



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Sistem Manajemen Pemeliharaan

Ruang lingkup manajemen pemeliharaan mencakup setiap tahap dalam siklus hidup sistem teknis (pabrik, mesin, peralatan dan fasilitas). Spesifikasi, akuisisi, perencanaan, operasi, evaluasi kinerja, perbaikan, dan pembangunan. Dalam konteks yang lebih luas, fungsi pemeliharaan juga dikenal sebagai manajemen aset fisik (Oktaria, 2011).

Berdasarkan teori tentang manajemen pemeliharaan maka manajemen pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, mesin dan peralatan pabrik, mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai apa yang diharapkan. Manajemen perawatan adalah pengorganisasian operasi perawatan untuk memberikan pandangan umum mengenai perawatan fasilitas industri. Pengorganisasian ini mencakup penerapan metode manajemen dan metode yang menunjang keberhasilan manajemen ini adalah suatu penguraian sederhana yang dapat diperluas melalui gagasan dan tindakan (Sayuti, 2013).

### 2.2 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan adalah bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Perawatan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan unit-unit pada kondisi operasional dan aman, apabila terjadi kerusakan maka dapat dikendalikan pada kondisi operasional yang handal dan aman (Ansori, 2013).

Fungsi perawatan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan



#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

peralatan tersebut selalu keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi (Orchidri, 2013).

*Maintenance* merupakan suatu fungsi dalam suatu industri manufaktur yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi seperti produksi. Hal ini karena apabila kita mempunyai mesin atau peralatan, maka biasanya kita akan selalu berusaha untuk tetap dapat mempergunakan mesin/peralatan sehingga kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Dalam usaha untuk dapat menggunakan terus mesin/peralatan agar kontinuitas produksi dapat terjamin, maka dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang meliputi (Hutagaol, 2009):

1. Kegiatan pengecekan.
2. Meminyaki (*lubrication*).
3. Perbaikan/reparsi atau kerusakan-kerusakan yang ada.
4. Penyesuaian /penggantian *spare part* atau komponen.

#### 2.2.1 Tujuan Perawatan (*Maintenance*)

*Maintenance* adalah kegiatan pendukung bagi kegiatan komersil, maka seperti kegiatan lainnya, *maintenance* harus efektif dan berbiaya rendah. Dengan adanya kegiatan *maintenance* ini, maka mesin atau peralatan produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai. Beberapa tujuan *maintenance* yang utama antara lain (Hutagaol, 2009):

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.



#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Untuk mencapai tingkat biaya maintenance secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
6. Memaximumkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*).
7. Untuk memperpanjang umur/masa pakai dari mesin atau peralatan.

### 2.2.2 Jenis Maintenance

Dalam hal ini para ahli membagi kegiatan pemeliharaan ke dalam dua bentuk, pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tak berencana (*unplanned maintenance*), dalam bentuk pemeliharaan darurat (*breakdown maintenance*). Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) merupakan tempat kegiatan perawatan yang dilaksanakan berdasarkan perencanaan terlebih dahulu. Pemeliharaan terencana ini terdiri dari pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*) dan pemeliharaan korektif (Iswanto, 2008).

#### 2.2.2.1 Planned Maintenance (Pemeliharaan Terencana)

Dua tipe tindakan utama pada *planned maintenance*, yakni (Widyaningsih, 2011):

##### 1. Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur sistem ataupun meningkatkan kehandalan dari sistem tersebut. Tindakan pemeliharaan ini bervariasi mulai dari perawatan ringan yang membutuhkan durasi kegagalan pendek seperti halnya pelumasan, *testing*, penggantian terencana terhadap komponen dan sebagainya sampai pada *overhaul* yang memerlukan waktu durasi kegagalan yang signifikan. Tindakan pencegahan biasanya sudah direncanakan dan terjadwal.

##### 2. Corective Maintenance (Pemeliharaan Perbaikan)

Pemeliharaan yang terdiri dari tindakan mengembalikan kondisi sistem atau produk yang rusak atau gagal beroperasi. Tindakannya biasanya berupa perbaikan dari komponen rusak ataupun penggantian komponen rusak.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pemeliharaan perbaikan biasanya dilakukan apabila terjadi kegagalan yang tiba-tiba dan biasanya tidak direncanakan.

### 2.2.2.2 *Unplanned Maintenance* (Pemeliharaan Tidak Terencana)

Disamping pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat pula pemeliharaan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Pemeliharaan tidak terencana didefinisikan sebagai pemeliharaan yang dilakukan karena adanya indikasi atau petunjuk bahwa adanya tahap kegiatan proses produksi yang tiba-tiba memberikan hasil yang tidak layak. Pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini dapat berupa pemeliharaan darurat (*emergency maintenance*) yaitu kegiatan perawatan mesin yang memerlukan tanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan kerusakan yang lebih parah (Iswanto, 2008).

### 2.3 Diagram Pareto (*pareto chart*)

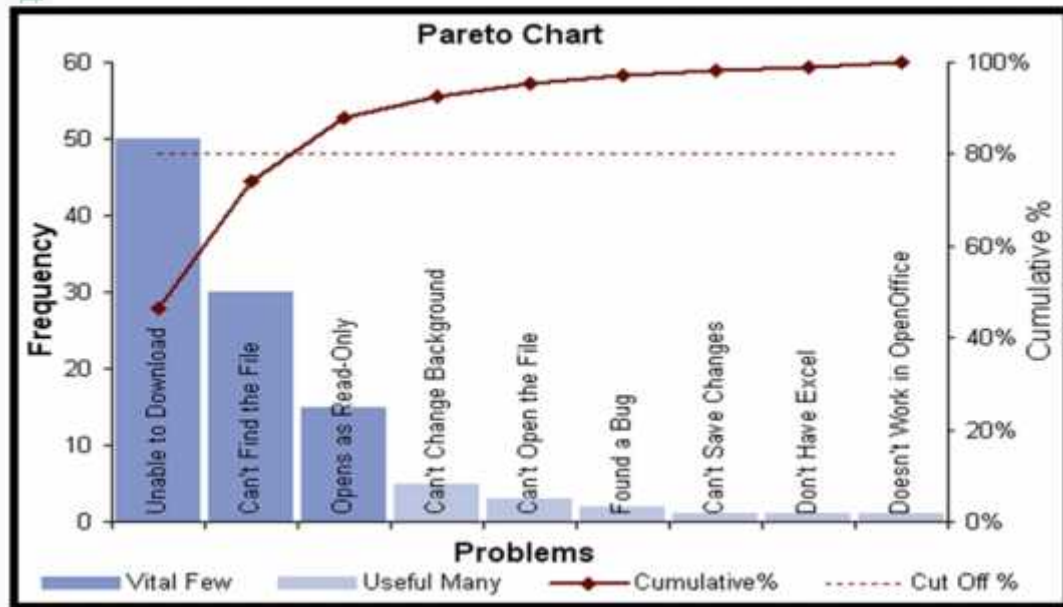
Diagram pareto memiliki peranan penting dalam perbaikan kualitas. Prinsip diagram pareto adalah dengan aturan 80/20 yang diadaptasi oleh Joseph Juran, yaitu 80% dari masalah (ketidaksesuaian) disebabkan oleh penyebab sebesar 20%. Diagram pareto membantu pihak manajemen mengidentifikasi area kritis (area yang paling banyak mengakibatkan masalah) yang membutuhkan perhatian lebih dengan cepat (Hartanto, 2010).

Diagram Pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang yang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan. Penggunaan diagram pareto biasanya dikombinasikan dengan penggunaan lembar (*check sheet*).

Diagram ini diperkenalkan pertama kali oleh seorang ahli ekonomi dari Italia bernama Vilfredo Pareto (1848-1923). Diagram Pareto dibuat untuk menemukan masalah atau penyebab yang merupakan kunci dalam penyelesaian masalah dan perbandingan terhadap keseluruhan. Dengan mengetahui penyebab-



penyebab yang dominan yang seharusnya pertama kali dibatasi, maka kita akan bisa menetapkan prioritas perbaikan. Perbaikan atau tindakan koreksi pada faktor penyebab yang dominan ini akan membawa akibat/pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penyelesaian penyebab yang tidak berarti (Sritomo, 2006).



Gambar 2.1 Diagram Pareto  
(Sumber: VERTEX42.com)

Dari gambar diatas dapat diketahui contoh dari diagram pareto dimana dari diagram tersebut akan dicari prioritas perbaikannya. Diagram pareto juga mengidentifikasi hal yang paling penting, serta alternatifnya pemecahan yang akan membawa perbaikan secara substansial dalam kualitas. Diagram ini juga memberikan pedoman dalam menempatkan sumber-sumber yang terbatas untuk aktivitas pemecahan masalah. Diantara manfaat diagram pareto terdapat berbagai kegunaan lain, yaitu (Hartanto, 2010) :

1. Untuk menetapkan masalah utama dalam kualitas.
2. Untuk menentukan setiap masalah secara komparatif terhadap masalah keseluruhan.
3. Untuk menunjukkan tingkat perbaikan sesudah perbaikan tersebut dilakukan pada bagian-bagian yang terbatas.
4. Untuk menentukan perbandingan setai masalah sebelum dan sesudah tindakan perbaikan dilakukan.


**Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Langkah-langkah dalam membuat diagram pareto (Hartanto, 2010) :

1. Menentukan rata-rata kualifikasi data, contoh berdasarkan penyebab masalah, tipe ketidaksesuaian atau hal lain yang khusus.
2. Menentukan sejauh mana kepentingan relatif yang akan diputuskan, apakah akan berdasarkan pada nilai finansial atau frekuensi dari kejadian.
3. Urutkan kategori prioritas dari yang terpenting sampai ke prioritas yang memiliki kepentingan terbawah.
4. Menghitung nilai frekuensi kumulatif dari kategori data berdasarkan urutannya.
5. Membuat diagram batang untuk menunjukkan kepentingan relatif dari masing-masing permasalahan dalam urutan angka. Identifikasikan sebab utama yang membutuhkan perhatian lebih.

#### 2.4 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* juga diperkenalkan pada tahun 1960, namun pada awalnya digunakan oleh produsen pesawat terbang, maskapai penerbangan dan pemerintah yang ditujukan untuk memelihara pesawat terbang (Asisco, 2012).

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam memastikan bahwa aset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakaiannya (Ansori 2013).

Pada dasarnya proses *reliability Centered Maintenance (RCM)* dapat ditelusuri dengan menggunakan tujuh pertanyaan tentang aset atau sistem yang diteliti (Ansori, 2013) :

1. Apakah fungsi dan performansi standar operasional dari aset?
2. Bagaimana aset tersebut rusak atau gagal dalam menjalankan fungsinya?
3. Apakah penyebab masing-masing kegagalan fungsi tersebut?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi?



## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kerusakan tersebut?

7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan?

Tujuan dari *reliability centered maintenace* menurut Sayuti (2013) yaitu:

1. Membentuk *desain* yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi *preventive maintenance*.
2. Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan *desain* dari produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan, yang berhubungan dengan keandalan.
3. Membentuk *preventive maintenance* dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan keandalan dan keamanan pada levelnya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau sistem.
4. Mendapatkan semua tujuan diatas dengan total biaya yang minimum.

#### 2.4.1 Prinsip-prinsip *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Prinsip-prinsip dalam *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terbagi atas tujuh yaitu (Azis, 2009) :

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sistem / alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem / alat tersebut sesuai dengan harapan.
2. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem dari pada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu sistem untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang digunakan.
4. RCM bertujuan menjaga agar keandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang *didesain* untuk sistem tersebut.
5. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi.



## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalan sesuai *performance standard* yang ditetapkan.

7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata / jelas/ tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

Karena RCM sangat menitikberatkan pada kegunaan *predictive maintenance* maka keuntungan dan kerugian juga hampir sama. Adapun keuntungan RCM adalah sebagai berikut (Wilbert, 2013) :

1. Dapat menjadi program perawatan yang paling efisien.
2. Biaya yang lebih rendah dengan mengeliminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan.
3. Meminimasi frekuensi *overhaul*.
4. Meminimasi peluang kegagalan peralatan secara mendadak.
5. Dapat memfokuskan kegiatan perawatan pada komponen-komponen kritis.
6. Meningkatkan *reliability* komponen.

#### 2.4.2 Tahap dalam *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Tahapan dalam menyusun *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah sebagai berikut (Wilbert, 2013):

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi (*system selection and information collection*).
2. Defenisi batasan sistem (*system boundary befinition*).
3. Deskripsi sistem dan diagram blok fungsional (*system description and functional block diagram*).
4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsional (*system function and functional failure*).
5. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *grey theory*.
6. *Logic Tree Analysis (LTA)*.
7. Pemilihan tindakan.



#### 2.4.2.1 Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*system selection and information collection*)

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu (Azis, 2009):

1. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan
2. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
3. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* atau biaya *corrective maintenance* yang banyak.
4. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *full* atau *partial outage* (*shutdown*).

Dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam *reliability centered maintenance* analisis antara lain (Azis, 2009):

1. *Piping and instrumentation diagram* (P&ID) merupakan ilustrasi skematik dari hubungan fungsi antara perpipaan, instrumentasi, komponen peralatan dan sistem
2. *Schematic/block diagram* merupakan sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
3. *Vendor manual* yaitu berupa dokumen data dan informasi mengenai *desain* dan operasi tiap peralatan (*equipment*) dan komponen.
4. *Equipment history* yaitu kumpulan data kegagalan (*failure*) komponen dan peralatan dengan data *corrective maintenance* yang pernah dilakukan.

#### 2.4.2.2 Definisi Batasan Sistem (*system boundary definition*)

Definisi batasan sistem digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), berisi tentang apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas dan perumusan


**Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem (Azis, 2009).

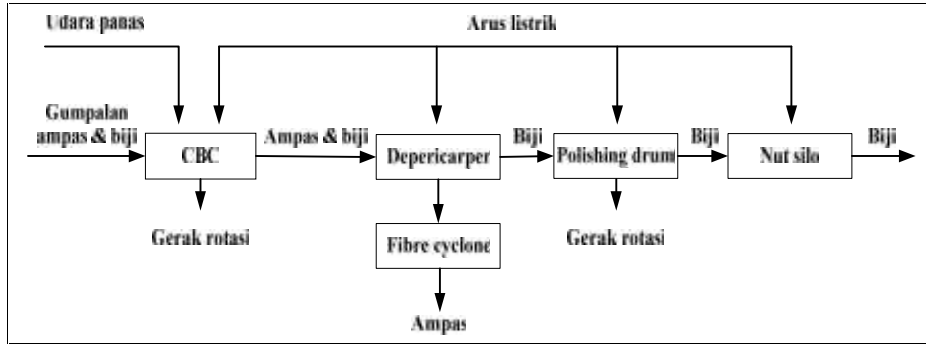
Dalam proses analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM), definisi batasan sistem sangat penting karena (Asisco, 2012):

1. Dapat membedakan secara jelas antara sistem yang satu dengan yang lainnya dan dapat membuat daftar komponen yang mendukung sistem tersebut. Hal ini dapat mencegah terjadinya tumpang tindih atau *overlapping*.
2. Dapat mendefinisikan sistem *input output* dari sistem. Dengan adanya perbedaan yang jelas antara apa yang masuk dan keluar dari suatu sistem maka akan sangat membantu dalam akurasi analisis proses RCM pada langkah berikutnya.
3. Definisi batasan sistem terdiri dari peralatan mayor (*mayor equipment*) dan batasan fisik (*physical primer boundaries*).

#### 2.4.2.3 Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional (*system description and functional block diagram*)

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut, maka dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi (Azis, 2009):

1. Deskripsi sistem.
2. *Functional block* Diagram.
3. *In / out interface*.
4. Struktur sistem *breakdown* (*system work breakdown system*). Gambar 2.2 berikut contoh *in / out interface* :



Gambar 2.2 In / Out Interface  
 (Sumber : Asisco, 2012)

#### 2.4.2.4 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional (*system function and functional failure*)

Fungsi (*function*) adalah kinerja (*performance*) yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. *Functional Failure* (FF) didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu komponen atau sistem untuk memenuhi standar prestasi (*performance standard*) yang diharapkan seperti yang disajikan pada Tabel 2.1 (Azis, 2009).

Tabel 2.1 Fungsi dan Kegagalan Fungsional

RCM						
Step 4		: <i>System Function and Functional Failure</i>				
Info		: <i>Function and Functional Failure</i>				
Plant		: Reaksi RSG GA Siwabessy		Analys: M. Tahri azis		
System		: Sistem Pendingin Prime		Date :		
Komp.		: Pompa JE 01 AP 01				
No	Kode	Nama item	Functions (F)		Failure Functions (FF)	
			Kode	Fungsi	Kode	K. Fungsi
1	A1		1.1			
1						
1						

Sumber : Azis (2009)

#### 2.4.2.5 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan salah satu teknik yang sistematis untuk menganalisa kegagalan. Teknik ini dikembangkan pertama kali sekitar tahun 1950 oleh para *reliability engineers* yang sedang mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh peralatan militer yang mengalami malfungsi.

Teknik analisa ini lebih menekankan pada *hardware-oriented approach* atau *bottom-up approach*. Dikatakan demikian karena analisa yang dilakukan dimulai dari peralatan dan meneruskannya kesistem yang merupakan tingkat yang lebih tinggi (Masruroh, 2008)

*Failure Mode and Effects Analysis* merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi *desain system* dengan mempertimbangkan bermacam-macam jenis kegagalan dari sistem dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level-level item khusus dari sistem yang kritis dapat dinilai dan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki *desain* dan mengeleminasi atau mereduksi probabilitas dari metode-metode kegagalan yang kritis (Ansori, 2013).

FMEA sering menjadi langkah awal dalam mempelajari keandalan sistem. Kegiatan FMEA melibatkan banyak hal seperti *me-review* berbagai komponen, rakitan dan subsistem untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalannya, penyebab kegagalannya, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan. Untuk masing-masing komponen berbagai mode kegagalan berikut dampaknya pada sistem ditulis pada sebuah *FMEA worksheet* (Masruroh, 2008).

Secara umum tujuan dari penyusunan FMEA adalah sebagai berikut (Masruroh, 2008):

1. Membantu dalam pemilihan desain alternatif yang memiliki keandalan dan keselamatan potensial yang tinggi selama fase desain.
2. Untuk menjamin bahwa semua bentuk mode kegagalan yang dapat diperkirakan berikut dampak yang ditimbulkannya terhadap kesuksesan operasional sistem telah dipertimbangkan.
3. Membuat *list* kegagalan potensial serta mengidentifikasi seberapa besar dampak yang ditimbulkannya.
4. Men-*develop* kriteria awal untuk rencana dan *desain* pengujian serta untuk membuat daftar pemeriksaan sistem.
5. Sebagai basis kualitatif keandalan dan ketersediaan.

#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Sebagai dokumentasi untuk referensi pada masa yang akan datang untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi dilapangan serta membantu bila waktu-waktu terjadi perubahan *desain*.

7. Sebagai data *input* untuk studi banding.

8. Sebagai basis untuk menentukan prioritas perawatan korektif.

Kegunaan dari *failure mode and effects analysis* adalah sebagai berikut :

1. Ketika diperlukan tindakan *preventive* atau pencegahan sebelum masalah terjadi.
2. Ketika ingin mengetahui atau mendata alat deteksi yang ada jika terjadi kegagalan.
3. Pemakaian proses baru.
4. Perubahan atau penggantian komponen peralatan.
5. Pemindahan komponen atau proses ke arah baru.

Dalam menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mengidentifikasi terlebih dahulu tentang *severity*, *occurrence* dan *detection* serta hasil akhirnya yang berupa *risk priority number* (RPN). Berikut adalah penjelasan dari masing-masing defenisi yaitu :

1. *Severity*

*Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. *Severity* adalah suatu perkiraan subyektif mengenai kerumitan suatu kegagalan dan bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut. Dampak tersebut dirancang mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak buruk (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Rating *Severity* dalam FMEA

Rating	Akibat	Kriteria Verbal	Akibat Produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak ada akibat apa-apa (tidak ada akibat) dan tidak ada penyesuaian yang diperlukan	Proses berada dalam pengendalian tanpa perlu penyesuaian
2	Akibat sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti	Proses berada dalam pengendalian tanpa perlu penyesuaian
3	Akibat ringan	Mesin tetap operasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan	Proses berada diluar pengendalian beberapa penyesuaian diperlukan
4	Akibat minor	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun terdapat gangguan kecil	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i> atau tidak ada kehilangan waktu produksi
5	Akibat moderet	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk	30-60 menit <i>downtime</i>
6	Akibat signifikan	Mesin tetap beroperasi dan aman, tetapi menimbulkan kegagalan produk	1-2 jam <i>downtime</i>
7	Akibat major	Mesin tetap beroperasi dan aman, tetapi tidak dapat dijalankan	2-4 jam <i>downtime</i>
8	Akibat ekstrim	Mesin tidak beroperasi, telah kehilangan fungsi utama mesin	4-8 jam <i>downtime</i>
9	Akibat serius	Mesin gagal beroperasi, serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja	> 8 jam <i>downtime</i>

Sumber : Masruroh (2008)

- Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Occurrence

Occurrence adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan (*possible failure rates*). Dengan memperkirakan kemungkinan *occurrence* pada skala 1 sampai 10 (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Rating Occurrence dalam FMEA

Rating	Kejadian	Kriteria Verbal	Akibat Pada Produksi
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	> 10.000 jam operasi mesin
2	Remote	Kerusakan jarang terjadi	6.001-10.000 jam operasi mesin
3	Sangat sedikit	Kerusakan terjadi sangat sedikit	3.001-6.000 jam operasi mesin
4	Sedikit	Kerusakan terjadi sedikit	2.001 - 3.000 jam operasi mesin
5	Rendah	Kerusakan terjadi pada tingkat rendah	1.001- 2.000 jam operasi mesin
6	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium	401-1.000 jam operasi mesin
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi	101-400 jam operasi mesin
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi	11-100 jam operasi mesin
9	Sangat Tinggi	Kerusakan terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi mesin
10	Hampir Selalu	Kerusakan terjadi selalu	< 2 jam operasi mesin

Sumber : Masruroh (2008)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. *Detection*

*Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Berdasarkan pada rating *detection*, jika *detection* menunjukkan “tidak pasti” maka dapat dikatakan sistem kontrol yang berfungsi tidak dapat mendeteksi kegagalan yang muncul dan termasuk ke dalam rating 10 (Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Rating *Detection* dalam FMEA

Rating	Akibat	Kriteria Verbal
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
4	Moderat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan moderat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
5	Moderat	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan moderat untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
8	Sedikit	Perawatan <i>preventive</i> memiliki sedikit kemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
9	Sangat sedikit	Perawatan <i>preventive</i> memiliki sangat sedikit kemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan

Sumber : Masruroh (2008)



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. *Risk Priority Number*

*Risk Priority Number* (RPN) merupakan produk matematis dari keseriusan *effects* (*severity*), kemungkinan terjadi *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects* (*occurrence*) dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut (Masruroh, 2008) :

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots(2)$$

.1)

**2.4.2.6 Tahapan Pengisian Rating FMEA**

Langkah-langkah dalam penyusunan *failure mode and effects analysis* (FMEA) adalah sebagai berikut (Masruroh, 2008) :

1. Menentukan fungsi dari komponen yang dianalisa.
2. Mendeskripsikan fungsi dari komponen yang dianalisa.
3. Mengidentifikasi *fuction failure* atau kegagalan fungsi.
4. Mengidentifikasi *failure mode* atau penyebab kegagalan yang terjadi.
5. Mengidentifikasi *failure effect* atau dampak yang ditimbulkan dari kegagalan sistem.
6. Menentukan *severity* atau penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan.
7. Menentukan *occurrence* yaitu sesering apa penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi.
8. Menentukan *detection* atau penilaian dari kemungkinan suatu alat dapat mendeteksi penyebab terjadi bentuk kegagalan.
9. Menghitung *risk priority number* (RPN) yaitu angka prioritas resiko yang didapatkan dari perkalian *severity*, *occurrence* dan *detection* dengan rumus  $RPN = S \times O \times D$

Adapun cara pengisian rating *severity*, *occurrence* dan *detection* adalah sebagai berikut (Widianto, 2014) :

1. Menyusun *worksheet* FMEA dari hasil pembahasan jenis *failuremode*.

Tabel 2.5 *Worksheet* FMEA

<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>				
No	Komponen	<i>Failure Effect</i>	<i>Failure Cause</i>	<i>Failure Mode</i>
1	Hidrolik	Membuat oli habis sehingga tidak ada oli bersikulasi mengakibatkan mesin macet	1. pipa retak 2. tabung oli mengalami retak 3. <i>weld</i> retak	Oli hidrolik utama mengalami kebocoran

Sumber : Widiyanto (2014)

2. Setelah *worksheet* FMEA diketahui langkah selanjutnya adalah membuat rating variabel FMEA yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*. Pengisian rating berdasarkan keadaan nyata yang terjadi akan diisi oleh karyawan atau pihak perusahaan dilantai produksi. Tabel 2.6, 2.7, 2.8 dan 2.9 merupakan contoh pengisian rating FMEA.

Tabel 2.6 Contoh Pengisian Rating *Severity*

<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>																				
No	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Rating Detection</i>																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1	Daya tekan pengepresan kurang optimal	Oli hidrolik utama mengalami kebocoran					✓													

Sumber : Widiyanto (2014)

Tabel 2.7 Contoh Pengisian Rating *Occurrence*

<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>																				
No	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Cause</i>	<i>Rating Occurrence</i>																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1	Daya tekan pengepresan kurang optimal	pipa retak tabung oli mengalami retak <i>weld</i> retak																		

Sumber : Widiyanto (2014)

Tabel 2.8 Contoh Pengisian Rating *Detection*

<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>																					
No	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	Rating <i>Severity</i>																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	Daya tekan pengepresan kurang optimal	Oli hidrolik utama mengalami kebocoran																			

Sumber : Widiyanto (2014)

Tabel 2.9 Rekapitulasi Rating *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>									
No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Cause</i>	<i>Failure Effect</i>	Rating <i>Severity</i> , <i>Occurrence</i> dan <i>Detection</i>			RPN	RANK
					S	O	D		
1	<i>Hidrolik</i>	Oli hidrolik utama mengalami kebocoran	1. pipa retak 2. tabung oli mengalami retak 3. <i>weld</i> retak	Membuat oli habis sehingga tidak ada oli bersikulasi mengakibatkan mesin macet	6	4	5	12	1

Sumber : Widiyanto (2014)

#### 2.4.2.7 Logic Tree Analysis (LTA)

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis* (LTA) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya (Asisco, 2012).

Tiga hal yang perlu diperhatikan dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut (Asisco, 2012):

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan mesin berhenti?

Tabel 2.10 *Logic Tree Analysis (LTA)*

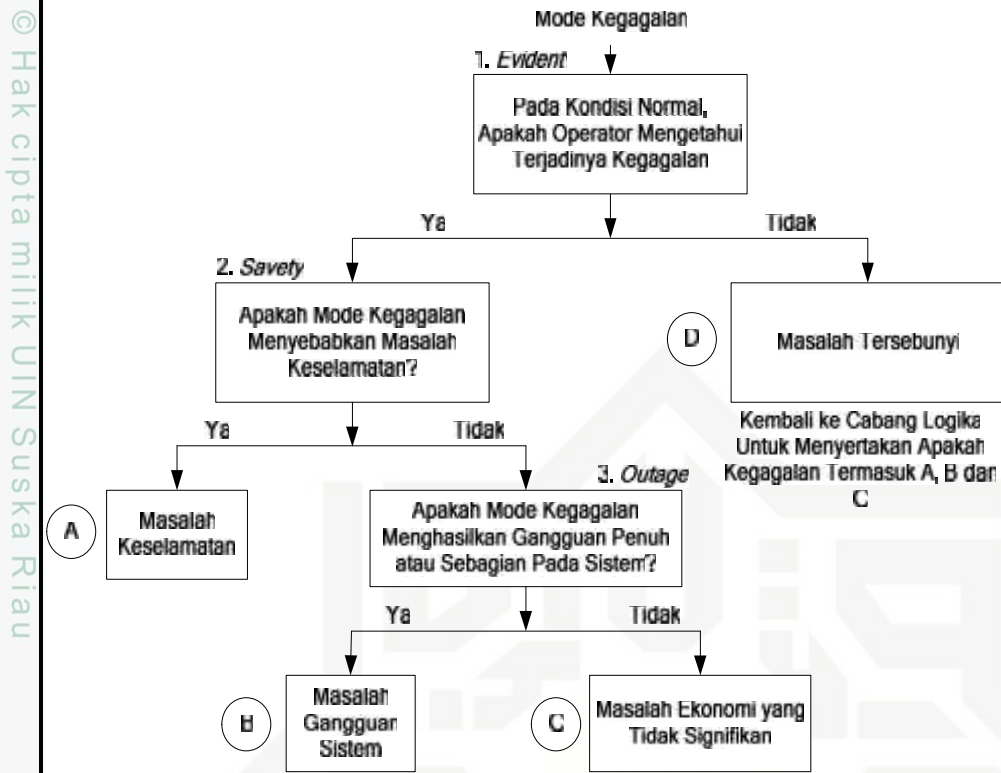
No	Functional Failure	No	Failure Mode	Criticality Analysis		
				Evident	Safety	Outage
1.	Daya tekan Pengepresan Kurang Optimal	1	Oli Hidrolik Utama Mengalami Kebocoran	Tidak	Tidak	Tidak

Sumber: Widiyanto(2014)

Berdasarkan LTA tersebut *failure mode* dapat digolongkan dalam empat kategori yaitu (Asisco, 2012):

1. Kategori A, jika *failure mode* mempunyai konsekuensi *safety* terhadap personel maupun lingkungan.
2. Kategori B, jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional pabrik yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan.
3. Kategori C, jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun operasional pabrik dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan.
4. Kategori D, jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure* yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, kategori D/B dan kategori D/C. Pada Gambar 2.3 berikut dapat dilihat struktur analisis cabang logika yang digunakan yaitu :





Gambar 2.3 Struktur Analisis Cabang Logika (LTA)  
(Sumber : Endy, 2011)

Setelah diketahui kategori pada masing-masing kegagalan komponen, selanjutnya menghitung persentase dari kategori komponen dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Kategori Komponen

No	Kategori	Frekuensi Kerusakan	Persentase%
1	A	-	-
2	B	39	100%
3	C	-	-
4	D	-	-
Total		39	100%

Sumber : Asisco(2012)

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

#### 2.4.2.8 Pemilihan Tindakan

Tugas yang dipilih dalam *preventive maintenance* harus memenuhi syarat sebagai berikut (Siswanto, 2010) :

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

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses dalam RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang harus dilakukan bergantung pada konsekuensi yang terjadi.

Tindakan perawatan terbagi menjadi empat jenis yaitu (Siswanto, 2010) :

1. *TimeDirected* (TD) adalah suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
2. *Condition Directed* (CD) adalah tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
3. *Failure Finding* (FF) yaitu suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
4. *Run to Failure* (RTF) adalah tindakan yang diambil dengan cara membiarkan komponen tersebut bekerja sampai mengalami kegagalan, karena tidak ada tindakan ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan. Untuk pemilihan tindakan perawatan pada komponen dapat dilihat *road map* pemilihan tindakan Gambar 2.4

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## 2.5 *Reliability* (Kehandalan)

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu kondisi tertentu. Dalam menyatakan berfungsi tidaknya suatu fasilitas/peralatan tertentu, kita bisa menyatakannya dalam nilai kehandalan dari fasilitas/peralatan tersebut. Keandalan menyatakan konsep kesuksesan operasi atau kinerja atau ketiadaan kerusakan. Ketidakhandalan/kekuranghandalan menyatakan kebalikannya. Teori keandalan menguraikan kegunaan interdisiplin, probabilitas, statistik, dan pemodelan stokastik, dikombinasikan dengan pengetahuan rekayasa kedalam desain dan pengetahuan ilmu mekanisme kerusakan, untuk mempelajari beberapa aspek kehandalan (Ansori, 2013).

*Reliability* atau kehandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep dapat diandalkan atau sistem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan. Lebih tepatnya, *reliability* didefinisikan sebagai suatu konsep terkait sebagai berikut: kehandalan produk atau sistem adalah probabilitas suatu barang atau sistem mampu melakukan fungsi tertentu untuk periode waktu tertentu jika beroperasi secara normal. Jika merujuk pada pendapat ahli didapat bahwa:

1. Menurut Ebeling (1997, dikutip oleh Widyaningsih 2011) *reliability* atau kehandalan didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi.
2. Menurut Blancard (1994 dikutip oleh Widyaningsih) *reliability* atau kehandalan merupakan probabilitas bahwa sebuah unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu.
3. Menurut Leith (1995 dikutip oleh Widyaningsih 2011) *reliability* atau kehandalan suatu produk adalah ukuran terhadap kemampuan produk tersebut untuk melakukan fungsinya, pada saat dibutuhkan, untuk waktu tertentu dan pada lingkungan tertentu pula.

### Hak Cipta Ditanggung Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Beberapa item pada daftar ini melibatkan banyak isu-isu lain, termasuk prediksi, penilaian, optimasi, dan topik terkait. Ini didefinisikan sebagai berikut (Widyaningsih, 2011):

1. *Reliability prediction* atau prediksi kehandalan pada dasarnya berhubungan dengan penggunaan model, sejarah masa lalu tentang produk serupa dan sebagainya, dalam upaya untuk memprediksi kehandalan dan produk pada tahap desain. Proses dapat diperbarui pada tahap selanjutnya dalam upaya untuk memprediksi kehandalan.
2. *Reliability assessment* atau penilaian kehandalan berkaitan dengan estimasi, kehandalan didasarkan pada data aktual, yang mungkin bisa berupa data pengujian, data operasional, dan sebagainya. Sistem melibatkan pemodelan, *goodness-of-fit* untuk distribusi probabilitas, dan analisis terkait.
3. *Reliability optimization* atau optimasi kehandalan mencakup banyak area dan berkaitan dengan pencapaian *trade-of* yang cocok antara berbagai tujuan yang saling bersain seperti kinerja, biaya, dan seterusnya.
4. *Reliability test design* atau kehandalan uji desain berkaitan dengan metode untuk memperoleh validitas, kehandalan, dan data yang akurat, dan melakukannya secara efisien dan efektif.
5. *Reliability data analysis* atau kehandalan analisis dapat berkaitan dengan estimasi parameter, pemilihan distribusi, dan banyak aspek yang dibahas di atas.

Kehandalan merupakan probabilitas dari peralatan atau proses yang berfungsi sesuai peruntukannya tanpa mengalami kegagalan, ketika dioperasikan pada kondisi yang semestinya untuk interval waktu tertentu. Biaya tinggi memotivasi para *engineer* untuk mencari solusi terhadap masalah kehandalan untuk mengurangi biaya pengeluaran, meningkatkan kehandalan, memuaskan pelanggan dengan pengiriman tepat waktu dengan cara meningkatkan ketersediaan peralatan, dan dengan mengurangi biaya dan masalah yang timbul dari produk-produk yang gagal dengan mudah (Widyaningsih, 2011)

## 2.5.1 Distribusi Kerusakan

Pada penelitian ini, distribusi yang digunakan dalam menentukan MTTF dan MTTR adalah distribusi *Weibull*, *lognormal*, normal dan eksponensial.

### 2.5.1.1 Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan dari produk karena mencakup ke tiga frase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Pada umumnya, distribusi ini digunakan pada komponen mekanik atau peralatan pemesinan. Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah  $\theta$  yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*). Fungsi yang terdapat dalam distribusi *Weibull* (Widyaningsih, 2011):

#### a. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$R(t)$  = Reliability Function

$t$  = Waktu (Jam)

$\eta$  = *eta* (Scale Parameter)

$\beta$  = *Beta* (Shape Parameter)

#### b. Probability density function (pdf)

$$F(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$F(t)$  = Probability Density Function

$t$  = Waktu (Jam)

$\eta$  = *eta* (Scale Parameter)

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$\beta$  = Beta (Shape Parameter)

c. Laju kerusakan

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$h(t)$  = Fungsi Laju Kerusakan

$t$  = Waktu (Jam)

$\eta$  = eta (Scale Parameter)

$\beta$  = Beta (Shape Parameter)

$$\begin{aligned} \text{MTTF/MTTR} &= \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} dt \\ &= \theta \Gamma \left[1 + \frac{1}{\beta}\right] = \mu \Gamma \left[1 + \frac{1}{\sigma}\right] \dots\dots\dots(2.5) \end{aligned}$$

Dimana:

$\text{MTTF}$  = Mean Time to Failure(Jam)

$\text{MTTR}$  = Mean Time to Repaire (Jam)

$\theta$  = Teta (Parameter Skala)

$\mu$  = Mu (Nilai Rata-Rata)

$\Gamma$  = Tabel Fungsi Gamma

$\beta$  = Beta (Parameter Bentuk)

$\sigma$  = Sigma (Simpangan Baku)

$t$  = Waktu (Jam)

$\eta$  = Eta (Scale Parameter)

Dalam distribusi *weibull* yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter. Perubahan nilai-nilai dari parameter bentuk ( $\beta$ ) yang menunjukkan laju kerusakan dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dibawah ini. Jika parameter  $\beta$  mempengaruhi laju kerusakan maka parameter  $\theta$  mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.5.1.2 Distribusi Normal

Distribusi normal cocok untuk digunakan dalam memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Karena hubungannya dengan distribusi *lognormal*, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisis probabilitas *lognormal*. Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi normal yaitu (Widyaningsih, 2011) :

*Reliability function* :

$$R(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana  $\mu > 0$ ,  $\sigma > 0$ , dan  $t > 0$

Dimana :

- R(t) = *Reliability Function*
- t = Waktu (Jam)
- $\mu$  = Nilai Tengah
- $\sigma$  = Standar Deviasi

$$MTTF/MTTR = \mu \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

- MTTF = *Mean Time to Failure*(Jam)
- MTTR = *Mean Time to Repaire* (Jam)
- $\mu$  = Nilai Rata-Rata

### 2.5.1.3 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu  $s$  yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan  $t_{med}$  sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah deri suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini dapat memiliki berbagai macam bentuk, sehingga dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi *weibull* juga sesuai dengan distribusi



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*lognormal*. Fungsi *reliability* yang terdapat pada distribusi *lognormal* (Widyaningsih, 2011) yaitu :

a. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left[\frac{1}{s} \ln - \frac{t}{t_{med}}\right] \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

- R(t) = Fungsi Keandalan
- s = *Shape Parameter* (Parameter Bentuk)
- t = Waktu (Jam)
- t<sub>med</sub> = Parameter Lokasi

b. *Probability Density Function* (PDF)

$$F(t) = \frac{1}{ts\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2s^2} \left[ \ln\left(\frac{t}{t_0}\right) \right]^2 \right\} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

- F(t) = *Probability Density Function*
- t = Waktu (Jam)
- t<sub>0</sub> = Waktu Awal Kerusakan
- η = *Eta* (*Scale Parameter*)
- β = *Beta* (*Shape Parameter*)
- s = *Shape Parameter* (Parameter Bentuk)

c. Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

- h(t) = Laju Kerusakan
- f(t) = *Probability Density Function*
- R(t) = *Reliability Function*

**Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$MTTF/MTTR = \exp (t_0 + 0,5 s^2) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

MTTF = *Mean Time to Failure*(Jam)

MTTR = *Mean Time to Repaire* (Jam)

t<sub>0</sub> = Waktu Awal Kerusakan

s = *Shape Parameter* (Parameter Bentuk)

**2.5.1.4 Distribusi Eksponensial**

Distribusi eksponensial digunakan untuk menghitung kehandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini adalah distribusi yang paling mudah dianalisis. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah  $\lambda$ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi eksponensial (Widyaningsih, 2011) yaitu:

- a. Fungsi Kehandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

R(t) = *Reliability Function*

$\lambda$  = Rata-Rata Kedatangan Kerusakan yang Terjadi

t = Waktu (Jam)

- b. *Probability Density Function* (PDF)

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

F(t) = *Probability Density Function*

$\lambda$  = Rata-Rata Kedatangan Kerusakan yang Terjadi

t = Waktu (Jam)

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

c. Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

$h(t)$  = Fungsi Laju Kerusakan

$\lambda$  = Rata-rata Kedatangan Kerusakan yang Terjadi

$$MTTF/MTTR = \gamma + \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

MTTF = *Mean Time to Failure*(Jam)

MTTR = *Mean Time to Repaire* (Jam)

$\lambda$  = Rata-Rata Kedatangan Kerusakan yang Terjadi

$\gamma$  = Nilai *Gamma*

**2.6 Penjadwalan**

Beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan sebagai berikut (Ginting, 2007):

1. Meningkatkan penggunaan sumberdaya atau mengurangi waktu tungguanya, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivits dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori baker mengatakan, jika aliran kerja suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir akan mengurangi rata-rata persedian barng setengah jadi.
3. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkn sehingga penmbahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

## 2.7 Simulasi

Simulasi berkembang pesat seiring dengan perkembangan komputer dan semakin kompleksnya masalah. Banyak defenisi simulasi yang dipakai oleh para peneliti dimana satu sama lain saling berbeda tetapi mempunyai inti yang sama. Simulasi adalah suatu prosedur kuantitatif, yang menggambarkan sebuah sistem dengan mengembangkan sebuah model dari sistem tersebut dan melakukan sederetan uji coba untuk memperkirakan perilaku sistem pada kurun waktu tertentu. Definisi yang lain, Simulasi adalah proses merancang model (matematika atau logika) dari suatu sistem dan kemudian menjelaskannya untuk mendeskripsikan, menjelaskan, dan menduga (memprediksi) tingkah laku (karakteristik dinamis) sistem (Pristiwanto, 2013).

### 1. Kelebihan/ keunggulan simulasi

- Simulasi dapat memberi jawaban yang tidak bisa dilakukan model analitik
- Simulasi dapat digunakan untuk analisis yang besar dan kompleks pada situasi keadaan nyata yang tidak dapat dilakukan oleh model kuantitatif konvensional
- Model simulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena asumsi yang lebih sedikit
- Simulasi membolehkan kita untuk mempelajari pengaruh alternatif dari kumpulan individu atau variabel mana yang lebih penting
- Pada banyak hal, simulasi lebih murah dari percobaannya sendiri.
- Untuk sejumlah proses dimensi, simulasi memberikan penyelidikan yang langsung dan terperinci dalam periode waktu khusus.

### 2. Kekurangan simulasi

- Simulasi bukan presisi dan juga bukan suatu proses optimasi. Simulasi tidak menghasilkan penyelesaian, tetapi menghasilkan cara untuk menilai jawaban termasuk jawaban optimal.
- Model Simulasi yang baik dan efektif adalah sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan model analitik



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- c. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian (*probability*) (Stiadi, 2014).

Simulasi memberikan hasil yang cukup baik bila digunakan untuk memecahkan berbagai persoalan, termasuk dalam pembuatan perencanaan. Pendekatan yang digunakan memecahkan berbagai masalah yang mengandung ketidakpastian dan kemungkinan jangka panjang yang tidak dapat diperhitungkan dengan seksama adalah dengan simulasi. Simulasi dapat diartikan sebagai sistem yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan persoalan – persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian dengan tidak atau menggunakan model atau metode tertentu dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusinya (Pristiwanto, 2013).

## 2.8 Simulasi Monte Carlo

Simulasi *Monte Carlo* dikenal juga dengan istilah *Sampling Simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. Simulasi *Monte Carlo* merupakan metode analisis numerik yang melibatkan pengambilan sampel eksperimen bilangan acak. Model simulasi *Monte Carlo* merupakan bentuk simulasi probabilistik dimana solusi dari suatu masalah diberikan proses randomisasi (acak). Bilangan acak digunakan untuk menjelaskan kejadian acak setiap waktu dari variabel acak dan secara berurutan mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses simulasi (Andrilia, 2012).

Simulasi *Monte Carlo* didefinisikan sebagai semua teknik *sampling* statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif. Dalam simulasi *Monte Carlo* sebuah model dibangun berdasarkan sistem yang sebenarnya. Setiap variabel dalam model tersebut memiliki nilai yang memiliki probabilitas yang berbeda, yang ditunjukkan oleh distribusi probabilitas atau biasa disebut dengan *probability distribution function* (pdf) dari setiap variabel. Metode *Monte Carlo* meng-simulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali tergantung sistem yang ditinjau, dengan cara memilih sebuah nilai *random* untuk setiap variabel dari distribusi



probabilitasnya. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut adalah sebuah distribusi probabilitas dari nilai sebuah sistem secara keseluruhan (Fadjar, 2008).

Istilah *Monte Carlo* sering dianggap sama dengan simulasi probabilistik. Namun *Monte Carlo Sampling* secara lebih tegas berarti teknik memilih angka secara acak dari distribusi probabilitas untuk menjalankan simulasi (Stiadi, 2014).

Adapun tahapan dalam melakukan simulasi *Monte Carlo* pada penjadwalan yaitu (Andrilia, 2012):

1. Pembangkitan skenario perawatan, skenario perawatan ini akan disimulasikan untuk mengetahui jenis perawatan dan interval penggantian yang tepat.
2. Pembangkitan bilangan acak *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR).  
Pembangkitan bilangan acak TTF dan TTR ini bertujuan untuk menghasilkan nilai-nilai yang mempunyai distribusi setara dengan populasi data TTF dan TTR yang sebenarnya.
3. Validasi data pembangkitan bilangan acak bilangan acak *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repaire* (TTR) dengan uji kesamaan dua rata-rata.
4. Simulasi perawatan mesin berdasarkan skenario perawatan yang diusulkan.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.