

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu Analisis Perawatan Unit Pembangkitan Gresik Unit III Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) [5]. Dari hasil analisa terhadap data *work order* PLTU didapatkan beberapa komponen yang paling kritis, yaitu : *boiler, condenser, deaerator* dan *boiler feed pump* 3b.

Penelitian lainnya yaitu Perencanaan Perawatan Mesin Pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Dengan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) Di PT.PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Utara Titi Kuning Medan [4]. Dari hasil analisa didapat beberapa komponen kritis yaitu *cylinderhead, bearing conrod, control logic board* dan *turbocharger*. Berdasarkan penyusunan *Logic Tree Analisis* (LTA) diperoleh kategori komponen berdasarkan mode kerusakan yaitu tidak ada kegagalan komponen yang disebabkan oleh masalah keselamatan kategori A (*safety problems*), dan juga kategori C (*economic problem*), sedangkan untuk kategori B (*outage problem*) atau kategori D/B (*Hidden Failure and Outage Problem*) terjadi kegagalan komponen yang menyebabkan berhentinya sebagian unit proses *electricity production* ataupun sistem *electricity production* secara keseluruhan. Pengambilan tindakan dalam penelitian ini diperoleh tiga rekomendasi tindakan, pertama *Condition Directed* (C.D) bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Kedua *Time Directed* (T.D), tindakan yang berfokus pada aktivitas pembersihan. Ketiga *Finding Failure* (F.F), tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi.

Penelitian lainnya yaitu Analisis Keandalan Instrumentasi *Fuel Oil System* PLTG Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* di PT. PLN PLTD/G Teluk Lembu [6]. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai keandalan komponen *fuel oil system* yaitu *flow divider* 8 dengan nilai RPN 100, *fuel nozzle* 10 dengan nilai RPN 75, *check valve* 1 dengan nilai RPN 60, *check valve* 2 dengan nilai RPN 60, *fuel nozzle* 1 dengan nilai RPN 60, *fuel nozzle* 2 dengan nilai RPN 60, *flow divider* 2 dengan nilai RPN 36, *check valve* 9 dengan nilai RPN 36, *check valve* 10 dengan nilai RPN 36, *selector*

switch flow divider dengan nilai RPN 27, *fuel nozzle* 8 dengan nilai RPN 24, *flow meter* HSD dengan nilai RPN 20, *sero valve* dengan nilai RPN 18 dan *fuel oil pump* dengan nilai RPN 12. Sedangkan pada komponen *fuel oil supply* yaitu *filter HSD* Tekanan Tinggi dengan nilai RPN 40, Motor 2 dengan nilai RPN 30, Motor 1 dengan nilai RPN 24, *fuel skid pump* 1 dengan nilai RPN 20 dan *fuel skid pump* 2 dengan nilai RPN 12.

Penelitian lainnya yaitu Penerapan RCM Pada Sistem Distribusi Air di PDAM Pasir Putih Pematangan Barangan Kabupaten Rokan Hulu [7]. Dengan metode RCM di dapatkan komponen kritis yaitu *impeler*, *bearing*, *mechanical seal kit*, *shaft*, dan *casing pump*. *Maintenance task* yang dilakukan yaitu penggantian, *thermography*, *vibration meter*, modifikasi, perawatan korektif, perbaikan dan pengelasan.

Penelitian lainnya yaitu Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan Yang Optimal Di PLTD X [8]. Dari hasil penelitian didapatkan komponen-komponen mesin kritis di PLTD X yaitu: *cylinder head*, *inlet valve rocker arm*, *inlet valve housing*, *inlet valve*, *inlet valve seat*, *exhaust valve rocker arm*, *exhaust valve housing*, *exhaust valve*, *exhaust valve seat*, *gasket* dan *distribution box*.

Penelitian lainnya yaitu Kebijakan Perawatan Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* di Perum Jasa Tirta II [9]. Metode RCM digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai untuk sistem *Governor* dan sistem Pendingin. Subsistem yang di analisis yaitu *servo motor*, motor pompa minyak, HE *governor*, tangki *governor*, *accumulator*, pompa air bersih, motor pompa air bersih, pompa air kotor, motor pompa air kotor, HE pendingin dan *filter shaft seal*. Berdasarkan analisis RCM, didapatkan 5 *maintenance task*, yaitu *scheduled on condition*, *scheduled discard*, *scheduled restoration*, *failure finding* dan *run to failure* yang akan digunakan pada subsistem.

Penelitian lainnya yaitu Analisa RCM Pada Motor Diesel Penggerak Generator Daya 320 kVA Sumber Kelistrikan Di Hotel Sapadia Rokan Hulu [10]. Metode RCM ini digunakan untuk mengetahui komponen kritis yang perlu dilakukan perawatan. Pada penelitian ini didapat bahwa sistem pelumasan dan saluran pendingin adalah komponen kritis yang perlu dilakukan perawatan terencana bila mengalami kegagalan fungsi yang menyebabkan kinerja mesin mengalami penurunan daya dan torsi. Komponen kritis lainnya adalah *governor*, perlu dilakukan pemeliharaan rutin. Pompa pelumas juga

komponen kritis, perlu dilakukan inspeksi secara kontinyu melalui indikator tekanan minyak pelumas.

Penelitian terkait mengenai analisa *cooling water system* dan *fuel oil supply* yaitu *Analysis* Keandalan Instrumentasi pada *Cooling Water System* PLTD/G Unit 1 dan *Fuel Oil Supply* PLTD/G Unit 3 Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Studi Kasus PT. PLN PLTD/G Teluk Lembu Pekanbaru [2]. Berdasarkan dari hasil penelitian didapatkan beberapa komponen kritis, seperti VTR 1 dengan RPN 192, *tank* 1 dengan RPN 135 dan *tank* 2 dengan RPN 135.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

PT. PLN PLTD/G Teluk Lembu Pekanbaru memiliki tiga unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) yang terintegrasi, yaitu PLTG unit 1, unit 2 dan unit 3. Kapasitas daya terpasang pada PLTG sebesar 21,6 MW, dan dengan daya mampu sebesar 16 MW. Selain itu PT. PLN PLTD/G Teluk Lembu juga memiliki satu unit PLTD dengan kapasitas daya 7,8 MW [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan suatu jenis pembangkit listrik yang menggunakan turbin gas sebagai penggerak utama generator, dengan gas sebagai *fluida* kerjanya. Proses kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dimulai dari udara yang masuk melalui kompresor dikompresikan ke ruang bakar, sehingga suhu dan tekanannya naik. Secara bersamaan bahan bakar juga dimasukkan keruang bakar, kemudian pada ruang bakar terjadi proses pengkabutan antara udara dan bahan bakar, dengan proses pengapian maka terjadilah pembakaran. Dari proses pembakaran menghasilkan gas bertekanan tinggi, gas tersebut digunakan untuk memutar turbin gas, karena turbin dan generator satu poros maka generator pun ikut berputar, sehingga perputaran generator menghasilkan energi listrik [6].

2.2.1 Komponen Utama PLTG

Berdasarkan proses kerjanya Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan pembangkit listrik yang prosesnya sederhana. Ada beberapa komponen utama dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) diantaranya yaitu kompresor, ruang bakar, turbin gas dan *generator* [6].

1. Kompresor

Kompresor merupakan peralatan yang digunakan untuk mengkompresikan udara dengan jumlah yang besar untuk proses pembakaran, pendinginan dan lain-lain. Jenis kompresor yang digunakan adalah kompresor aksial dengan 17 tingkat yang seporos dengan turbin. Sebelum masuk ke kompresor udara terlebih dahulu melalui *air filter* yang berfungsi untuk menyaring udara dari kotoran dan partikel-partikel yang tidak diperlukan. Untuk penyaringan awal digunakan *screen filter* yang berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel yang besar. Kemudian *guard filter* yang berfungsi untuk menyaring udara dari partikel-partikel besar sebelum masuk ke *air filter secondary* yang merupakan filter kedua yang berfungsi sebagai penyaring udara dari partikel-partikel kecil dan kemudian masuk ke FOD *screen* yang berfungsi sebagai saringan akhir udara sebagai campuran bahan bakar atau gas pada proses pembakaran.

Pada kompresor sendiri terdiri dari dua bagian kompresor yaitu, *low pressure compressor* yang merupakan sudu kompresor untuk tekanan rendah dan *high pressure compressor* yang merupakan sudu kompresor tekanan tinggi. Selain itu untuk mengatur jumlah udara yang masuk melalui kompresor digunakan *Variable Inlet Guide Vanes* (VIGV), dan *Variable Stator Vanes* (VSV) sebagai pangatur aliran udara yang digunakan untuk pembakaran [6].

2. Ruang Bakar

Ruang bakar merupakan komponen utama dalam pembangkit listrik tenaga gas, dimana pada ruang bakar ini terjadi proses pembakaran bahan bakar agar mendapatkan gas bertekanan tinggi yang akan menggerakkan turbin. Berdasarkan konstruksinya ruang bakar terdiri dari 10 buah ruang bakar yang tersusun di sekeliling kompresor.

Ruang bakar ini terdiri dari dua bagian yang bagian luar disebut dengan ruang pembakaran (*combustion casing*) dan didalam tabung yang kedua disebut dengan *combustion liner*, antara ruang bakar satu dengan yang lainnya dipasang tabung lintasan api (*cross fire tube*). Bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar terlebih dahulu dikabutkan oleh *nozzle* yang berjumlah 10 buah. Untuk bahan bakar minyak digunakan *fuel oil system* untuk sistem penyaluran bahan bakar dan *fuel gas system* untuk bahan bakar gas. Selanjutnya bahan bakar yang telah dikabutkan dicampur dengan udara yang dimampatkan dari kompresor melalui *automizing air system* yang berfungsi untuk memasukkan udara keruang bakar. Kemudian dengan dibantu proses

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.

pengapian maka terjadilah pembakaran, hasil pembakaran ini menghasilkan gas bertekanan tinggi yang digunakan untuk memutar turbin [6].

3. Turbin Gas

Turbin gas merupakan turbin dengan gas sebagai *fluida* kerjanya, turbin gas mengkonversikan gas panas bertekanan tinggi dari hasil pembakaran menjadi energi mekanik yang digunakan untuk memutar generator.

Konstruksi turbin gas terdiri dari sudu atur yang berfungsi yang mengatur gas yang masuk ke sudu turbin hasil pembakaran. Sudu gerak yang terletak pada bagian yang bergerak untuk memanfaatkan gas buang dari hasil pembakaran menjadi energi pada gerak turbin. Sudu tetap adalah sudu yang terletak pada bagian dinding turbin yang berfungsi untuk mengarahkan perputaran gas, agar menggerakkan turbin dapat dimanfaatkan seluruh oleh turbin. Sedangkan gas sisa hasil pembakaran yang sudah digunakan untuk menggerakkan turbin dialirkan melalui saluran buangan (*exhaust*). Pada *exhaust* temperatur udara perlu dikontrol dulu sebelum dibuang ke *atmosfer* [6].

4. Generator

Generator merupakan suatu piranti (*device*) yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. *Generator* akan menghasilkan energi listrik apabila terjadi perputaran, dimana penggerak *generator* salah satu diantaranya adalah turbin gas [6].

2.2.2 Prinsip Operasi Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Turbin gas suatu Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) berfungsi untuk mengubah energi yang terkandung di dalam bahan bakar menjadi mekanis. Fluida kerja untuk memutar turbin gas adalah gas panas yang di peroleh dari proses pembakaran. Proses pembakaran memerlukan tiga unsur utama yaitu bahan bakar, udara dan panas.

Dalam proses pembakaran ini bahan bakar disuplai oleh pompa bahan bakar (*fuel oil pump*) apabila digunakan bahan bakar minyak, atau oleh kompresor gas apabila menggunakan bahan bakar gas alam. Pada umumnya kompresor gas disediakan oleh pemasok gas tersebut. Udara untuk pembakaran diperoleh dari kompresor utama, sedangkan panas untuk awal pembakaran dihasilkan oleh *ignitor* (busi). Proses pembakaran dilaksanakan di dalam *combustion chamber* (ruang bakar). Energi mekanis yang dihasilkan oleh turbin gas digunakan untuk memutar *generator* listrik, sehingga diperoleh energi listrik. Tentu saja untuk dapat berjalannya operasi Pembangkit Listrik

Tenaga Gas (PLTG) dengan baik perlu dilengkapi dengan alat-alat bantu, kontrol, instrumentasi, proteksi dan sebagainya.

Secara garis besar urutan kerja dari proses pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) tersebut sebagai berikut [6] :

1. Proses *starting*

Pada proses *start* awal untuk memutar turbin menggunakan mesin diesel sampai putaran poros turbin/compressor mencapai putaran 1300 rpm maka secara otomatis diesel dilepas dan akan berhenti.

2. Proses kompresi

Udara dari luar kemudian dihisap melalui *air inlet* oleh kompresor dan masuk ke ruang bakar dengan cara dikabutkan bersama bahan bakar lewat *nozzle* secara terus menerus dengan kecepatan tinggi.

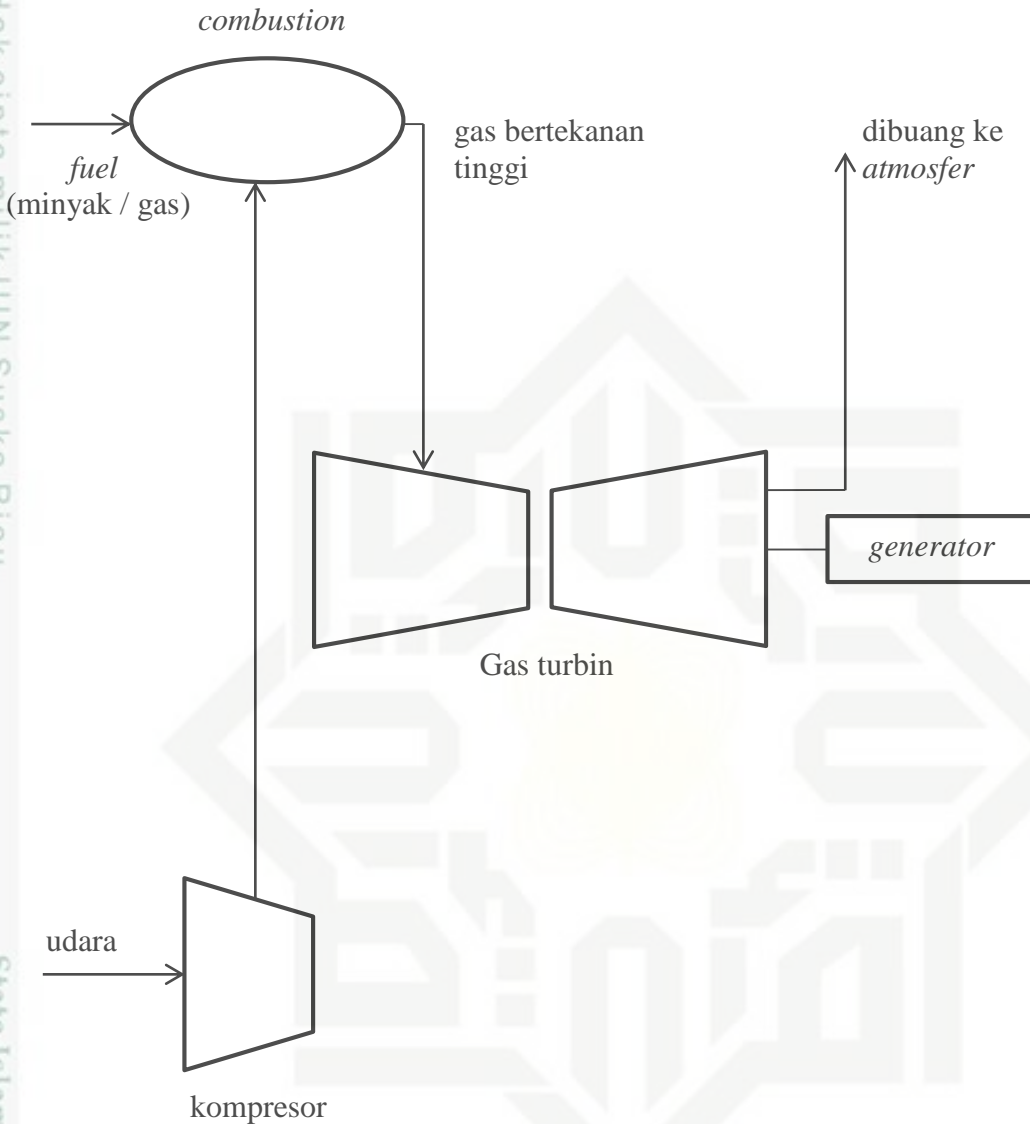
3. Transformasi energi *thermis* ke mekanik

Kemudian udara dan bahan bakar dikabutkan ke dalam ruang bakar diberi pengapian (*ignition*) oleh busi (*spark plug*) pada saat permulaan pembakaran. Pembakaran seterusnya terjadi secara terus-menerus dan hasil pembakarannya berupa gas bertemperatur dan bertekanan tinggi dialirkan ke dalam cakram melalui sudu-sudu yang kemudian diubah menjadi tenaga mekanis pada perputaran porosnya

4. Transformasi energi mekanik ke energi listrik

Poros turbin berputar hingga 5.100 rpm, yang sekaligus memutar poros generator sehingga menghasilkan tenaga listrik. Putaran turbin 5.100 rpm diturunkan oleh *load gear* menjadi 3000 rpm, dan kecepatan putaran turbin ini digunakan untuk memutar generator. Udara luar yang dihisap masuk ke kompresor, kemudian dimanfaatkan hingga pada sisi keluarannya menghasilkan tekanan yang cukup tinggi. Bersama dengan udara yang bertekanan tinggi, bahan bakar dikabutkan secara terus-menerus dan hasil pembakaran tersebut dengan kecepatan yang tinggi mengalir dengan perantaraan *transition piece* menuju *nozzle* dan sudu-sudu turbin dan pada akhirnya keluar melalui *exhaust* dan dibuang ke *atmosfir*.

2.2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas



Gambar 2.1 Blok Diagram PLTG

(Sumber : Hendra, 2012)

Sistem turbin gas menggunakan kompresor aksial, karena aliran udara yang melalui kompresor searah dengan poros dan rotor. Kompresor aksial dapat mencapai efisiensi 90% dan perbandingan tekanan yang dihasilkan setiap tingkat sekitar 1,05-1,15 atm, maka untuk menghasilkan perbandingan tekanan yang tinggi diperlukan jumlah tingkat yang lebih banyak (17 tingkat atau lebih) hal ini mengakibatkan ukuran kompresor aksial lebih panjang.

Udara atmosfer masuk ke *air inlet* seterusnya melalui kompresor dan masuk ke pompa *automiser* yang ukurannya lebih kecil sehingga tekanan udaranya menjadi besar. Karena

tekanan udara yang besar mengakibatkan temperatur akan naik. Kemudian udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi itu masuk ke dalam ruang bakar (*combustion chamber*). Di dalam ruang bakar, bahan bakar dan udara yang dikabutkan kemudian diberi pengapian (*ignition*) dari busi sehingga terjadi proses pembakaran. Proses pembakaran adalah ekuivalen dengan proses pemasukan kalor pada siklus *brayton*. Proses pembakaran ini terjadi secara kontinu sehingga temperatur gas pembakaran harus dibatasi sesuai dengan kekuatan material sudu-sudu turbin. Hal ini perlu dilaksanakan karena kekuatan material akan turun dengan naiknya temperatur. Tekanan ruang bakar berkisar antara 2,5 - 10 atm, temperatur gas pembakaran yang keluar dari ruang bakar berkisar antara 500 - 1100° C. Untuk membatasi temperatur gas pembakaran yang keluar dari ruang bakar maka sistem turbin gas memerlukan jumlah udara berlebih, dimana udara tersebut diperlukan untuk menyempurnakan proses pembakaran dalam waktu sesingkat-singkatnya. Gas panas yang dihasilkan dari proses pembakaran masuk ke dalam turbin sebagai *fluida* kerja yang memutar rotor turbin besudu yang terkopel dengan generator sinkron. Didalam turbin terjadi proses ekspansi untuk menurunkan tekanan dan menambah kecepatan udara. Sekitar 60% daya yang dihasilkan dari turbin digunakan untuk memutar beban (generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling dan sebagainya) [6].

2.3 Cooling Water System

Cooling water system adalah sistem pendingin yang digunakan untuk *lube oil* menggunakan media air sebagai pendingin yang berfungsi untuk mengontrol temperatur *oil* sesuai yang dibutuhkan untuk melumasi *bearing turbin* secara efektif [1]. Pada *lube oil* temperatur harus dijaga tidak boleh sampai melebihi batas maksimum temperatur yang digunakan. Suhu normal *lube oil* sebelum dilakukan pendinginan yaitu 60 – 63° C dengan suhu maksimum yaitu 85° C, jika sudah dilakukan pendinginan maka suhu normal *lube oil* yaitu 43 - 46° C dengan suhu minimum yaitu 40° C. *Cooling water system* ini memiliki beberapa komponen yang memiliki fungsi berbeda-beda. Beberapa komponen pada *cooling water system* diantaranya *tank 1, tank 2, level indicator* dan *alarm, temperature sensor 1, temperature sensor 2, pump casing vent valve, VPR 7, VPR 8, 88FC-1 (motor 1), 88FC-2 (motor 2), 88FC-3 (motor 3), fin-tube radiator 1, fin-tube radiator 2, atomizing air, lube oil heat exchanger 1, lube oil heat exchanger 2, VTR 1 dan VTR 2.*

2.3.1 Fungsi Komponen

Berikut adalah penjelasan mengenai fungsi dari tiap-tiap komponen *Cooling Water System* (CWS) [6] :

1. *Tank 1* (200 gallon x 19 liter), berfungsi sebagai tempat penampung air.
2. *Tank 2* (200 gallon x 19 liter), berfungsi sebagai tempat penampung air.
3. *Level indicator* dan *alarm*, berfungsi untuk mengukur ketinggian air yang berada pada *tank* dan *alarm* berfungsi untuk memberikan peringatan jika level air berada pada batas minimum yaitu 303 liter.
4. *Temperature sensor 1*, berfungsi untuk mendeteksi suhu air yang mengalir dari *tank 1* dan *tank 2* adalah air dingin.
5. *Temperature sensor 2*, berfungsi untuk mendeteksi suhu air yang mengalir dari *heat exchanger* adalah air panas.
6. *Pump casing vent valve*, berfungsi sebagai pemompa air dari tangki penampungan.
7. VPR 7, berfungsi sebagai katup untuk *open/close* aliran air.
8. 88FC-1 (motor 1), berfungsi sebagai *fan* dari *fin-tube radiator*.
9. 88FC-2 (motor 2), berfungsi sebagai *fan* dari *fin-tube radiator*.
10. 88FC-3 (motor 3), berfungsi sebagai *fan* dari *fin-tube radiator*.
11. *Fin-tube radiator 1*, sebagai tempat terjadinya proses pendinginan air.
12. *Fin-tube radiator 2*, sebagai tempat terjadinya proses pendinginan air.
13. VTR 1, berfungsi sebagai katup pembuka untuk *open/close* aliran air menuju *lube oil heat exchanger* dan *atomizing air*.
14. *Lube oil heat exchanger 1*, berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pendinginan *oil*.
15. *Lube oil heat exchanger 2*, berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pendinginan *oil*.
16. *Atomizing air*, berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menyemprotkan bahan bakar minyak di ruang bakar, sehingga bahan bakar terkabutkan dan mempermudah serta menyempurnakan pembakaran.
17. VPR 8, berfungsi sebagai katup untuk *open/close* aliran air menuju *fin-tube radiator* dan *tank*.
18. VTR 2, berfungsi sebagai katup untuk *open/close* aliran air.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

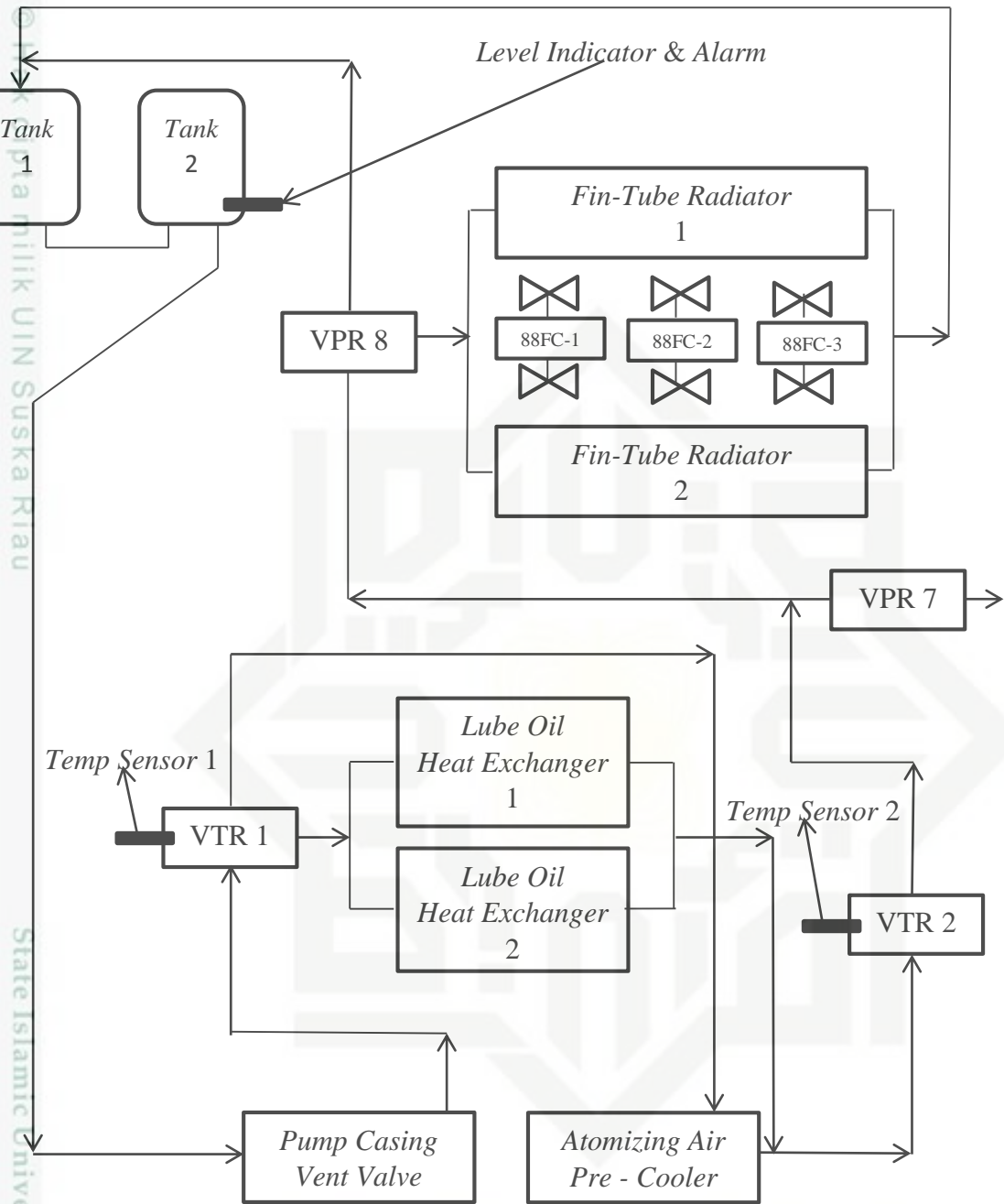
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

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

2.3.2 Proses *Cooling Water System*

Proses *cooling water system* dimulai dari *tank* penampung air yang berisi air kira-kira sekitar 3800 liter air disetiap *tank*. Pada *cooling water system* ini terdapat dua *tank* penampung air yaitu *tank 1* dan *tank 2*, pada *tank* terdapat *level indicator* dan *alarm* yang berfungsi untuk mendeteksi level air dan memberikan peringatan jika level air berada batas minimum yaitu 303 liter. Air yang berada didalam *tank* di alirkan kemudian dipompa menuju VTR 1, VTR 1 akan membuka katub air yang akan dialirkan ke *lube oil heat exchanger* untuk menyerap panas dari *oil* dan menuju *atomizing air* untuk menjaga suhu tekanan udara berada pada temperatur normal sekitar $65^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$ dengan batas temperatur maksimum yaitu 135°C . Pada VTR 1 terdapat sensor temperatur yang digunakan untuk memastikan bahwa suhu air yang mengalir dari tangki air adalah air dingin dengan suhu air $0^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$, sehingga air dapat digunakan untuk proses pendinginan. Jika terdeteksi air yang mengalir dari tangki suhunya melebihi 30°C , maka air tidak dapat digunakan untuk proses pendinginan dan air akan langsung dialirkan menuju *fin-tube radiator* untuk langsung didinginkan kembali.

Didalam *cooling water system* terdapat dua tabung *lube oil heat exchanger*, fungsi digunakannya dua tabung *lube oil heat exchanger* yaitu untuk mempercepat proses pendinginan pada *lube oil*. Selanjutnya, air yang sudah masuk ke dalam *lube oil heat exchanger* akan dialirkan melewati VTR 2. Pada VTR 2 juga terdapat sensor temperatur untuk mendeteksi suhu air yang mengalir setelah keluar dari *lube oil heat exchanger*. Jika suhu air masih dibawah 30°C maka VPR 8 akan membuka katup yang mengalirkan air langsung menuju tangki penampung air, hal ini akan terjadi jika terjadi kegagalan pada kedua *lube oil heat exchanger* sehingga tidak terjadinya proses pendinginan terhadap *oil*. Namun, jika suhu yang terdeteksi melebihi 30°C maka air akan di alirkan menuju VPR 8 dan membuka katup air yang menuju ke *fin-tube radiator*. Pada *cooling water system* terdapat dua *fin-tube radiator* dan memiliki 3 motor *fan colled* yaitu 88FC-1, 88FC-2 dan 88FC-3. Air yang sudah masuk ke dalam *fin-tube radiator* akan didinginkan dan setelah proses pendinginan selesai air akan di alirkan menuju *tank 1* dan *tank 2* dan begitu seterusnya [1].



Gambar 2.2 Blok Diagram *Cooling Water System*
(Sumber : PLTD/G Teluk Lembu, 2017)

2.4 Fuel Oil Supply

Fuel oil supply merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mensuplai bahan bakar solar atau *High Speed Diesel* (HSD) ke mesin [1]. Dimana pada sistem ini bahan bakar minyak dari *fuel oil tank* dipompakan ke *fuel oil system*. Pada *fuel oil supply* ini memiliki beberapa komponen yang mendukung dan masing-masing memiliki fungsi yang berbeda-

beda. Beberapa komponen pada *fuel oil supply* diantaranya *fuel skid pump 1*, Motor (88FD-1), *pressure switch* (63FD-1), *fuel skid pump 2*, Motor (88FD-2), *pressure switch* (63FD-2), *solenoid fuel low* (20FL), *pressure regulator valve* (VRP35), *filter HSD Tekanan Tinggi*, *relief valve* (VR50) dan *solenoid valve* (20FD).

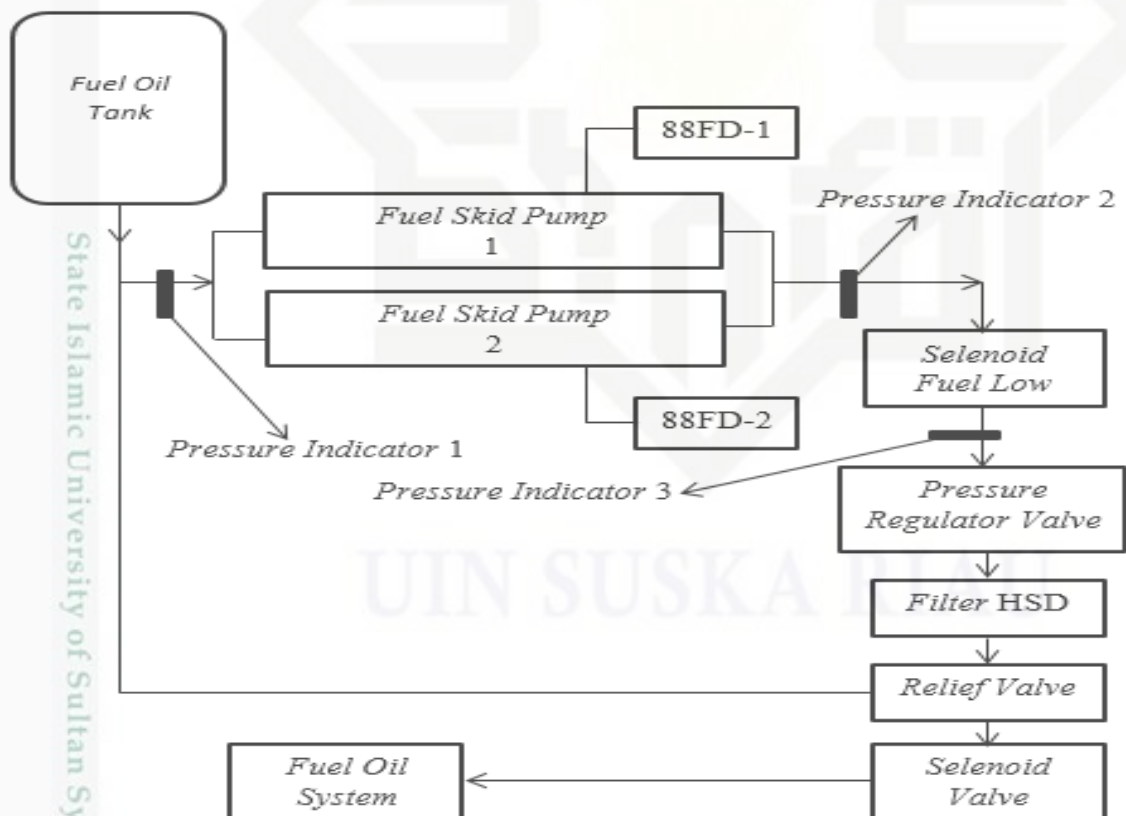
2.4.1 Fungsi Komponen

Berikut adalah penjelasan mengenai fungsi dari tiap-tiap komponen *Fuel Oil supply* (FOS) [6] :

1. *Fuel skid pump 1*, berfungsi sebagai pemompa bahan bakar dari tangki harian. Bekerja apabila digerakkan oleh motor.
2. *Fuel skid pump 2*, berfungsi sebagai pemompa bahan bakar dari tangki harian. Bekerja apabila digerakkan oleh motor.
3. Motor 1, berfungsi sebagai penggerak pompa. Bekerja memutar pompa untuk bahan bakar.
4. Motor 2, berfungsi sebagai penggerak pompa. Bekerja memutar pompa untuk bahan bakar.
5. *Solenoid fuel low*, berfungsi menutup aliran fluida saat unit tidak beroperasi. Bekerja pada saat putaran pompa $\pm 20\%$.
6. *Pressure switch 1* (63FD-1), berfungsi untuk mendeteksi tekanan aliran *oil* pada pipa dari *fuel oil tank* ke *fuel skid pump*.
7. *Pressure switch 2* (63FD-2), berfungsi untuk mendeteksi tekanan aliran *oil* pada pipa dari *fuel skid pump* ke *solenoid fuel low*.
8. *Pressure switch 3* (63FD-3), berfungsi untuk mendeteksi tekanan aliran *oil* pada pipa dari *solenoid fuel low* ke *pressure regulator valve*.
9. *Pressure regulator valve*, berfungsi sebagai pengatur laju aliran. Bekerja untuk mengatur besarnya tekanan fluida antara sebelum dan setelah melewati *filter HSD Tekanan Tinggi*.
10. *Filter HSD Tekanan Tinggi*, berfungsi sebagai saringan bahan bakar minyak. Bekerja untuk menyaring bahan bakar minyak dari partikel-partikel atau kotoran.
11. *Relief valve*, berfungsi sebagai proteksi tekanan yang berlebih. Bekerja apabila tekanan pada pipa tinggi maka secara otomatis katup pada *relief valve* akan terbuka mengurangi tekanan.
12. *Solenoid Valve*, berfungsi menutup aliran saat terjadi gangguan. Bekerja apabila terjadi gangguan pada aliran.

2.4.2 Proses Fuel Oil Supply

Proses *fuel oil supply* dimulai dari bahan bakar yang ada pada tangki harian PLTG yang dipompakan terlebih dahulu melalui salah satu *fuel skid pump* dimana putaran kerjanya 2835 rpm, pompa digerakkan oleh *motor fuel skid* (88FD-1 atau 88FD-2). *Pressure switch* dipasang pada pipa antara tangki harian dan *fuel skid pump* yang fungsinya untuk mengukur tekanan pada pipa. *Solenoid fuel low* (20FL) berfungsi untuk membuka dan menutup aliran bahan bakar, *solenoid fuel low* bekerja pada saat putaran pompa $\pm 20\%$. Setelah melewati *solenoid fuel low* aliran bahan bakar diukur tekanannya melalui suatu *pressure switch*, kemudian melewati *pressure regulator valve* (VRP35) yang fungsinya untuk mengontrol tekanan fluida. Setelah melewati *pressure regulator valve* (VRP35) aliran bahan bakar melewati filter HSD tekanan tinggi yang fungsinya sebagai saringan bahan bakar dari partikel-partikel atau kotoran. Untuk mengantisipasi tekanan lebih pada fluida digunakan *relief valve* (VR50), dan *solenoid valve* (20FD) digunakan untuk menghentikan laju aliran *fluida* pada saat terjadi gangguan [6].



Gambar 2.3 Blok Diagram *Fuel Oil Supply*
(Sumber : PLTD/G Teluk Lembu, 2017)

2.5 Teori Instrumentasi

Instrumentasi dan sistem instrumentasi digunakan untuk pengukuran dan pengontrolan ataupun keduanya, di dalam proses industri seperti kimia, perminyakan, pembangkit listrik, makanan, tekstil, kertas dan industri lainnya (Bela G. Liptak, 1982 dalam Hendra 2012). Suatu instrumentasi tidak dapat bekerja sendiri tetapi perlu adanya *equipment* pendukungnya, untuk itulah instrumentasi tidak dapat dipisahkan keduanya saling terintegrasi dalam pengontrolan suatu proses tertentu. Secara umum sistem instrumentasi mempunyai 3 fungsi utama :

1. Sebagai alat pengukuran

Instrumentasi sebagai alat pengukuran meliputi instrumentasi *survey*/statistik, instrumentasi pengukuran suhu, tekanan, *level*, *vibration* dan lain-lain.

2. Sebagai alat analisa

Instrumentasi sebagai alat analisa banyak dijumpai di bidang kimia dan kedokteran.

3. Sebagai alat kendali

Instrumentasi sebagai alat kendali banyak ditemukan dalam bidang elektronika, industri dan pabrik-pabrik.

Ada dua cara dalam melakukan pengukuran, analisa dan kendali dalam instrumentasi, yaitu dengan cara manual atau dengan melakukan analisa langsung secara otomatis dengan menggunakan komputer. Proses manual dan otomatis pada instrumentasi tidak bisa dipisahkan karena kedua tersebut saling berkaitan. Instrumentasi bisa digunakan dalam pengukur dari semua jenis besaran fisis, kimia, mekanis, maupun besaran listrik. Pada sistem instrumentasi besaran-besaran fisis yang diukur diantaranya, suhu, kelembaban, tekanan, aliran, level, radiasi, suara, cahaya, kecepatan, *torque*, sifat listrik (arus listrik, tegangan listrik, tahanan listrik), viskositas, dan densiti.

2.6 Teori Keandalan

Keandalan merupakan peluang (*probability*) dari suatu *item* untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan [11]. Pendapat lain mengatakan bahwa keandalan merupakan kemungkinan dari suatu komponen atau sistem untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya. Fungsi tersebut telah ditetapkan pada kondisi pengoperasian tertentu dan dalam lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan [13].

Keandalan komponen, subsistem atau sistem produksi merupakan salah satu aspek yang dapat mempengaruhi kesuksesan proses produksi. Evaluasi keandalan dapat membantu dalam memperkirakan peluang sebuah sistem atau komponen untuk dapat melaksanakan fungsinya dalam jangka waktu tertentu dan dalam kondisi tertentu pula. Sistem atau komponen masih dapat beroperasi walaupun tidak dapat memenuhi fungsinya secara maksimal [14].

Dalam mengevaluasi keandalan terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu kegagalan dari komponen maupun sistem harus jelas dan dapat diobservasi, waktu kegagalan dapat diidentifikasi, dan pada saat kondisi normal, *performance* dapat diobservasi dengan jelas. Secara umum, ada 2 metode yang digunakan melakukan evaluasi keandalan [11], yaitu :

1. Evaluasi Kuantitatif

Evaluasi kuantitatif dapat dibedakan menjadi bagian besar yaitu evaluasi secara analisis (statistik) dan evaluasi dengan metode simulasi.

2. Evaluasi Kualitatif

Evaluasi kualitatif merupakan evaluasi mode dan dampak kegagalan dengan metode FTA (*Fault Tree Analysis*), FMEA (*Failure Mode Effects and Analysis*), FMECA (*Failure Mode Effects Critically Analysis*) dan RCM (*reliability Centered Maintenance*).

2.7 Laju Kegagalan

Laju kegagalan suatu sistem akan berubah sepanjang waktu. Dari pengalaman maupun percobaan diketahui laju kegagalan suatu produk mengikuti suatu pola dasar yang disebut kurva *bathub* [12]. Dalam menganalisis kegagalan alat atau komponen, faktor yang perlu mendapat perhatian adalah laju kegagalan (*failure rate*) komponen setiap saat selama masa operasi. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk menganalisis kegagalan, antara lain :

1. Cara Teknikal

Cara ini dilakukan dengan menentukan sebab-sebab terjadinya kegagalan pada alat berdasarkan aspek-aspek teknis dari peralatan.

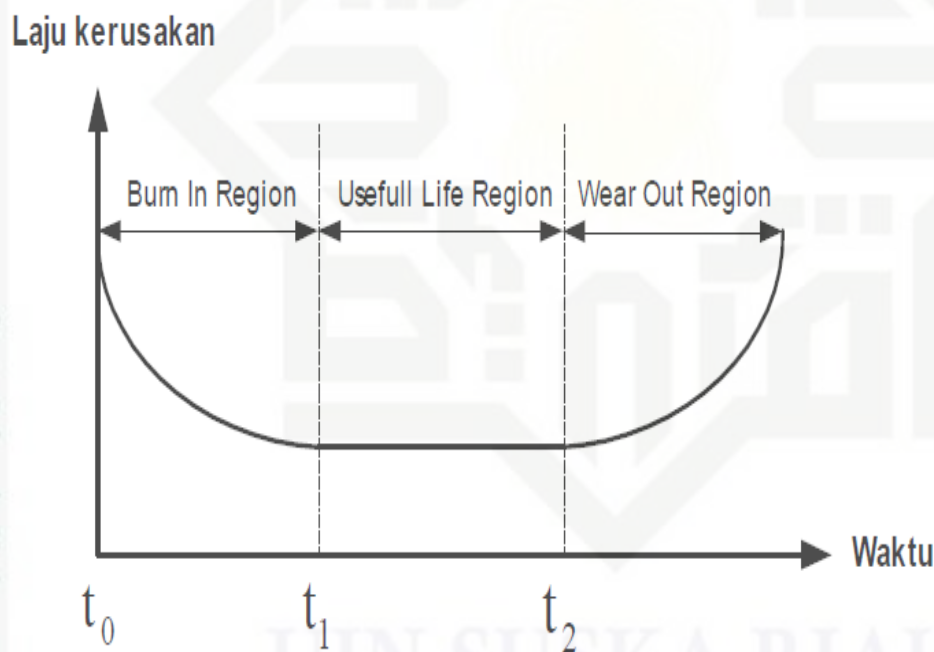
2. Cara Statistik

Menganalisis kegagalan dengan cara menentukan hubungan antara laju kegagalan alat dengan waktu. Cara ini biasa menggunakan histogram frekuensi relatif dengan mencatat *Time To Failure* sepanjang pengoperasian sistem.

Pengamatan terhadap karakteristik terjadinya kegagalan sangat penting untuk menetapkan langkah-langkah pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya kegagalan yang lebih berat. Dari hasil pengamatan ini dapat disimpulkan dalam bentuk kalimat atau grafik yang nantinya dapat dianalisis lebih lanjut. Diketahui bahwa pola kegagalan komponen merupakan kurva yang berbentuk seperti bak mandi, atau biasa disebut *bathub hazard rate curve*. Kurva ini terbagi dalam tiga area, yaitu :

1. Area A, disebut : *burn in region* (laju kegagalan menurun).
2. Area B, disebut : *usefull life region* (laju kegagalan konstan).
3. Area C, disebut : *wear out region* (laju kegagalan meningkat).

Pada fase A umumnya terjadi tingkat kegagalan, pada fase B laju kegagalan konstan dan pada fase C laju kegagalan meningkat sampai pada masanya sistem tersebut tidak dapat dipakai lagi.



Gambar 2.4 Siklus Hidup Sistem
(Sumber : A.K.S.Jardine,1973)

Keterangan :

1. Fase A : Kegagalan Awal (*early failure* atau *infant mortality*).

Pada fase ini, laju kegagalan (*hazard rate*) suatu sistem mengalami penurunan, dan biasanya hal ini merupakan ciri awal penggunaan mesin. Fase ini sering disebut *burn in region*; *debugging region* atau *break in region*. Fase ini dimulai

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.

dari $t_{(0)}$ sampai $t_{(1)}$. Pada fase ini menunjukkan terjadinya kegagalan dini (*early failure*) yang menurun hingga $t_{(1)}$. Probabilitas kegagalan pada saat ini akan lebih besar dibanding pada saat yang akan datang.

2. Fase B : Kegagalan yang *random (failure random in time)*.

Fase ini dimulai dari $t_{(1)}$ sampai $t_{(2)}$. pada fase ini memiliki laju kegagalan yang cenderung konstan dan merupakan laju kegagalan yang rendah. Fase ini biasa disebut *usefull life*. Kegagalan yang terjadi pada fase ini biasanya diakibatkan oleh pembebanan yang tiba-tiba yang besarnya diluar batas kemampuan komponen atau kondisi ekstrim lainnya.

3. Fase C : Pengoperasian melebihi umur komponen (*wear out operation*).

Fase ini dimulai dari $t_{(2)}$ sampai seterusnya. Fase ini memiliki laju kegagalan yang cenderung tajam atau meningkat, hal ini dikarenakan mulai memburuknya kondisi alat atau komponen sehingga fase ini disebut pemakaian yang melebihi umur komponen (*wear out*). Biasanya penggantian alat terjadi pada saat $t_{(1)}$ dan $t_{(2)}$. Tetapi penentuan $t_{(1)}$ dan $t_{(2)}$ terasa sulit, maka sukar sekali untuk melakukan atau mengadakan penggantian peralatan pada saat yang tepat.

2.8 Availability

Availability didefinisikan sebagai peluang sebuah komponen atau sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan pada waktu tertentu yang berada pada kondisi normal [13]. *Availability* juga diartikan sebagai jumlah waktu dikurangi dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan dan perbaikan. Tingkat ketersediaan atau *availability* dipengaruhi oleh nilai interval penggantian dan perbaikan. Rumus yang digunakan untuk menghitung *availability* adalah sebagai berikut [13] :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}, \text{ dimana } \lambda = \frac{\text{jumlah kegagalan}}{\text{total waktu operasi (jam)}} \quad (2.1)$$

$$MTTR = \frac{\text{lama perbaikan}}{\text{jumlah kegagalan}} \quad (2.2)$$

Sehingga :

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (2.3)$$

2.9 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu alternatif model yang banyak digunakan. 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 sebagai berikut [13] :

1. Fungsi *Failure*

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.4)$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.5)$$

Nilai $e = 2,718 \dots$

3. Keandalan Sistem Paralel

$$R_T = 1 - \sum_{i=1}^{i=n} F_i$$

$$R_T = 1 - [(1-R_1) \times (1-R_2) \times (1-R_3) \dots (1-R_n)] \quad (2.6)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda \quad (2.7)$$

dimana $\lambda = \frac{\text{jumlah kegagalan}}{\text{total waktu operasi}}$

2.10 Teori Perawatan

Perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya [15]. Kegiatan perawatan dilakukan untuk perbaikan yang bersifat kualitas, meningkatkan suatu kondisi ke kondisi lain yang lebih baik. Tujuan dilakukannya perawatan yaitu menjaga mesin agar beroperasi secara tepat, meminimalkan biaya yang diakibatkan dari mesin yang mengalami kerusakan parah, memperpanjang waktu pakai mesin, meminimumkan frekuensi terjadinya gangguan-gangguan selama proses operasi dan menjaga agar mesin aman. Bentuk-bentuk perawatan dibagi kedalam beberapa kelompok [15], yaitu :

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.

1. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*).

Pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (preventif). Perawatan preventif dimaksudkan juga untuk mengefektifkan pekerjaan inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan *set up* sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi dapat terhindar dari kerusakan. Perawatan preventif dilaksanakan sejak awal sebelum terjadi kerusakan. Kegiatan *preventive maintenance* dibagi menjadi dua kelompok :

a. *Subjective Monitoring*

Monitoring yang dilakukan dengan menggunakan indera seperti mendengarkan, melihat, menyentuh dan merasakan. Perawatan ini bersifat subjektif karena bergantung pada keahlian operator dalam memonitor kondisi mesin.

b. *Objective Condition Monitoring*

Monitoring yang dilakukan berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh alat ukur. Pada metode ini perawatan dilakukan dengan cara memasang alat ukur pada peralatan atau mesin yang tidak sedang beroperasi, kemudian sensor dari alat ukur tersebut akan memberikan informasi bila terjadi penyimpangan.

2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*).

Perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan daya kerja sistem sehingga mencapai pada kondisi normal. Perawatan korektif termasuk dalam cara perawatan yang direncanakan untuk perbaikan, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan peralatan agar lebih baik.

3. Perawatan Berjalan (*Running Maintenance*).

Perawatan berjalan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan dalam keadaan bekerja yang harus beroperasi secara terus menerus dalam proses produksi.

4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan terhadap fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya perawatan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indera atau dengan alat-alat monitor canggih sehingga kelainan yang terjadi dapat diketahui dengan cepat dan tepat.

5. Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan terhadap mesin, untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerja. Beberapa peralatan pabrik yang beroperasi pada unit terpisah tidak akan langsung mempengaruhi seluruh proses produksi apabila terjadi kerusakan. Untuk peralatan tersebut tidak perlu diadakan perawatan, karena biaya perawatan lebih besar daripada biaya kerusakannya. Dalam kondisi ini peralatan dibiarkan beroperasi sampai terjadi kerusakan, sehingga waktu untuk produksi tidak berkurang. Penerapan sistem perawatan ini dilakukan pada mesin-mesin industri yang ringan, apabila terjadi kerusakan dapat diperbaiki dengan cepat.

6. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Perbaikan yang segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tak terduga. Perawatan darurat ini termasuk cara perawatan yang tidak direncanakan (*unplanned maintenance*).

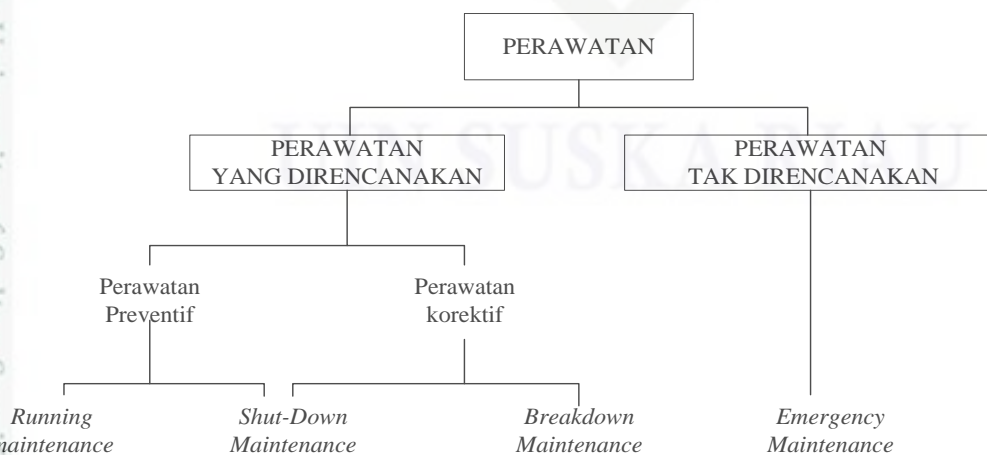
Secara umum ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan dapat dibagi menjadi dua cara [15], yaitu :

1. Perawatan yang direncanakan (*Planned Maintenance*).

Pengorganisasian pekerjaan perawatan yang dilakukan dengan pertimbangan ke masa depan, terkontrol dan tercatat.

2. Perawatan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*).

Cara pekerjaan perawatan darurat yang tidak direncanakan (*unplanned emergency maintenance*).



Gambar 2.5 Hubungan Antara Berbagai Bentuk Perawatan

(Sumber : Supandi, 1990)

2.11 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Definisi RCM yaitu suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar sistem dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunanya dalam konteks operasionalnya [3]. Didalam RCM terdapat tujuh pertanyaan dasar untuk sistem yang akan dianalisa :

1. Apakah fungsi dari sistem atau komponen sudah beroperasi dengan sesuai ?
2. Bagaimana sistem tersebut bisa gagal dalam menjalankan fungsinya ?
3. Apa saja yang menyebabkan kegagalan fungsi ?
4. Apa yang terjadi pada setiap kegagalan yang terjadi ?
5. Apa saja pengaruh dari kegagalan tersebut ?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk mencegah setiap kegagalan ?
7. Apa yang sebaiknya dilakukan bila tidak ditemukan tindakan pencegahan yang sesuai ?

2.11.1 Tujuan RCM

Reliability Centered Maintenance (RCM) memiliki tujuan tertentu dalam penggunaannya, adapun tujuan utama tersebut adalah [16] :

1. Mempertahankan fungsi sistem
2. Mengidentifikasi mode kerusakan (*failure mode*)
3. Memprioritaskan kepentingan dari mode kerusakan
4. Memilih tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan.

Sejalan dengan Smith tujuan utama RCM adalah [3] :

1. Untuk mengembangkan desain yang mudah dalam pemeliharannya.
2. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan *improvement* pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan sistem *maintenance* yang dapat mengembalikan *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan digunakan.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimum.

2.11.2 Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Dalam melakukan pemilihan sistem ada beberapa hal yang harus diperhatikan [3], yaitu :

1. Sistem yang diamati adalah sistem yang memiliki ongkos *preventive maintenance* yang tinggi.

2. Sistem memiliki jumlah kegiatan *corrective maintenance* yang tinggi selama lebih dari 2 tahun.
3. Sistem sudah melewati umur pakai.
4. Sistem memiliki dampak yang tinggi terhadap keselamatan dan keamanan.
5. Sistem memiliki ongkos *corrective maintenance* yang tinggi.
6. Sistem mempunyai kontribusi yang besar terhadap terjadinya *full* atau *partial outage* (*shutdown*).

Sedangkan informasi yang dibutuhkan dalam analisis RCM antara lain :

1. *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)*
2. *System schematic* atau *block diagram*
3. *Individual vendor* manual untuk masing-masing *equipment* dalam *system*. Manual ini berisi informasi tentang desain operasi peralatan dan dapat berguna untuk analisis kegagalan.
4. *Failure history* dari peralatan.
5. *System operation manual*, yang akan memberikan informasi tentang fungsi sistem, hubungan antar sistem dan standar performa sistem.
6. *System design specification & description* yang akan membantu dalam mendefinisikan fungsi sistem.

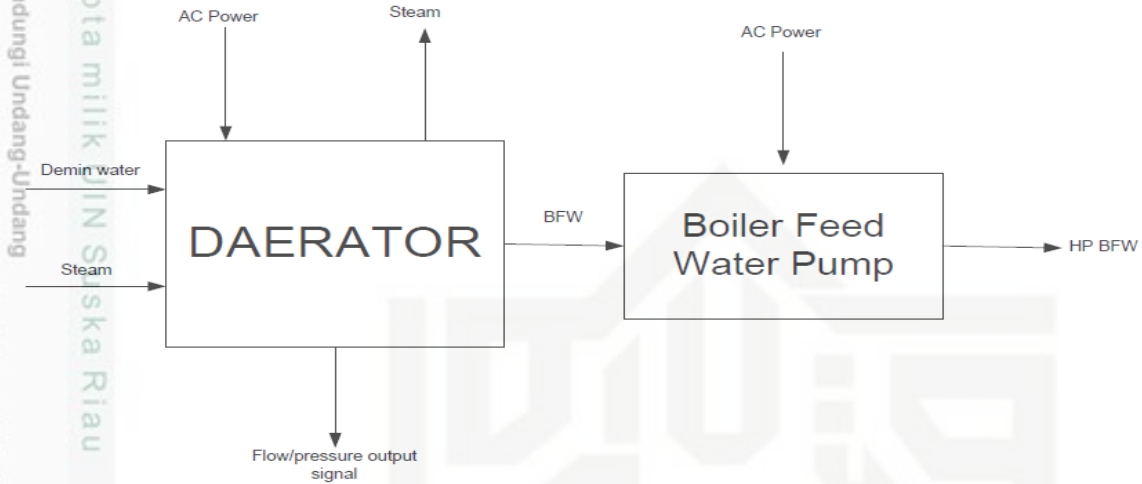
2.11.3 Definisi Batasan Sistem

Dalam RCM *System Boundary Definition (SBD)* digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis, SBD berisi tentang apa yang harus dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas. Definisi sistem yang tepat sangat penting untuk proses analisis karena dengan definisi yang tepat maka berbagai komponen dapat terdefinisi dengan jelas sehingga berbagai kinerja komponen yang diperlukan untuk mendukung fungsi sistem dapat dilacak, dengan demikian usaha-usaha yang dilakukan akan sesuai dengan fungsi dari sistem tersebut [3].

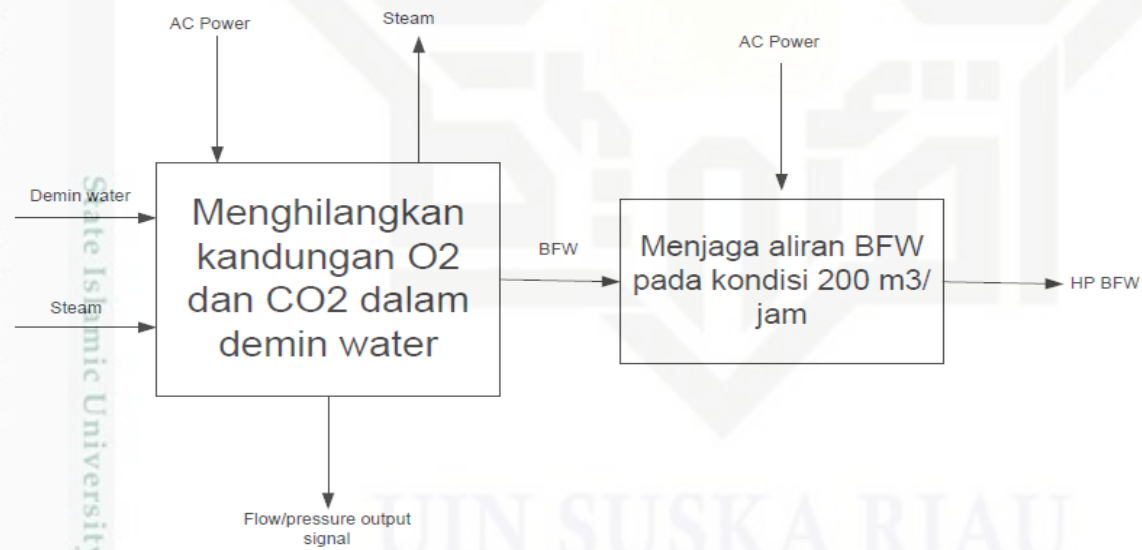
2.11.4 Deskripsi Sistem dan *Function Block Diagram*

Penggambaran sistem sangat penting untuk mengidentifikasi desain sistem yang kritis, hubungan antar komponen dan kontribusinya terhadap kinerja sistem kemudian hasilnya akan digunakan untuk melakukan perbaikan *preventive maintenance* dimasa yang akan datang. *Functional Block Diagram (FBD)* merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama

sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut. Sedangkan *Asset Block Diagram (ABD)* dibuat untuk memudahkan dalam memahami FBD, terutama untuk memahami urutan proses sistem [3].



Gambar 2.6 Contoh *Asset Block Diagram*
(Sumber : Moubray, 2000)



Gambar 2.7 Contoh *Functional Block Diagram*
(Sumber : Moubray, 2000)

2.11.5 Penentuan Fungsi dan Kerusakan Fungsional

Sebelum dapat menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan suatu aset dapat terus melakukan fungsinya, perlu menentukan apa yang penggunanya ingin aset itu lakukan dan memastikan bahwa aset tersebut dapat melakukan apa yang diinginkan oleh

pengguna aset. Ini adalah alasan utama mengapa dalam proses RCM kita perlu mendefinisikan fungsi dari setiap aset dalam konteks operasionalnya saat ini, bersama dengan standar kinerja yang diharapkan.

Apa yang diharapkan oleh pengguna mengenai apa yang dapat dilakukan dapat dibagi menjadi dua kategori [3], yaitu :

1. Fungsi utama, yaitu alasan utama mengapa aset tersebut ada. Kategori ini meliputi hal-hal seperti kecepatan, hasil produksi, kemampuan memindahkan atau menyimpan, kualitas produk, dan pelayanan pelanggan.
2. Fungsi sekunder, adalah yang menyatakan bahwa setiap aset diharapkan dapat melakukan lebih dari sekedar memenuhi fungsi utamanya saja. Pengguna juga mempunyai ekspektasi lain berupa keselamatan, persyaratan lingkungan, pengendalian, penampungan, kenyamanan, kesatuan struktur, ekonomi, perlindungan, efisiensi, atau penampilan dari aset tersebut.

Kejadian yang paling mungkin dapat menghentikan kinerja suatu aset terhadap standar yang diinginkan adalah suatu kegagalan. Melakukan *maintenance* harus sesuai berdasarkan dengan kegagalan yang terjadi. Namun, sebelum melakukan perawatan tersebut perlu mengidentifikasi kegagalan-kegagalan yang dapat terjadi. RCM melakukan ini dalam dua tahap, yaitu dengan mengidentifikasikan kegagalan, kemudian mempertanyakan kejadian apa yang dapat membuat suatu aset gagal. Di dalam RCM keadaan gagal disebut juga kegagalan fungsi, karena hal ini terjadi pada saat suatu aset sama sekali tidak dapat memenuhi fungsinya. Selain kegagalan secara total dari suatu fungsi, definisi tersebut juga meliputi kegagalan secara parsial, dimana aset tetap berfungsi namun tidak dapat mempertahankan kualitas atau akurasi yang sesuai.

2.11.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure mode and effects analysis (FMEA) merupakan prosedur dalam evaluasi desain yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan produk dan menentukan dampak dari tiap-tiap kegagalan tersebut terhadap kinerja sistem. FMEA juga diartikan sebagai suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure modes*) [17]. FMEA dapat diterapkan pada semua bidang, baik manufaktur maupun jasa, juga pada semua jenis produk. Namun penggunaan FMEA akan paling efektif apabila diterapkan pada produk atau proses-proses baru, atau produk dan proses sekarang yang akan mengalami perubahan besar sehingga dapat mempengaruhi

keandalan dari produk dan proses itu. Menurut pendapat lainnya FMEA adalah singkatan dari *Failure Mode and Effect Analysis*, ini merupakan suatu metode yang berfungsi untuk menunjukkan masalah (*failure mode*) yang mungkin timbul pada suatu sistem yang dapat menyebabkan sistem tersebut tidak mampu menghasilkan *output* yang diinginkan dan kemudian menetapkan tindakan penanggulangannya sebelum masalah itu terjadi. Dengan demikian masalah-masalah pada proses produksi yang mempengaruhi kualitas produk dapat dikurangi dan akhirnya dieliminasi [18]. Penjelasan lainnya bahwa FMEA adalah sebuah pendekatan sistematis untuk membantu *engineer* dalam mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan potensial dan efeknya [19]. Pendapat lainnya mengatakan FMEA merupakan teknik yang digunakan untuk menemukan, mengidentifikasi dan eliminasi potensi kegagalan, masalah, *error* yang terjadi pada *system*, desain, proses sebelum sampai pada konsumen [20].

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal [21], yaitu :

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisitas efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Pendapat lainnya menyebutkan bahwa FMEA merupakan suatu pendekatan sistematis untuk [22] :

1. Mengetahui dan mengevaluasi potensi-potensi kegagalan dari suatu produk (proses) dan akibat dari kegagalan yang ditimbulkannya.
2. Mengidentifikasi tindakan-tindakan yang dapat dilakukan untuk mengeliminasi (menghilangkan) atau mengurangi peluang dari potensi kegagalan yang terjadi.
3. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.

Setelah mengetahui definisi dari FMEA, beberapa hal dibawah ini juga sangat penting untuk diketahui :

1. Jenis-jenis FMEA

Jenis FMEA yang bisa diterapkan dalam sebuah industri manufaktur [19], yaitu :

- a. *System FMEA*, digunakan untuk menganalisis sistem dan subsistem pada konsep permulaan dan tahap desain. Fokus pada jenis-jenis kegagalan produk yang berhubungan dengan fungsi sebuah sistem yang diakibatkan oleh desain,

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.

termasuk interaksi sebuah sistem dengan sistem lainnya dan interaksi antar elemen-elemen sistem.

- b. *Design* FMEA, digunakan untuk menganalisis produk sebelum dilakukan produksi. Fokus pada jenis-jenis kegagalan pada suatu produk yang diakibatkan oleh defisiensi desain.
- c. *Process* FMEA, digunakan untuk menganalisis proses manufaktur dan perakitan. Fokus pada jenis-jenis kegagalan potensial yang diakibatkan oleh defisiensi desain proses manufaktur atau perakitan. *Process* FMEA memberikan manfaat untuk membantu menganalisis proses manufaktur baru, meningkatkan pemahaman bahwa kegagalan potensial pada proses manufaktur harus dipertimbangkan, mengidentifikasi defisiensi proses sehingga para *engineer* dapat berfokus pada pengendalian untuk mengurangi munculnya produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau pada metode untuk meningkatkan deteksi pada produk yang tidak sesuai tersebut, menetapkan prioritas untuk tindakan perbaikan pada proses dan menyediakan dokumen yang lengkap tentang perubahan proses untuk memandu pengembangan proses manufaktur atau perakitan di masa datang. *Output* yang dihasilkan dari *process* FMEA berupa daftar mode kegagalan yang potensial pada proses, daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic* dan daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan.

2. Keuntungan FMEA

Dari penerapan FMEA pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan-keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan [19], antara lain :

- a. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk.
- b. Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan.
- c. Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan.
- d. Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi resiko.
- e. Identifikasi fungsi dan persyaratan proses.
- f. Identifikasi *potential failure mode* terhadap produk / proses.
- g. Menilai efek dari suatu *potential failure* terhadap *customer*.
- h. Identifikasi penyebab dan variabel proses untuk menurunkan *occurrence* dan mengontrol sistem deteksi.

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.

- i. Identifikasi penyebab dan variabel suatu proses agar fokus pada *process control*.
- j. Membuat peringkat *potential failure* untuk menentukan prioritas *preventive* atau *corrective action*.
- k. Identifikasi penyimpangan sehingga *engineer* dapat fokus ke pengontrolan proses untuk menghindari proses menghasilkan produk yang *unacceptable*.
- l. Membantu pembuatan *control plan*.

3. Tujuan FMEA

Adapun tujuan FMEA antara lain adalah sebagai berikut [19] :

- a. Untuk mengidentifikasi moda kegagalan yang potensial dan tingkat keparahan dari tiap dampak yang ditimbulkan.
- b. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan.
- c. Untuk mengurutkan dan mendapatkan prioritas potensi kegagalan dari sistem, desain dan proses.
- d. Untuk membantu *engineer* dalam memusatkan perhatian pada kekurangan produk dan proses yang penting serta membantu mencegah terjadinya kegagalan pada produk.

4. Identifikasi Elemen-elemen Proses FMEA

Dalam mengidentifikasi FMEA terdapat beberapa elemen untuk mendukung analisa [17], berikut elemen-elemen tersebut :

- a. Akibat potensial adalah akibat yang dirasakan atau dialami oleh pengguna akhir.
- b. Mode kegagalan potensial adalah kegagalan atau kecacatan dalam desain yang menyebabkan cacat itu tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
- c. Penyebab potensial dari kegagalan adalah kelemahan-kelemahan desain dan perubahan dalam variable yang akan mempengaruhi proses dan menghasilkan kecacatan produk.
- d. *Occurance* (O) adalah suatu perkiraan tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab akan terjadi dan menghasilkan modus kegagalan yang menyebabkan akibat tertentu.
- e. *Severity* (S) adalah Suatu perkiraan subyektif atau estimasi tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut.

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.

maka langkah selanjutnya dengan melakukan penanganan khusus agar efek tersebut tidak terulang lagi.

d. Mengidentifikasi Penyebab Kegagalan Potensial

Potential cause of failure adalah penyebab potensial yang dapat mengakibatkan terjadinya *failure*. *Potential cause* didefinisikan dengan istilah yang dapat dikoreksi atau dikontrol, misalnya *tooling* rusak / aus, alat ukur tidak tepat. *Potential cause* hanya mencantumkan kesalahan yang spesifik atau *malfunction* (misalnya operator salah menginstal mesin). Setiap perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses akan menyebabkan proses itu menghasilkan produk di luar batas-batas spesifikasi [17].

e. Evaluasi Yang Ada atau Kontrol

Merupakan metode atau teknik proses yang ada saat ini yang digunakan untuk mencegah atau mendeteksi suatu jenis kegagalan, atau penyebabnya, pada operasi, atau mendeteksi suatu jenis kegagalan pada operasi subsekuen dalam fasilitas manufaktur atau assembli. Identifikasi control yang ada dapat dimulai dengan penyebab mode kegagalan yang mengkombinasikan *severity* yang paling tinggi dan tingkat *occurrence* [19].

f. Menentukan Nilai *Severity*

Severity merupakan langkah pertama untuk menganalisa resiko, yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian yang mempengaruhi hasil akhir proses. Dampak yang terjadi dinilai dari skala 1 sampai 10, dimana nilai 1 yaitu tidak adanya dampak atau efek yang terjadi sedangkan nilai 10 merupakan dampak terburuk [17].

Tabel 2.1 Nilai *Severity*

<i>Rating</i>	<i>Severity</i>	Keterangan
1	Tidak ada efek gangguan	Tidak ada efek yang terjadi
2	Terjadi gangguan tetapi unit normal	Terjadinya gangguan tidak mengganggu jalannya sistem dan unit beroperasi secara normal

Sumber : PT. PLN (2015)

Tabel 2.1 Nilai *Severity* (lanjutan)

3	Unit gagal start	Proses starting PLTG gagal karena adanya gangguan pada sistem
4	Unit <i>standby</i>	Terjadinya gangguan mengakibatkan PLTG di stanby atau dalam keadaan tanpa beban
5	Dilepas dan dilepas paralel	Terjadinya gangguan maka sistem dilepas dari jaringan dengan cara menurunkan beban secara perlahan
6	<i>Stop normal</i>	Terjadinya gangguan menyebabkan proses kerja sistem dihentikan dengan cara menurunkan beban secara perlahan
7	<i>Stop emergensi</i>	Terjadinya gangguan menyebabkan proses kerja sistem dihentikan pada saat sistem dalam keadaan berbeban
8	Trip	Terjadinya gangguan pada sistem saat dalam keadaan berbeban
9	Unit tidak dapat beroperasi	Adanya gangguan mengakibatkan unit tidak dapat dioperasikan dalam jangka waktu tertentu
10	Sistem tidak dapat berfungsi sama sekali, menimbulkan kerusakan yang besar, peringatan dan kecelakaan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek sangat berbahaya

Sumber : PT. PLN (2015)

g. Menentukan Nilai *Occurance*

Tahap selanjutnya adalah menentukan nilai terhadap *occurance*. *Occurrence* merupakan kemungkinan dari penyebab mode kegagalan proses akan terjadi [17].

- 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.

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.

Tabel 2.2 Nilai *Occurance*

<i>Rating</i>	Frekuensi
1	< 1 per 1
2	≥ 1 per tahun
3	≥ 1 per setengah tahun
4	≥ 1 per seperempat tahun
5	≥ 1 per bulan
6	≥ 1 per 2 minggu
7	≥ 1 per minggu
8	≥ 1 per 2-3 hari
9	≥ 1 per hari
10	≥ 1 per kejadian per shif

Sumber : PT. PLN (2015)

h. Menentukan Nilai *Detection*

Setelah nilai *occurance* diperoleh, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *detection*. *Detection* berfungsi untuk mengetahui atau mendeteksi penyebab kegagalan [17].

Tabel 2.3 Nilai *Detection*

<i>Rating</i>	<i>Detection description</i> PLTG
1	Tidak berlaku
2	Deteksi kejadian terjadi karena adanya pemeriksaan rutin
3	Deteksi kejadian terjadi karena adanya pemeriksaan tidak terencana
4	Deteksi kejadian terjadi karena adanya proses kerja komponen yang tidak normal

Sumber : PT. PLN (2015)

Tabel 2.3 Nilai *Detection* (lanjutan)

5	Deteksi kejadian terjadi karena adanya gangguan pada komponen
6	Deteksi kejadian terjadi karena adanya tanda alarm peringatan dini
7	Deteksi kejadian terjadi karena adanya tanda alarm emergensi
8	Deteksi kejadian karena trip
9	Kegagalan tidak terdeteksi dan menimbulkan kerusakan yang besar
10	Tidak berlaku

Sumber : PT. PLN (2015)

i. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN)

Risk Priority Number (RPN) merupakan nilai akhir berdasarkan *severity*, *occurrence*, dan *detection*. RPN diperoleh dengan mengalikan *rating severity*, *occurrence*, dan *detection*. *Rating* dan RPN hanya digunakan untuk meranking kelemahan proses untuk mempertimbangkan tindakan yang mungkin untuk mengurangi kekritisan dan membuat proses lebih baik [19].

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.8)$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius, sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan.

2.11.7 Pemilihan Tindakan

Didalam pemilihan tindakan terdapat tujuh pertanyaan penuntun yang digunakan, yaitu sebagai berikut [3] :

1. Apakah hubungan kerusakan dengan umur diketahui ?
2. Apakah tindakan TD bisa digunakan ?
3. Apakah tindakan CD bisa digunakan ?
4. Apakah mode kegagalan termasuk *hidden failure* ?

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.

5. Apakah tindakan FF dapat digunakan ?
6. Perlukah tindakan RF digunakan ?
7. Apakah tindakan yang dipilih efektif ?

Untuk menentukan tindakan yang sesuai, maka didasarkan pada enam jenis *maintenance task* yang mana penjabarannya adalah sebagai berikut [3] :

1. *Condition-Directed Task* (CD)

Jenis penugasan pemeliharaan bertujuan untuk mengetahui kegagalan potensial yang bisa dicegah (diperbaiki terlebih dahulu) sebelum terjadi kegagalan yang aktual dan mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Penugasan pemeliharaan ini bertujuan untuk mendeteksi kegagalan berdasarkan kondisi komponen dengan cara *visual inspection* dan pemeriksaan mesin. Apabila dalam proses pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan maka dilanjutkan dengan proses perbaikan komponen.

2. *Time-Directed Life-Renewal Task* (TD)

Time-directed life-renewal task merupakan suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen. *Time-directed life-renewal task* bertugas untuk mengganti ataupun memperbaiki sebuah peralatan sebelum peralatan tersebut mencapai suatu waktu dimana probabilitas kegagalan menjadi semakin besar (misalnya saja adalah peningkatan dari probabilitas kegagalan yang dikenal dengan istilah *wear out*). Dalam penugasan pemeliharaan jenis kedua ini, ada dua macam penugasan, yaitu *replacement* dan *restoration*. Pada *replacement*, sebuah *item* yang sudah mencapai tingkat *wear out* harus diganti dengan *item* yang baru. Sedangkan pada *restoration*, sebuah *item* masih bisa diperbaiki sehingga nantinya bisa digunakan kembali.

3. *Failure Finding Task* (FF)

Penugasan pemeliharaan *failure finding* ini bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dari operator dengan pemeriksaan berkala dan mengevaluasi keadaan dari peralatan atau komponen.

4. *Run to Failure* (RF)

Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

2.12 Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya. Susunan tersebut membantu mengetahui masalah utama dari sistem. Diagram pareto pertama kali di perkenalkan oleh seorang ahli ekonomi dari Italia yang bernama Vilfredo Pareto pada tahun (1848-1923). Kemudian digunakan oleh Dr. M. Juran secara luas dalam kegiatan kendali mutu untuk menangani kerangka proyek, proses program, kombinasi pelatihan, proyek dan proses, sehingga sangat membantu dan memberikan kemudahan bagi pekerja dalam meningkatkan mutu pekerjaan. Belakangan ini analisa pareto banyak digunakan pada banyak bidang, termasuk salah satu diantaranya bidang teknik (Wignjosoebroto, 2003 dalam Hendra 2012). Ada pun kegunaan dari diagram pareto sebagai berikut :

1. Menunjukkan prioritas sebab-sebab kejadian atau persoalan yang perlu ditangani.
2. Membantu memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan.
3. Menunjukkan hasil upaya perbaikan. Setelah dilakukan tindakan koreksi berdasarkan prioritas, kita dapat mengadakan pengukuran ulang dan memuat diagram pareto baru. Apabila terdapat perubahan dalam diagram pareto baru, maka tindakan korektif ada efeknya.
4. Menyusun data menjadi informasi yang berguna, data yang besar dapat menjadi informasi yang signifikan.

Hasil diagram pareto dapat digunakan untuk mengetahui akar penyebab masalah. Setelah penyebab potensial diketahui dari diagram tersebut, diagram pareto dapat disusun untuk merasionalisasi data yang diperoleh.