

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Didasari sebagai pendukung penelitian yang penulis lakukan, beberapa penelitian terkait usulan perawatan atau yang berkaitan dengan yang penulis lakukan maka penulis cantumkan sebagai acuan maupun sebagai referensi dalam penelitian yang dilakukan, dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode RCM mampu mengatasi kegagalan fungsi sistem perangkat.

Berikut beberapa penelitian yang berkaitan dengan yang akan penulis lakukan untuk mengatasi kegagalan menggunakan metode RCM yaitu penelitian Robie (2015), melakukan penelitian tentang usulan penerapan RCM pada fasilitas *power* di PT. H3I untuk peningkatan ketersediaan jaringan, dalam penelitiannya menjelaskan dalam kenyataannya ketersediaan jaringan sering mengalami gangguan akibat kegagalan fungsi sistem *power backup* ketika sistem *power* utama mengalami gangguan. Hasil penelitiannya berupa rekomendasi tindakan *maintenance task* yaitu berupa jarak waktu perawatan berkala (dua mingguan), perawatan dilakukan pada *Lightning Arrester*, *Condition Monitoring* (bulanan) dilakukan untuk terminal PLN, *Incoming Genset Terminal*, *Outgoing MDP Terminal*, *Quarterly* (tiga bulanan) untuk *Crank Relay*, *Fuel Relay*, *Alarm Relay*, komponen panel ATS perlu dilakukan pergantian secara berkala yaitu komponen *Contactora*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah beberapa komponen diberikan peluang RTF (*Run To Failure*) dikarenakan lebih *reliability* dan relatif mudah pengantiannya. Proses penerapan metode tersebut sepertinya bisa dikembangkan pada sistem *power backup* di unit STO milik PT. Telkom.

Penelitian lain mengenai mesin pendingin direaktor nuklir dari Tahril dkk (2009), pemilihan metode RCM yang akan diterapkan pada sistem pendingin primer RSG GA. Siwabessy yang fungsinya sebagai pendingin utama reaktor untuk menjamin suhu didalam teras dan reflektor sesuai batas operasi yang diizinkan. Pengembangan RCM berbasis web dengan *Free Open Source Software* (FOSS) akan membantu sebagai sistem informasi perawatan yang bekerja dalam jaringan. Hasil penelitiannya berupa rekomendasi perawatan sebanyak 52 jenis perawatan dari *task selection*, 35% *time directed* (18 *task*), 63% *condition directed* (33 *task*) dan 1% *failure finding* (1 *task*). Penelitian ini menunjukkan hasil penerapan RCM yang mampu mengumpulkan informasi untuk

dilakukan perawatan sistem pendingin reaktor nuklir primer. Penelitian ini penulis cantumkan sebagai acuan dalam mendeskripsikan sistem, *functional failure*, *failure mode*, *task selection* dan *failure consequence*. Dari penelitian ini membuktikan bahwa metode RCM mampu diterapkan untuk menangani sistem yang lebih kompleks seperti sistem yang akan penulis teliti.

Hakim (2014), melakukan penelitian mengenai analisa RCM pada motor diesel penggerak *generator* daya 320 kVA sebagai sumber kelistrikan hotel sapadia, dari penelitian tersebut menyatakan motor diesel sangat rentan terhadap kegagalan, penyebab kegagalannya adalah *human error*, faktor usia aset, pengoperasian aset dan sistem perawatan dari pihak manajemen yang tidak dijaga. Penelitian ini bertujuan untuk membuat program strategi perawatan dengan menggunakan metode RCM, hasil dari penelitian ini berdasarkan *worksheet* yaitu menemukan beberapa sistem yang dianalisa secara kualitatif yaitu komponen dasar mesin, komponen pendukung mesin yang secara keseluruhan dalam segi kondisi dinyatakan kritis. Penelitian ini juga terkait sistem pembangkit namun penelitian ini hanya menganalisa unit pembangkit cadangan (Genset) dan bukan unit pembangkit yang dilengkapi dengan sistem pembangkit cadangan.

Aufar dkk (2014), usulan perawatan area Trim Chassis dengan menggunakan RCM studi kasus PT. Nissan Motor Indonesia, Trim Chassis berfungsi untuk mengangkat, menyokong, dan membawa benda kerja. Hasil penelitian ini menjelaskan berdasarkan metode RCM bahwa area tersebut merupakan area kritis, selama februari hingga mei 2014 terjadi 148 kasus kerusakan pada area tersebut. 38 penyebab kegagalan terjadi pada mesin *Over Head Conveyor* (OHC). Berdasarkan perawatan menggunakan RCM, 32 penyebab kegagalan diatasi dengan *time directed* (TD) dan 6 penyebab kegagalan diatasi secara *run to failure* (RTF). Penelitian ini juga membuktikan bahwa metode RCM bisa diterapkan pada sistem produksi yang kompleks, sepertinya metode RCM juga bisa diterapkan pada sistem diunit STO.

Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa penerapan metode RCM mampu mengetahui kondisi peralatan dan jadwal waktu perawatan, penelitian terkait penulis cantumkan sebagai referensi untuk melakukan penelitian menggunakan metode RCM. Adapun kelebihan dari penelitian ini adalah penentuan waktu perawatan dan adanya anggaran biaya perawatan yang diperlukan jika menerapkan perawatan dengan metode RCM. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode RCM belum ada penelitian yang dilakukan sama persis seperti topik pembahasan yang penulis lakukan.

2.2 Teori

2.2.1 Keandalan (*Reliability*)

Menurut Priyanta (2000), keandalan adalah peluang dari suatu sistem untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan baik komponen sistem dan subsistem.

Pada dasarnya komponen keandalan dibagi menjadi empat komponen, yaitu :

1. Peluang (*probability*), merupakan nilai yang menunjukkan berapa jumlah kemungkinan kegagalan akan terjadi dari sejumlah operasi.
2. Kinerja (*performance*), merupakan kemampuan aset mampu melaksanakan fungsi yang diinginkan.
3. Waktu (*Time*), merupakan periode yang digunakan dalam pengukuran peluang aset mampu melaksanakan fungsinya.
4. Kondisi pengoperasian (*Operational Condition*), merupakan pernyataan kondisi bagaimana untuk mendapatkan angka keandalan.

Dalam menganalisa keandalan suatu aset, secara umum terdapat dua metode yang digunakan yaitu analisa kualitatif dan analisa kuantitatif (Priyanta, 2000).

1. Analisa kualitatif

Analisa kualitatif merupakan analisa secara kualitas dan cenderung menggunakan analisis dan dampak kegagalan, bentuk dari analisa secara kualitatif berupa :

a. *Fault Tree Analysis* (FTA)

Metode FTA bertujuan untuk mengidentifikasi aset dari berbagai faktor yang mengarah pada penyebab terjadinya kegagalan. Metode ini dikenal dengan pendekatan “*top down*”, analisis dari metode FTA berawal dari indentifikasi penyebab kegagalan fungsional yaitu pada *top event* dari suatu sistem atau subsistem dan meneruskannya kebawah, *top event* harus ditentukan terlebih dahulu kemudian aset dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didefinisikan pada *top event*, setelah itu peristiwa-peristiwa yang memberi kontribusi terhadap *top event* diidentifikasi dan dihubungkan ketop *event* dengan menggunakan gerbang logika. Hasil dari analisa dengan metode ini ditentukan oleh peristiwa yang terjadi pada *top event*. Untuk melakukan proses analisa dengan metode FTA secara umum dilakukan dalam lima tahap, yaitu:

1. Mendefinisikan kegagalan dan kondisi batasan dari suatu aset.
2. Penyusunan *fault tree*.
3. Mengidentifikasi *cut set* atau *path set*.
4. Analisa kualitatif dari *fault tree*.
5. Analisa kuantitatif dari *fault tree*.

b. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Metode FMEA merupakan teknik pendekatan secara sistematis yang untuk mengevaluasi tingkat keandalan dan mengidentifikasi penyebab kegagalan dan efeknya dari suatu aset (McDermott, 2009). Secara umum FMEA digunakan untuk mengidentifikasi tiga hal, yaitu:

1. Penyebab kegagalan potensial, desain dan proses dari sebuah aset.
2. Efek dari terjadinya kegagalan.
3. Tingkat kekritisan komponen dari efek kegagalan terhadap fungsi aset.

c. *Failure Mode and Effect Critically Analysis* (FMECA)

Metode FMECA didefinisikan sebagai metode yang digunakan untuk melakukan analisa dari semua mode kegagalan potensial, dampak kegagalan serta bagaimana mengurangi dampak dari kegagalan terhadap aset (Rausand, 2005). Dalam melakukan analisa dengan metode FMECA secara umum terdapat beberapa langkah, yaitu:

1. Identifikasi seluruh aset yang meliputi fungsi, kinerja yang diharapkan, pembatasan dari aset dan identifikasi kegagalan.
2. Melakukan analisis fungsional baik secara operasi maupun ketergantungan fungsional.
3. Identifikasi mode kegagalan dan efek dari kegagalan.
4. Menentukan ranting *Severity* (S), *Occurance* (O), *Detection* (D) dan *Risk Priority Number* (RPN).
5. Menentukan hasil komulatif komponen sebagai komponen kritis melalui penentuan nilai kritis dari RPN.

d. *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Metode RCM didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat agar aset fisik dapat terus menjalankan fungsinya sesuai

dengan yang diinginkan, metode ini bertujuan untuk mempertahankan fungsi aset dengan mengidentifikasi penyebab kegagalan dan memprioritaskan kepentingan kemudian memilih tindakan perawatan yang efektif yang dapat diterapkan (Moubray, 1997). Langkah analisa menggunakan metode ini akan merinci setiap tindakan yang harus dilakukan baik itu waktu yang diperlukan untuk melakukan perawatan hingga biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan perawatan. Proses analisa dengan metode RCM adalah dengan mengajukan tujuh pertanyaan terhadap tiap aset milik perusahaan (dalam konteks operasi) sebagai berikut :

1. Apa fungsi standar aset dalam menjalankan operasinya (*function*)?
2. Dalam kondisi seperti apa aset tidak mampu melaksanakan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa penyebab dari tiap kegagalan (*failure mode*)
4. Apa yang terjadi saat kegagalan berlangsung (*failure effect*)?
5. Bagaimana masalah yang ditimbulkan akibat dari kegagalan (*failure consequence*)?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya kegagalan (*proactive task*)?
7. Apa yang harus dilakukan jika *proactive task* tidak dapat dilakukan (*default action*)?

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu pemeliharaan yang sesuai untuk terjadi untuk periode berikutnya pada sistem *power backup*, maka metode yang paling sesuai adalah menggunakan metode RCM, karena didalam metode tersebut menggunakan teknik pengajuan pertanyaan dasar yang berfungsi untuk menyesuaikan fungsi dari aset sesuai kebutuhan.

2. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif merupakan analisa secara analitis dan menggunakan simulasi.

Metode secara kuantitatif terdiri dari:

- a. Perhitungan langsung untuk sistem-sistem yang sederhana.
- b. Pendekatan dengan probabilitas kondisional.
- c. metode *cut set*
- d. metode *tie set*
- e. Pohon kejadian (*event trees*)

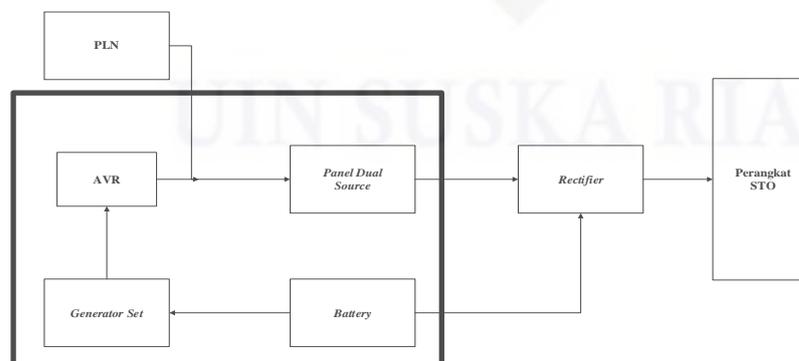
- f. Pohon kegagalan (*fault trees*)
- g. Rantai markov (*markov chain*)
- h. Proses markov (*markov process*)

2.3 Sentral Telepon Otomatis (STO)

Sentral Telepon adalah perangkat jaringan telekomunikasi sebagai pusat pengganti dan pengendali informasi yang dikirim untuk dapat disalurkan kepada penerima informasi (Munandi, 2009). Fungsi sentral telepon adalah :

1. Sebagai pengganti, yaitu sebagai pengganti terminal masukan dan keluaran.
2. Sebagai pengendali, mengendalikan pengubung atas dasar instruksi sinyal yang datang dari luar maupun data yang disimpan didalam sistem sentral itu sendiri.
3. Sebagai antar muka unit akses dari pengguna dan antar koneksi ke jaringan lain.
4. Sebagai pembebanan untuk menghitung dan pencatatan pemakaian.

Sentral telepon merupakan perangkat modem yang bekerja sebagai pusat stasiun kendali. Apabila ada panggilan baru yang diterima maka panggilan tersebut akan di arahkan melalui stasiun kendali, didalam sistem tersebut telah ditanamkan kode-kode tertentu untuk masing-masing nomor telepon, maka setiap panggilan masuk tersebut akan diarahkan ketujuan yang diinginkan dengan menggunakan kode tersebut. Berdasarkan data yang diamati dilapangan yang berhubungan dengan topik pembahasan terdapat 4 unit perangkat yang mempunyai fungsi yang sangat diutamakan yaitu Genset, *Automatic voltage Regulator* (AVR), *Panel Dual Source* dan Baterai. Gambar 2.1 merupakan diagram blok yang menggambarkan alur kerja di unit STO milik PT. Telkom Arnet Ridar.



Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem di STO
(Sumber gambar: PT. Telkom Arnet Ridar)

Berdasarkan diagram blok sistem unit STO diatas maka dapat dilihat peranan dan alur kerja pada masing-masing sistem. Unit STO memiliki dua sumber catu daya yaitu dari sumber listrik PLN dan genset, genset dalam kondisi ini berperan sebagai pembangkit cadangan apabila listrik PLN dilakukan pemadaman. Input yang ada baik dari PLN dan genset diarahkan menuju panel *dual source*, pada unit ini panel berperan sebagai terminal tempat berkumpulnya seluruh komponen kelistrikan yang telah dibagi sesuai dengan fungsinya masing-masing, keseluruhan terminal yang ada pada panel akan diteruskan pada perangkat rectifier untuk dilakukan pertukaran arus dan juga menstabilkan tegangan yang akan digunakan pada perangkat kerja. Rectifier berperan juga dalam proses pengisian tegangan baterai, jadi ketika terjadi pemadaman arus listrik PLN maka baterai akan mencatu seluruh perangkat kelistrikan, setelah genset nyala maka rectifier akan berperan untuk mengatur tegangan dan juga sebagai pengisi pada baterai, siklus ini akan terus terjadi dalam unit STO.

2.3.1 Komponen Sistem *Power Backup* Unit Sentral Telepon Otomatis

1. Panel *Dual Source*

Panel *dual source* adalah gabungan dari dua buah sistem yakni ATS dan AMF yang berfungsi sebagai sistem yang mengatur dua sumber tegangan yakni PLN dan pembangkit cadangan. *Automatic Transfer Switch* (ATS) merupakan rangkain elektronik yang berfungsi sebagai saklar dan beroperasi secara otomatis apabila terjadi pemutusan arus dari PLN maka panel ATS akan bekerja untuk memindahkan pengambilan listrik dari sumber lain dengan cara menghubungkan ke panel AMF sehingga panel AMF akan menghidupkan pembangkit cadangan, pada unit STO menggunakan genset sebagai pembangkit cadangan. Ketika sumber dari PLN dalam keadaan normal maka saklar akan kembali mengambil arus listrik dari PLN.

Panel *Automatic Main Failure* (AMF) digunakan untuk mengendalikan genset dengan cara kerja untuk mengaktifkan *starting* genset, setelah pembangkit aktif maka daya akan dialirkan ke beban, ketika PLN aktif kembali maka panel akan mematikan pembangkit cadangan. Menurut Enggar (2012), AMF mengendalikan transfer antar sirkuit atau alat sejenis dari catu daya utama kecatu daya cadangan dan sebaliknya. Gabungan panel tersebut adalah untuk mengotomatiskan dalam menangani kegagalan sumber arus listrik. Berikut panel *dual source* diunit STO Sidomulyo seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Panel *Dual Source*
 (Sumber gambar: PT. Telkom Arnet Ridar)

2. *Automatic Voltage Regulator (AVR)*

AVR berfungsi untuk menstabilkan tegangan listrik juga untuk mengamankan peralatan yang rentan terhadap arus yang tidak stabil. AVR bekerja untuk mengatur arus penguat apabila tegangan keluaran dari genset dibawah tegangan batas normal yang telah ditentukan maka AVR akan memperbesar arus tegangan hingga batas normal dan juga sebaliknya jika keluaran tegangan diatas batas normal maka AVR akan memperkecil tegangan sampai nilai ambang batas yang ditentukan. Berikut adalah AVR jenis SK-89 yang digunakan diunit STO seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Automatic Voltage Regulator type SK-89*
 (Sumber gambar: PT. Telkom Arnet Ridar)

2.1 Bagian-bagian unit AVR

a. *Comparative amplifier*

Rangkaian pembanding (*comparative amplifier*) adalah sebagai pembanding antara sirkuit perasa (*sensing circuit*) yang merespon terhadap keluaran dari pembangkit dengan

set tegangan. Besar *sensing voltage* dengan set tegangan tidak mempunyai nilai yang sama sehingga terjadi selisih besar tegangan (*error voltage*). *Comparative amplifier* akan menghilangkan besar tegangan dengan cara menempatkan *variable resistance* pada set *voltage* dan *sensing voltage*.

b. *Automatic manual change over and mixer circuit*

Sirkuit ini digunakan untuk mengendalikan tegangan penguat medan *generator* dan bisa difungsikan secara manual dan otomatis, pada fungsi manual pengaturan tegangan dapat dilakukan dengan mengatur *adjuster*. Apabila diatur pada kondisi otomatis maka AVR dapat bekerja untuk mengatur besar arus medan *generator*.

c. MEL (*minimum excitacy limiter*)

MEL digunakan untuk mencegah terjadinya tegangan lebih dan kekurangan tegangan juga adanya penambahan penguat (*excitacy*) agar tegangan berada pada level tetap. MEL juga digunakan untuk membandingkan tegangan keluaran pembangkit dengan penguat sesuai dengan ambang batas normal.

d. *Automatic follower*

Prinsip kerja *Automatic follower* adalah untuk melengkapi penguat dengan pengaturan secara manual melalui *adjuster* untuk menjaga kesetabilan tegangan. Perangkat ini digunakan untuk mendeteksi keluaran tegangan *error* dengan operasi manual dan otomatis untuk mengendalikan sinyal keluaran.

3. Genset model OJDS 25 SB

Genset merupakan suatu sistem perangkat yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Mesin akan menghasilkan energi listrik apabila terjadi perputaran pada turbin gas. Genset pada unit STO merupakan sumber pembangkit daya cadangan (*power backup*). Beberapa fungsi dari genset adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai sumber daya cadangan.
- b. Sebagai sumber catuan utama, apabila dilokasi terdapat catuan listrik dengan kondisi lemah dan jika arus listrik dalam keadaan normal seperti yang dibutuhkan maka genset dalam kondisi *standby*. Berikut adalah *Generator* yang digunakan di unit STO seperti gambar 2.4.

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.



Gambar 2.4. Genset Deutz model OJDS 25 SB
(Sumber gambar: PT. Telkom Arnet Ridar)

4. Baterai

Baterai merupakan alat yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk cair. Baterai akan merubah energi kimia menjadi energi listrik dan digunakan sebagai pengganti daya sementara sebelum genset nyala, selain berfungsi sebagai perangkat penyimpanan listrik, baterai juga dapat difungsikan langsung ketika proses penyimpanan berjalan. Baterai akan terjadi reaksi kimia yang menghasilkan elektron, sumber listrik yang digunakan sebagai pembangkit daya dalam bentuk arus searah (DC), dalam unit STO baterai berfungsi sebagai cadangan arus sebagai catuan utama pada sistem operasi *charge-discharge*. Berikut *battery* yang digunakan diunit STO Sidomulyo seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5. Battery Yuasa Pafecta type 95E41R/N100
(Sumber gambar: PT. Telkom Arnet Ridar)

5. Rectifier

Rectifier merupakan sebuah perangkat yang merupakan bagian dari pengatur kecepatan dengan prekuensi variable, rectifier juga dapat dikatakan sebagai bagian dari *power supply* catu daya yang memiliki fungsi sebagai pengubah sinyal tegangan *alternating current* (AC) menjadi tegangan *direct current* (DC). Adapun jenis rectifier

yang digunakan oleh pihak PT. Telkom Arnet Ridar adalah Rectifier dengan tipe Rectifier Benning E110-240G48 BWRU-PDT seperti gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Rectifier Rectifier Benning E110-240G48 BWRU-PDT

(Sumber gambar: PT.Telkom Arnet Ridar)

Adapun komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasi secara forward bias dalam sebuah catu daya pada tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut dirubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC perlu diturunkan menggunakan transformator *step down*. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu catu daya yaitu penurunan tegangan (transformator), penyearah tegangan (rectifier), dan filter (kapasitor) yang digambarkan dalam blok diagram pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Diagram System Rectifier

2.4 Perawatan (*Maintenance*)

Menurut Priyanta (2000), perawatan didefinisikan sebagai suatu tindakan yang dilakukan untuk menjaga peralatan agar dapat beroperasi dengan optimal. Perawatan menunjukkan tindakan terhadap aset dilakukan untuk memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Jika manajemen perawatan yang terabaikan maka akan memperpendek masa guna aset dan akan menambah biaya lain seperti biaya kerusakan (*downtime cost*) dan berbagai akibat yang timbul akibat kerusakan yang terjadi. Secara umum ada dua jenis perawatan yakni perawatan *preventive* dan perawatan *corrective*, perawatan jenis ini yang sering diaplikasikan perusahaan sebagai usaha agar aset tetap terjaga dalam produksinya.

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan adalah perawatan yang dilakukan pada waktu yang ditentukan. Perawatan ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadi kegagalan suatu aset. Perawatan pencegahan dibagi menjadi dua yaitu:

- 1) perawatan terjadwal (*scheduled maintenance*) yakni berupa pengecekan komponen secara periodik untuk menentukan apakah pengaturan dan penggantian sudah diperlukan.
- 2) perawatan berdasarkan kondisi sistem (*condition based maintenance*) merupakan perawatan berdasarkan kondisi sistem yang dilakukan berdasarkan kondisi yang sudah diketahui.

2. Perawatan *Corrective*

Perawatan perbaikan (*corrective*) adalah perawatan yang dilakukan setelah peralatan mengalami kegagalan hingga dapat melakukan fungsinya kembali. Perawatan darurat (*emergency*) adalah jenis perawatan *corrective* untuk menfungsikan kembali peralatan secepatnya agar dampak yang lebih buruk dapat dihindari (Priyanta, 2000).

Sistem perawatan yang telah diterapkan oleh perusahaan sebenarnya telah dilakukan secara rutin seperti perawatan mingguan untuk kegagalan dengan kondisi gangguan ringan, perawatan tahunan untuk tingkat penggantian perangkat. Berikut penjelasan sistem perawatan yang telah diterapkan oleh PT. Telkom Arnet Ridar.

1. Perawatan Mingguan

Perawatan dilaksanakan seperti yang telah ditetapkan perusahaan, dengan uraian kegiatan memeriksa sistem kelistrikan, memeriksa perangkat dan juga mendata semua perangkat penting untuk melakukan tindakan yang lebih penting.

2. Perawatan Tahunan

Perawatan dilaksanakan seperti yang telah ditetapkan perusahaan, dengan uraian kegiatan mengacu pada tolak ukur keseriusan yang lebih tinggi dan juga tindakan dengan melakukan penggantian perangkat.

2.5 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Menurut Moubray (1997). RCM didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat agar aset fisik dapat terus menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan. Proses analisa dengan metode RCM adalah dengan

mengajukan tujuh pertanyaan terhadap tiap aset milik perusahaan (dalam konteks operasi).
 Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Apakah fungsi serta standar performansi yang dimiliki aset dalam menjalankan operasinya (*Function*)?
2. Dalam kondisi seperti apa aset tidak memenuhi fungsinya (*Functional Failure*)?
3. Apa penyebab dari tiap kegagalan (*Failure Mode*)?
4. Apa yang terjadi saat kegagalan berlangsung (*Failure effect*)?
5. Bagaimana masalah yang ditimbulkan akibat kegagalan (*Failure Consequence*)?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya kegagalan (*Proactive task*)?
7. Apa yang harus dilakukan jika *proactive task* tidak dapat lakukan (*Default action*)?

Empat pertanyaan dasar RCM adalah langkah awal sebagai dasar untuk memperoleh informasi dari aset. Pengumpulan data-data kegagalan meliputi fungsi aset (*function*), kegagalan fungsi (*functional failure*), penyebab kegagalan (*failure mode*), akibat dari kegagalan (*failure effect*). Empat pertanyaan dasar RCM tersebut dirangkum dalam satu tabel RCM *Information Worksheet* seperti tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 RCM *Information Worksheet*

RCM <i>Information Worksheet</i>		Sistem			Date	Sheet No Of
		Sub Sistem				
No	<i>Componen and Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode (Cause of Failure)</i>	<i>Failure Effect (What happens when it fails)</i>		
1						

Sumber : Moubray (1997)

Tahap berikutnya merupakan langkah analisa dengan mengajukan tiga pertanyaan dasar selanjutnya dan digunakan dalam menganalisa pengambilan keputusan untuk menentukan tindakan perawatan. Masing-masing dari pertanyaan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Fungsi (*Function*)

Menentukan perawatan yang sesuai untuk mempertahankan aset sehingga dapat berfungsi seperti yang diinginkan dalam operasinya, yang meliputi :

- a. Tentukan apa yang diinginkan pengguna terhadap aset.
- b. Pastikan aset mampu menjalankan apa yang diinginkan oleh pengguna.

Kategori tersebut adalah dasar mengapa langkah pertama dalam proses RCM adalah menentukan apa fungsi dan standar performansi dari tiap aset. Apa yang pengguna inginkan terhadap aset dapat dikategorikan menjadi dua :

- a. Fungsi utama dari aset tersebut. Kategori fungsi ini adalah kecepatan, keluaran, kapasitas, kualitas produk dan layanan terhadap konsumen.
- b. Fungsi tambahan yang disesuaikan dengan keinginan pengguna meliputi keamanan, kendali, kenyamanan, ekonomi, perlindungan, efisiensi, pemenuhan terhadap standar lingkungan serta semua yang tampak dan dimiliki oleh aset.

2. Kegagalan Fungsi (*Failure Mode*)

Sasaran dalam menjalankan kegiatan perawatan adalah sama seperti apa yang telah didefinisikan dalam fungsi dan standar performansinya. Namun pertanyaannya adalah bagaimana mencapai sasaran tersebut. Satu-satunya kejadian yang dapat menghentikan aset untuk dapat menjalankan fungsinya adalah kegagalan. Untuk itu diperlukan sebuah manajemen perawatan perbaikan dengan cara memperhatikan bagaimana terjadinya kegagalan. Proses RCM untuk mengetahui kegagalan terdapat 3 tahap, yaitu:

1. Mengidentifikasi penyebab yang mengarah pada kegagalan (*failed state*) atau kegagalan fungsi karena terjadi ketika sebuah aset tidak mampu memenuhi fungsinya.
2. Mempertanyakan kejadian yang menyebabkan aset gagal menjalankan fungsinya.
3. Melakukan identifikasi kejadian yang menjadi penyebab terjadinya tiap-tiap kegagalan (*failed state*) yang disebut penyebab kegagalan (*failure modes*).

3. Penyebab Kegagalan (*Failure Mode*)

Langkah ketiga merupakan langkah untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan (*failure cause*) dan dampak yang ditimbulkan. Menurut Moubray (1997),

langkah ketiga sangat penting bagi tahapan RCM dimana setiap terjadi kegagalan yang perlu dicari adalah identifikasi penyebab kegagalan fungsi aset. Selanjutnya adalah mengidentifikasi apakah penyebab kegagalan dalam konteks operasi yang sama. Daftar penyebab kegagalan tidak hanya disebabkan kerusakan dari aset, namun harus mencakup kegagalan yang disebabkan oleh kesalahan manusia (pada operator dan pengelola) dan kelemahan dalam desain. Sehingga semua penyebab kegagalan peralatan dapat diidentifikasi dan ditangani dengan tepat.

a. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan serta dampak yang ditimbulkan terhadap suatu sistem, dalam prosesnya dibutuhkan pengumpulan data operasi sistem, (Dermott, 2009). Tujuan dari penggunaan metode FMEA pada penelitian ini adalah untuk mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN), nilai ini digunakan untuk mengetahui kondisi komponen-komponen kritis sebagaimana metode ini juga termasuk dalam tahapan proses analisa metode RCM. Berikut langkah-langkah menentukan penyebab kegagalan menggunakan FMEA.

1. FMEA Worksheet

Langkah-langkah prosesnya diilustrasikan melalui *worksheet* FMEA. Contoh dari *worksheet* FMEA adalah seperti pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 *Worksheet* FMEA

<i>N</i>	<i>Compon</i> <i>ent</i> <i>And</i> <i>Function</i>	<i>Potentia</i> <i>l</i> <i>Failure</i> <i>Mode</i>	<i>Potensia</i> <i>l</i> <i>Effect of</i> <i>Failure</i>	<i>S</i> <i>E</i> <i>V</i>	<i>Potentia</i> <i>l</i> <i>Cause</i> <i>of</i> <i>Failure</i>	<i>O</i> <i>C</i> <i>C</i>	<i>Carrent</i> <i>Control</i> <i>s</i>	<i>D</i> <i>E</i> <i>T</i>	<i>R</i> <i>P</i> <i>N</i>	<i>Recommende</i> <i>d</i> <i>Action</i>
1										

Sumber : Dermott (2009)

Keterangan:

1. *Component and Function*, berisi tentang komponen dan fungsi dari bagian yang dianalisa.
2. *Potential Failure Mode*, berisi jenis-jenis potensi kegagalan sistem dalam prosesnya.

3. *Potential effect of failure*, berisi akibat yang akan ditimbulkan jika komponen mengalami kegagalan.
4. *Severity* (SEV), merupakan nilai keparahan dari efek yang ditimbulkan oleh kegagalan terhadap keseluruhan sistem.
5. *Potential Cause Of Failure*, berisi tentang apa saja yang menyebabkan terjadinya kegagalan.
6. *Occurent* (OCC), berisi nilai frekuensi kejadian yaitu seberapa sering akibat kegagalan muncul karena penyebab kegagalan.
7. *Current Control*, adalah metode kendali apa yang sudah diterapkan untuk mencegah terjadinya kegagalan atau kendali apa untuk mendeteksi jika terjadi kegagalan.
8. *Detection* (DET), merupakan nilai seberapa besar kemungkinan *current control* bisa mendeteksi kegagalan.
9. *Resiko Priority Number* (RPN), merupakan hasil dari perkalian antara *Severity*, *Occurity*, dan *Detection*.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (2.1)$$

2. Menentukan Severity, Occurrence dan Detection

Menentukan prioritas dari bentuk kegagalan maka dalam dalam metode FMEA harus mendefinisikan *severity*, *Occurrence*, *detection* dan hasil akhir adalah berupa nilai RPN. *Severity* adalah penilaian tingkat keseriusan dari efek kegagalan pada komponen yang mempengaruhi hasil kerja mesin, untuk nilai *severity* dinilai pada skala 1-10 seperti pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Tingkat Severity

Penilaian	Severity	Makna
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan yang menghasilkan efek sangat berbahaya
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan yang menghasilkan efek berbahaya
8	Sangat tinggi	Sistem tidak beroperasi
7	Tinggi	Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara keseluruhan

Tabel 2.3 Tingkat *Severity* (Lanjutan)

6	Sedang	Sistem beroperasi dan aman tetapi tidak dapat dijalankan secara keseluruhan
5	Rendah	Mengalami penurunan kinerja secara bertahap
4	Sangat rendah	Efek yang kecil pada performa sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem
2	Sangat Kecil	Efek yang yang diabaikan pada kinerja sistem
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek

Sumber : Dermott (2009)

Occurrence adalah penilaian tertentu dimana adanya sebab kerusakan yang terjadi, dari tingkatan *occurrence* dapat diketahui kemungkinan penyebab kerusakan dan seringnya terjadinya kerusakan, penilaian tingkat *occurrence* terlihat seperti tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Tingkat *Occurrence*

Penilaian	<i>Occurrence</i>	Makna
10	Sangat Tinggi	Seringnya terjadi kegagalan
9		
8	Tinggi	Kegagalan yang berulang
7		
6	Sedang	Jarang terjadi kegagalan
5		
4		
3	Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan
2		
1	Tidak ada efek	Hampir tidak ada kegagalan

Sumber : Dermott (2009)

Detection adalah penilaian untuk menemukan potensi penyebab yang menimbulkan kerusakan dan perbaikannya. Berikut tingkat *detection* seperti table 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Tingkat *Detection*

Penilaian	Detection	Makna
10	Tidak pasti	Perawatan <i>preventive</i> selalu tidak mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
9	Sangat kecil	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “sangat tipis” untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
8	Kecil	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “tipis” untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
5	Sedang	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “sedang” untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
4	Menengah Keatas	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “menengah keatas” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan tinggi untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> mampu mendeteksi penyebab potensi kegagalan dan mode kegagalan

Sumber : Dermott (2009)

3. Analisa Pareto

Analisa digunakan untuk menentukan komponen yang berkontribusi terhadap kegagalan. Hasil dari analisa pareto yaitu dapat menentukan komponen yang menyebabkan kegagalan utama sehingga dapat ditentukan komponen yang perlu dianalisa lebih lanjut. Analisa Pareto disusun berdasarkan nilai RPN yang telah didapatkan. Langkah-langkah dalam menyusun analisa pareto yaitu:

1. Mengurutkan nilai RPN dari yang tertinggi ke yang terendah, misal 6,3,1.
2. Menghitung nilai RPN komulatif, untuk baris pertama tetap yaitu = 6, untuk baris kedua, menjumlahkan nilai baris pertama dengan baris kedua, misal 6+3=9, untuk baris ketiga menjumlahkan baris pertama, kedua dan ketiga, misal 6+3+1=10 dan seterusnya.
3. Menghitung persentase masing-masing nilai, misal $(6 \times 10) \times 100\% = 60\%$.
4. Menghitung persentase kumulatif, baris pertama 60%, baris kedua $60\% + 30\% = 90\%$, baris ketiga $60\% + 30\% + 10\% = 100\%$.
5. Menggambar diagram batang untuk setiap nilai komponen.

4. Analisa Ketersediaan (*Availability*)

Ketersediaan adalah kemampuan sistem beroperasi sesuai fungsinya pada waktu yang ditentukan. Analisa ketersediaan merupakan sebuah metode yang dapat membantu dalam memperbaiki produktivitas aset, (Priyanta, 2000). Ketersediaan didapatkan dari dua faktor yaitu MTTR (*Mean Time to Repair*) atau ukuran perawatan komponen dan MTTF (*Mean Time to Failure*) atau ukuran kemampuan komponen. Nilai MTTR dan MTTF dapat dirumuskan pada persamaan berikut :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \tag{2.2}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \tag{2.3}$$

Dimana :

λ = Laju kegagalan pertahun

μ = waktu perbaikan rata-rata

Maka untuk menentukan ketersediaan didapatkan melalui persamaan:

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \tag{2.4}$$

5. Konsekuensi dari Kegagalan

RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan menjadi empat bagian, yakni:

1. *Hidden failure consequence*, kegagalan fungsi yang tidak dapat menjadi bukti bagi operator bahwa telah terjadi kegagalan pada kondisi normal. Biasanya disebabkan oleh peralatan pengaman yang gagal bekerja.
2. *Safety and environmental consequence*, kegagalan yang mempunyai konsekuensi terhadap keselamatan jika dapat melukai atau mencederai atau bahkan membunuh seseorang dan lingkungan jika melanggar standar lingkungan.
3. Konsekuensi operasional, kegagalan yang memiliki konsekuensi operasional jika berpengaruh pada produksi (keluaran produk, kualitas produk, biaya operasional sebagai biaya langsung yang dikeluarkan untuk perbaikan).
4. *Non-operational consequence*, kegagalan yang berpengaruh pada biaya langsung yang ditimbulkan karena perbaikan.

6. Proaktive Task

Tindakan ini diambil sebelum terjadi kegagalan, dengan harapan dapat mencegah peralatan pada kondisi kegagalan (*failed state*). Hal ini merupakan perawatan *predictive* dan *preventive*. Sedangkan dalam RCM sendiri digunakan pendekatan *scheduled restoration*, *scheduled discard* serta *on-condition task*. Berikut penjelasan dari pendekatan yang digunakan dalam metode RCM :

- 1) *Scheduled restoration task* merupakan tindakan pemulihan kemampuan komponen sebelum batas umur pemakaiannya tanpa memperhatikan kondisi. Kegiatan dilakukan seperti pemeriksaan secara teliti atau merubah desain yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan karena umur peralatan.
- 2) *Scheduled on-condition task* adalah untuk mengetahui terjadinya kegagalan potensial, sehingga dapat ditentukan apa yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan atau untuk menghindari konsekuensi yang timbul akibat kegagalan fungsi.

7. Default Action

Tindakan ini diambil setelah tindakan *proaktive* tidak bermanfaat untuk menghadapi penyebab kegagalan. *Default action* ditentukan berdasarkan konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan sebagai berikut :

1. Jika *proaktive task* tidak dapat digunakan untuk menurunkan resiko terhadap banyak kegagalan yang berkaitan dengan *hidden function*, maka kegiatan periodik *failure finding* dapat diberikan.
2. Jika *proaktive task* tidak dapat digunakan untuk menurunkan resiko kegagalan yang dapat berpengaruh pada keselamatan atau lingkungan, maka aset tersebut harus di desain ulang atau proses yang dijalankan harus diubah.
3. Jika *proaktive task* tidak dapat digunakan karena biaya kegagalan disebabkan oleh konsekuensi operasional, *default action* yang dapat diberikan adalah *no scheduled maintenance* jika konsekuensi operasional tidak mampu memperbaiki maka *default action* yang dapat diberikan adalah desain ulang peralatan.

Jika *proaktive task* tidak dapat digunakan karena biaya kegagalan disebabkan oleh *non-operational consequence*, *default action* yang dapat diberikan adalah *no- scheduled maintenace*. Jika biaya perbaikan terlalu tinggi, *default action* kedua dapat diberikan yakni melakukan desain ulang peralatan.

2.6 RCM Decision Worksheet

RCM *Decision Worksheet* merupakan dokumen lembar kerja kedua dalam pengerjaan RCM, (Moubray, 1997). *Worksheet* ini digunakan untuk mencatat jawaban dari pertanyaan yang muncul dari *decision diagram*, sehingga kita dapat mengetahui:

1. Apa saja perawatan rutin yang harus dilakukan, waktu perawatan dan siapa yang melakukan perawatan.
2. Kegagalan mana yang cukup sering sehingga perlu dilakukan desain ulang peralatan.
3. Keputusan apa yang harus diberikan untuk menangani kegagalan.

Kolom-kolom RCM *Decision Worksheet* dibagi sebagai berikut:

1. *Information Reference*, mengacu pada informasi yang diperoleh dari FMEA/RCM *Information Worksheet*, yakni dengan memasukkan kode dalam *Function Failure*, serta *Failure Mode* dari masing-masing peralatan.
2. *Consequence Evaluation* merupakan konsekuensi yang diakibatkan karena terjadinya kegagalan fungsi. Dalam RCM konsekuensi kegagalan dibedakan menjadi 4 jenis, yakni: *Hidden failure*, *Safety Effect*, *Enviromental Effect* dan *Operational Effect*.

Pengisian yang dilakukan dalam *consequence evaluation* seperti pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Penentuan Kriteria Konsekuensi RCM

<i>Failure Consequence</i>	Memiliki Konsekuensi	Tidak Memiliki Konsekuensi
Kolom H (<i>Hidden Function</i>)	<i>Failure modes</i> tidak dapat diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal	<i>Failure modes</i> dapat diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal
Kolom S (<i>Safety</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada Keselamatan Kerja Operator	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada Keselamatan Kerja Operator
Kolom E (<i>Environment</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada Lingkungan sekitar	<i>Failure mode</i> tidak berdampak pada Lingkungan sekitar
Kolom O (<i>Operational</i>)	<i>Failure Mode</i> berdampak pada <i>output</i> produksi yang dihasilkan	<i>Failure Mode</i> tidak berdampak pada <i>output</i> produksi yang dihasilkan

Sumber : Moubray (1997)

3. *Proactive task & Default Action*

Proactive task merupakan tindakan yang diambil untuk mencegah terjadinya penyebab kegagalan. Dalam penentuan tindakan tersebut dibantu dengan *Decision Diagram* dengan memenuhi *technically feasible* dan *worth doing* yang telah ditetapkan dalam RCM, yakni seperti dalam tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7 Penentuan Persyaratan Kondisi *Proactive Task* dalam RCM

<i>Proactive Task</i>	Persyaratan Kondisi <i>Proactive Task</i>
Kolom H1/S1/O1/N1 <i>Sheduled on condition task</i>	- Memungkinkan untuk dilakukan pendeteksian terhadap gejala awal terjadinya kerusakan. - Apakah dalam interval waktu tersebut cukup untuk dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi <i>functional failures</i> .

Tabel 2.7 Penentuan Persyaratan Kondisi *Proactive Task* dalam RCM (Lanjutan)

Kolom H2/S2/O2/N2 <i>Scheduled Restoration task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi umur dimana item menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kegagalan - Mayoritas item dapat bertahan pada umur tersebut (untuk kegagalan yang memiliki dampak/ konsekuensi terhadap <i>safety/environment</i>) - Memulihkan daya tahan item terhadap kegagalan yang terjadi.
Kolom H3/S3/O3/N3 <i>Scheduled Discard Task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi umur dimana item menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kegagalan - Mayoritas item dapat bertahan pada umur tersebut (untuk kegagalan yang memiliki dampak/ konsekuensi terhadap <i>safety/environment</i>)
Kolom H4 <i>Scheduled failure finding task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pendeteksian untuk menemukan <i>hidden failure</i> memungkinkan untuk dapat dilakukan - <i>Task</i> yang diberikan mampu menurunkan terjadinya <i>multiple failure</i> - <i>Task</i> yang diberikan dilakukan sesuai dengan interval yang dikehendaki
Kolom H5 <i>Redesign</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Hidden failure</i> dapat dicegah hanya dengan jalan melaksanakan perubahan desain pada mesin
Kolom S4 <i>Combination Task</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety effect</i> dapat dicegah apabila kombinasi aktifitas antar <i>proactive task</i> bisa dilakukan

Sumber : Moubray (1997)

Apabila jawaban atas pertanyaan yang diajukan *decision diagram* RCM memenuhi persyaratan/*Yes*, maka dicatat dengan Y sedangkan apabila tidak memenuhi/*No* dicatat dengan N pada kolom RCM *Decision Worksheet*.

1. *Proposed Task* dari hasil keputusan yang didapatkan dilanjutkan pada tindakan perawatan untuk mencegah terjadinya keagalam fungsi yang mungkin terjadi. Dalam *proposed task* dijelaskan tindakan perencanaan yang digunakan sebagai tindakan nyata untuk mengartikan hasil dari *proactive task* maupun *default action* yang diberikan.

1) Penentuan parameter X

$$X = \ln(t) \tag{2.5}$$

2) Penentuan parameter Y

$$Y = \ln \ln \frac{1}{1-F(t)} \tag{2.6}$$

2.8 Biaya Perbaikan (CR)

Biaya perawatan timbul akibat adanya komponen dari sistem *power backup* yang mengalami kegagalan atau kerusakan serta membutuhkan perbaikan dan bahkan pergantian komponen, dimana nilai CR terdiri dari nilai Biaya Penggantian Komponen (CF), Biaya Petugas Perawatan (CW) dan Konsekuensi Operasional (CO). Menghitung nilai CR dalam hal ini menggunakan persamaan 2.7 berikut:

$$CR = CF + ((CW+CO) \cdot MTTR) \tag{2.7}$$

Dimana:

- CF = Biaya Penggantian Komponen
- CW = Biaya Petugas Perawatan
- CO = Konsekuensi Operasional
- MTTR = Waktu rata- rata untuk dilakukan perbaikan

2.9 Penentuan Waktu Perawatan (TM)

Penentuan jarak waktu perawatan yang optimal pada tiap komponen diperlukan parameter distribusi selang waktu kerusakan yang sesuai serta biaya perawatan dan biaya perbaikan dari tiap-tiap komponen. Rumus yang digunakan adalah:

$$TM = \left(\frac{Cm}{CR-CM} \cdot \frac{1}{\beta-1} \right)^{\frac{1}{\beta}} \tag{2.8}$$

Dimana:

- CM = Biaya tenaga kerja
- CR = CF + ((CW+CO) x MTTR)
- CF = Biaya Penggantian / perbaikan komponen yang rusak
- CO = Biaya yang ditanggung perusahaan akibat terjadinya Downtime
- CW = Biaya pekerja yang melakukan perbaikan
- MTTR = Waktu rata- rata untuk dilakukan perbaikan

2.10 Biaya Pemeliharaan (CM)

Biaya perawatan dihitung berdasarkan pada biaya langsung saat melakukan perbaikan yaitu, biaya tenaga kerja perawatan, biaya masing-masing komponen dan biaya tidak langsung yaitu biaya konsekuensi operasional. Biaya pemeliharaan merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan yang memang sudah dijadwalkan.

$$CM = [(\text{Biaya mekanik}) \times \text{MTTR}] + \text{Harga komponen} \quad (2.9)$$

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.

