

## **BAB II**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1. KajianTerdahulu**

Terdapat beberapa penelitiannya sebelumnya, seperti yang dinyatakan oleh Wahyudi, *et.al.*, (2010) bahwa *Reliability Centered Maintenance(CRM)* merupakan suatu konsep dasar perawatan terhadap peralatan terhadap peralatan yang didalamnya menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis(FMEA)* dan *Logic Tree Analysis(LTA)*. Metode RCM adalah salah satu bentuk manajemen perawatan yang berbasis kehandalan system. Kemudian AileenValencia Raharjo (2010) menggunakan RCM untuk mengetahui komponen mesin yang penting diperhatikan agar dapat ditentukan keputusan pemeliharaan yang cocok untuk suatu setiap komponen. Teknik analisis yang digunakan dalam adalah *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Failure Mode and EffectAnalysis ( FMEA)* untuk mengetahui kegagalan fungsional dan efek kegagalan. Hasil dari penelitian mengkategorikan komponen mesin dan keagalannya ke dalam tiga kategori *maintenance task*, yaitu *Condition – Direct Task*, *Time – Directed Life – Renewal Task*, dan *Failure Finding Task*. Ya’umar dan Totok (2006) menggunakan *Reliability CenteredMaintenance (RCM)* dalam penelitiannya. Produksi aspal yang semakin menjelaskan bagaimana untuk menjaga keandalan crusher batu dalam pencampuran sistem produksi, terutama pada rahang utama piring dan tertionary subsistem crusher kerucut kapal. Dalam rangka untuk memperoleh batu crusher keandalan tinggi. Pemeliharaan berpusat *Realibility Centered Maintenance (RCM)* telah terbukti metode yang efektif untuk pemeliharaan optimasi.

Padapenelitian tugas akhir yang dilakukan Aliien (2010) yang menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sebagai alat penelitiannya, teknik analisis yang digunakan dalam penelitiannya adalah *Fault Tree Analysis ( FTA)* dan *Failure Mode andEffect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui kegagalan fungsional dan efek kegagalan. Hasil dari penelitiannya mengkategorikan komponen mesin dan

kegagalannya ke dalam tiga kategori *maintenance task*, yaitu *Condition-Directed Task*, *Time-Directed Life-Renewal Task*, dan *Failure Finding Task*.

Pada penelitian Yudhi (2008) merupakan RCM pada sistem penukar panas sekunder. Hasil yang didapatkan oleh peneliti, yaitu menjaga fungsi peralatan, mengidentifikasi mode kerusakan spesifik dalam bagian-bagian peralatan yang potensial menghasilkan kerusakan fungsi sistem, membuat prioritas pemeliharaan dari mode kerusakan yang terjadi, serta mengambil tindakan pencegahan yang dapat diterapkan sehingga sistem penukar panas tetap berada dalam fungsi yang baik.

Erly (2010) dalam penelitiannya melakukan pengembangan sistem pemeliharaan mesin dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Tujuan dari penelitiannya adalah mengetahui implementasi RCM (*Reliability Centered Maintenance*) untuk dapat menentukan pemeliharaan yang optimal serta dapat memprediksi langkah untuk mengatasi kerusakan yang mungkin terjadi pada periode berikutnya berdasarkan data-data yang ada.

Arie Prayudi (2012) dalam penelitiannya meningkatkan efektifitas kegiatan *maintenance* pada PT. Dirgantara Indonesia (Persero) Bandung. Dengan cara menganalisa kegiatan *maintenance* yang dilakukan oleh PT. Dirgantara Indonesia (Persero) terhadap mesin TOSHIBA BMC-100 (5) E untuk meningkatkan efektifitas kegiatan *maintenance* sehingga terjadi lagi overhaul pada mesin TOSHIBA BMC-100 (5) E dengan mengaplikasikan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Pengertian Perawatan**

Perawatan (*maintenance*) adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan) sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakainya sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya dan dengan memperhatikan fungsi pendukungnya dan dengan memperhatikan kriteria minimal

ongkos untuk mengantisipasi tingkat kerusakan dan mencegah terputusnya kegiatan produksi.

Banyak yang mempengaruhi tingkat kepercayaan konsumen kepada produsen atau perusahaan, salah satunya adalah bagaimana tingkat pelayanan yang diberikan perusahaan mempengaruhi kepuasan konsumen. Hal ini merupakan tanggung jawab dari departemen produksi. Faktor yang menyebabkan hal ini adalah ketidaklancaran proses produksi. Yang menjadi penyebab ketidaklancaran proses produksi ini antara lain kerusakan yang dialami mesin ketika proses produksi sedang berjalan. Untuk mencegah hal tersebut perlu dilakukan tindakan perawatan (*maintenance*) terhadap mesin.

Semua barang yang dibuat oleh manusia memiliki umur pakai dan pada akhirnya akhirnya akan mengalami kerusakan. Umur pakai barang dapat diperpanjang dengan melakukan suatu kegiatan yang dikenal dengan dengan pemeliharaan (Yudhi,2008).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Erly (2010) menjelaskan tentang *maintenance*, dalam tahun-tahun belakangan ini kemajuan proses industri mengakibatkan perubahan ekspektasi, penelitian dan teknik atau metode yang dipakai. Perkembangan tersebut dapat dibagi dalam 3 generasi. Secara perlahan berkembang menjadi kewaspadaan dampak *failure* terhadap keselamatan dan lingkungan, kewaspadaan terhadap adanya hubungan antara sistem *maintenance* dengan kualitas produk. Sejak tahun 1930 evolusi dari *maintenance* dapat dibagi menjadi tiga generasi, yaitu :

1. Generasi Pertama – Industri tidak banyak menggunakan mesin, sehingga *downtime* tidak dianggap penting.
  - a. Peralatan yang digunakan masih sangat sederhana, *reliable* sangat mudah diperbaiki.
  - b. Sistematis perawatan tidak dibutuhkan, hanya diperlukan perawatan sederhana seperti pembersihan, servis dan pengecekan rutin.
  - c. Tenaga ahli dalam industri sangat rendah.
2. Generasi Kedua.
  - a. Tipe mesin sangat beragam dan kompleks, dimana industri semakin bergantung dengan mesin-mesin tersebut.
  - b. *Downtime* menjadi fokus yang penting, dimana muncul ide bahwa *failure* dari perawatan harus dicegah berdasarkan konsep preventive *maintenance*.

- c. Peralatan secara keseluruhan dilakukan pada interval tetap, biaya perawatan meningkat perlahan bersamaan dengan biaya operasi.
3. Generasi Ketiga.
    - a. Otomasi semakin berkembang, sehingga lebih banyak dampak *failure* yang terjadi.
    - b. Biaya perawatan semakin meningkat.
    - c. Adanya penelitian baru berhubungan dengan umur operasi dan *failure*.
    - d. Adanya pengembangan baru, termasuk peralatan pendukung keputusan seperti studi *hazard*, mekanisme *failure*, dan analisa dari dampak yang terjadi.
    - e. Pemilihan teknik yang benar, yaitu teknik yang memungkinkan untuk mengembangkan performansi peralatan dan dapat mereduksi biaya peralatan.

Pendekatan pemeliharaan pada dasarnya dibagi atas dua bagian yaitu *planned* dan *unplanned maintenance*. Berikut ini dapat dilihat klarifikasi dari pendekatan sistem pemeliharaan tersebut.

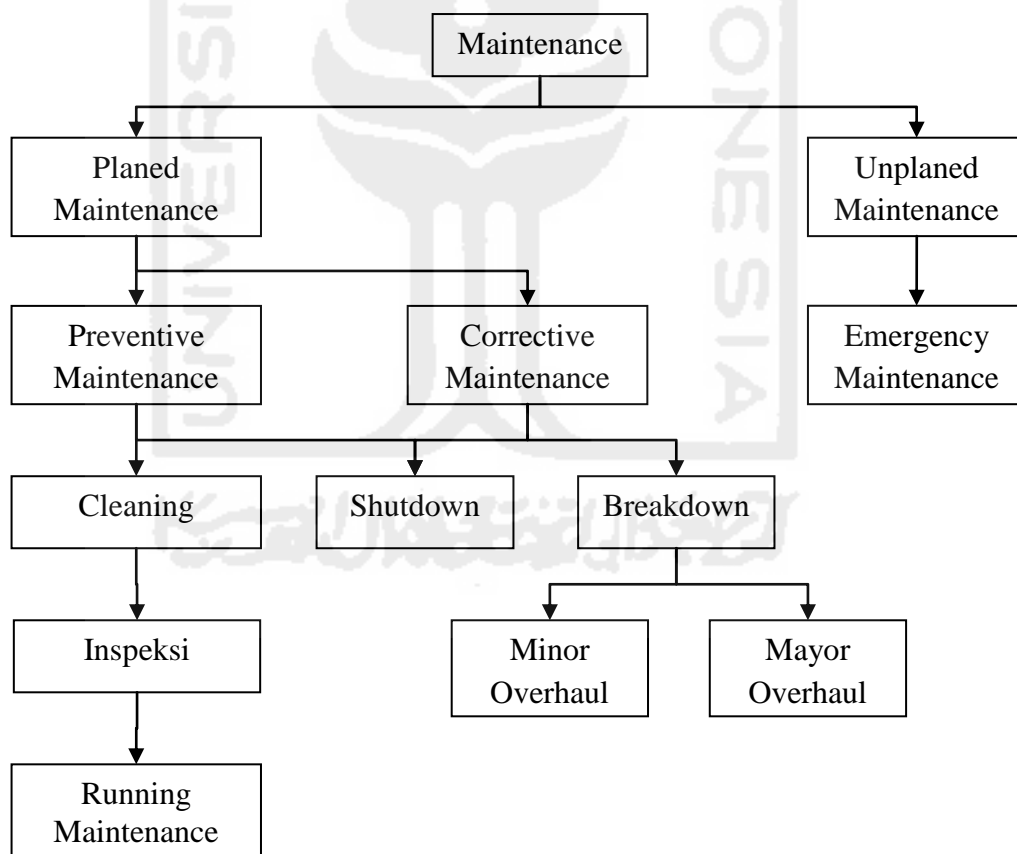
1. *Planned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan pemeliharaan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu.
  - a. *Preventive Maintenance*, suatu sistem pemeliharaan yang terjadwal dari suatu peralatan atau komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan pemeliharaan yang tidak direncanakan sebelumnya.
    - *Time Based Maintenance*  
Kegiatan pemeliharaan ini berdasarkan periode waktu, meliputi inspeksi harian, *service*, pembersihan harian dan lain sebagainya.
    - *Condition Based Maintenance*  
Kegiatan pemeliharaan ini menggunakan peralatan untuk mendiagnosa perubahan kondisi dari peralatan atau aset, dengan tujuan untuk memprediksi awal penetapan interval waktu pemeliharaan.
  - b. *Corrective Maintenance*, suatu kegiatan pemeliharaan yang tujuan akhirnya untuk memperbaiki fungsi mesin atau peralatan.

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

2. *Unplanned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan pemeliharaan yang pelaksanaannya tidak direncanakan.

Pemilihan kegiatan perawatan tersebut didasarkan atas sifat dari kerusakan atau kegagalan pada peralatan, apakah bersifat terprediksi atau tidak terprediksi.

Selain itu juga pemilihan tersebut didasari atas biaya yang ditanggung apabila menerapkan salah satu jenis kegiatan pemeliharaan. Secara skematik pembagian pemeliharaan bisa dilihat pada Gambar.



Gambar 2. 1Pembagian Perawatan secara Skematik

Suatu mesin terdiri beberapa komponen yang vital, apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan, untuk itu tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan perawatan bagi masing-masing mesin produksi untuk memaksimalkan sumber daya yang ada, tetapi keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar.

Dalam persoalan teknis yang perlu diperhatikan adalah :

1. Tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan untuk memelihara atau merawat peralatan yang ada, dan untuk memperbaiki atau mereparasi mesin-mesin atau peralatan yang rusak.
2. Alat-alat atau komponen-komponen apa yang dibutuhkan harus disediakan agar tindakan-tindakan pada bagian pertama di atas dapat dilakukan.

### 2.2.2. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) meliputi pembuatan kegagalan fungsi yang kemudian akan dicari mode kerusakannya, Dengan adanya mode kerusakan, penyebab kerusakan akan ditentukan sehingga dapat dianalisis pengaruh kerusakan terhadap kerja peralatan. *Metode Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah metode pemeliharaan yang menentukan langkah-langkah yang harus diambil untuk menjamin peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya (Yudhi, 2008).

Menurut Ya'umar dan Totok (2006) yang dikutip dari Anderson R (1990), RCM adalah salah satu manajemen perawatan yang dapat digolongkan ke dalam sistem perawatan terencana (*Planned Maintenance System*). Konsep dasar dari metode RCM ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Manajemen perawatan ini tidak hanya memanfaatkan rekomendasi vendor saja tapi juga melibatkan analisa *reliability*. Hasil yang diharapkan dalam implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam manajemen perawatan adalah mendapatkan suatu strategi perawatan yang optimum. Aspek spesifik yang mendasari penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis*. (FMEA). Jadi penerapan manajemen *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini dilakukan dengan melakukan analisa kualitatif dan kuantitatif.

*Realibility Centered Maintenance* (RCM) adalah sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik yang dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM akan membawa kepada sebuah program *Maintenance* yang fokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi (Taufiq,2010)

RCM merupakan salah satu metode pemeliharaan yang dapat digolongkan kedalam sistem pemeliharaan terencana (*planned maintenance*). Konsep dasar metode RCM adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem dengan upaya pemeliharaan yang dilakukan untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi dengan baik. Metode RCM ini lebih menekankan pada keselamatan operasinya suatu sistem sehingga dibandingkan dengan sistem pemeliharaan yang ada, RCM merupakan sistem pemeliharaan dengan pendekatan yang sistematis untuk mempertahankan keandalan dari suatu sistem. Penerapan RCM lebih menekankan pada penggunaan analisa kualitatif untuk komponen yang dapat menyebabkan kegagalan suatu sistem. *Tools* yang digunakan untuk melakukan analisa kualitatif adalah *Failure dan Effect Analysis (FMEA)* dan *Logic Tree Analysis (LTA)* (Erly,2010).

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM akan membawa kepada sebuah program *maintenance* yang fokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi.

RCM mempunyai beberapa definisi adalah sebagai berikut ( Tahril Aziz et.al.,2009) :

1. *Realibility Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset tetap bekerja sesuai yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif.
2. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance(pm)* dan *corrective maintenance(cm)* untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi aset / sistem / *equiment* dengan biaya minimal (*minimum cost*).

Aileen (2010) pada penelitiannya menjelaskan langkah-langkah pengolahan data dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) :

1. Identifikasi *equipment* yang penting untuk diberikan perhatian khusus, biasanya digunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).
2. Menentukan penyebab terjadinya kegagalan, tujuannya untuk memperoleh probabilitas kegagalan dan menentukan komponen kritis yang rawan terhadap kegagalan. Untuk melakukan hal ini maka diperlukan data yang histori lengkap.
3. Mengembangkan kegiatan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), Seperti : menentukan prioritas *equipment* yang perlu diberikan perawatan.
4. Mengklasifikasikan kebutuhan tingkatan *Maintenance*.
5. Mengimplementasikan keputusan berdasar *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
6. Melakukan evaluasi, ketika sebuah *equipment* dioperasikan maka data secara real-life dicatat, tindakan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) perlu dievaluasi kembali setiap saat agar terjadi proses penyempurnaan.

Proses *Reliability Centered Maintenance* (RCM) mengklasifikasikan konsekuensi menjadi empat kelompok. Strategi ini dapat dijadikan kerangka kerja untuk melakukan pengambilan keputusan pemeliharaan. Keempat kelompok tersebut adalah sebagai berikut (Aileen,2010).

1. Konsekuensi Keselamatan.  
Kegagalan yang terjadi dapat menimbulkan konsekuensi melukai atau mengancam jiwa seseorang.
2. Konsekuensi operasi.  
Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan ataupun mematikan sistem dan dampaknya tergolong kecil.
3. Konsekuensi non operasi.



Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan ataupun mematikan sistem dan dampaknya tergolong kecil.

4. Konsekuensi Kegagalan tersebut.

Kegagalan yang terjadi ini tidak diketahui operator.

Langkah selanjutnya adalah dengan memilih maintenance tak sesuai dan ada lima jenis *Maintenance task*. Lima jenis *Maintenance Task* tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Condition-Direct Task*

Jenis penugasan pemeliharaan ini mengarah kepada tes diagnose secara berkala atau inspeksi yang mana membandingkan kondisi material yang sudah ada sebelumnya ( bisa juga dengan melihat pada performasi dari sebuah item yang sudah standar) dan dilanjutkan dengan mengambak langkah berikutnya. Adapun tujuan dari *Condition-Direct Task* ini adalah untuk mengetahui kegagalan potensial yang bisa dicegah (diperbaiki terlebih dahulu) sebelum terjadinya kegagalan yang actual.

2. *Time-Direct Life-Renewal Task.*

*Time-Direct Life-Renewal Task* bertugas untuk memperbaiki ataupun mengganti sebuah item tersebut mencapai suatu waktu dimana probabilitas kegagalan menjadi semakin besar ( misalnya saja adalah peningkatan dari probabilitas kegagalan yang dikenal dengan istilah *wear out*). Dalam penugasan pemeliharaan jenis kedua ini, ada dua macam penugasan, *restoration* dan *replacement*. Pada *restoration*, sebuah item yang sudah mencapai tingkat *wear out* harus diganti dengan item yang baru. Sedangkan pada *replacement*, sebuah masih bisa diperbaiki dengan cara-cara tertentu sehingga nantinya bisa digunakan kembali.

3. *Failure Finding Task*

Penugasan pemeliharaan *failure finding* ini digunakan untuk mengevaluasi kondisi dimana kegagalan yang terjadi tersembunyi dari operator.

4. *Servicing Task.*

*Servicing Task* memiliki tugas untuk menambah barang atau bahan yang akan habis digunakan pada saat beroperasi normal. Salah satu contohnya adalah dengan menambahkan kertas pada sebuah printer.

5. *Lubrication Task.*

*Lubrication Task* ini spesifik dalam hal melumasi dan pemberian minyak (lubrikasi) secara rutin. Selain itu juga bisa diterapkan aplikasi pelumasan atau lubrikasi pada permukaan stasioner untuk memberikan perlindungan dari lingkungan luar. Penugasan pemeliharaan yang ini tidak membutuhkan justifikasi yang luas namun dilakukan evaluasi.

*Reliability Centered Maintenance* (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 (Alghofari et al., 2006)

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan sebuah proses teknik logika untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang akan menjamin sebuah perencanaan sistem keandalan dengan kondisi pengoperasian yang khusus. Penekanan terbesar pada *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting dari pada karakteristik teknik itu sendiri. Pada kenyataannya perawatan proaktif tidak hanya menghindari kegagalan tetapi lebih cenderung untuk menghindari resiko atau mengurangi kegagalan (Alghofari et al., 2006).

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) diharapkan menampilkan sebuah kerangka kerja berdasarkan informasi keadaan untuk perencanaan yang efisien, aplikatif dan mampu sebagai pilihan terbaik dalam penyesuaian atau pengembangan model pemeliharaan yang optimal. (Alghofari et al., 2006)

Dalam *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terdapat empat komponen, empat komponen tersebut adalah sebagai berikut (Aileen, 2010) :

1. *Reactive Maintenance*.

*Reactive Maintenance* merupakan *Maintenance* yang berprinsip pada pengoperasian sampai dengan rusak atau perbaiki ketika rusak. *Maintenance* jenis ini hanya dilakukan ketika proses deteriorasi sudah menghasilkan kerusakan.

2. *Preventive Maintenance*

*Preventive Maintenance* sering disebut juga dengan *time based maintenance*. *Maintenance* jenis ini sudah dapat mengurangi frekuensi kegagalan ketika diterapkan bila dibandingkan dengan *Reactive Maintenance*. *Preventive Maintenance* dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi komponen. Kegiatan antara lain terdiri dari pemeriksaan, penggantian komponen, kalibrasi, pelumasan, dan pembersihan, Tetapi *Preventive Maintenance* masih memiliki kekurangan juga seperti kurang efektif dan efisien dari segi biaya ketika diterapkan sebagai satu-satunya metode *Maintenance* dalam sebuah perencanaan.

3. *Predictive Testing and Inspection*

*Predictive Testing and Inspection* digunakan untuk menentukan kondisi suatu komponen terhadap umurnya. Metode ini merupakan yang paling baik diantara yang lainnya dalam menentukan jadwal *Maintenance*. Banyak metode yang kurang valid oleh karena itu adanya informasi mengenai *age-reliability characteristic*.

4. *Proactive Maintenance*.

*Proactive Maintenance* ini akan menuntun pada desain, *workmanship*, instalasi, prosedur, dan *scheduling maintenance* yang lebih baik. Karakteristik dari *Maintenance* ini adalah *continous improvement* dan menggunakan *feedback* serta komunikasi untuk memastikan bahwa usaha *improvement* yang dilakukan membawa hasil yang positif. Analisis *root-cause failure* dan *predictive analysis* diterapkan untuk mendapatkan *Maintenance* yang efektif, menyusun interval kegiatan *maintenance*, dan memperoleh *life cycle*.

### 2.2.3. Tujuan Kegiatan Perawatan

Adapun tujuan utama dilakukan tindakan perawatan adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa keadaan suatu komponen peralatan sedekat mungkin dengan keadaan yang diinginkan.
- b. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat.

- c. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi, terutama bagi fasilitas bagi fasilitas yang memiliki kesulitan untuk mendapatkan komponen pengganti.
- d. Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas
- e. Menjamin tingkat ketersediaan optimum dari fasilitas produksi dan mendapatkan pengendalian investasi yang maksimal.

#### 2.2.4. Jenis-jenis Tindakan Perawatan

Tindakan perawatan dapat digolongkan menjadi dua kelompok besar, yaitu :

##### 1. *Preventive maintenance* (perawatan terencana)

Perawatan ini adalah dilakukan sebelum terjadinya kerusakan pada suatu system ataupun produk. Tujuan perawatan ini adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tak terduga dan untuk menemukan kondisi yang dapat menyebabkan system yang mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Salah satu yang menjadialat dalam system perawatan terencana ini adalah model *reliability* (keandalan). Hal ini di sebabkan *reliability* mampu memeberikan penilaian terhadap kemampuan suatu system atau produk untuk dapat bertahan dengan baik selama waktu tertentu. Keterkaitan ini menyebabkan *reliability* merupakan ukuran keberhasilan dari system perawatan.

Jenis kegiatan perawatan pencegahan adalah ;

- A. Mencegah kerusakan
  - a) Pembersihan
  - b) Penggantian
  - c) Pemeriksaan
  - d) *Setting* dan pelumasan
- B. Mendeteksi kerusakan
  - a) Pengujian
  - b) Percobaan
  - c) Penelitian

## 2. *Corrective maintenance*

Tindakan perawatan korektif ini dilakukan bila sudah terjadi kerusakan pada suatu sistem atau produk. Kerusakan ini dapat bersifat ringan maupun berat.

Perawatan korektif dibagi di atas tiga kegiatan :

1. Pergantian (*correction*)
2. Pergantian kecil (*repair*)
3. Pergantian secara besar-besaran (*overhaul*)

Perawatan korektif kurang baik digunakan karena, dapat menimbulkan kerugian misalnya kerugian biaya akibat pengadaan bahan yang terjadi tiba-tiba, proses produksi terhenti.

## 2.3. Teori Keandalan

### 2.3.1 Definisi Keandalan (*Reliability*)

Perawatan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem peralatan juga keandalan digunakan untuk menentukan penjadwalan perawatan sendiri. Akhir-akhir ini konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, Misalnya dalam penentuan jumlah suku cadang dalam kegiatan keperawatan.

Ukuran keberhasilan suatu tindakan perawatan dapat dinyatakan dalam tingkat keandalan. 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* menjadi empat komponen pokok, yaitu :

#### 1. Probabilitas

Merupakan komponen pokok pertama, merupakan masukan 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

Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan jadwal dalam fungsi *reliability*. Waktu yang dipakai adalah MTBF (*Mean Time Between Failure*) dan 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 yang tempat berlangsungnya pengoperasian, merupakan hal yang termasuk ke dalam komponen ini. Faktor-faktor tidak hanya dialamatkan untuk kondisi selama periode waktu tertentu ketika sistem atau produk sedang operasi, tetapi juga ketika sistem atau produk di dalam gudang atau sedang bergerak dari suatu lokasi ke lokasi lain.

### 2.3.2 Manfaat *Reliability* (Keandalan)

Tujuan utama dari study keandalan adalah memberikan informasi sebagai basis untuk mengambil keputusan. Selain itu teori *reliability* dapat digunakan untuk memprediksi kapan suatu suku cadang pada suatu mesin mengalami kerusakan, sehingga dapat menentukan kapan harus dilakukan perawatan, pergantian dan penyediaan komponen. Pada kasus ini *reliability* bermanfaat untuk menentukan tingkat persediaan suku cadang mesin produksi.

### 2.3.3 Metode Analisis

Didalam reliability ada dua metode analisis :

1. Metode analisis kualitatif.

Metode analisis yang di lakukan berdasarkan pada pengalaman masa lalu.

2. Metode analisis kuantitatif.

Metode analisis yang dilakukan dengan perhitungan. Perhitungan yang dilakukan dapat dengan statistik.

### 2.3.4 Konsep Reliability

Dalam teori realibility terdapat konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan suatu system atau produk yaitu:

1. Fungsi kepadatan

Pada fungsi ini menunjukkan bahwa kerusakan terjadi secara terus-menerus (*continuous*) dan bersifat probabilistik dalam selama waktu, pengukuran kerusakan dilakukan dengan menggunakan data variable seperti tinggi, jarak, jangka waktu. Untuk suatu variable acak  $x$  kontinu didefinisikan berikut :

$$f(x) \geq 0 \quad (2.1)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1 \quad (2.2)$$

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx \quad (2.3)$$

Dimana fungsi  $f(x)$  dinyatakan fungsi kepadatan probabilitas.

2. Fungsi Distribusi Kumulatif.

Fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak,

Dimana variable acak tidak lebih dari  $x$  :

$$F(X) = P(X \leq x) = \int_0^x f(t) dt \quad (2.4)$$

### 3. Fungsi keandalan

Bila variabel acak dinyatakan sebagai suatu waktu kegagalan atau umur komponen maka fungsi keandalan ( $R(t)$ ) didefinisikan :

$$R(X) = P(T > t) \quad (2.5)$$

$T$  : waktu operasi dari awal sampai terjadinya kerusakan (waktu kerusakan) dan  $f(x)$  menyatakan fungsi kepadatan probabilitas, maka  $f(x)$  adalah probabilitas dari suatu komponen akan mengalami kerusakan pada interval  $(t; t + \Delta t)$ .  $F(t)$  dinyatakan sebagai probabilitas kegagalan komponen samapai waktu  $t$ , maka

$$F(t) = P(T < t) = \int_{-\infty}^t f(t) \quad (2.6)$$

Maka fungsi keandalan adalah :

$$R(t) = 1 - P(T < t) \quad (2.7)$$

$$= \int_0^x f(t) dt \quad (2.8)$$

$$= 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^\beta} \quad (2.9)$$

### 4. Fungsi laju kerusakan

Fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai *limit* dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu mendekati nol, maka laju kerusakan adalah laju



kerusakan sesaat. Rata-rata kerusakan yang terjadi dalam interval waktu  $t_1-t_2$  dinyatakan  $\lambda$ , Kerusakan rata-rata dinyatakan berikut:

$$\lambda = \frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt}{(t_2 - t_1) \int_{t_1}^{\infty} f(t) dt} \quad (2.10)$$

$$= \frac{R(t_1) - R(t_2)}{(t_2 - t_1) R(t_1)} \quad (2.11)$$

Jika disubsitusi  $t_1=t$ , dan  $t_2 = t+h$  maka akan diperoleh laju kerusakan rata-rata ( $\lambda$ ) adalah:

$$= \frac{R(t_1) - R(h)}{h R(t_1)} \quad (2.12)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka fungsi laju kerusakan.

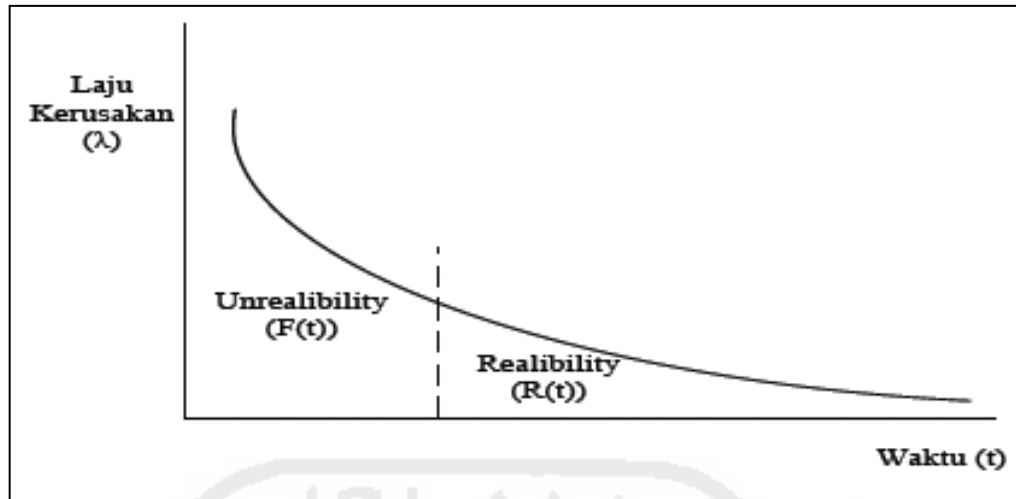
$$h(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{R(t_1) - R(h)}{h R(t_1)} \quad (2.13)$$

$$= -\frac{1}{R(t)} \left( \frac{d}{dt} R(t) \right); f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (2.14)$$

$$= \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.15)$$

#### 2.4. Pola Distribusi Keandalan

Dalam menentukan realibilitassuatu komponen faktor-faktor yang dapat saling berhubungan adalah faktor laju kerusakan dan waktu. Berdasarkan hubungan terbentuk suatu kurva distribusi yang menyerupai distribusi *Weibull*, Gambar (2.2).



Gambar 2. 2 Kurva Reliability

Berdasarkan hal ini diasumsikan bahwa distribusi yang sesuai adalah Weibull. Distribusi *Weibull* merupakan distribusi empiris sederhana yang mewakili data yang actual. Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan pada komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi *Weibull* :

1. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} \quad (2.16)$$

2. Fungsi distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} \quad (2.17)$$

$$t > \gamma; \alpha, \beta \geq 0 \quad (2.18)$$

### 3. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2.19)$$

$$R(t) = 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \right) \quad (2.20)$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (2.21)$$

### 4. Fungsi Laju Kerusakan

$$H(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}}{e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}} \quad (2.22)$$

$$H(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (2.23)$$

Pola distribusi *Weibull* memiliki tiga parameter pembentuk, yaitu:

$\alpha$  = parameter skala/karakteristik umur

$\beta$  = parameter bentuk

$\gamma$  = parameter lokasi kurva

Parameter  $\beta$  merupakan parameter yang menentukan laju kerusakan pada kurva sehingga dapat mengetahui kondisi dari peralatan sehingga memudahkan dalam membuat suatu keputusan dalam mengendalikan persediaan  $\alpha, \beta$  ditentukan berdasarkan transformasi fungsi keandalan distribusi *Weibull* dengan fungsi linear.

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right) \quad (2.24)$$

$$\frac{1}{Rt} = \exp\left(\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right) \quad (2.25)$$

$$\ln \frac{1}{Rt} = \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \quad (2.26)$$

$$\ln \ln \frac{1}{R(t)} = \beta (\ln t - \ln \alpha) \quad (2.27)$$

Persamaan garis lurus yang di gunakan  $Y = ax + b$

$$Y = \log e (-\log (1-F(t))) \quad (2.28)$$

$$Y = \log R(t) \quad (2.29)$$

$$Y = \ln \ln \left(\frac{1}{R(t)}\right) \quad (2.30)$$

$$X = \ln t \quad (2.31)$$

$$C = -\beta \ln \alpha \quad (2.32)$$

Untuk menaksirkan harga  $\alpha, \beta$  digunakan metode least square (kuadrat terkecil).

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sum (x_i)^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2.33)$$

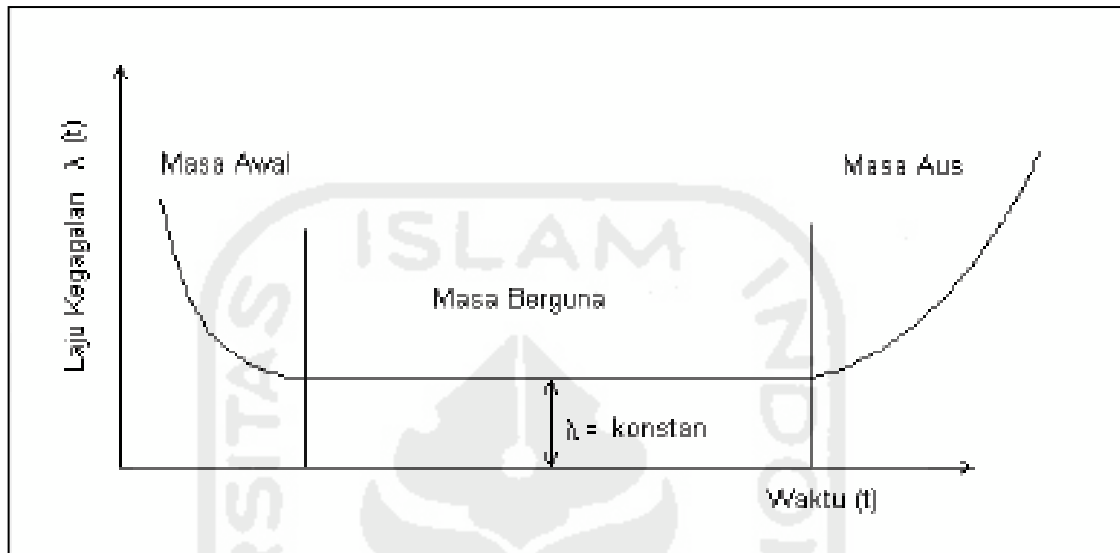
$$c = \frac{n \sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2.34)$$

$$\alpha = \exp\left(-\frac{c}{\beta}\right) \quad (2.35)$$

$$Y = \frac{t_2 - (t_3 - t_2)(t_2 - t_1)}{(t_3 - t_2) - (t_2 - t_1)} \quad (2.36)$$

## 2.5. Siklus hidup dan laju kerusakan komponen

Umum bentuk dari kerusakan rata-rata sebagai fungsi waktu ( $\lambda$ ) dapat di lihat pada siklus komponen (*bathtub curve*) seperti pada gambar...



Gambar 2. 3 Siklus Hidup Komponen

Bagian pertama dari kurva ini, yaitu masa awal dari sebuah sistem atau komponen, ditandai dengan tingginya fase awal dan berangsur-angsur turun seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan kesalahan operasi. Kerusakan seperti ini disebut dengan kerusakan dini (*early failures*) ( $\beta < 1$ ).

Bagian kedua kurva ini ditandai dengan laju kegagalan yang konstan dari sebuah komponen atau sistem hal ini disebabkan pembebanan mesin yang melewati batas standar (*over load*). Kerusakan seperti ini disebut kerusakan tidak terduga (*change failures*). ( $\beta = 0$ )

Bagian ketiga dari kurva ditandai dengan naiknya laju kegagalan dari komponen atau sistem seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan habisnya umur ekonomis mesin sehingga menyebabkan komponen mesin mengalami aus (*wear-out failures*). ( $\beta > 1$ )

## 2.6. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi dilakukan untuk menentukan apakah distribusi yang diamati telah sesuai dengan distribusi yang diharapkan. Berdasarkan hubungan antara laju kerusakan dan waktu maka distribusi yang terbentuk dalam konsep *reliability* adalah *Weibull*. Untuk menentukan apakah distribusi yang dicapai menunjukkan distribusi *Weibull*, maka dilakukan uji distribusi. Adapun uji distribusi yang digunakan:

### A. Uji Kolmogorov–Smirnov

Uji Kolmogorov–Smirnov atau d-test adalah suatu test yang di gunakan untuk melakukan uji terhadap distribusi waktu kerusakan. Dasar dari test adalah distribusi kumulatif dari contoh hasil pengamatan, diharapkan mendekati distribusi yang sebenarnya. Pemilihan test Kolmogorov-Smirnov karena merupakan uji non-parametrik. Pada dasarnya jika uji parametrik dan uji non-parametrik dapat di terapkan untuk data yang sama, maka uji non parametrik seharusnya dihindari dan sebaiknya digunakan uji non-parametrik yang efisien. Akan tetapi, karena asumsi normalitas seringkali tidak dapat dijamin berlaku, dan juga karena hasil pengukuran tidak selalu bersifat kuantitatif, maka para pakar statistika telah menyediakan sejumlah metode non parametrik dan salah satunya uji Kolmogorov-Smirnov.

Ketetapanannya telah di ukur dengan mencari titik perbedaan antara contoh dengan populasi yang paling besar kemudian jarak ini dibandingkan dengan nilai kritis. Bila jarak ini dibandingkan dengan nilai kritis. Bila jarak tersebut terlalu besar maka kemungkinan bahwa contoh berasal dari populasi dengan disatribusi sangat kecil.

$$d = \max |F(t_1) - S(t_1)| \quad (2.37)$$

Dimana:

$F(t_1)$  = Fungsi distribusi Teoritis

$S(t_1)$  = Fungsi distribusi Empiris

Untuk tingkat kepercayaan  $\alpha$  dan  $n$  yang sesuai diperoleh harga  $d$  dari tabel Kolmogorov-Smirnov. Kemudian dibandingkan dengan harga  $d$  maximum hasil pengujian. Pengujian akan ditolak apabila harga  $d$  max lebih besar dari harga  $D$  pada tabel Kolmogorov-Smirnov.

Dalam uji Kolmogorov-Smirnov, yang dibandingkan adalah distribusi frekuensi kumulatif hasil pengamatan dengan distribusi frekuensi kumulatif yang diharapkan. Langkah-langkah yang diperlukan dalam pengujian Kolmogorov-Smirnov dalam kasus ini adalah :

1. Data waktu kerusakan (TTF), hasil pengamatan diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar.
2. Menentukan nilai tingkat keandalan berdasarkan waktu kerusakan ( $R(t)$ ).
3. Dari hasil keandalan tersebut di tentukan nilai fungsi distribusi teoritis/ nilai ketidakandalan ( $F(t)$ ).

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (2.38)$$

4. Menentukan nilai distribusi empiris ( $S(t)$ ) berdasarkan distribusi *Weibull*.

$$S(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (2.39)$$

5. Menentukan nilai mutlak dari selisih antara nilai distribusi teoritis  $F(t)$  nilai distribusi empiris ( $S(t)$ )
6. Menentukan nilai max dari selisih tersebut ( $d$  Test)

$$d = \max |F(t_1) - S(t_1)| \quad (2.40)$$

7. Menentukan nilai  $d$  Tabel berdasarkan  $\alpha$  dan  $n$  yang ditentukan pada table kolmogrov-smirnov ( $d$  Tabel).  $D_n:\alpha$  dimana  $n$  adalah jumlah data dan  $\alpha$  adalah taraf nyata.
8. Membandingkan  $d$  Test dengan  $d$  Table yang diperoleh dari table Kolmogrov-Smirnov, data dapat dikatakan berdistribusi *Weibull* bila  $D_{max} < d_n:\alpha$ .

**B. Uji mann adalah distribusi yang biasa digunakan untuk uji distribusi Weibull.**

Tahapan ujinya adalah :

$H_0$  = distribusi *Weibull* dua parameter

$H_1$  = Hipotesa awal ( $H_0$ ) salah.

$$S_{\alpha test} = \frac{\sum_{i=(\frac{r}{2})+2}^{r-1} \left( \frac{X_{i+1}-X_i}{M_i} \right)}{\sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{X_{i+1}-X_i}{M_i} \right)} \quad (2.41)$$

Keterangan :

$X_i = \ln t_i$

$R$  = jumlah *sparepart* yang rusak

$R/2$  = bilangan bulat yang  $\leq r/2$

$M_i$  = Tabel

$S_{\alpha}$  = Tabel distribusi *Weibull* dua parameter

$H_0$  akan di terima bila nilai  $S_{\alpha test} < S_{\alpha}$  Tabel dan sebaliknya bila  $S_{\alpha test} > S_{\alpha}$  table maka  $H_0$  ditolak.



## 2.7. Sistem Persediaan

Salah satu masalah penting dalam perusahaan manufaktur adalah mengenai pengendalian persediaan suku cadang dimana perlu dioptimalkan ketersediaannya. Pada umumnya masalah yang dihadapi didalam pengendalian persediaan selalu berkaitan dengan usaha untuk menentukan pemesanan suku cadang yang ekonomis dalam arti pengeluaran ongkosnya minimal tetapi jumlah persediaan optimal.

### 2.7.1 Pengertian dan Ruang Lingkup Persediaan

Definisi persediaan adalah material, dapat berupa bahan baku, barang setengah jadi, atau produk jadi, yang disimpan dalam gudang atau pada tempat dimana barang itu menunggu untuk diproses atau digunakan lebih lanjut.

Penyimpanan dan memaksimalkan tingkat ketersediaan, dan usaha untuk menentukan ukuran pemesanan optimal yang meminimumkan ongkos penyimpanan. Pada umumnya persoalan yang dihadapi dalam pengendalian persediaan selalu berkaitan dengan usaha untuk menentukan besarnya persediaan yang optimal yang diminimumkan ongkos.

Untuk mencapai tujuan tersebut, terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu :

- a. Sifat barang yang akan dibeli.
- b. Jumlah barang yang dibeli.
- c. Jumlah persediaan keamanan
- d. Kapan pemesanan dilakukan dan selang waktu pemesanan.

### 2.7.2 Fungsi Persediaan

Beberapafungsi persediaan dapat dilihat dari keempat kondisi sebagai berikut:

#### 1. Faktor waktu

Diperlukan sejumlah waktu untuk proses produksi dan distribusi sebelum barang-barang sampai ke tangan konsumen. Persediaan dapat mengurangi *lead time* (waktu anjang-ancang) sebelum permintaan di penuhi.

2. Faktor Ketergantungan.

Pada proses produksi,terdapat operasi-operasi yang saling bergantung satu dengan yang lainnya.persediaan menyebabkan operasi-operasi yang tidak bergantung dan lebih ekonomis.

3. Faktor Ketidaktentuan.

Kejadian-kejadian seperti kesalahan dalam mengetisimasi dan permintaan dan kerusakan peralatan dapat menyebabkan tidak terpenuhinya rencana perusahaan.Persediaan dapat membantu perusahaan mengantisipasi kejadian-kejadian tersebut sehingga rencana perusahaan tetap dapat terpenuhi.

4. Faktor Terpenuhi.

Persediaan dapat memberikan keuntungan kepada perusahaan dalam bentuk potongan harga bila perusahaan membeli barang dalam jumlah yang besar.

### 2.7.3 Klasifikasi Masalah Persediaan

Persediaan dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara ,diantaranya sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengulangan pesanan (*repetitiveness*)
  - a. *Single order*, adalah system persediaan dengan satu kali pesanan.
  - b. *Repeat order*, adalah Sistem persediaan dengan pemesanan yang berulang
2. Berdasarkan sumber pemasok
  - a. *Outside supply*, adalah sistem persediaan dimana barang diperoleh dari pemasok yang berasal dari luar perusahaan.
  - b. *Inside supply*, adalah sistem persediaan dimana barang diperoleh dari dalam perusahaan sendiri,dimana suatu bagian perusahaan memproduksi sendiri barang yang diperlukan untuk bagian lainnya dari perusahaan tersebut.
3. Berdasarkan sifat permintaan
  - a. *Constant Demand*, adalah sistem persediaan dimana pola permintaan terhadapbarang konstan sejalan dengan pertambahan waktu.
  - b. *Variable Demand*, adalah sistem persediaan dimana pola permintaanbervariasi,mengikuti distribusi probablitas tertentu.

- c. *Independent Demand*, adalah sistem persediaan dimana kebutuhan suatu komponen tidak bergantung pada komponen lainnya.
  - d. *Dependent Demand*, adalah sistem persediaan dimana kebutuhan suatu komponen tergantung pada kebutuhan komponen lainnya yang berada pada di level di atasnya.
4. Berdasarkan lead time
- a. *Constant lead time*, adalah sistem persediaan dimana lead time tetap sepanjang waktu.
  - b. *Variable lead time*, adalah sistem persediaan dimana lead time bervariasi mengikuti pola distribusi probabilitas tertentu.
5. Berdasarkan sistem pemesanan
- a. *Perpetual*, adalah sistem persediaan dimana pemesanan dilakukan saat persediaan berada pada *reorder point*.
  - b. *Periodic*, adalah sistem persediaan dimana pemesanan dilakukan dalam suatu siklus tertentu. Status sistem dan keputusan jumlah pemesanan dibuat hanya pada waktu diskrit.
  - c. *Material Requirement Planning*, adalah sistem persediaan dimana kebutuhan suatu komponen lainnya.
  - d. *Distribution Requirement Planning*, adalah sistem persediaan yang dibuat dengan melihat pusat distribusi yang tersedia dalam *multi-echelon network*.
  - e. *Single order quantity*, adalah sistem persediaan dimana pemesanan dilakukan pada saat tertentu menentukan jumlah yang tertentu.

#### 2.7.4 Jenis-jenis Sistem Persediaan

Untuk memenuhi suku cadang, maka dalam mengendalikan persediaan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu sebagai berikut :

1. Kebutuhan sejumlah suku cadang yang diperlukan dapat dipesan seluruhnya sekaligus. Proses semacam ini disebut dengan keputusan satu kali (statis). Pada kasus ini kesimpulan di rencanakan pada akhir periode yang di rencanakan tidak dapat melakukan pemesanan kembali.

2. Kebutuhan sejumlah suku cadang yang diperlukan dapat dilakukan dengan pemesanan untuk beberapa kali prosesnya disebut keputusan berulang (dinamis)

Untuk kasus dinamis ada dua system pemesan yang dapat dilakukan yaitu :

- a. Sistem pemesanan dengan *order* tetap (*Q-system*).

Pada sistem ini pemesan adalah tetap sedang waktu pemesannya adalah berubah sesuai kebutuhan permintaan. Pemesanan dapat dilakukan bila jumlah persediaan mencapai jumlah tertentu. Jumlah persediaan ini menjadi indikasi untuk melakukan pemesanan dan *reorder point*. Dalam sistem *Q* ada *safety stock* untuk meredam fluktuasi kebutuhan selama *lead time*, jadi kesimpulan dalam sistem harus diperhatikan adalah ukuran pemesanan ekonomis, persediaan keamanan, *lead time* dan tingkat pemakaian rata-rata.

- b. Sistem pemesanan dengan periode tetap (*P-system*)

Pada sistem ini selang waktu antara pemesan adalah tetap, sedangkan suku cadang yang dipesan berfluktuasi sesuai dengan persediaan yang ada pada saat pemesanan kembali. Jumlah pemesanan ditetapkan sebesar selisih antara jumlah maksimal yang ditetapkan dengan jumlah persediaan yang ada digudang, Persediaan keamanan diadakan untuk meredam fluktuasi permintaan selama selang pemesanan.

### 2.7.5 Identifikasi Material Dengan Menggunakan Analisis Klasifikasi ABC

Pemilihan suku cadang yang ditentukan persediaannya dilakukan dengan menggunakan metode ABC, yaitu penentuan berdasarkan tingkat harga tertinggi dari biaya penggunaan material per periode waktu tertentu ( harga per unit material dikalikan volume penggunaan dari material itu sampai periode waktu tertentu).

Klasifikasi ABC mengikuti prinsip 80-20, atau hukum pareto dimana sekitar 80 % dari nilai *inventori material* dipresentasikan (diwakili) oleh 20 % material inventori.

Tujuan dari analisis ABC adalah untuk menentukan :

1. Frekuensi perhitungan inventori (*cycle routing*), dimana material kelas A harus diuji lebih sering dalam hal akurasi catatan inventori dibandingkan material-material kelas B atau C .
2. Prioritas rekayasa (*engineering*), dimana material-material kelas A dan B memberikan petunjuk pada bagian rekayasa dalam peningkatan program reduksi biaya ketika mencari material-material tertentu yang perlu difokuskan.
3. Prioritas pembeli, dimana aktifitas pembelian seharusnya difokuskan pada bahan-bahan bernilai tinggi (*high cost*) dan penggunaan dalam jumlah tinggi (*high usage*). Fokus pada material-material kelas A untuk pemasok (*sourcing*) dan negosiasi.
4. Keamanan : meskipun biaya per unit merupakan indikator yang lebih baik dibandingkan nilai penggunaan (*usage value*) namun analisis ABC boleh digunakan sebagai indikator dari material-material ( kelas A dan B) yang seharusnya lebih aman disimpan dalam ruangan terkunci untuk mencegah kehilangan, kerusakan, atau pencurian.

Prosedur pengelompokan material inventori ke dalam kelas A,B danC, antara lain mengikuti prinsip 80-20 :

1. Tentukan volume penggunaan per periode waktu dari setiap material inventori dengan biaya per unitnya guna memperoleh nilai total penggunaan biaya per periode waktu untuk setiap material inventori itu.
2. Kalikan volume penggunaan per periode waktu dari setiap material inventori dengan per unitnya guna memperoleh nilai total penggunaan biaya per periode waktu dari setiap material inventori itu.
3. Jumlah nilai total penggunaan biaya dari semua material inventori itu untuk memperoleh nilai total penggunaan nilai keseluruhan.
4. Bagi total penggunaan biaya dari setiap material inventori itu dengan nilai total penggunaan biaya keseluruhan, untuk menentukan presentase nilai total penggunaan biaya dari setiap material inventori.

5. Daftarkan material dalam *rank* presentase nilai total penggunaan biaya dengan urutan menurun dari terbesar sampai terkecil.
6. Klasifikasikan material-material inventori itu ke dalam kelas A,B,dan C dengan kriteria 20 % ke dalam kelas A (komponen kritis), 30 % ke dalam kelas B (komponen semi kritis, dan 50 % ke dalam kelas C (komponen non kritis).

### **2.7.6 Hubungan Reliability dan Sistem Persediaan**

Persediaan adalah sumber daya mengaganggur sebelum proses selanjutnya. Secara garis besar kebiksaan pemeriksaan persediaan ada dua yaitu pemeriksaan persediaan yang didasarkan persediaan pada periode tertentu (*periodic review*) dan pemeriksaan persediaan yang terus menerus (*continous review*).

Berdasarkan konsep keandalan, dapat ditentukan probabilitas kerusakan komponen mesin. Persediaan dapat ditentukan berdasarkan probabilitaskerusakan komponen sistem. Berdasarkan laju kerusakan, hubungan antara persediaan dan *reliability* berbanding terbalik. Semakin tinggi tingkat keandalan maka persediaan semakin sedikit dan sebaliknya. Berdasarkan bentuk kurva hubungan persediaan ( $Q$ ) dan *reliability* ( $R$ ), maka dipakai distribusi stastik yaitu distribusi *Weibull*.

Persediaan suku cadang mesin merupakan tujuan akhir penetapan teori keandalan. Keandalan berupaya melakukan study, pengukuran dan analisis terhadap kegagalan dan perbaikan kembali komponen kritis mesin dalam rangka meningkatkan penggunaan opsionalnya. Peningkatan dilakukan melalui reduksi atau eliminasi kemungkinan munculnya kegagalan.

### **2.7.7 Penentuan Persediaan Suku Cadang Berdasarkan Reliability**

Penentuan kebutuhan persediaan didasarkan pada laju kerusakan rata-rata komponen dalam selang waktu tertentu. Jumlah kebutuhan rata-rata komponen dalam selang waktu adalah :

$$Q = N\lambda t \quad (2.42)$$

Dimana :

$N$  = Jumlah komponen tersedia

$\lambda$  =  $\alpha^\beta$  = Laju kerusakan rata-rataselama selang waktu  $t$

$\alpha$  = Parameter skala

$\beta$  = Parameter bentuk

