Keuntungan dari program Preventive Maintenance

Menurut (Sudrajat, 2016) ada 8 keuntungan dari program preventive maintenance yaitu :

1. Anggaran perbaikan akan jauh lebih murah.
2. Kegiatan perawatan menjadi terjadwal.
3. Berkurangnya *downtime*.
4. Kontrol dari persediaan suku cadang menjadi lebih baik.
5. Menurunnya kerusakan tiba-tiba.
6. Sedikit membutuhkan peralatan atau mesin pengganti
7. Tidak banyak waktu lembur
8. Terjaminnya keselamatan kerja

2.1.5 Tugas dan Kegiatan *Maintenance*

Berikut lima tugas pokok dari aktivitas pemeliharaan menurut (Sudrajat, 2016) yaitu : *Inspection, Enginnering, Production, Clerical Work dan House Keeping*

a) Inspeksi (*Inspection*)

Merupakan kegiatan pemeriksaan terjadwal terhadap mesin atau fasilitas produksi yang mengalami kerusakan serta membuat laporan hasil dari pemeriksaan tersebut.

b) Kegiatan Teknik (*Enginnering*)

Merupakan aktivitas pengujian, pengembangan komponen serta melakukan pemeriksaan terhadap mesin atau fasilitas yang telah dibeli.

c) Kegiatan Produksi (*Production*)

Merupakan kegiatan perawatan yang sesungguhnya yaitu memperbaiki mesin dan peralatan.

d) Pekerjaan Administrasi (*Clerical Work*)

Merupakan aktivitas yang berhubungan dengan catatan administrasi tentang perawatan atau kejadian dari mesin atau fasilitas produksi.

e) Pemeliharaan Bangunan (*House Keeping*)

Merupakan aktivitas merawat bangun atau fasilitas pendukung agar tetap terjaga dan terjamin kebersihannya.

2.1.6 Reliability

Sistem perawatan yang baik mampu meningkatkan keuntungan dan mengurangi pengeluaran perusahaan . langkah pertama dari setiap strategi perawatan yang diterapkan selalu berpedoman pada tingkat keandalan (*realibility*) dari mesin dan sistem. Definisi dari keandalan (*realibility*) adalah peluang suatu mesin dapat beroperasi sesuai fungsi nya atau dapt kondisi operasi yang spesifik selama periode waktu tertentu (Taufik & Hidayanti, 2016).

2.1.7 Pengertian RCM,

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metode kualitatif yang dapat diterapkan pada *preventive maintenance* dan merupakan cara yang efektif untuk mempertahankan fungsi utama komponen atau sistem yang dipilih (Priyanta et al., 2020). Namun menurut (Ir. Fajar Kurniawan, M.Si, 2013) Realibility Centered Maintenance (RCM) merupakan metode perawatan yang menggunakan informasi yang berhubungan dengan keandalan suatu fasilitas , agar memperoleh strategi perawatan yang efisien, efektif serta mudah untuk dilaksanakan. Melalui metode perawatan ini mampu diperoleh informasi apa pun yang harus dilakukan untuk menjamin mesin atau peralatan agar terus berjalan baik. Defini lain dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah suatu metode yang digunakan yang bertujuan untuk menentukan dan mengembangkan alternatif desain pemeliharaan sesuai kriteria keselamatan operasional.

Tujuan metode Realibility Centered Maintenance (RCM) menurut (Mauidzoh, 2016) yaitu untuk mengoptimalkan kebijakan perawatan *preventive maintenance* dengan prinsip :

1. Menjaga fungsi sistem
2. Menganalisa mode kegagalan
3. Mendahulukan kebutuhan melalui mode kegagalan

RCM berawal dari kegiatan sekelompok perusahaan pesawat terbang Amerika Serikat yang terdiri dari : Boeing, United Airlines dan Federal Aviation Authority, yang membentuk kelompok kerja MSG 1 (*Maintenance Streering Group*). Kelompok ini bertugas untuk menentukan prosedur perawatan yang tepat

untuk pesawat Boeing 747 dan Lockheed, sehingga dapat mengurangi *downtime* (waktu mengganggu) karena perawatan pesawat, mengurangi biaya perawatan, serta untuk meningkatkan keselamatan penerbangan. Dokumen yang dihasilkan dari kelompok MSG-1 ini berupa *Maintenance Program Planning Document* yang merupakan dasar dari RCM. Setelah aplikasi pertama MSG-1 di Amerika Serikat, kelompok kerja ini memodifikasi dan memperbaiki dokumen MSG-1 berdasarkan pada pengalaman pada Boeing 747 dan menghasilkan MSG-2 *Maintenance Planning Document*. Pada pertengahan tahun 70-an, departemen pertahanan Amerika Serikat menugaskan Stanley Nowland dan Howard Heep dari United Airlines untuk menulis *Technical paper* dengan subjek yang berdasarkan pada dokumen MSG-1 dan MSG-2. Judul dari report itu adalah *Reliability Centered Maintenance*, dan biasa dianggap rujukan standart RCM. Laporan dari Nowland dan Heep dipakai untuk mengembangkan dokumen perawatan oleh MSG-3. Hasil dari laporan ini adalah MSG-3, yaitu *Maintenance Planning Dokumen* (Ir. Fajar Kurniawan, M.Si, 2013).

2.1.8 Langkah-Langkah Penerapan RCM,

Secara umum menurut (Ir. Fajar Kurniawan, M.Si, 2013) ada beberapa langkah implementasi RCM, antara lain :

1. Pembuatan hirarki fungsi sistem peralatan

Merupakan proses analisa fungsi dari setiap sistem dan sub sistem yang perlu dilakukan untuk menentukan hirarki fungsional dari suatu sistem maupun sub sitem, sehingga dapat menunjukkan secara jelas fungsi utama

mana saja yang mungkin gagal beroperasi apabila fungsi tersebut mengalami kegagalan.

2. Analisa kegagalan fungsi

Yaitu kegiatan untuk mendeskripsikan masing-masing sistem sub sistem dan *part* atau peralatan dan mengidentifikasi semua fungsi dan *interface* dengan sistem atau sub sistem yang lain dan mengidentifikasikan semua kegagalan.

3. Penentuan item yang *significant*.

Dapat dilakukan dengan menggunakan indeks kekeritisian.

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

Merupakan analisa mode kegagalan dan dampak apabila terjadi kegagalan. Analisa kualitatif ditekankan untuk mengidentifikasi dampak dari mode kegagalan suatu komponen terhadap komponen, sistem maupun sub sistem itu sendiri dengan cara menganalisa kegagalan.

5. *Intermediate decision tree (IDT)*

IDT yaitu analisa untuk mengetahui kegagalan yang Nampak atau tersembunyi.

6. *Logic Tree Analysis (LTA)*

LTA dilakukan untuk membuat keputusan untuk tugas perawatan (maintenance task) dengan menggunakan kriteria yang dipakai untuk membuat *decision logic tree* adalah berdasarkan mode mode kegagalan,

metode pendeteksian kegagalan dan karakteristik kegagalan dari suatu *equipment*.

2.1.9 Tujuh pertanyaan dasar RCM

Menurut (Vera-García et al., 2019) prosedur menetapkan tujuh langkah untuk menentukan fungsi asset, fungsi kegagalan, penyebab kegagalan, akibat kegagalan, konsekuensi kegagalan dan langkah pencegahan kegagalan. Lebih lanjut (Ansori, 2013) menyatakan penggunaan pertanyaan tentang asset atau sistem yang diteliti merupakan dasar proses dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adapun pertanyaan tersebut sebagai berikut :

1. Apakah performansi standart operasional dan fungsi dari asset?
2. Bagaimana dalam menjalankan semua fungsinya asset tersebut rusak atau gagal?
3. Apakah yang mengakibatkan masing-masing kegagalan fungsi tersebut?
4. Apakah yang akan terjadiketika terjadi kerusakan?
5. Bagaimana setiap kerusakan tersebut terjadi?
6. Langkah apa yang dilakukan untuk mencegah atau memprediksi kerusakan tersebut?
7. Langkah apa yang dilakukan apabila kegiatan pencegahan tetap tidak berhasil?

2.1.10 Konsekuensi kegagalan

Berikut empat kelompok konsekuensi kegagalan *Realibility Centered Maintenace* (RCM) yang telah diklasifikasikan oleh (Hasan et al., 2020) sebagai berikut :

1. Konsekuensi kegagalan tersembunyi (*hidden failure consequences*)
Kegagalan seperti pada komponen yang tidak aman karena tersembunyi atau tidak diketahui oleh operator memiliki dampak yang berlipat dan lebih serius.
2. Konsekuensi keselamatan (*safety consequences*)
Merupakan kegagalan yang berdampak pada kecelakaan atau kematian pekerja.
3. Konsekuensi operasional (*operational consequences*)
Kegagalan yang berdampak pada konsekuensi operasi seperti produk, keluaran, biaya operasi dan biaya perbaikan serta dampak dari matinya sistem atau berhentinya proses produksi.
4. Konsekuensi non-operasional (*non-operational consequences*).
Kegagalan yang tergolong kecil yang berdampak pada biaya langsung.

2.1.11 Tugas-tugas standar (*Default Task*)

Menurut (Hadi, 2015) tugas standar digunakan apabila terjadi kegagalan pada tugas pencegahan, tugas standar digunakan tergantung pada konsekuensi-konsekuensi kerusakan sebagai berikut :

1. Suatu tugas yang dimaksudkan untuk mencegah kegagalan dari suatu fungsi yang tersembunyi (*hidden function*) adalah bermanfaat untuk dilakukan apabila tugas ini dapat menurunkan risiko dari kegagalan-kegagalan ganda (*multiple-failure*) yang terkait dengan fungsi tersebut sampai suatu batas bawah yang dapat diterima. Bila tugas pencegahan yang tepat tidak ditemukan maka tugas menemukan kegagalan (*failure finding*) periodik harus dilakukan. Tugas menemukan kegagalan adalah menemukan kegagalan tersembunyi secara periodik untuk menetapkan apakah mereka pernah gagal. Bila tugas yang ditemukan seperti ini tidak dapat menurunkan risiko kegagalan berulang sampai suatu tingkat yang cukup rendah, maka keputusan standar kedua (yang harus dilakukan tanpa kecuali) adalah komponen harus dirancang kembali atau disesuaikan dengan konsekuensi-konsekuensi dari kegagalan berulangnya.
2. Suatu tugas yang dimaksudkan untuk mencegah kerusakan-kerusakan yang memiliki konsekuensi keselamatan dan lingkungan hanya bermanfaat apabila tugas ini dapat menurunkan risiko kerusakan sampai suatu batas yang cukup rendah. Bila suatu tugas yang ditemukan tidak dapat menurunkan risiko kerusakan sampai suatu

harga yang cukup rendah yang disetujui, maka item harus dirancang ulang atau proses harus diganti.

3. Apabila kegagalan memiliki konsekuensi-konsekuensi operasional, tugas pencegahan hanya bermanfaat apabila biaya total untuk melaksanakannya dalam suatu periode tertentu lebih kecil dari biaya konsekuensi-konsekuensi operasional dan perbaikan dalam periode waktu yang sama. Dengan kata lain, tugas harus layak secara ekonomi. Bila tidak layak, maka keputusan awal standarnya adalah tidak dilakukan perawatan terjadwal. Bila ini terjadi dan konsekuensi-konsekuensi operasionalnya tidak dapat diterima maka keputusan standar kedua adalah perancangan ulang.
4. Apabila kegagalan memiliki konsekuensi-konsekuensi *non-operational* tugas pencegahan hanya bermanfaat bila biaya tugas dalam suatu periode waktu tertentu lebih kecil dari biaya reparasi dalam periode yang sama. Dengan demikian tugas ini harus layak secara ekonomi. Bila tidak layak, maka keputusan awal standarnya adalah tidak dilakukan perawatan terjadwal dan bila biaya reparasi sangat tinggi, maka keputusan standar kedua adalah perancangan ulang

2.1.12 Failure mode and effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan teknologi dan jenis desain yang bertujuan untuk menganalisis kendalan pencegahan dan juga merupakan formula yang sistematis terstruktur untuk mengidentifikasi modus

kerusakan yang potensial dalam desain atau manufaktur, selanjutnya mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk mengoreksi dan sebagai metode pencegahan sementara yang mengarah pada masalah dalam sistem keandalan (Irfan & Ikhsan Hamdy, 2019). *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diawali dengan menganalisis mode kegagalan kemudian menganalisis dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi, rekomendasi tindakan dari kegagalan yang terjadi serta nilai RPN (Mufarikhah, 2016).

RPN adalah hasil perkalian dari nilai *Saverity* (S), *Occurance* (O), dan *Detection* (D).

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

(Rumus 2.1)

Pada akhir tahun 1940 angkatan bersenjata Amerika Serikat memperkenalkan *Failure Mode and Effect Aanalysis* (FMEA) yang banyak digunakan didalam berbagai industri termasuk catring, plastik sampai software (Suwandono, 2016).

Tujuan FMEA menurut (Ansori, 2013) yaitu melakukan perbaikan dengan cara :

- Mengidentifikasi model-model kegagalan pada sistem, komponen dan peralatan.
- Menentukan dampak yang mungkin terjadi pada peralatan, sistem yang berhubungan dengan setiap model kegegalan.
- Membuat usulan yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan komponen, peralatan dan sistem.

Kinerja dari FMEA terdapat empat langkah utama sebagai berikut :

1. Mendefinisikan sistem, fungsi-fungsi dan komponen-komponenya.

Definisi dari fungsi merupakan hal yang utama. Beragam sistem operasi harus diidentifikasi. Pada tahap ini informasi yang diperlukan meliputi :

- Fungsi utama dari sistem.
- Keterbatasan fungsi yang sempurna dalam sistem seperti komponen.
- Spesifikasi komponen berdasarkan lingkungan sistem dan komponen pada tempatnya serta spesifikasi mengenai sistem operasi

2. Mengidentifikasi penyebab kerusakan komponen

Sebagai gambaran dari akibat yang harus diamati terkait dengan kerusakan kita perlu memperhatikan penyebab kerusakan komponen.

Berikut yang harus dilakukan sebagai pertimbangan terhadap proses identifikasi kerusakan :

- Apabila komponen telah dipakai didalam fasilitas, ada penelitian operasinya, sangat baik jika penelitian tersebut digunakan sebagai identifikasi kerusakan.
- Apabila berupa desain komponen baru, komponen-komponen lain dengan persamaan desain dan fungsi dapat dijadikan acuan untuk mengidentifikasi kehandalan komponen yang dipakai.

Klasifikasi utama dari penyebab kegagalan yang dipakai terhadap fasilitas dapat disebabkan oleh karena :

- Belum waktunya dioperasikan.
 - Pengoperasian yang salah karena perintah yang keliru.
 - Kerusakan ketika operasi berhenti.
 - Kerusakan ketika berjalannya operasi.
3. Mempelajari efek dari penyebab kerusakan komponen.

Efek dari setiap penyebab kegagalan dalam fungsi suatu komponen seperti halnya dalam komponen dapat dipelajari secara sistematis dan dapat diperkirakan. Efek yang dijelaskan dapat diduga bahwa terdapat satu penyebab kesalahan dan komponen yang lain mampu beroperasi secara baik. Dengan mempelajari efek dari suatu sistem dapat diketahui perbedaan dari akibat yang lain diluar sistem.

4. Kesimpulan dan saran

Setelah langkah diatas selesai, analisis akan menggambarkan kesimpulan dalam objek penelitian. Dengan hasil yang ditunjukkan sebagaimana berikut :

- Semua gambaran yang menjadi penyebab kegagalan dan akibat yang ditimbulkan dalam sistem operasi telah diperhitungkan dalam desain.
- Mampu mengidentifikasi suatu kerusakan
- Penyebab kegagalan diperhitungkan secara luas dari akibat yang ditimbulkan dalam fungsi sistem.

- Merancang prosedur perawatan yang berhubungan antara tiap-tiap penyebab kegagalan.

Tabel 2.1. Contoh tabel FMEA

No	Komponen	Fucion	Functional failure	Failure mode	Failure effect
1	Card reader	Menerima kartu	Tidak bias menerima	Kartu bengkok	Kartu tidak masuk

2.1.13 *Mann's test* untuk Distribusi Weibull

Menurut (Ir. Fajar Kurniawan, M.Si, 2013) pengujian ini dibuat khusus untuk distribusi kerusakan Weibull yang dibuat oleh mann, Schafer (1974) adapun hipotesisnya sebagai berikut :

H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi Weibull

H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi Weibull

Pengujian ststistiknya adalah :

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=n1+1}^{n-1} [\ln ti+1 - \ln ti] / Mi}{k_2 \sum_{i=n1}^{n1} [\ln ti+1 - \ln ti] / Mi}$$

(Rumus 2.2)

Keterangan :

M = Nilai dari *Mann's test*

ti = Xi = Waktu reparasi ke-I atau waktu operasi ke-i

$$\begin{aligned}
 r &= n = \text{jumlah pengamatan} \\
 i &= 1,2,3,4,5 \dots n = \text{period eke-i} \\
 k_1 &= \left[\frac{r}{2} \right] = \text{nilai median atau } \frac{1}{2} \text{ dari jumlah pengamatan (r)} \\
 k_1 &= \left[\frac{r-1}{2} \right] = \text{nilai setelah median} \\
 \alpha &= 0,05 \\
 M_i &= Z_{i+1} - Z_i \\
 Z_i &= \ln \left[-\ln \left(\frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Apabila nilai $M < F_{(0,05,2k_2:2k_1)}$ maka dapat ditarik kesimpulan bahwa H_0 diterima. Nilai untuk F dapat diperoleh dari table F-distribusi (Lampiran) dengan derajat kebebasan pada pembilang $N_1 = 2K_2$ dan derajat kebebasan pada penyebut $N_2 = 2k_1$.

2.1.14 Menentukan kemampuan perawatan

Pengertian dari kemampuan perawatan (*maintenability*) menurut (Ir. Fajar Kurniawan, M.Si, 2013) adalah kesempatan dari suatu komponen akan kembali beroperasi pada periode perawatan tertentu setelah kegiatan perawatan dilaksanakan sebelumnya. Kemampuan perawatan dapat didapatkan apabila waktu kerusakan diketahui. Waktu kerusakan tersebut antara lain :

- a. *Mean Time to Repair* (MTTR) yaitu rata-rata untuk melakukan perbaikan
- b. *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah waktu rata-rata untuk kegagalan

Rumus dari waktu tersebut adalah :

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

(Rumus 2.3)

Dimana : Γ = table fungsi Gamma (Lampiran)

Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai MTTR/MTTF sebagai berikut :

1. Menentukan plot weibull.

$$\hat{F} = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

(Rumus 2.4)

Keterangan :

$\hat{F}(i)$ = Plot Weibull

i = 1,2,3,4,5...n = period eke-i

n = r = jumlah pengamatan

2. Menentukan persamaan garis $\hat{F}(i)+bX$

$$X_i = \ln t_i$$

(Rumus 2.5)

Dimana : $X_i = t_i$ = Waktu reparasi ke-I atau waktu operasi ke-i.

Menentukan nilai Y_i :

$$Y_i = \left[\ln \left(\ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right) \right]$$

(Rumus 2.6)

Menentukan *Shap Parameter* :

$$\beta = b = \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

(Rumus 2.7)

Menentukan konstanta α :

$$\alpha = a = \frac{\sum Y_i - b \cdot \sum X_i}{n}$$

(Rumus 2.8)

3. Menentukan θ sebagai parameter skala dalam distribusi weibull :

$$\theta = e^{-\alpha/\beta}$$

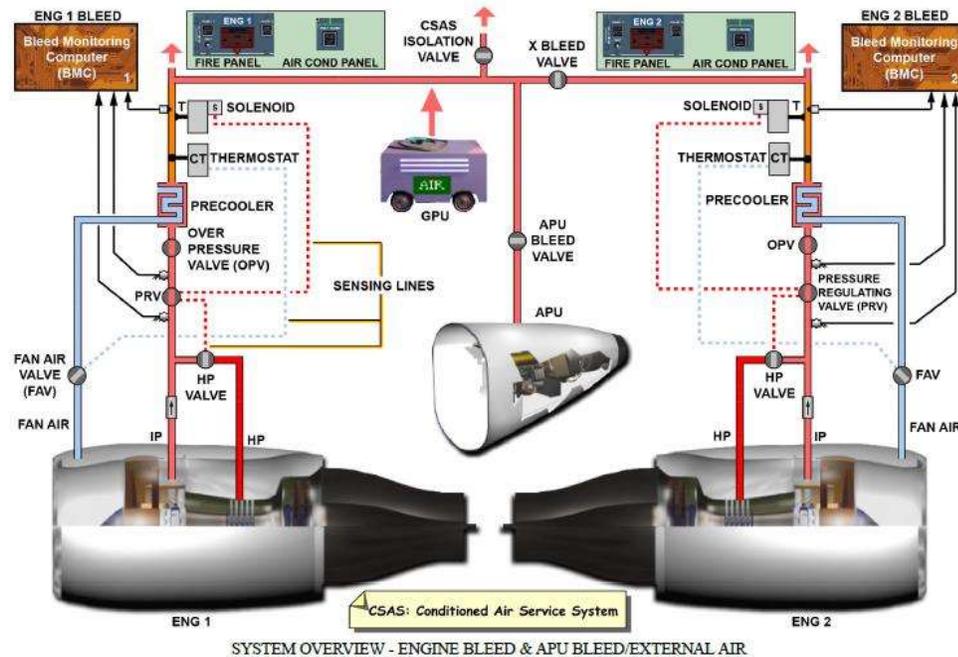
(Rumus 29.)

2.1.15 Pneumatic System

Sistem Pneumatik digunakan untuk memasok *airconditioning*, *pressurization*, *Fuel Tank Inerting System (FTIS)*, *engine start* dan *anti-icing*. Udara HP dapat disuplai dari dua mesin, APU atau sumber eksternal.

Engine bleed air menerima pengaturan tekanan dan suhu peraturan sebelum dipasok ke *system pneumatik*. Udara dari kedua *engine* dihasilkan dari *High Pressure Compressor (HPC)*, *Intermediate Pressure (IP)* dan HP. *High Pressure Bleed Valve (HPV)* memasok udara ke sistem bila mesin berada pada daya rendah. Ketika putaran dinaikan IP membuka dan HPV menutup. *Pressure Regulating Valve (PRV)* dipasang untuk mengatur tekanan hilir. Setiap Komputer Pemantau (BMC) memonitor tekanan sistem dan akan menghentikan udara jika tekanannya terlalu tinggi. *Valve Overpressure (OPV)* juga dipasang di hilir dari katup sebagai perlindungan sistem jika tekanannya terlalu tinggi. Udara panas mengalir melalui penukar panas udara-ke-udara disebut *precooler* yang melintasi pendingin untuk menjaga suhu dalam batasan.

APU bleed system kiri dan kanan dihubungkan oleh saluran yang dapat dilintasi. Katup silang digunakan untuk interkoneksi atau isolasi. APU juga dapat digunakan untuk pasokan udara. Ini biasanya dilakukan di darat untuk pendingin udara dan untuk menghidupkan mesin.



Gambar 2.1 Schematic pneumatic system pesawat A320

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang perawatan mesin atau komponen dan penelitian tentang penjadwalan *preventive maintenance* telah banyak yang meneliti dengan menggunakan metode dan strategi oleh penelitian lampau. Oleh karena itu penulis menjadikan beberapa penelitian tersebut sebagai dasar acuan dari penelitian yang peneliti lakukan.

1. Muhammad (Ramadhan & Sukmono, 2019). Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Judul penelitian: *‘Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance pada Nail Making Machine dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II’*

Hasil penelitian: mengidentifikasi tingkat kerusakan, menentukan jadwal interval waktu *preventive maintenance* dan memberikan tindakan untuk perawatan mesin kedepannya.

2. (Irfan & Ikhsan Hamdy, 2019). Jurusan Teknik Industri UIN Sultan Syarif Kasim Riau.

Judul penelitian : '*Simulasi Perbaikan System Maintenance dengan Pendekatan Konsep Lean Maintenance*'

Hasil penelitian: Nilai terbesar RPN dari 18 komponen mesin *tresher* yaitu *gearbox* dengan nilai 648 poin. Selanjutnya dari hasil RCM dengan aktivitas perawatan *schedule on condition* dan *schedule on restoration task* terdapat 9 komponen. Hasil MVSM pada penggantian komponen mesin *tresher* terdapat *delay* maka dilakukan simulasi arena dan penjadwalan penggantian komponen *gearbox* dari 40% naik menjadi 54,26 %.

3. (Suwandono, 2016). Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Judul penelitian : '*Analisa Kerusakan Pada Forklift Elektrik Nichiyu FB-75C Dengan Metode FMEA*'

Hasil penelitian: Dari hasil analisa didapat bahwa kerusakan MPU, charger dan bearing sensor memiliki nilai RPN tertinggi yaitu, sehingga menjadi prioritas dalam perbaikan dari 17 kegagalan yang ditemukan. Hasil analisis didapat dari nilai *severity*, *occurance*, *detection* dan RPN.

4. (Hasan et al., 2020). Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Riau.

Judul penelitian : '*PENERAPAN REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA MESIN RIPPLE MILL*'

Hasil penelitian: Dari hasil analisis FMEA terdapat 17 mode kegagalan dengan kegagalan mekanikal sebesar 35,30%, elektrikal sebesar 29,40% dan instrumen 35,30%. Hasil LTA menunjukkan bahwa kategori A sebesar 0%, kategori B sebesar 11,76%, kategori C sebesar 35,29% kategori D/B sebesar 23,52%, dan kategori D/C sebesar 29,41%. Hasil *regression interval* waktu kerusakan dari masing-masing Ripple Mill, Ripple Mill 3 tahun 2014 nilai betha adalah 0,32057658 dan nilai Ripple Mill 3 tahun 2015 nilai betha sebesar 0,149883 < 1 dan nilai betha Ripple Mill 4 tahun 2014 adalah 0,0286688 sedangkan Ripple Mill 4 tahun 2015 adalah sebesar 0,065800367 < 1, maka laju kegagalan akan berkurang seiring bertambahnya waktu, jadi pemeliharaan yang digunakan adalah *predictive maintenance* yang merupakan perawatan tingkat sedang dilaksanakan untuk mengembalikan dan memulihkan sistem dalam keadaan siap dengan memberikan perbaikan atas kerusakan yang telah menyebabkan merosotnya tingkat keandalan.

5. (Dhamayanti et al., 2016). Jurusan Teknik Industri Universitas Telkom.

Judul Penelitian: ‘*USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN KOMORI LS440 DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM II) DAN RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DI PT ABC*’

Hasil penelitian : Hasil dari analisis ini merupakan *preventive task* masing-masing komponen. Sedangkan untuk menganalisis risiko yang diakibatkan jika mesin mengalami gagal fungsi yaitu dengan metode RPN. Hasil yang

ditanggung perusahaan ketika mesin mengalami failure, yaitu sebesar Rp 965.904.899,36. Berdasarkan hasil pengolahan data pada subsistem kritis diperoleh kesimpulan bahwa enam komponen dilakukan dengan *task schedule on condition*, tiga komponen dengan *task schedule restoration* dan enam komponen dengan *task schedule discard*. Sedangkan untuk interval waktu perawatan, kemudian ditentukan biaya perawatan usulan yang dikeluarkan perusahaan, yaitu sebesar Rp 971.567.519,69.

6. (Alhilman, 2016) Jurusan Teknik Industri Universitas Telkom.

Judul penelitian : ‘*PENGEMBANGAN KEBIJAKAN PERAWATAN PADA MESIN MANUGRAPH DENGAN MENGGUNAKAN METODE REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM) II DAN RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DI PT ABC*’

Hasil penelitian ; berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan RCM diperoleh sepuluh *schedule on condition task*, sebelas *scheduled discard task* dan empat *scheduled restoration task*. Interval waktu perawatan masing-masing komponen berbeda-beda sesuai dengan *task* yang diperoleh. Dan berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan RBM diperoleh *system performance loss* sebesar RP 6.486.742.077 dan risiko sebesar Rp 5.643.765.483. Total biaya perawatan usulan didapatkan berdasarkan interval waktu yang optimal yaitu sebesar Rp 6.478.302.684

7. (Alhilman, 2017b) Jurusan Teknik Industri Univesitas Telkom

Judul penelitian : ‘*USULAN KEBIJAKAN PERAWATAN OPTIMAL PADA HYDRAULIC LUBRICATION PNEUMATIC (HLP) SYSTEM DENGAN*

MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DI PT KRAKATAU STEEL (PERSERO), TBK '

Hasil penelitian : Dari hasil perhitungan menggunakan metode Risk Priority Number, Water System terpilih sebagai subsistem kritis yang perlu ditentukan kebijakan perawatan yang sesuai dengan karakteristik kerusakan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Minatenance* (RCM). Serta konsekuensi dan risiko yang ditimbulkan akibat kerusakan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM). Hasil pengolahan didapatkan kegiatan *preventive maintenance* yang tepat yaitu 12 *scheduled on-condition task*, 14 *scheduled restoration task*, dan 1 *scheduled discard task*. Interval waktu perawatan tiap sub sistem berbeda-beda sesuai dengan *task* yang diperoleh. Hasil dari metode RBM diperoleh nilai risiko sebesar Rp 70.465.063.812,86. Total biaya perawatan usulan didapatkan berdasarkan interval waktu yang optimal yaitu sebesar biaya perawatan usulan adalah sebesar Rp 227.703.139.578,47.

8. (Alhilman, 2017a) Jurusan Teknik Industri Universitas Telkom.

Judul penelitian : '*OPTIMASI KEBIJAKAN PERAWATAN MENGGUNAKAN METODE RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) DAN PERENCANAAN PENGELOLAAN SUKU CADANG MENGGUNAKAN RCS (RELIABILITY CENTERED SPARES) PADA CONTINUOUS CASTING MACHINE 3 SLAB STEEL PLANT DI PT KRAKATAU '*

Hasil penelitian : Mendapatkan interval waktu perawatan yang tepat. Pemilihan maintenance task berdasarkan perhitungan kualitatif menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan RCM *Worksheet*, didapatkan 1 *scheduled on condition*, 5 *scheduled restoration*, 2 *scheduled discard task* dan 1 *run to failure* dilanjutkan perhitungan kuantitatif untuk mendapatkan interval perawatan. Selisih biaya perawatan apabila perusahaan menggunakan kebijakan *maintenance* usulan dibandingkan dengan kebijakan *maaintenance eksisting* adalah Rp 12.476.379.035,01. Penelitian ini juga menggunakan metode RCS (*Realibility Centered Spares*) untuk memperhitungkan tingkat persediaan suku cadang yang harus disediakan perusahaan untuk setiap komponen kritis *repairable dan non-repairable* agar tidak terjadi stock out.

9. (Mauidzoh, 2016) Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Judul penelitian : '*ANALISA PERAWATAN MODUL RPC 2000 PADA SECONDARY SURVEILANCE RADAR (RADAR SSR) DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PERUM LPPNPI AIRNAV INDONESIA DISTRIK YOGYAKARTA*'

Hasil Penelitian : Dari hasil analisis FMEA didapatkan 12 mode kegagalan yaitu *SMPS module component switch on/off bearing, spool motors, resistors, capacitors, transistors, integrated circuit*. Kemudian hasil dari *Logic tree analysis* didapatkan *failures modes category B (outage)*. Kemudian pada tahap akhir pemilihan kebijakan *preventive maintenance*

yang tepat adalah 4 *condition care policy directed* (CD) dan 8 kebijakan untuk perawatan *Run To Failure*

Persamaan penelitian sekarang dengan penelitian sebelumnya adalah sama-sama melakukan analisis FMEA. Sedangkan yang membedakan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu adalah ruang lingkup pembahasan, penelitian sekarang hanya melakukan analisa kualitatif dengan menggunakan metode FMEA dan menentukan RPN, sedangkan penelitian sebelumnya sudah menerapkan sistem perawatan yaitu *corrective maintenance* dan *breakdown maintenance*.

2.3 Kerangka Berfikir

