

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Pada penulisan skripsi ini, peneliti menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai metode yang digunakan dan kesimpulan yang ada. Selain itu, peneliti juga menggali dari buku-buku maupun skripsi dalam rangka mendapatkan suatu informasi yang ada sebelumnya tentang teori tentang judul yang digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah.

(Nainggolan, 2017) melakukan penelitian dengan judul “Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance Menggunakan Software SPSS pada Sistem Pendingin Generator Mitsubishi Kapasitas 62500 kVA (Studi Kasus di PT. Toba PULP Lestari. Tbk”. PT. Toba Pulp Lestari merupakan salah satu pabrik yang memproduksi pulp kertas. Proses produksi pada PT. Toba Pulp Lestari, Tbk didukung oleh berbagai mesin produksi dan komponen pendukung salah satunya adalah generator. Generator Terjadinya panas pada generator disebabkan karena adanya arus pembebanan yang mengalir melalui penghantar tembaga stator dan rotor. Sistem pemeliharaan yang digunakan saat ini pada pendingin generator di PT. Toba Pulp Lestari masih bersifat corrective maintenance dimana perbaikan dilakukan ketika terjadi kerusakan sehingga menimbulkan downtime yang tinggi. Sistem yang digunakan pada penelitian ini yaitu reliability centered maintenance (RCM) dengan menggunakan software SPSS, dimana akan diperoleh jadwal perbaikan dengan downtime minimum. Memiliki sistem pendingin untuk menjaga temperatur pada generator tersebut. Hasil dari metode RCM diperoleh rekomendasi perawatan berupa condition directed (CD) pada komponen radiator, finding failure (FF) pada impeller pompa coolent dan time directed (TD) pada seal, shaft cooling fan, bearing cooling fan, dengan pergantian komponen setiap 60 hari untuk bearing, 55 hari untuk seal dan 76 hari untuk shaft.

(Ginting, 2020) melakukan penelitian dengan judul “Sistem Pendukung Keputusan dalam Penjadwalan Preventive Maintenance dengan Pendekatan Reliability Engineering”. Pada perusahaan. PT. XYZ merupakan pabrik yang mengolah TBS (Tandan Buah Segar) menjadi minyak sawit kasar atau Crude Palm

Oil (CPO) dan inti sawit (Palm Kernel). Bagian produksi didukung oleh sejumlah mesin dan peralatan yang saling berinteraksi. Mesin-mesin yang digunakan adalah Sterilizer, Screw Press, Thresher, Digester, Sludge Centrifuge, dan Cake Breaker Conveyor. Sistem yang diterapkan dalam melakukan kegiatan maintenance pada PT. XYZ adalah dengan melakukan corrective maintenance untuk mendukung jalannya kegiatan proses produksi. Hal ini tentu saja sangat riskan untuk produksi perusahaan mengingat jam operasi 24 jam/hari. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pendukung keputusan dalam pemeliharaan mesin (maintenance) yang bersifat preventive dengan metode Reliability Engineering. Komponen yang diteliti dalam penelitian ini adalah Komponen Thrush Ball Bearing pada mesin Sludge Separator. Dimana, hasil yang didapatkan berupa interval penggantian komponen setiap 92 hari.

(Raharja, 2021) melakukan penelitian dengan judul “Analisis sistem perawatan mesin bubut menggunakan metode RCM (Reliability Centered Maintenance) di CV. Jaya Perkasa Teknik”. CV Jaya Perkasa Teknik merupakan salah satu jenis usaha dibidang industri mesin dan perlengkapan manufaktur yang memproduksi berbagai macam suku cadang dari beberapa mesin produksi. Mesin bubut yang digunakan sering mengalami kerusakan, sehingga menghambat jalannya proses produksi. Kerusakan mesin bubut terjadi dikarenakan terdapat komponen kritis yang menjadi penyebab terjadinya kerusakan. Pengecekan rutin dan perbaikan akibat kerusakan akan memerlukan biaya pemeliharaan yang cukup banyak. Metode dalam penelitian ini adalah RCM (Reliability Centered Maintenance), yaitu melakukan analisa menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, sehingga dapat menemukan akar penyebab kegagalan fungsi dan memberikan solusi yang tepat. Berdasarkan hasil analisis metode RCM ditentukan pemilihan tindakan perawatan terhadap komponen kritis mesin bubut, yaitu komponen Electric System, V-belt, Gear dan Bearing dengan tindakan perawatan TD (Time Directed). Interval waktu pergantian optimum komponen V-Belt 23 hari, Electric System 29 hari, Bearing 28 hari, dan Gear 31 hari.

Tabel 2.1 Pembandingan Kajian Terkait

No	Penulis	Judul	Keterangan
1	Erwin Nainggolan (2017), Universitas Sumatera Utara	Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance Menggunakan Software SPSS pada Sistem Pendingin Generator Mitsubishi Kapasitas 62500 kVA (Studi Kasus di PT. TOBA PULP LESTARI. Tbk)	1. Objek yang diteliti adalah pendingin generator 2. Menerapkan metode RCM dengan menggunakan software SPSS
2	Rosnani Ginting (2020), Universitas Sumatera Utara	Sistem Pendukung Keputusan dalam Penjadwalan Preventive Maintenance dengan Pendekatan Reliability Engineering.	1. Objek yang diteliti adalah mesin produksi minyak sawit 2. Menerapkan metode RCM sebagai sistem pendukung keputusan perencanaan pemeliharaan
3	Ilham Pramudya Raharja (2021), Institut Teknologi Nasional Malang	Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) di CV. Jaya Perkasa Teknik	1. Objek yang diteliti adalah kerusakan mesin bubut 2. Menerapkan metode RCM untuk menganalisis sistem perawatan mesin bubut

Berikut adalah penelitian yang dilakukan oleh penulis, seperti terlihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Penelitian Yang Dilakukan Penulis

No	Penulis	Judul	Keterangan
1	Sumarno Dwi Saputra (2022), Universitas Tanjungpura Pontianak	Sistem Pendukung Keputusan dalam Penentuan Predictive Maintenance Keypoint Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada PT PLN UP2D Kalimantan Barat Berbasis Web	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplikasi berbasis <i>website</i>. 2. Menggunakan metode RCM 3. Untuk menentukan pemeliharaan predictive 4. Petugas lapangan melakukan perawatan berdasarkan prediksi yang sudah ditentukan

2.2 Sistem Pendukung Keputusan

Konsep Sistem Pendukung Keputusan (SPK) pertama kali diungkapkan pada awal tahun 1970-an oleh Michael S. Scott Morton dengan istilah Management Decision System. Sistem tersebut adalah suatu sistem yang berbasis komputer yang ditujukan untuk membantu pengambil keputusan dengan memanfaatkan data dan model tertentu untuk memecahkan berbagai persoalan yang tidak terstruktur

Sistem pendukung keputusan bertujuan untuk menyediakan informasi membimbing, memberikan prediksi serta mengarahkan kepada pengguna informasi agar dapat melakukan pengambilan keputusan dengan lebih baik. Sistem pendukung keputusan merupakan implementasi teori-teori pengambilan keputusan yang telah diperkenalkan oleh ilmu-ilmu seperti operation research dan management science, hanya bedanya adalah bahwa jika dahulu untuk mencari penyelesaian masalah yang dihadapi harus dilakukan perhitungan iterasi secara manual (biasanya untuk mencari nilai minimum, maksimum, atau optimum), saat

ini komputer PC telah menawarkan kemampuannya untuk menyelesaikan persoalan yang sama dalam waktu relatif singkat (Ariefianto, 2015)

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) sebagai sistem yang memiliki lima karakteristik utama yaitu :

1. Sistem yang berbasis komputer
2. Dipergunakan untuk membantu para pengambil keputusan
3. Untuk memecahkan masalah-masalah rumit yang mustahil dilakukan dengan kalkulasi manual
4. Melalui cara simulasi yang interaktif
5. Dimana data dan model analisis sebagai komponen utama.

Berdasarkan menurut para ahli di atas, dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa Sistem Pendukung Keputusan (SPK) bukan merupakan alat pengambilan keputusan, melainkan merupakan sistem yang membantu pengambil keputusan untuk melengkapi informasi dari data yang telah diolah secara relevan dan diperlukan untuk membuat keputusan tentang suatu masalah dengan lebih cepat dan akurat.

Menurut (Hermawan, 2017) dalam proses pengambilan keputusan, ada tiga tahapan yaitu :

1. Tahap Pemahaman

Sebuah proses pemahaman terhadap masalah dengan mengidentifikasi dan mempelajari masalah terhadap lingkungan yang memerlukan data, mengolah data, mengujinya, menjadikan petunjuk dalam menemukan pokok masalah, mencari solusi, bergerak dari tingkat sistem ke subsistem.

2. Tahap Perancangan

Sebuah proses pengembangan, analisis dan pencarian alternatif tindakan atau solusi yang mungkin untuk diambil/ dilakukan, identifikasi dan mengevaluasi alternatif.

3. Tahap Pemilihan

Sebuah proses pemilihan salah satu alternatif solusi yang dimunculkan pada tahap perancangan untuk menentukan arah tindakan dengan memperhatikan kriteria-kriteria berdasarkan tujuan yang dapat dicapai pada tahap berikutnya, memilih solusi terbaik.

SPK dapat memberikan berbagai manfaat dan keuntungan. Manfaat yang dapat diambil dari SPK adalah :

- a. SPK memperluas kemampuan pengambil keputusan dalam memproses data / informasi bagi pemakainya.
- b. SPK membantu pengambil keputusan untuk memecahkan masalah, terutama dalam berbagai isu yang sangat kompleks dan tidak terstruktur.
- c. SPK dapat menghasilkan solusi yang lebih cepat dan hasil yang lebih dapat diandalkan.
- d. Walaupun suatu SPK mungkin tidak dapat memecahkan masalah yang dihadapi oleh pengambil keputusan, tapi dia bisa menjadi stimulan bagi para pengambil keputusan dalam memahami masalah, karena mampu menghadirkan berbagai solusi alternatif.

2.3 Maintenance

Maintenance merupakan kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan) sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya. (Akbar, 2015)

Kata pemeliharaan diambil dari bahasa Yunani *terein* artinya merawat, menjaga dan memelihara. Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Untuk pengertian Pemeliharaan lebih jelas adalah tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa pakai dan kegagalan/kerusakan mesin. Menurut Jay Heizer dan Barry Render, dalam bukunya "operations Management" pemeliharaan adalah : "all activities involved in keeping a system's equipment in working order". Artinya: pemeliharaan adalah segala kegiatan yang di dalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik. (Hendra, 2018)

Pada maintenance terdapat beberapa jenis yaitu :

a. Preventive Maintenance

(Hendra, 2018) Kegiatan ini dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang dapat menghambat proses produksi. Preventive maintenance merupakan kegiatan yang paling banyak dilakukan dan dititik beratkan untuk mencegah kerusakan yang lebih besar. Dengan menghindari kerusakan yang lebih besar akan menurunkan biaya produksi, baik perbaikan kecil maupun perbaikan besar atau pun over houl dapat dikurangi. Preventive maintenance meliputi kegiatan : perbaikan, pembersihan, inspeksi dan penyetelan, pemeriksaan kondisi, penggantian serta tes fungsi. Untuk itu diperlukan semacam daftar atau penjadwalan pemeliharaan tersusun dengan baik agar perawatan dapat dilakukan dengan sistematis. Seberapa sederhana pun bentuk perawatan oleh suatu mesin, hal itu tidak dapat diabaikan begitu saja, karena kerusakan besar dari mesin merupakan akumulasi dari kerusakan – kerusakan kecil. Perawatan pencegahan dapat dilakukan secara terjadwal, tidak terjadwal dan perawatan yang disesuaikan dengan kondisi. Menurut waktunya, perawatan terjadwal dapat terbagi atas :

1. Perawatan harian
2. Perawatan mingguan
3. Perawatan bulanan
4. Perawatan tiga bulanan
5. Perawatan tahunan.

b. Corrective Maintenance

(Hendra, 2018) Perawatan corective adalah kegiatan pada waktu – waktu tertentu, ketika peralatan atau fasilitas mengalami kerusakan. Yang termasuk kedalam kegiatan ini adalah perbaikan, rehabilitasi, penyetelan modifikasi atau renovasi.

Hal – hal yang diperlukan agar pemeliharaan efisien adalah ;

1. Harus ada data mengenai mesin dan peralatan yang dimiliki perusahaan
2. Harus ada perencanaan dan penjadwalan
3. Harus ada surat perintah tertulis
4. Harus dijaga agar onderdil atau sparepart, alat – alat dan bahan – bahan yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup dan investasi yang minimum.
5. Harus ada catatan

c. Predictive Maintenance

Predictive maintenance merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala (Preventive Maintenance). Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator – indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga melakukan pengecekan vibrasi dan alignment untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya.

(Sharma, 2011) Teknik predictive maintenance (PdM) didesain khusus untuk membantu menentukan kondisi aset equipment yang digunakan sebagai acuan prediksi kapan kegiatan pemeliharaan aset harus dilakukan. PdM merupakan bentuk pemeliharaan yang langsung memonitor kondisi dan kinerja dari equipment pada saat operasi normal untuk mengurangi kerusakan atau failures di waktu mendatang. Predictive Maintenance membuat suatu organisasi dapat dengan mudah mengevaluasi kondisi equipment dengan melakukan condition monitoring di waktu-waktu tertentu yang sudah dijadwalkan (offline) dan pengecekan berkelanjutan (online).

Tujuan utama dari pendekatan predictive maintenance adalah untuk melakukan kegiatan maintenance di waktu-waktu yang telah dijadwalkan yaitu diwaktu-waktu paling efektif dan juga sebelum suatu 2 equipment mengalami kegagalan. Pendekatan ini menjanjikan keefektifan dari segi biaya dan waktu karena kegiatan-kegiatan maintenance yang dilakukan sesuai dengan rencana yang sudah dibuat.

d. Breakdown Maintenance

(Hendra, 2018) Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebagai tindakan lanjutan dari corrective maintenance dengan cara menguji fungsi dari komponen yang mengalami kegagalan. Perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. Dimana kerusakan terjadi secara mendadak pada suatu alat/ produk yang sedang beroperasi, yang mengakibatkan kerusakan bahkan hingga alat tidak dapat beroperasi.

2.4 Keypoint

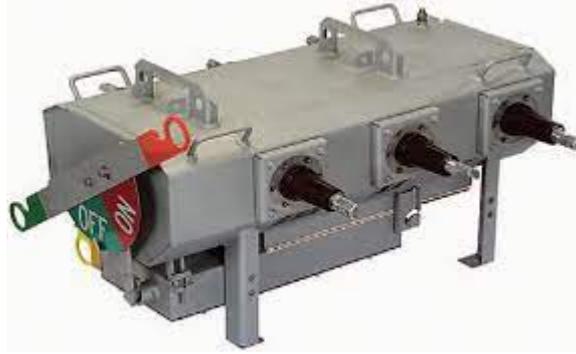
(Sukadana, 2019) Keypoint adalah Peralatan switching (saklar) di jaringan distribusi tenaga listrik 20.000 Volt (20 kV) yang dapat dioperasikan open (buka) dan close (tutup) secara remote. Keypoint terdiri atas tiga yaitu LBS (Load Break Switch) atau SSO, Recloser dan 3 Way.

1. LBS/SSO merupakan suatu alat pemutus atau penyambung sirkuit pada sistem distribusi listrik dalam keadaan berbeban. LBS mirip dengan alat pemutus tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) dan biasanya dipasang dalam saluran distribusi listrik. LBS digunakan untuk pemutusan lokal apabila terjadi gangguan atau ingin dilakukan perawatan jaringan distribusi pada daerah tertentu sehingga daerah yang tidak mengalami gangguan atau perawatan tidak mengalami pemadaman listrik. Seiring perkembangan teknologi fungsi koordinasi LBS serta fungsi sebagai saklar seksi otomatis (sectionalizer) yang memungkinkan untuk mengisolasi segmen jaringan yang terganggu sementara itu pelayanan pada segmen jaringan yang tidak terganggu dipulihkan secara otomatis dengan memanfaatkan fungsi peralatan kontrol RTU yang mampu menyalurkan, menyambung dan memutus beban secara elektromekanis (motorized) di jaringan listrik tegangan menengah.

Komponen pada LBS :

- a. Switchgear Load Break Switch

Switchgear Load Break Switch tersebut direncanakan dan dibuat untuk dapat dipergunakan sesuai dengan sifat dan penampilannya, yaitu memutus beban pada sistem saluran udara tegangan menengah 20 kV sebesar rated current (630A) sampai 100 kali, dengan umur operasi mekanik paling sedikit 5.000 kali, secara motorized, baik Seminar FORTEI 2019 144 secara remote maupun secara lokal, serta bisa dioperasikan secara manual pada saat sistem motorized tidak bisa digunakan. Switching Load break switch dirancang untuk memutus beban pada jaringan distribusi 20 KV sesuai dengan rating pemutus tersebut, yaitu 630 A. Adapun switchgear LBS/SSO pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Switchgear LBS / SSO
Sumber : Schneider Electric

b. Remote Terminal Unit (RTU)

Karena Load Break Switch dioperasikan dengan menggunakan sistem SCADA atau secara remote, maka pada Load Break Switch ditambahkan sebuah panel kontrol yang dihubungkan dengan RTU (Remote Terminal Unit) atau di Load Break Switch dikenal dengan sebutan FTU (Feeder Terminal Unit). Sebagai perangkat pemroses sinyal, RTU/FTU dirancang untuk dapat melakukan proses sebagai perangkat pengiriman data ke pusat pengendalian sistem seperti perubahan status peralatan, perubahan besaran analog, perubahan sinyal (alarm), pembacaan harga pulse akumulator, pembacaan besaran analog, serta memproses data perintah yang datang dari satu, dua atau tiga control center ke rangkaian proses dan mengirim data hasil pengukuran/pemantauan ke pusat pengendali yang sesuai dengan ketetapan dan mampu berkomunikasi dengan satu, dua atau tiga control center. Adapun Remote Terminal Unit atau RTU pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Remote Terminal Unit
Sumber : Schneider Electric

c. Kabel Control

Sebagai media penghantar arus dan tegangan pada umumnya, yang dilengkapi soket diujung kedua sisinya sehingga memungkinkan LBS mengirim data data telemetering, telestatus, dan perintah open/close ke RTU. Adapun kabel control untuk penghubung dari remote terminal unit ke switchgear pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Kabel Control
Sumber : Schneider Electric

d. Sumber tegangan untuk catu daya

Untuk jaringan radial, voltage transformer (VT) eksternal dipasang pada sisi sumber sedangkan untuk jaringan yang memungkinkan untuk dicatu dari arah sebaliknya, maka VT eksternal dipasang pada kedua sisi LBS. Adapun voltage transformer atau VT pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Voltage Transformer

Sumber : Trafo Trafindo

e. Catu Daya (Power Supply)

Catu daya tegangan untuk motor dan perangkat control disediakan dan ditempatkan di dalam panel kontrol. Catu daya tegangan dilengkapi dengan battery 24V DC dan charger dengan kapasitas memadai yang dapat menjamin operasi normal LBS selama 24 jam pada saat terjadi gangguan. Adapun batrai power supply untuk remote terminal unit berjumlah 2 sel batrai pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Batrai Power Supply

Sumber : Yuasa

f. Modem GSM

Modem GSM yaitu sebuah modem wireless mobile yang bekerja pada jalur komunikasi telepon seluler GSM. Modem GSM mendukung layanan GPRS/EDGE, 3G dan 4G. Adapun modem gsm pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Modem GSM

Sumber : Four Faith

g. Antena Modem

Antena modem merupakan peralatan yang berfungsi sebagai transceiver (Transmit dan Receive) dari sinyal GPRS. Adapun antena modem yg diletakan bagian luar panel RTU pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Antena Modem

Sumber : Four Faith

2. Recloser

(Mappa, 2017) Recloser adalah pemutus sirkuit yang dilengkapi dengan mekanisme otomatis yang dapat menutup setelah terjadi suatu kesalahan yaitu trip Recloser digunakan pada SUTM untuk mendeteksi dan menanggulangi jika terjadi kesalahan sesaat. Untuk mencegah kerusakan, setiap sepanjang jaringan dilindungi dengan pemutus arus seperti recloser ini yang akan mematikan listrik jika terjadi hubungan pendek. Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik (Electronic Control Box) recloser, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan recloser dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini recloser dapat dikendalikan cara

pelepasannya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan (setting) recloser dapat ditentukan.

Alat pengaman ini bekerja secara otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. Cara bekerjanya adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, dimana pada sebuah gangguan temporer, recloser tidak membuka tetap (lockout), kemudian recloser akan menutup kembali setelah gangguan itu hilang. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka atau menutup balik sebanyak setting yang telah ditentukan kemudian recloser akan membuka tetap (lock out). Adapun switchgear recloser pada gambar 2.8



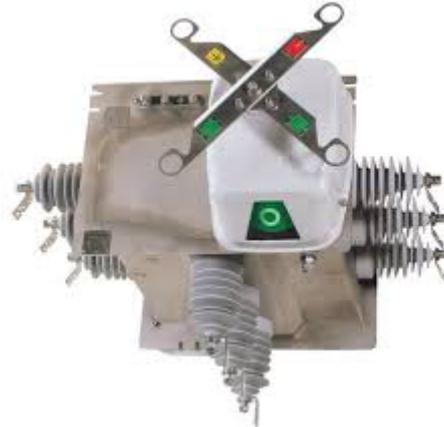
Gambar 2.8 Switchgear Recloser
Sumber : Schneider Electric

3. LBS Three Way

(Samudra, 2016) Load Break Switch (LBS) Three Way merupakan saklar pemutus beban atau arus tiga fasa, dimana load break switch three way ini memiliki perbedaan dari load break switch (LBS) secara umum. Perbedaan LBS Three Way ini menggunakan tiga saluran atau three way.

Pada jaringan distribusi LBS three way ini diaplikasikan pada persimpangan jaringan dan dapat juga sebagai penggabungan antara dua penyulang yang bertujuan untuk mem maneuver daya ke penyulang lain saat

terjadi gangguan sehingga dapat memperkecil daerah pemadaman. Adapun switchgear LBS three way pada gambar 10 (sumber: PT ABB electric)



Gambar 2.9 Switchgear lbs three way

Sumber : PT. ABB Electric

2.5 Diagram Arus Data (*Data Flow Diagram – DFD*)

Menurut (Jogiyanto, 2005) “*Data Flow Diagram (DFD)* adalah diagram yang menggunakan notasi simbol untuk menggambarkan arus data sistem”. DFD memiliki empat simbol dasar yang digunakan (Kendall & Kendall, 2006) yaitu :

1. Entitas Eksternal (*External Entity*)

Kotak rangkap dua digunakan untuk menggambarkan suatu entitas eksternal (bagian lain, sebuah perusahaan, seseorang, atau sebuah mesin) yang dapat mengirim data atau menerima data dari sistem.

2. Aliran Data (*Data Flow*)

Tanda panah menunjukkan perpindahan data dari satu titik ke titik yang lain, dengan kepala tanda panah mengarah ke tujuan data.

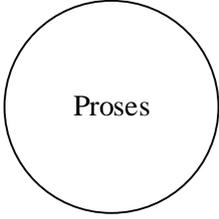
3. Proses (*Process*)

Bujur sangkar dengan sudut membulat digunakan untuk menunjukkan adanya proses transformasi. Proses-proses tersebut selalu menunjukkan suatu perubahan dalam di dalam atau perubahan data. Jadi, aliran data yang meninggalkan suatu proses selalu diberi label yang berbeda dari aliran data yang masuk.

4. Penyimpanan Data (*Data Store*)

Simbol dasar terakhir yang digunakan dalam diagram aliran data adalah bujur sangkar dengan ujung yang terbuka, yang menunjukkan penyimpanan data.

Tabel 2.3 Elemen - Elemen dari DFD dan Simbolnya

Simbol	Keterangan
	Entitas Eksternal, dapat berupa orang/unit terkait yang berinteraksi dengan sistem tetapi diluar sistem.
	Proses, unit yang mempergunakan atau melakukan transformasi data. Komponen fisik tidak diidentifikasi.
	Aliran data dengan arah khusus dari sumber ke tujuan.
	Penyimpanan data atau tempat data direfer oleh proses.

2.6 Diagram Hubungan Entitas (*Entity Relationship Diagram*)

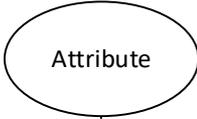
Entity Relationship Diagram adalah model teknik pendekatan yang menyatakan atau menggambarkan hubungan suatu model. Didalam hubungan ini tersebut dinyatakan yang utama dari ERD adalah menunjukkan objek data (*Entity*) dan hubungan (*Relationship*), yang ada pada Entity berikutnya. Menurut (Janner, 2010), “*Entity Relationship Diagram (ERD)* adalah alat pemodelan data utama dan akan membantu mengorganisasi data dalam suatu proyek ke dalam entitas-entitas dan menentukan hubungan antar entitas”. Proses memungkinkan analisis menghasilkan struktur basis data dapat disimpan dan diambil secara efisien.

Simbol-simbol dalam ERD (*Entity Relationship Diagram*) adalah sebagai berikut:

1. Entitas: suatu yang nyata atau abstrak yang mempunyai karakteristik dimana kita akan menyimpan data.
2. Atribut: ciri umum semua atau sebagian besar instansi pada entitas tertentu.
3. Relasi: hubungan alamiah yang terjadi antara satu atau lebih entitas.

4. Link: garis penghubung atribut dengan kumpulan entitas dan kumpulan entitas dengan relasi.

Tabel 2.4 Elemen - Elemen dari ERD dan Simbolnya

Notasi	Keterangan
	Entitas adalah suatu objek yang dapat diidentifikasi dalam lingkungan pemakai.
	Relasi menunjukkan adanya hubungan di antara sejumlah entitas yang berbeda.
	Atribut berfungsi mendeskripsikan karakter entitas (atribut yang berfungsi sebagai <i>key</i> diberi garis bawah)
	Garis sebagai penghubung antara relasi dan entitas atau relasi dan entitas dengan atribut.

2.7 Metode RCM (Reliability Centered Maintenance)

RCM (Reliability Centered Maintenance) adalah suatu proses analisis yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan dalam menjamin suatu sistem agar dapat berjalan dengan baik dan sesuai fungsi yang diinginkan. Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan sebuah proses teknik logika untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang akan menjamin sebuah perancangan sistem keandalan dengan kondisi pengoperasian yang spesifik pada sebuah lingkungan pengoperasian yang khusus. RCM merupakan teknik yang pada awalnya dikembangkan oleh industri pesawat yang fokus terhadap pencegahan kegagalan yang dapat berakibat serius. RCM ditemukan pada akhir tahun 1960 ketika bagian pesawat memerlukan untuk kegiatan service. RCM adalah alat optimasi perawatan yang mana memiliki peran untuk memberikan respon yang efektif terhadap permintaan industri dari peningkatan keefektifan kegiatan operasi dan perawatan. (Raharja, 2021)

(Nainggolan, 2017) Sebagai salah satu prinsip logika teknik dalam pemeliharaan suatu komponen pada pabrik, RCM memiliki prinsip-prinsip penggunaan sebagai berikut:

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 daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada kehandalan yaitu kemampuan suatu sistem/equipment untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan
4. RCM bertujuan menjaga agar kehandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.
5. RCM mengutamakan keselamatan (safety).
6. RCM mendefinisikan kegagalan (failure) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (unsatisfactory) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi 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.

2.8 Langkah – Langkah Penerapan RCM

Langkah – langkah yang diperlukan dalam proses RCM adalah sebagai berikut:

2.8.1 Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Berikut ini akan dibahas mengenai pemilihan sistem dan pengumpulan informasi.

1. Pemilihan Sistem

Pada saat kita akan menggunakan RCM pada fasilitas ada dua hal yang menjadi bahan pertimbangan, yaitu:

- a. Sistem yang akan dilakukan analisis
Proses analisis RCM pada tingkat sistem kita akan memperoleh informasi yang lebih jelas mengenai fungsi dan kegagalan fungsi komponen.
- b. Seluruh sistem akan dilakukan proses analisis dan bila tidak dilakukan pemilihan sistem.
Biasanya analisis tidak dapat dilakukan pada semua sistem. Hal ini dikarenakan bila dilakukan proses analisis secara bersamaan untuk dua sistem atau lebih proses analisis akan sangat luas. Sehingga, kita dituntut untuk melakukan analisis secara terpisah, sehingga dapat lebih mudah untuk menunjukkan setiap karakteristik sistem dari fasilitas (mesin/peralatan) yang dibahas.

2. Pengumpulan Informasi

Pengumpulan informasi bertujuan untuk memperoleh deskripsi dan pengertian yang lebih jelas mengenai suatu sistem dan bagaimana suatu sistem itu bekerja. Informasi yang diperoleh tersebut dapat melalui pengamatan langsung di lapangan, wawancara dan sejumlah buku referensi.

2.8.2 Pendefinisian Batasan Sistem

Langkah ini memerlukan definisi batas sistem yang lebih mendalam. Pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya.

2.8.3 Diagram Sistem dan Diagram Blok Fungsi

Dalam tahap ini terdapat tiga informasi yang harus dikembangkan, yaitu: Deskripsi sistem untuk mengetahui komponen yang terdapat di dalam sistem tersebut dan bagaimana komponen – komponen yang terdapat dalam sistem tersebut beroperasi. Sedangkan informasi fungsi peralatan dan cara sistem beroperasinya dapat dipakai sebagai informasi untuk membuat dasar untuk menentukan kegiatan pemeliharaan pencegahan.

Blok diagram fungsi suatu sistem maka masukan, keluaran dan interaksi antara sub-sub sistem tersebut dapat tergambar dengan jelas.

Sistem work breakdown structure (SWBS) dikembangkan bersamaan dengan Program Evaluation and Review Technique (PERT) oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Pada tahap ini akan digambarkan himpunan daftar peralatan untuk setiap bagian-bagian fungsi sub sistem. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama yaitu diagram dan kode dari subsistem/komponen.

2.8.4 Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Pada langkah ini, proses analisis dilakukan terhadap kegagalan fungsi, bukan kepada kegagalan peralatan karena kegagalan komponen akan dibahas lebih lanjut di tahapan berikutnya (FMEA). Biasanya kegagalan fungsi memiliki beberapa kondisi yang menyebabkan kegagalan.

2.8.5 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

FMEA adalah metode yang bertujuan untuk menganalisis berbagai macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari beberapa komponen dan menganalisis pengaruh terhadap fungsi sistem tersebut. Dalam FMEA juga dilakukan perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) yang mengukur resiko bersifat relatif. RPN diperoleh melalui hasil perkalian antara rating Severity (S) , Occurrence (O) dan Detection (D).

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \quad (1.1)$$

$$\text{RPN} = S * O * D \quad (1.2)$$

Hasil RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN . Ketiga komponen tersebut adalah:

1. Severity (S)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai rating Severity antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem. Adapun tabel tingkatan severity pada tabel 2.5 (Tri, 2021)

Tabel 2.5 Tingkatan Severity

Criteria of Severity Effect	Rating
Tidak berfungsi sama sekali	10
Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan	9
Kehilangan fungsi utama	8
Pengurangan fungsi utama	7
Kehilangan kenyamanan fungsi pengguna	6
Mengurangi kenyamanan fungsi pengguna	5
Perubahan fungsi dan banyak pekerjaan menyadari adanya masalah	4
Tidak terdapat efek dan pekerjaan menyadari adanya masalah	3
Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah	2
Tidak ada efek	1

Sumber: Dyadem Engineering Corp.

2. Occurrence

Occurrence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. Occurrence berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin. Nilai rating Occurrence antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki nilai kumulatif yang tinggi atau sangat sering terjadi. Adapun tabel tingkatan occurrence pada tabel 2.6 (Tri, 2021)

Tabel 2.6 Tingkatan Occurrence

Probability of Occurrence	Rating
Lebih besar dari 50 per 7200 jam penggunaan	10
35-50 per 7200 jam penggunaan	9
31-35 per 7200 jam penggunaan	8
26-30 per 7200 jam penggunaan	7

21-25 per 7200 jam penggunaan	6
15-20 per 7200 jam penggunaan	5
11-14 per 7200 jam penggunaan	4
5-10 per 7200 jam penggunaan	3
Lebih kecil dari 5 per 7200 jam penggunaan	2
Tidak pernah sama sekali	1

(Sumber: Harpco Systems)

3. Detection

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Berikut nilai dari detection. Adapun tabel tingkatan detection pada tabel 2.7 (Tri, 2021)

Tabel 2.7 Tingkatan Detection

Detection Design Control	Rating
Tidak mampu terdeteksi	10
Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi	9
Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi	8
Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi	7
Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi	6
Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi	5
Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi	4
Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi	3
Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi	2
Pasti terdeteksi	1

(Sumber: Harpco Systems)

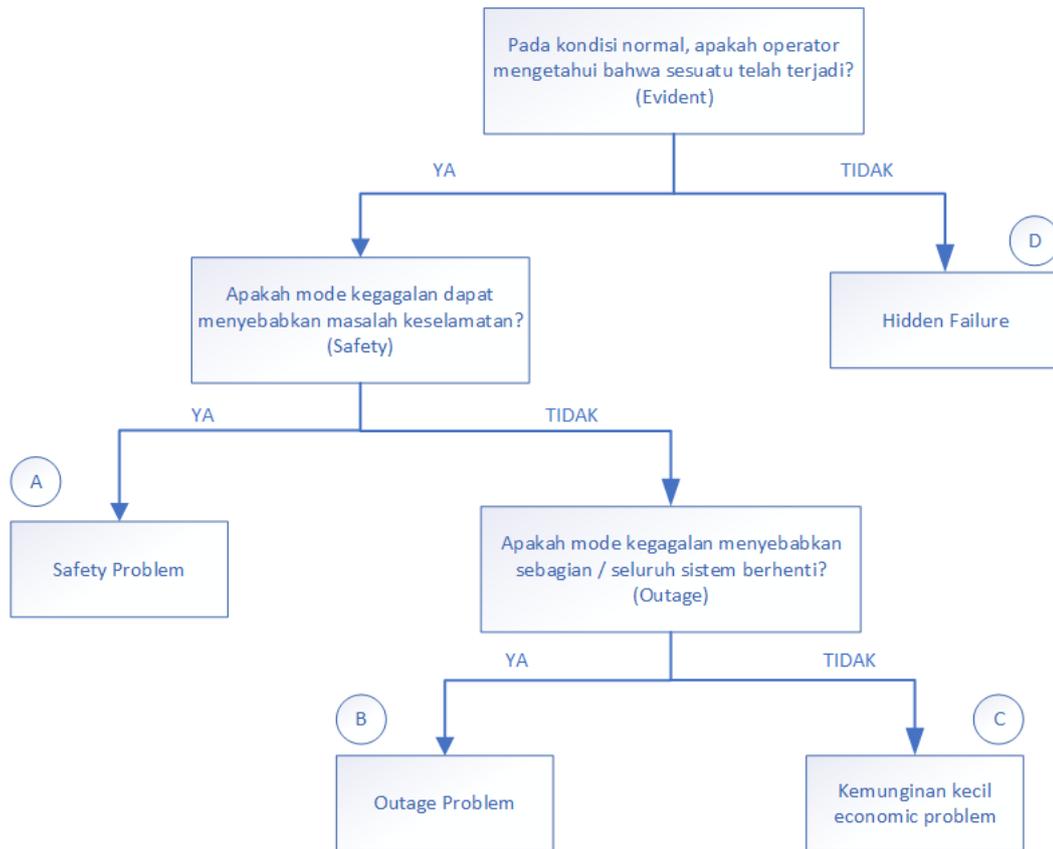
2.8.6 LTA (Logic Tree Analysis)

Penyusunan Logic Tree Analysis (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA

Pada bagian kolom tabel LTA mengandung informasi mengenai nomor dan nama kegagalan fungsi, nomor dan mode kerusakan, analisis kekritisitas dan keterangan tambahan yang dibutuhkan. Analisis kekritisitas menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisitas yaitu sebagai berikut:

- a. Evident, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
- b. Safety, yaitu apakah mode kegagalan menyebabkan masalah keselamatan?
- c. Outage, yaitu apakah mode kerusakan mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti?
- d. Category, yaitu pengkategorian setelah menjawab beberapa pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yaitu:
 1. Kategori A (Safety problem), apabila kegagalan komponen mengakibatkan masalah keselamatan karyawan.
 2. Kategori B (Outage problem), apabila kegagalan komponen mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti.
 3. Kategori C (Economic problem), apabila kegagalan komponen mengakibatkan masalah ekonomi perusahaan.
 4. Kategori D (Hidden failure), apabila karyawan tidak mengetahui telah terjadinya kegagalan komponen dalam kondisi normal.

Pada Gambar 3.1. dapat dilihat struktur pertanyaan dari Logic Tree Analysis (LTA).



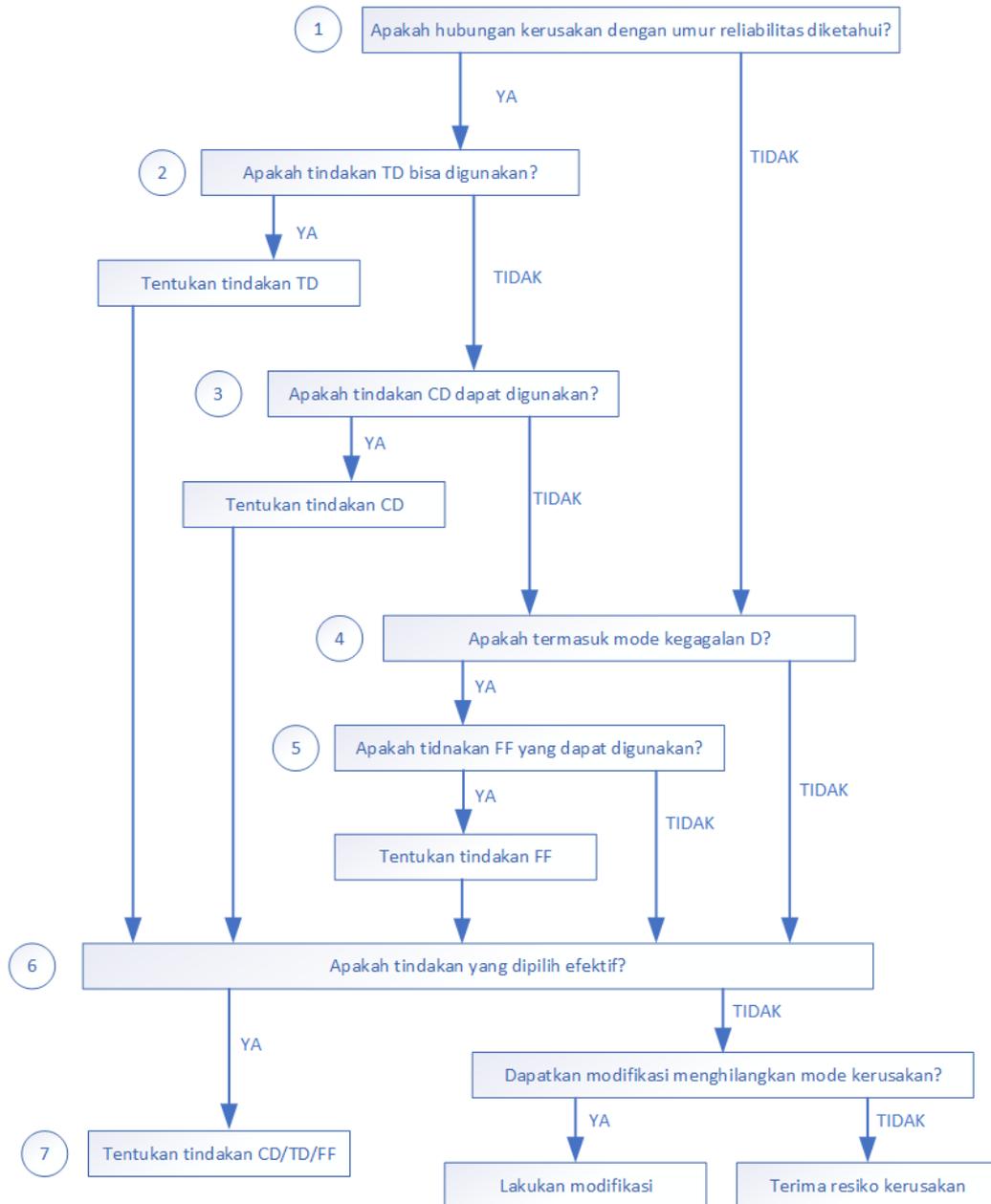
Gambar 2.10 Struktur Pertanyaan LTA

(Sumber: Anthony M. Smith, RCM-Gateway To World Class Maintenance)

2.8.7 Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Tugas yang dipilih dalam kegiatan preventive maintenance harus memenuhi syarat berikut:

Berikut ini adalah diagram roadmap dari pemilihan tindakan



Gambar 2.11 Road Map Pemilihan Tindakan

(Sumber: Anthony M. Smith, RCM-Gateway To World Class Maintenance)

Pada Gambar 3.2. berikut dapat dilihat Roadmap pemilihan tindakan dengan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM).

- Jika tindakan pencegahan tidak dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan majemuk sampai suatu batas yang dapat diterima, maka perlu dilakukan tugas menemukan kegagalan secara berkala. Jika tugas

menemukan kegagalan berkala tersebut tidak menghasilkan apa-apa, maka keputusan standard selanjutnya yang wajib dilakukan adalah mendesain ulang sistem tersebut (tergantung dari konsekuensi kegagalan majemuk yang terjadi).

- b. Jika tindakan pencegahan dilakukan, akan tetapi biaya proses total masih lebih besar daripada jika tidak dilakukan, yang dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi operasional, maka keputusan awalnya adalah tidak perlu dilakukan maintenance terjadwal (jika hal ini telah dilakukan dan ternyata konsekuensi operasional yang terjadi masih terlalu besar, maka sudah saatnya untuk dilakukan desain ulang terhadap sistem).
- c. Jika dilakukan tindakan pencegahan, akan tetapi biaya proses total masih lebih besar dari pada jika tidak dilakukan tindakan pencegahan, yang dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi non operasional, maka keputusan awalnya adalah tidak perlu dilakukan maintenance terjadwal, akan tetapi apabila biaya perbaikannya terlalu tinggi, maka sekali lagi sudah saatnya dilakukan desain ulang terhadap sistem.

Tindakan perawatan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Condition Directed (C.D)

Tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan dilakukan visual inspection, memeriksa alat, serta mengecek data yang ada. Apabila dalam pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan, maka dilakukan perbaikan atau penggantian komponen.

2. Time Directed (T.D)

Tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan berdasar pada waktu atau umur komponen.

3. Finding Failure (F.F)

Tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tidak terdeteksi dengan melakukan pengecekan secara berkala.

2.8.8 Keandalan (Reliability)

2.8.8.1 Definisi Keandalan (Reliability)

Pemeliharaan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (reliability). Keandalan (Reliability) dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan. Definisi reliability dibagi atas empat komponen pokok, yaitu:

1. Probability

Merupakan komponen pokok pertama, merupakan input numerik bagi pengkajian reliability suatu sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai kelayakan suatu sistem. Menandakan bahwa reliability menyatakan kemungkinan yang bernilai 0-1.

2. Kemampuan yang diharapkan (Satisfactory Performance)

Komponen ini memberikan indikasi yang spesifik bahwa kriteria dalam menentukan tingkat kepuasan harus digambarkan dengan jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.

3. Waktu (Time)

Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan suatu jadwal dalam dalam fungsi reliability. Waktu yang dipakai adalah MTTF (Mean Time to Failure) untuk menentukan waktu kritis dalam pengukuran reliability.

4. Kondisi Pengoperasian (Specified Operating Condition)

Faktor-faktor lingkungan seperti: getaran (vibration), kelembaban (humidity), lokasi geografis yang merupakan kondisi tempat berlangsungnya pengoperasian, merupakan hal yang termasuk kedalam komponen ini. Faktor faktornya tidak hanya dialamatkan untuk kondisi selama periode waktu tertentu ketika sistem atau produk sedang beroperasi, tetapi juga ketika sistem atau produk berada di dalam gudang (storage) atau sedang bergerak (transformed) dari satu lokasi ke lokasi yang lain merupakan hal yang termasuk kedalam komponen ini. Faktor-faktornya tidak hanya dialamatkan untuk kondisi selama periode waktu tertentu ketika sistem atau produk sedang beroperasi, tetapi juga

ketika sistem atau produk berada di dalam gudang (storage) atau sedang bergerak (transformed) dari satu lokasi ke lokasi yang lain.

2.8.8.2 Konsep Reliability

Dalam teori reliability terdapat empat konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan suatu sistem atau produk, yaitu:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

Dimana fungsi $f(x)$ dinyatakan fungsi kepadatan probabilitas. Pada fungsi ini menunjukkan bahwa kerusakan terjadi secara terus-menerus (continuous) dan bersifat probabilistik dalam selang waktu $(0, \infty)$. Pengukuran kerusakan dilakukan dengan menggunakan data variabel seperti tinggi, jarak, jangka waktu. Untuk suatu variabel acak x kontinu didefinisikan berikut:

- a. $f(x) \geq 0$
- b. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$
- c. $P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx$

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

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari x :

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

3. Fungsi Keandalan

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

$$R(X) = P(T > t)$$

T : Waktu operasi dari awal sampai terjadi kerusakan (waktu kerusakan) dan $f(x)$ menyatakan fungsi kepadatan probabilitas, maka $f(x)$

$$F(t) = P(T < t) = \int_{-x}^0 f(t)$$

dx adalah probabilitas dari suatu komponen akan mengalami kerusakan pada interval $(t_i + \Delta t)$. $F(t)$ dinyatakan sebagai probabilitas kegagalan komponen sampai waktu ke t , maka:

Maka fungsi keandalan adalah:

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - P(T < t) \\ &= \int_0^x f(t) dx \\ &= 1 - F(t) \end{aligned}$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

Fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu mendekati nol, maka fungsi laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat. Rata-rata kerusakan yang terjadi dalam interval waktu t_1 - t_2 dinyatakan. Kerusakan rata-rata dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt}{(t_2 - t_1) \int_{t_1}^{\infty} f(t) dt} \\ &= \frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt - \int_{t_2}^{t_2} f(t) dt}{(t_2 - t_1) \int_{t_1}^{\infty} f(t) dt} \\ &= \frac{R(t_1) - R(t_2)}{(t_2 - t_1) R(t_1)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{hR(t)} \\ &= \frac{R(t_1) - R(t_2)}{hR(t)} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan diatas maka fungsi laju kerusakan.

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{hR(t)} \\ &= -\frac{1}{R(t)} \left[\frac{d}{dt} R(t) \right]; f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} \\ &= \frac{f(t)}{R(t)} \end{aligned}$$

atau

$$h(t) = \sum_{i=0}^{t_p-1} [1 + H(t_p - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t) dt$$

2.8.8.3 Konsep Availability (Ketersediaan)

Ketersediaan dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebiling, 1997). Sehingga ketersediaan merupakan fungsi dari suatu siklus operasi (reliability) dan waktu downtime. Nilai availability dapat ditentukan dengan rumus:

$$A(t) = 1 - D(t)$$

Dimana D(t) merupakan downtime waktu dimana komponen/mesin berada pada kondisi yang tidak berfungsi dengan baik atau tidak dapat dioperasikan.

2.8.9 Pola Distribusi Data dalam Keandalan (Reliability)

2.8.9.1 Pola Distribusi Weibull

Distribusi weibull pertama sekali diperkenalkan oleh ahli fisika dari Swedia Wallodi Weibull pada tahun 1939. Dalam aplikasinya, distribusi ini sering digunakan untuk memodelkan “waktu sampai kegagalan” (time to failure) dari suatu sistem fisika. Ilustrasi yang khas, misalnya pada sistem dimana jumlah kegagalan meningkat dengan berjalannya waktu (misalnya keausan bantalan), berkurang dengan berjalannya waktu (misalnya daya hantar beberapa semi konduktor) atau kegagalan yang terjadi oleh suatu kejutan (shock) pada sistem.

Distribusi weibull merupakan keluarga distribusi kerusakan yang paling sering dipakai sebagai model distribusi masa hidup (life time). Distribusi Weibull

merupakan distribusi empirik sederhana yang mewakili data yang aktual. Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan pada komponen.

Fungsi-fungsi dari distribusi Weibull :

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

c. Fungsi Keandalan

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

$$R(t) = 1 - F(t)$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull (weibull slope), sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya (β), yaitu:

$\beta < 1$: Distribusi weibull akan menyerupai distribusi hyper-exponential dengan laju kerusakan cenderung menurun.

$\beta = 1$: Distribusi weibull akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.

$\beta > 1$: Distribusi weibull akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

2.8.9.2 Pola Distribusi Normal

Distribusi normal (Gaussian) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Terminologi “normal” itu sendiri bukan tidak pada tempatnya, karena memang distribusi ini

adalah yang paling banyak digunakan sebagai basis data riil di berbagai bidang yang meliputi antara lain karakteristik fisik makhluk hidup (berat, tinggi badan, manusia, hewan dan lain-lain), kesalahan-kesalahan pengukuran dalam eksperimen ilmiah, pengukuran-pengukuran intelegensi dan perilaku, nilai skor berbagai pengujian, dan berbagai ukuran indikator ekonomi.

Sekurang-kurangnya terdapat empat alasan mengapa distribusi normal menjadi distribusi yang paling penting :

1. Distribusi normal terjadi secara alamiah. Seperti diuraikan sebelumnya banyak peristiwa di dunia nyata yang terdistribusi secara normal.
2. Beberapa variabel acak yang terdistribusi secara normal dapat dengan mudah ditransformasi menjadi suatu distribusi variabel acak yang normal.
3. Banyak hasil dan teknik analisis yang berguna dalam pekerjaan statistic hanya bisa berfungsi dengan benar jika model distribusinya merupakan distribusi normal.
4. Ada beberapa variabel acak yang tidak menunjukkan distribusi normal pada populasinya, namun distribusi rata-rata sampel yang diambil secara random dari populasi tersebut ternyata menunjukkan distribusi normal.

Fungsi-fungsi dari distribusi Normal :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \sum_{i=0}^{t_p-1} [1 + H(t_p - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t) dt$$

Kosep reliability distribusi normal tergantung pada nilai μ (ratarata) dan σ (standar deviasi).

2.8.9.3 Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material.

Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t) - \mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t) - \mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t) - \mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan

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

Kosep reliability distribusi Lognormal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

2.8.9.4 Pola Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai λ , yaitu laju kegagalan (konstan).

Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$t > 0$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

- c. Fungsi Keandalan

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

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda$$

2.8.9.5 Pola Distribusi Gamma

Distribusi Gamma memiliki karakter yang hampir mirip dengan distribusi weibull dengan shape parameter β dan scale parameter α . Dengan memvariasikan nilai kedua parameter tersebut maka ada banyak jenis sebaran data yang dapat diwakili oleh distribusi Gamma.

$\Gamma =$ Fungsi Gamma, $(n) = (n-1)!$, dapat diperoleh melalui nilai fungsi gamma.

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \frac{n^n}{e^n}$$

Dimana, menurut Stirling

$$\pi = 3,142 \dots$$

$$e = 2,718 \dots$$

Fungsi-fungsi dari distribusi Gamma :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)\right]; t \geq 0; \alpha, \beta > 0$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)\right] dt$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^\infty \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)\right] dt$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

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

2.8.10 Identifikasi Distribusi dan Parameter Distribusi

Dapat dilakukan dalam dua tahap yaitu identifikasi distribusi awal dan estimasi parameter.

2.8.10.1 Identifikasi Distribusi Awal

Metode Least Square Curva Fitting digunakan untuk menghitung nilai index of fit (r). Distribusi dengan nilai r yang terbesar akan dipilih untuk di uji dengan menggunakan estimasi parameter. Dilakukan dengan menggunakan metode linear regresi dengan persamaan $y = a + bx$. Parameter juga dapat dicari dengan uji Kolmogorov–Smirnov dengan software easy tofit.

2.8.10.2 Estimasi Parameter

Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan Metode Least Square Curva Fitting. Estimasi untuk masing-masing parameter adalah

a. Distribusi Normal Parameter adalah μ dan σ

Dimana digunakan rumus sebagai berikut ini :

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2$$

b. Distribusi Lognormal Parameter adalah μ , σ

Dimana digunakan rumus sebagai berikut ini :

$$\mu = \ln \left(\frac{m}{\sqrt{1 + \frac{v}{m^2}}} \right),$$

$$\sigma^2 = \ln \left(1 + \frac{v}{m^2} \right)$$

Dimana : m = nilai rata-rata

v = nilai variance

c. Distribusi Eksponensial Parameter adalah λ

Dimana digunakan rumus sebagai berikut ini :

$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2.8.11 Perhitungan Interval Waktu Pergantian

Prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan hingga batas minimum, sehingga penggantian komponen berdasarkan downtime minimum menjadi sangat penting. Penentuan tindakan preventif yang optimum dengan meminimumkan penggantian komponen sistem yang meminimumkan downtime, sehingga tujuan utama dari manajemen sistem perawatan untuk memperpendek periode kerusakan sampai batas minimum dapat dicapai. Penentuan tindakan preventif yang optimum dengan meminimumkan downtime akan dikemukakan berdasarkan interval waktu penggantian. Tujuan untuk menentukan penggantian komponen yang optimum berdasarkan interval waktu, t_p , diantara penggantian preventif dengan menggunakan kriteria meminimumkan total downtime per unit waktu. Total downtime per unit waktu untuk tindakan penggantian preventif pada waktu t_p , dinotasikan sebagai $D(t_p)$ adalah :

$$D(t) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p}$$

Dimana:

$H(t_p)$ = Banyaknya kerusakan (kegagalan) dalam interval waktu $(0, t_p)$, merupakan nilai harapan (expected value)

T_f = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen berdasarkan kerusakan.

T_p = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan preventif (sebelum komponen rusak).

$t_p + T_p$ = Panjang satu siklus.

Dengan meminimumkan total minimum downtime, kan diperoleh tindakan penggantian komponen berdasarkan interval waktu t_p yang optimum.

2.9 Basis Data (Database)

Menurut (Abdillah, 2013) *database* yaitu kumpulan data yang terintegrasi dan diatur sedemikian rupa sehingga data tersebut dapat dimanipulasi, diambil, dan dicari secara cepat.

Selain berisi data, *database* juga berisi metadata yaitu data yang menjelaskan tentang struktur dari data itu sendiri, contoh: informasi yang diperoleh tentang nama-nama kolom dan tipe data yang ada pada sebuah tabel, data nama kolom dan tipe yang ditampilkan tersebut disebut metadata.

Primary key yaitu suatu aturan yang berguna untuk memastikan bahwa setiap baris data di dalam suatu tabel bersifat unik/berbeda antara baris yang satu dengan yang lainnya sedangkan *foreign key* berguna untuk mendefinisikan kolom-kolom pada suatu tabel yang nilainya mengacu ke tabel lain.

2.10 Laragon

(Meidina, 2020) Laragon adalah perangkat lunak yang memiliki bahasa pemrograman PHP, MySQL sebagai tempat penyimpanan database, dan apache sebagai web server yang digunakan untuk membangun local development environment pada Sistem Operasi windows.

Kelebihan dari Laragon :

1. Pretty URLs, project dapat diakses dengan `app.test` tanpa harus menggunakan `localhost/app`.
2. Portable, project dapat dipindahkan dengan mudahnya tanpa merusak sistem.
3. Isolated, sistem pada laragon terisolasi langsung dengan sistem operasi sehingga apa yang pengguna lakukan pada aplikasi ini tidak mempengaruhi komputer lokal pengguna.
4. Easy Operation, aplikasi ini otomatis memiliki banyak konfigurasi sehingga sangat mudah untuk digunakan
5. Modern dan Powerful, aplikasi ini memiliki arsitektur yang modern sehingga mudah digunakan saat membangun web yang modern.

2.11 MySQL

(Hermiati, 2021) MySQL adalah salah satu jenis database server yang sangat terkenal dan banyak digunakan untuk membangun aplikasi web yang menggunakan dataBased sebagai sumber dan pengolahan datanya. MySQL adalah sebuah dataBased relasional gratis dan open source yang mula-mula tersedia di Unix/Linux namun kini tersedia juga di sistem operasi lain seperti Windows. Hingga kini MySQL terus bertahan sebagai dataBased open source yang paling populer mengalahkan PostgreSQL, Inter Based/Firebird, dan lain sebagainya. MySQL mudah diinstal, mudah dipakai, dan dapat dihubungkan dari berbagai bahasa pemrograman.

Kekuatan utama MySQL adalah pada kecepatannya, terutama untuk koneksi (overhead koneksi yang rendah) dan kecepatannya untuk query-query yang sederhana. Hal ini membuatnya cocok dipakai sebagai database untuk aplikasi web. MySQL merupakan dataBased yang pertama kali didukung oleh bahasa pemrograman script untuk internet (PHP dan Perl). MySQL dan PHP dianggap sebagai pasangan software pembangun aplikasi web yang ideal. MySQL lebih sering digunakan untuk membangun aplikasi berbasis web, umumnya pengembangan aplikasinya menggunakan bahasa pemrograman script PHP.

2.12 PHP

(Andarsyah, 2020) PHP (HyperText Preprocessor) adalah sebuah bahasa utama script server-side yang disisipkan pada HTML yang dijalankan di server, dan juga bisa digunakan untuk membuat aplikasi desktop.

PHP merupakan secara umum dikenal dengan sebagai bahasa pemrograman script – script yang membuat dokumen HTML secara on the fly yang dieksekusi di server web, dokumen HTML yang dihasilkan dari suatu aplikasi bukan dokumen HTML yang dibuat dengan menggunakan editor teks atau editor HTML, dikenal juga sebagai bahasa pemrograman server side.

2.13 Framework Laravel

(Haidar, 2019) Framework adalah kerangka kerja yang memudahkan programmer untuk membuat sebuah aplikasi sehingga programmer akan lebih

mudah melakukan perubahan (customize) terhadap aplikasinya dan dapat memakainya kembali untuk aplikasi lain yang sejenis. Framework adalah suatu struktur konseptual dasar yang digunakan untuk memecahkan atau menangani suatu masalah kompleks. Tujuan dari framework untuk mengurangi pembuatan kembali kode yang sama sehingga programmer dapat lebih fokus mengerjakan bagian lainnya. Salah satu kelebihan dari framework adalah kerangka kerja dari framework dalam menyelesaikan modul-modul yang dikembangkan sehingga mengeluarkan sebuah metode pekerjaan yang lebih efisien, lebih rapi, lebih bersifat general, dan lebih homogen.

Framework Laravel dibuat oleh Taylor Otwell, proyek Laravel dimulai pada April 2011. Awal mula proyek ini dibuat karena Otwell sendiri tidak menemukan framework yang up-to-date dengan versi PHP. Mengembangkan framework yang sudah ada juga bukan merupakan ide yang bagus karena keterbatasan sumber daya. Dikarenakan beberapa keterbatasan tersebut, Otwell membuat sendiri framework dengan nama Laravel. Oleh karena itu, Laravel mengisyaratkan PHP versi 5.3 keatas.

Laravel merupakan web application framework berbasis PHP yang open source. Laravel menekankan pada kesederhanaan dan fleksibilitas pada desainnya. Laravel dirilis dibawah lisensi MIT dengan sumber kode yang disediakan di Github. Laravel dibangun dengan basis MVC (Model-View-Controller). Laravel dilengkapi command line tool yang bernama "Artisan" yang dapat digunakan untuk packaging bundle dan instalasi bundle. Laravel oleh para developer disetarakan dengan CodeIgniter dan FuelPHP namun memiliki keunikan tersendiri dari sisi coding yang lebih ekspresif dan elegan. Keunggulan Laravel daripada framework lain antara lain: coding yang simple, tersedia generator yang canggih dan memudahkan, fitur Schema Builder untuk berbagai dataBased, Fitur Migration dan Seeding untuk berbagai dataBased, Fitur Query Builder yang bagus, Eloquent ORM yang luar biasa dan fitur pembuatan package dan bundle.

2.14 Pengujian RCM

RCM dapat didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin bahwa beberapa asset fisik dapat berjalan secara normal melakukan fungsi yang di inginkan penggunaannya dalam konteks operasi. Pengujian RCM dilakukan dengan beberapa langkah yang menghasilkan analisis dari suatu persoalan. (Tondang, 2016)

2.15 Pengujian *Black Box*

(Mustaqbal et al., 2015) pengujian perangkat lunak dari segi spesifikasi fungsional tanpa menguji desain dan kode program untuk mengetahui apakah fungsi, masukan dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Metode *BlackboxTesting* merupakan salah satu metode yang mudah digunakan karena hanya memerlukan batas bawah dan batas atas dari data yang di harapkan, estimasi banyaknya data uji dapat dihitung melalui banyaknya field data entri yang akan diuji, aturan entri yang harus dipenuhi serta kasus batas atas dan batas bawah.