

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Sunari (2013) dengan judul penelitian “Analisis RPN Terhadap Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Dengan Metode FMEA di PT. PLN Cabang Pekanbaru Rayon Panam”. Tujuan dari penelitian tersebut untuk mengetahui seberapa besar tingkat resiko peralatan gagal yang diketahui dari nilai RPN. Metode yang digunakan adalah metode FMEA. Metode ini digunakan untuk mengetahui resiko peralatan yang mengalami gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem, meliputi parameter *Severity* (keparahan), *Occurence* (banyaknya kerusakan), dan *Detection* (pendeteksian). Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai RPN terbesar pada *cut out* yaitu sebesar 162, MCB sebesar 112, *Relay* pelepas beban bekerja karena gangguan *station service* pusat pembangkit sebesar 56, pelebur tegangan menengah putus sebesar 48, *relay* bekerja tanpa penyebab jelas, PMT dapat masuk kembali sebesar 45, pelebur tegangan rendah putus sebesar 45 dan pemutus tegangan menengah terbuka, pelebur tegangan menengah putus karena pohon/dahan sebesar 42.

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Hery Sumantri (2013) dengan judul penelitian “Analisis RPN Terhadap Keandalan Instrumentasi Kompresor Udara Menggunakan Metode FMEA” beliau melakukan penelitian tersebut di PT. Pertamina (persero) *Refinery Unit II Dumai*. Tujuan dari penelitian tersebut untuk mengetahui RPN terhadap keandalan 4 *unit* instrumentasi kompresor udara jenis *sentrifugal* di bagian *Maintenance Area III* di PT. Pertamina (persero) *Refinery Unit II Dumai*. Metode yang digunakan yaitu metode FMEA. Berdasarkan dari hasil penelitian, RPN rata-rata dari masing-masing kompresor udara diperoleh bahwa kompresor udara 910-C-1A tertinggi terdapat pada *preasure gauge* sebesar 70, kompresor udara 910-C-1C tertinggi pada *high air temperature switch* sebesar 100, dan kompresor udara 910-C-1D tertinggi pada *auxiliary oil pump switch* dan *vibration monitor* sebesar 0,99399475. Dengan laju perbaikan 41,08 jam.

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Putra (2015) dengan judul penelitian “Analisis Penyebab *Defect* Kapal Motor (KM) Pagerungan Pada Bagian *Hull Construction* (HC) Dengan Menggunakan Metode FMEA dan *Fault FTA*” dalam hal ini beliau

melakukan penelitian di PT. PAL Indonesia. Tujuan dari penelitian tersebut untuk menentukan keandalan dan menganalisis penyebab terjadinya *Defect* terhadap mesin KM pada bagian *hull construction*. Penelitian tersebut menggunakan metode FMEA dan FTA, di mana metode FMEA menunjukkan cacat dengan nilai RPN paling berpengaruh yang menjadi fokus utama untuk diolah dengan menggunakan metode FTA. Berdasarkan hasil penelitian tersebut bahwa pada proses *assembly* di KM menunjukkan jumlah cacat terbesar ada pada HC dengan jumlah cacat sebanyak 129, kemudian *Hull Outfitting* (HO) 60 cacat, lalu *Machinery Outfitting* (MO) 32 cacat dan *Electrical Outfitting* (EO) 22 cacat. Hasil metode FMEA menunjukkan ketiga jenis cacat dengan nilai RPN 224. Metode FTA menunjukkan ketiga jenis cacat ini memiliki keterkaitan, yaitu karena kesalahan manusia dan proses kontrol yang belum optimal. Dan dirancanglah beberapa saran perbaikan yaitu, perbaikan *check sheet* serta perancangan SOP, penandaan daerah las, pengawasan terhadap perekrutan *welder*, pengaturan arus pengelasan, dan kontrol penyimpanan elektroda.

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Humardhani (2013) dengan judul penelitian “Analisa *Safety Instrument System* Dengan Metode FMEA dan *Fault Tree Analysis* (FTA) Pada Turbin Uap di PT. PJB *Unit* Pembangkit Gersik”. Tujuan dari penelitian tersebut untuk mendapatkan analisa keandalan dan sistem *safety* yang berpusat pada satu *equipment* yaitu turbin uap. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu metode FMEA dan FTA, metode ini digunakan untuk mendapatkan mode-mode kegagalan. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai RPN 100 untuk nilai terbesar dan memiliki frekuensi terbanyak adalah komponen *main stop valve*. Karena memiliki sub komponen yang kompleks dan sangat penting dalam sistem *safety*.

2.2. Keandalan

Keandalan merupakan kemungkinan atau peluang suatu sistem untuk bisa melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan (Priyanta, 2000). Ada 4 komponen utama keandalan yaitu:

1. Keandalan komponen dan sistem
2. Keandalan struktur
3. Keandalan manusia
4. Keandalan perangkat lunak

Secara umum keandalan (*reability*) dapat dirumuskan dengan persamaan di bawah ini:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

Di mana:

R = Keandalan

e = Eksponensial = 2,718

$$\lambda = \text{Laju kegagalan} = \frac{\text{Jumlah Kegagalan}}{\text{Total Waktu Operasi (jam)}} \quad (2.2)$$

t = Waktu Beroperasi dari Perbaikan Sampai Kerusakan Kembali

Definisi keandalan tidak terlepas dari peluang, kinerja, waktu dan kondisi pengoperasian. Maka dari itu, untuk menentukan keandalan perlu diperhatikan 4 poin pokok di atas. Berikut uraiannya:

1. Peluang (*Probability*)

Peluang merupakan nilai yang menunjukkan beberapa kali jumlah kemungkinan kegagalan akan terjadi dari suatu proses yang telah ditentukan.

2. Kinerja (*Performance*)

Kinerja merupakan kemampuan sistem yang akan menjalani fungsi yang diinginkan.

3. Waktu (*Time*)

Waktu merupakan rentang priode selama sistem mampu menjalankan fungsi seperti yang diinginkan.

4. Kondisi pengopersian (*Operational Condition*)

Kondisi pengopersian merupakan kondisi bagaimana percobaan dilaksanakan untuk mendapatkan angka keandalan.

Secara umum ada 2 metode yang dipakai untuk kajiankeandalan terhadap suatu sistem. Metode tersebut adalah analisa kualitatif yang berbasis pada pengalaman teknisi dan analisa kuantitatif yang lebih keberhitungan nilai meliputi statistik.

1. Analisa kualitatif

Analisa ini cenderung menggunakan analisa cara terjadi kegagalan dan dampak dari kegagalan. bentuk analisa kenadalan secara kualitatif berupa :

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 milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Hidayatullah Riau

- a. *Failure Tree Analysis* (FTA).
- b. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
- c. *Failure Mode and Effect Critical Analysis* (FMECA).
- d. *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
- e. *Logic Tree Analysis* (LTA).

2. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu, analisa secara analisis dan menggunakan simulasi. Mode keandalan kuantitatif terdiri dari:

- a. Perhitungan langsung untuk sistem-sistem yang sederhana.
- b. Pohon kegagalan (*Failure Tree*).
- c. Pohon Kejadian (*Event Tree*).
- d. Metode *Cut Set*.
- e. Metode *Tie Set*.
- f. Rantai *Markov* (*Markov Chain*).
- g. Proses *Markov* (*Markov Proses*).
- h. Pendekatan dengan probabilitas kondisional.

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

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.3)$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (2.4)$$

Di mana:

λ = Laju kegagalan

μ = Waktu perbaikan rata-rata

Maka untuk menentukan ketersediaan didapatkan melalui persamaan berikut ini:

$$A = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (2.5)$$

Ada beberapa istilah yang berhubungan dengan keandalan sistem, yaitu:

1. Komponen, merupakan bagian dari suatu sistem.
2. *Failure* (kegagalan), merupakan suatu kegagalan pada komponen sistem sehingga tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
3. *Failure rate* (laju kerusakan) dilambangkan dengan simbol λ , menunjukkan jumlah kegagalan atau kerusakan selama waktu pakai.
4. *Mean time between failure* (MTBF), adalah nilai rata-rata waktu di antara dua kejadian kegagalan untuk suatu komponen atau sistem, mempunyai satuan jam atau tahun.
5. MTTF, adalah nilai rata-rata waktu komponen dalam suatu sistem untuk menuju kegagalan.
6. MTTR, adalah nilai rata-rata waktu untuk perbaikan suatu komponen dalam suatu sistem untuk kembali beroperasi.
7. Keandalan adalah peluang bahwa perangkat dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan setelah waktu yang ditentukan.
8. *Availability* (ketersediaan), adalah kemampuan suatu sistem dapat beroperasi sebagai mana mestinya pada suatu saat atau waktu yang ditentukan.

2.3. Teori Instrumentasi

Instrumentasi dan *system* instrumentasi digunakan untuk pengukuran dan pengontrolan ataupun keduanya, di dalam proses industri maupun perusahaan seperti kimia, perminyakan, pembangkit energi listrik, makanan, tekstil, kertas dan industri lainnya. Instrumentasi merupakan sekumpulan piranti atau *device* yang digunakan untuk melakukan pengukuran dan pengendalian dalam suatu *system* yang lebih besar dan kompleks. Suatu instrumentasi tidak mampu untuk bekerja sendiri namun dalam hal ini perlu adanya *equipment* pendukungnya. Untuk itulah instrumentasi tidak dapat dipisahkan dari *equipment* keduanya saling terintegrasi dalam pengontrolan suatu proses tertentu (Bela G. Liptak, 1982 dalam Samsul Arifin, 2016).

Secara umum system instrumentasi mempunyai 3 fungsi utama yaitu:

1. Instrumentasi Sebagai Alat Pengukur

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

2. Instrumentasi Sebagai Alat Analisa

Instrumentasi sebagai alat analisa banyak dijumpai pada dunia medis kedokteran, hal ini digunakan pada penerapan peralatan medis dalam menentukan sebab dan analisa awal dari suatu kejadian ataupun keluhan yang disampaikan.

3. Instrumentasi Sebagai Alat Kendali

Instrumentasi sebagai alat kendali banyak dijumpai pada bidang elektronika, dan industri, dalam hal ini instrumentasi berperan sebagai pengendali dan pengawasan dalam suatu bagian *unit* kerja.

Ada dua cara dalam melakukan pengukuran, analisa dan kendali dalam instrumentasi, yaitu dengan cara manual atau dengan cara melakukan analisa langsung secara otomatis dengan menggunakan komputer. Instrumentasi bisa digunakan dalam pengukur dari semua jenis besaran fisis, kimia, mekanis, maupun besaran listrik. Pada umumnya sistem instrumentasi PLTG 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.

2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

PLTG Balai Pungut Duri berada dalam naungan PT. PLN (persero) yang berdiri pada tanggal 11 september 2012. Terdapat dua *unit* PLTG di PT. PLN (persero) desa Balai Pungut kota Duri, di antaranya yaitu, PLTG Balai Pungut *unit* 1 dan *unit* 2. PT. PLN (persero) Balai Pungut menghasilkan energi listrik sebesar 145,2 MW. Dengan energi listrik sebesar 145,2 MW ini, PT. PLN (persero) Balai Pungut Duri dapat menyuplai energi listrik pada pelanggan yang berada pada kawasan kota Duri dan Dumai (Dokumentasi PT. PLN (persero) Balai Pungut Duri, 2017).

PLTG merupakan salah satu jenis pembangkit listrik *Thermal* (panas) yang menggunakan sistem CWS sebagai media pendingin dan FOS sebagai sistem pasokan bahan bakar minyak. PLTG menggunakan turbin gas sebagai penggerak utama generator, dengan gas sebagai fluida kerjanya. Turbin gas dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja

yang sederhana di mana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhan. Terdapat komponen-komponen utama pada PLTG di antaranya yaitu (Dromiko, 2013):

1. Kompresor

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk mengompresikan udara dengan jumlah yang besar untuk keperluan pembakaran, dan lain-lain. Ada dua jenis kompresor yang umum diaplikasikan pada sistem turbin gas yaitu, kompresor *sentrifugal* dan kompresor aksial. Kompresor *sentrifugal* pada umumnya lebih banyak digunakan pada sistem turbin gas yang berukuran kecil, seperti mesin turbojet. Sedangkan kompresor aksial lebih sering digunakan pada sistem turbin gas berukuran besar seperti, mesin kapal kecepatan tinggi, mesin jet, dan pembangkit listrik skala kecil.

2. Ruang Bakar (*Combustion Chamber/Combustor*)

Ruang bakar (*Combustion Chamber*) merupakan komponen utama dalam pembangkit listrik tenaga gas, di mana pada ruang bakar ini terjadi proses pembakaran bahan bakar agar mendapatkan gas bertekanan tinggi yang akan menggerakkan turbin.

3. Turbin Gas

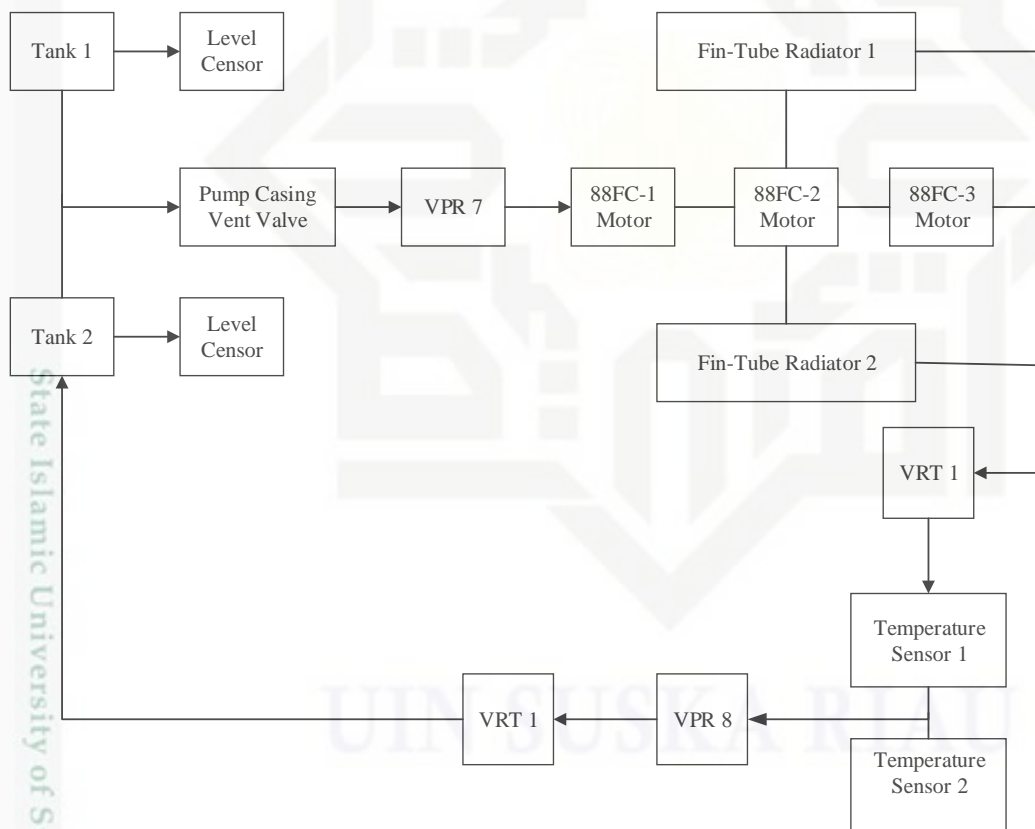
Turbin gas merupakan turbin dengan gas sebagai *fluida* kerjanya, turbin gas mengkonversikan gas panas bertekanan tinggi dari hasil pembakaran menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk memutar generator.

4. Generator

Generator merupakan suatu piranti atau alat (*device*) yang berfungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator akan menghasilkan energi listrik apabila terjadi perputaran, di mana penggerak generator salah satu di antaranya adalah turbin gas.

2.4.1. Cooling Water System (CWS)

Pada suatu *unit* pembangkit *thermal* di mana pada pembangkit tersebut mengalami proses pemanasan, maka dibutuhkan suatu sistem pendingin untuk mendinginkan komponen yang mengalami pemanasan tersebut. CWS adalah suatu media pendingin yang digunakan pada turbin gas, dan media yang digunakan sebagai pendingin yaitu air. Air dipakai untuk mendinginkan berbagai komponen pada *bearing* atau poros turbin. Pada turbin gas, CWS sangat berperan penting untuk menjamin pembakaran pada ruang bakar turbin gas, maka dari itu perlu untuk menjaga keandalan terhadap komponen-komponen yang ada pada CWS tersebut (Dromiko, 2013). Berikut ini merupakan tampilan blok diagram CWS beserta keterangan fungsi-fungsi dari tiap komponen:



Gambar 2.1 Blok Diagram CWS

Sumber : PT. PLN (persero), (2017)

Keterangan:

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.

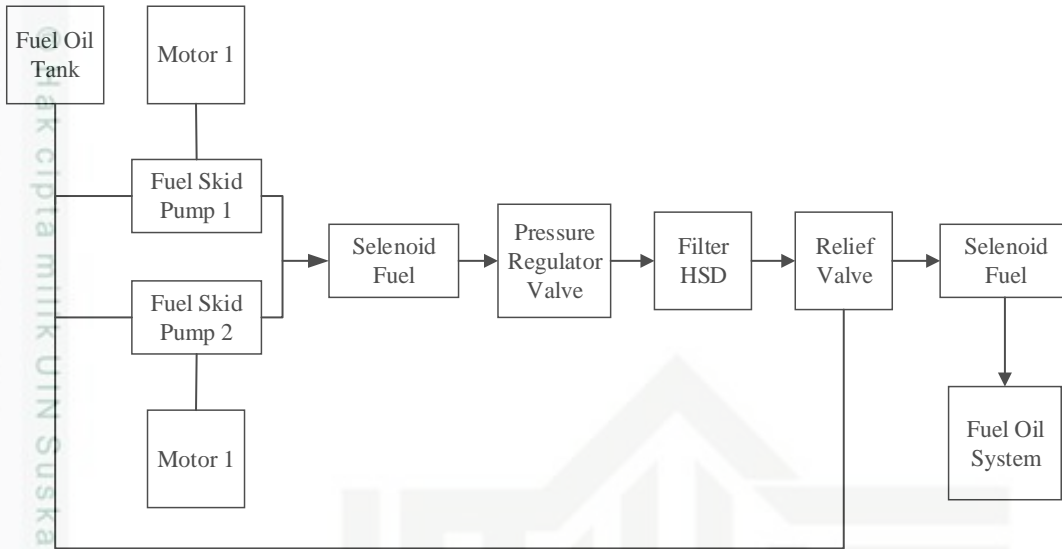
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- a. *Tank 1 dan 2 (200 gallon x 19 liter)*
Berfungsi sebagai tempat penampung air.
- b. *Pump Casing Vent Valve*
Berfungsi sebagai pemompa air dari tangki penampung. Bekerja dengan membuka katup pada saat beroperasi.
- c. *VPR 7 (Diesel Engine Water Inlet 2 Way Valve)*
Berfungsi sebagai katup pembuka untuk air masuk ke *tube* radiator. Bekerja dengan membuka katup.
- d. *88FC-1 (Motor 1, 2, dan 3)*
Berfungsi sebagai penggerak pompa. Bekerja memutar pompa untuk aliran air.
- e. *Fin-Tube Radiator 1*
Berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pendingin air. Bekerja mendinginkan air yang dialirkan dari motor.
- f. *Fin-Tube Radiator 2*
Berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pendinginan air. Bekerja mendinginkan air yang dialirkan dari motor.
- g. *VTR 1 (Bearing Header Temperature Regulator Valve)*
Berfungsi sebagai katup pembuka untuk air masuk ke *lube oil heat exchanger*. Bekerja dengan membuka katup.
- h. *VTR 2 (Atomizing Air PreColler Temperature Valve)*
Berfungsi sebagai katup pembuka untuk air masuk ke penampung awal. Bekerja dengan membuka katup.
- i. *Temperarue Sensor 1 dan 2*
Berfungsi sebagai Sensor suhu/temperatur.
- j. *Level Censor 1 dan 2*
Berfungsi sebagai sensor level air di dalam *tank*
- k. *VPR 8 (Diesel Engine Water Outlet 3 Way Valve)*
Berfungsi sebagai katup pembuka untuk air keluar setelah proses dari *lube oil heat exchanger*. Bekerja dengan membuka katup aliran.

Proses kerja sistem CWS dimulai dari *tank* penampung air yang berisi air sebanyak 200 *gallon* untuk satu *tank*nya, di setiap *tank* berisi air lebih kurang sekitar 3800 liter air dan pada CWS ini terdapat dua *tank* penampung. Air yang berada di dalam *tank* dialirkan melalui pompa *Pump Casing Vent Valve* atau motor yang berfungsi untuk mengalirkan air ke *Fin-Tube Radiator (Fan Colled)* yang melalui VPR 7 (*Diesel Engine Water Inlet 2 Way Valve*) dan tabung inilah tempat untuk mendinginkan air yang dialirkan dari *tank* sebelumnya. Pada CWS ini memiliki dua *Fin-Tube Radiator (Fan Colled)* memiliki 3 motor, di antaranya 88FC-1, 88FC-2 dan 88FC-3. Motor ini berfungsi untuk mengalirkan atau memindahkan air dari *Fin-Tube Radiator (Fan Colled)* yang satu ke yang lainnya. Perpindahan ini dimaksudkan agar air yang berada di dalam bisa menjadi dingin lebih cepat. Kemudian air yang berada di dalam *Fin-Tube Radiator (Fan Colled)* tadi dialirkan ke dalam *Lube Oil Heat Exchanger*, di sini CWS juga memiliki 2 tabung atau 2 *Lube Oil Heat Exchanger* yang melalui VTR 1 (*Bearing Header Temperature Regulator Valve*) yang berfungsi sebagai katup pendingin antar *Fin-Tube Radiator (Fan Colled)* ke *Lube Oil Heat Exchanger*. Dan proses selanjutnya setelah air yang dipakai untuk mendinginkan *oil* tersebut keluar dari *Lube Oil Heat Exchanger* menuju VTR 2 (*Atomizing Air PreColler Temperature Valve*) atau katup pendingin. Dan untuk proses terakhirnya air yang berada di dalam *Lube Oil Heat Exchanger* dialirkan kembali ke dalam *tank* penampungan awal yang selanjutnya akan dialirkan kembali sebagaimana proses pertama, dan begitu seterusnya (Dromiko, 2013).

2.4.2. *Fuel Oil Supply (FOS)*

FOS (pasokan bahan bakar minyak) adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mensuplai bahan bakar solar atau HSD. Di mana pada sistem ini bahan bakar minyak dari *fuel oil tank* dipompakan ke *fuel oil system*. Pada proses penyaluran bahan bakar, dilakukan melalui instalasi perpipaan yang menghubungkan tangki penampungan sampai ke ruang bakar. Aliran bahan bakar dari tangki penampung dipompa dengan *transfer pimp* melalui *flowmeter* untuk perhitungan pemakaian. Kemudian untuk mendapatkan hasil pembakaran yang maksimal maka dipasang *main oil pump* yang terpasang dan berputar melalui hubungan dengan poros turbin gas dengan *accessories gear*. Dan untuk mengatur jumlah aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar diatur dengan katup kendali (*control valve*) yang berfungsi sebagai *governor* (Dromiko, 2013). Berikut merupakan tampilan blok diagram *fuel oil suplly* beserta keterangan fungsi-fungsi dari tiap komponen:



Gambar 2.2 Blok Diagram FOS

Sumber : PT. PLN (persero), (2017)

Keterangan:

- a. *Fuel Skid Pump* 1 dan 2
Berfungsi sebagai pemompa bahan bakar dari tangki harian. Bekerja apabila digerakkan oleh motor (88FD-1).
- b. Motor (88FD) 1 dan 2
Berfungsi sebagai penggerak pompa. Bekerja memutar pompa untuk aliran air.
- c. *Selenoid Fuel Low* (20FL)
Berfungsi menutup aliran fluida saat *unit* tidak beroperasi. Bekerja pada saat putaran pompa $\pm 20\%$.
- d. *Preassure Regulator Valve* (VRP35)
Berfungsi sebagai pengatur laju aliran. Bekerja untuk mengatur besarnya tekanan *fluida* antara sebelum dan setelah melewati *Filter* HSD Tekanan Tinggi.
- e. *Filter* HSD Tekanan Tinggi
Berfungsi sebagai saringan bahan bakar minyak. Bekerja untuk menyaring bahan bakar minyak dari partikel-partikel atau kotoran.
- f. *Relief Valve* (VR50)
Berfungsi sebagai proteksi tekanan yang berlebih. Bekerja apabila tekanan pada pipa tinggi maka secara otomatis katup pada *relief valve* akan terbuka mengurangi tekanan.

g. *Solenoid Valve* (20FD)

Berfungsi menutup aliran saat terjadi gangguan. Bekerja apabila terjadi saat terjadi gangguan pada aliran.

h. *Preassure Switch* (63FD) 2 Unit

Berfungsi sebagai sensor tekanan dan pemberi sinyal.

Proses FOS dimulai dari bahan bakar yang ada pada tangki harian PLTG dipompakan terlebih dahulu melalui salah satu *Fuel Skid Pump* di mana putaran kerjanya 2835 rpm, pompa digerakkan oleh suatu motor *Fuel Skid* (88FD-1 atau 88FD-2). Suatu *Preassure Indicator* dipasang pada pipa antara tengki 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 lebih kurang 20%. Setelah melewati *Solenoid Fuel Low* aliran bahan bakar diukur tekanannya melalui suatu *Preassure Indicator*, kemudian melewati *Preassure Regulator Valve* (VRP35) yang fungsinya untuk mengontrol tekanan fluida. Setelah melewati *Preassure 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 (Dromiko, 2013).

2.5. Metode *Failure Mode and Analysis* (FMEA)

FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah masalah produk/desain dan proses sebelum terjadi. FMEA difokuskan untuk mencegah kerusakan, meningkatkan keamanan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Idealnya, FMEA dilakukan dalam tahap pengembangan produk/desain dan proses. singkatnya Proses FMEA adalah cara untuk mengidentifikasi kegagalan, efek, dan risiko dalam suatu proses atau produk, dan kemudian menghilangkan atau menguranginya. Proses FMEA membutuhkan waktu dan sumber daya manusia, Karena metode FMEA berbasis tim, beberapa orang perlu dilibatkan dalam prosesnya. Dasar FMEA adalah anggota tim FMEA dan masukkan-masukkan mereka selama proses FMEA (McDermott, 2009).

2.5.1. Sejarah FMEA

Teknik FMEA Sudah ada sejak 40 tahun yang lalu. Standar ISO/TS 16949 mensyaratkan bahwa pemasok untuk industri otomotif melakukan produk desain dan proses FMEA dalam upaya untuk mencegah kegagalan sebelum kegagalan tersebut terjadi. Pada akhir abad 20 teknik FMEA mendapatkan perhatian pada dunia keselamatan. Tidak seperti banyak metode perbaikan kualitas yang lain, FMEA tidak memerlukan Statistik rumit, namun FMEA dapat menghasilkan penghematan yang signifikan untuk sebuah perusahaan.

FMEA pertama kali dilakukan di industri kedirgantaraan pada pertengahan tahun 1960-an dan secara khusus berfokus pada isu-isu keselamatan. Tak lama kemudian, FMEA menjadi alat kunci untuk meningkatkan keamanan, terutama di industri proses kimia.

2.5.2. Tujuan FMEA

Mencegah masalah proses maupun produk sebelum terjadi adalah tujuan dari FMEA. Digunakan pada proses perancangan/desain dan proses pabrik, metode FMEA secara substansial mengurangi biaya dengan cara mengidentifikasi perbaikan produk dan proses. Hasilnya adalah proses yang lebih handal karena kebutuhan akan tindakan korektif dibuat setelah sesuatu terjadi dan ulasan setelah fakta dan krisis perubahan terlambat dikurangi atau dihilangkan.

2.5.3. Proses FMEA

FMEA bertujuan untuk mencari semua cara proses atau produk/desain bisa gagal. Kegagalan produk terjadi bila produk tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Bahkan produk paling sederhana pun memiliki banyak peluang untuk gagal. Misalnya, pembuat kopi tetes peralatan rumah tangga yang relatif sederhana bisa mengalami beberapa hal yang gagal membuat mesin kopi tidak bisa dioperasikan. Berikut adalah beberapa cara yang mungkin pembuat kopi bisa gagal:

1. Elemen pemanas tidak memanaskan air sampai suhu yang cukup untuk menyeduh kopi.
2. Jam berhenti bekerja atau berjalan terlalu cepat atau terlalu lambat.
3. Pompa tidak memompa air ke keranjang saringan.
4. Ada kopi yang tidak cukup atau terlalu banyak digunakan.

2.5.4. Mengevaluasi Resiko Gagal

Resiko kegagalan dan pengaruhnya ditentukan oleh tiga faktor:

1. **Severity** - Konsekuensi dari kegagalan harus terjadi.
2. **Occurance** - Probabilitas atau frekuensi kegagalan yang terjadi.
3. **Detection** - Probabilitas kegagalan terdeteksi sebelum dampak dari efek tersebut direalisasikan.

2.5.5. FMEA Proses VS Produk/Desain

FMEA Proses

Proses FMEA mengungkap masalah proses yang berkaitan dengan pembuatan produk. Sebagai contoh, sepotong peralatan perakitan otomatis dapat menyalahgunakan suku cadang, sehingga produk tidak dirakit dengan benar. Atau, dalam proses pembuatan bahan kimia, suhu dan waktu pencampuran bisa menjadi sumber kegagalan potensial, sehingga menghasilkan produk yang tidak dapat digunakan.

FMEA Produk/Desain

Tujuan untuk produk atau desain FMEA adalah untuk mengungkap masalah produk yang akan mengakibatkan bahaya keselamatan, malfungsi produk, atau masa pakai produk yang dipersingkat. Sebagai konsumen, kita semua akrab dengan contoh jenis masalah ini, seperti kantung udara di dalam mobil yang mungkin tidak berfungsi dengan baik atau pekerjaan cat yang retak dan kusam dalam tiga atau empat tahun pertama.

2.5.6. Langkah-Langkah FMEA

Berikut merupakan langkah-langkah FMEA yang digunakan dalam proses FMEA maupun Produk/Desain tabel 2.1 di bawah ini (McDermott, 2009):

Tabel 2.1. Langkah-Langkah Metode FMEA

Langkah 1	Peninjauan kembali proses/produk
Langkah 2	Pembahasan mode-mode kegagalan yang potensial
Langkah 3	Membuat daftar akibat yang potensial dari masing-masing kegagalan
Langkah 4	Menentukan nilai <i>severity</i> untuk masing-masing akibat kegagalan
Langkah 5	Menentukan nilai <i>occurrence</i> untuk setiap mode kegagalan

Tabel 2.1. Langkah-Langkah Metode FMEA (lanjutan)

Langkah 6	Menentukan nilai <i>detection</i> untuk setiap mode atau akibat kegagalan
Langkah 7	Menghitung nilai RPN untuk setiap mode kegagalan
Langkah 8	Prioritaskan mode-mode kegagalan yang perlu mendapatkan tindakan korelatif
Langkah 9	Mulai bertindak untuk menghapus atau mengurangi resiko mode kegagalan yang tinggi
Langkah 10	Mengkalkulasikan untuk menghasilkan nilai RPN dengan mengurangi atau menghapus mode kegagalan

Sumber: McDermott, (2009)

Penjelasan langkah-langkah kerja FMEA:

1. Peninjauan Kembali Proses/Produk

Langkah awal dari proses FMEA ini adalah peninjauan kembali diagram alur proses, dan meninjau kembali komponen-komponen yang terdapat pada sistem tersebut untuk dilakukan evaluasi. Ini akan dapat membantu untuk pemahaman tentang proses yang sedang dikerjakan.

2. Pembahasan Mode-Mode Kegagalan yang Potensial

Dalam tahapan ini sesi *brainstorming* diperlukan untuk memberikan gagasan-gagasan dalam memikirkan mode-mode kegagalan yang potensial yang dapat mempengaruhi proses manufaktur. *Brainstorming* adalah teknik yang terkenal untuk menghasilkan sejumlah besar ide dalam waktu singkat. Ada banyak cara untuk melakukan *brainstorming*, tergantung pada tujuan sesi.

3. Membuat Daftar Akibat yang Potensial Dari Masing-Masing Kegagalan

Dengan mode kegagalan yang tercantum, tim FMEA meninjau setiap mode kegagalan dan mengidentifikasi efek dari kegagalan jika kegagalan tersebut terjadi. Untuk beberapa mode kegagalan, hanya ada satu efek, sedangkan untuk mode lainnya mungkin ada beberapa efek.

4. Menentukan Nilai *Severity* Untuk Masing – Masing Akibat Kegagalan

Tingkat keparahan (*severity*) adalah perkiraan seberapa serius dampaknya jika terjadi kegagalan tersebut. Dalam beberapa kasus yang jelas, karena pengalaman masa lalu, seberapa serius masalahnya. Dalam kasus lain, perlu untuk memperkirakan tingkat

keparahan berdasarkan pengetahuan dan keahlian para ahli dalam bidang Proses dan desain tertentu.

5. Menentukan Nilai *Occurrence* Untuk Setiap Mode Kegagalan

Metode terbaik untuk menentukan urutan kejadian (*occurrence*) adalah dengan menggunakan data aktual dari proses. Bila data kegagalan aktual tidak tersedia, tim harus memperkirakan seberapa sering mode kegagalan terjadi. Tim dapat membuat perkiraan yang lebih baik tentang seberapa besar kemungkinan mode kegagalan terjadi dan pada frekuensi apa dengan mengetahui potensi penyebab kegagalan. Setelah penyebab potensial telah diidentifikasi untuk semua mode kegagalan, peringkat kejadian dapat diberikan walaupun data kegagalan tidak ada.

6. Menentukan Nilai *Detection* Untuk Setiap Mode atau Akibat Kegagalan

Peringkat *Detection* dilihat pada seberapa besar kemungkinan kita mendeteksi sebuah kegagalan atau efek dari suatu kegagalan. Mulai langkah ini dengan mengidentifikasi *current control* yang dapat mendeteksi kegagalan atau akibat kegagalan. Jika tidak ada *current controls*, kemungkinan pendeteksian akan rendah, dan item akan menerima peringkat *occurrence* yang tinggi, seperti 9 atau 10.

7. Menghitung Nilai RPN Untuk Setiap Mode Kegagalan

RPN dihitung dengan mengalikan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Jumlah RPN total harus dihitung dengan menambahkan semua RPN. Dengan menggunakan data dan pengetahuan tentang proses, setiap mode dan efek kegagalan dinilai dalam masing-masing dari ketiga faktor yaitu: Sev, Occ, dan Det dalam skala mulai dari 1 sampai 10, rendah sampai tinggi. Dengan mengalikan ranking untuk tiga faktor (*Severity* × *Occurrence* × *Detection*), sebuah RPN akan dapat ditentukan untuk setiap mode kegagalan dan efeknya.

RPN (yang berkisar antara 1 sampai 1.000 untuk setiap mode kegagalan) digunakan untuk menentukan peringkat tindakan perbaikan untuk menghilangkan atau mengurangi mode kegagalan. Mode kegagalan dengan RPN tertinggi harus diperhatikan terlebih dahulu, walaupun perhatian khusus harus diberikan saat tingkat keparahannya tinggi (9 atau 10) terlepas dari RPN.

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.

8. Prioritaskan Mode – Mode Kegagalan yang Perlu Mendapatkan Tindakan Korelatif

Modus kegagalan sekarang dapat diprioritaskan dengan memeringkatkannya, dari angka RPN tertinggi hingga yang terendah. Diagram Pareto sangat membantu untuk memvisualisasikan perbedaan antara rangkuman untuk kegagalan dan efek. Tim sekarang harus memutuskan item mana yang harus dikerjakan terlebih dahulu untuk diberikan tindakan khusus. Biasanya membantu mengatur *cut off* RPN, di mana mode kegagalan dengan RPN di atas titik tersebut diperhatikan terlebih dahulu. Mode-mode kegagalan yang berada di bawah *cut off* dibiarkan untuk sementara waktu. Sebagai contoh, sebuah organisasi dapat memutuskan bahwa setiap RPN di atas 200 menciptakan risiko yang tidak dapat diterima. Keputusan ini menetapkan *cut off* RPN di 200. Dua ratus ditetapkan sebagai titik potong karena mencakup lebih dari setengah dari semua mode kegagalan.

9. Mulai Bertindak Untuk Menghapuskan atau Mengurangi Resiko Mode Kegagalan yang Tinggi

Menggunakan proses pemecahan masalah yang terorganisasi, mengidentifikasi dan menerapkan tindakan untuk menghilangkan atau mengurangi mode kegagalan berisiko tinggi. Idealnya, mode kegagalan harus dieliminasi seluruhnya. Untuk risiko kegagalan tinggi perlu dilakukan penghapusan atau meminimalisir kegagalan dengan melakukan penanganan khusus dengan melakukan pencegahan berupa (*maintenance*) perawatan secara rutin, perbaikan untuk meminimalisir kegagalan, dan meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan. Contoh tindakan khusus yang dapat diambil untuk mengurangi tingkat *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* dapat dilihat pada tabel 2.2.

10. Mengkalkulasikan Untuk Menghasilkan Nilai RPN Dengan Mengurangi atau Menghapuskan Mode Kegagalan

Setelah tindakan diambil untuk memperbaiki produk atau proses, peringkat baru untuk tingkat *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* harus ditentukan, dan RPN yang dihasilkan dihitung. Untuk mode kegagalan di mana tindakan telah diambil, harus ada pengurangan RPN yang signifikan. Jika tidak, itu berarti tindakan tidak mengurangi keparahan, kemungkinan terjadinya kegagalan, atau kemampuan mendeteksi. Tidak

ada target RPN untuk FMEA. Terserah kepada tim FMEA dan perusahaan untuk menentukan sejauh mana tim harus melakukan perbaikan. (Catatan: Untuk langkah 10 penulis tidak melakukan analisa lanjutan.)

Tabel 2.2. Tindakan Khusus Untuk Mengurangi Tingkatan Sev, Occ, Det.

Tindakan Khusus untuk Mengurangi Tingkatan		
<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
Stop kontak berhenti/Darurat	Meningkatkan Cpk (kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan kebutuhan atau persyaratan dari konsumen) melalui desain percobaan dan modifikasi peralatan.	Kontrol proses statistik (untuk memantau proses dan mengidentifikasi kapan proses tidak terkendali).
Gunakan bahan yang berbeda, seperti kaca pengaman yang tidak akan menyebabkan luka parah jika gagal.	Fokus pada tim perbaikan / pemecahan masalah terus-menerus.	Pastikan alat ukur akurat dan dikalibrasi secara teratur.
	Mekanisme yang menarik yang harus diaktifkan untuk produk atau proses kerja misalnya (beberapa mesin pemotong rumput memiliki pengangan yang harus dipencet agar bisa beroperasi	Mengadakan perawatan pencegahan untuk mendeteksi masalah sebelum terjadi. Gunakan pengkodean seperti warna, bentuk dan alaram peringatan dini untuk mengingatkan pengguna atau pekerja bahwa ada sesuatu yang benar atau salah.

Sumber: McDermott, (2009)

Langkah 4 – 6 menetapkan tingkat *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* masing-masing dari tiga peringkat ini didasarkan pada skala 10, dengan 1 adalah peringkat terendah dan 10 tertinggi. Contoh tabel *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini:

Tabel 2.3. Contoh Tabel *Severity* FMEA Proses

Contoh Tabel <i>Severity</i> FMEA (Proses)		
Rating	Effect	Kriteria: Tingkat keparahan suatu efek pada proses
10	Gagal memenuhi persyaratan keselamatan dan / atau regulasi	Mungkin membahayakan operator (mesin atau perakitan) tanpa peringatan.
9		Mungkin membahayakan operator (mesin atau perakitan) dengan peringatan.
8	Gangguan (mayor) utama	100% produk mungkin harus dibatalkan.
7	Gangguan yang signifikan (penting)	Sebagian dari produksi mungkin harus dibatalkan. Penyimpangan dari proses primer termasuk penurunan line speed atau penambahan tenaga kerja.
6	Gangguan sedang	100% produksi berjalan mungkin harus dikerjakan ulang secara <i>offline</i>
5		Sebagian dari produksi berjalan mungkin harus dikerjakan ulang secara <i>offline</i> dan diterima.
4	Gangguan sedang	100% produksi berjalan mungkin harus dikerjakan ulang sebelum diproses.
3		Sebagian dari hasil produksi mungkin harus dikerjakan ulang sebelum diproses
2	Gangguan minor (kecil)	Sedikit ketidaknyamanan terhadap proses, operasi, atau operator
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek yang jelas

Sumber : McDermott, (2009)

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 2.4. Contoh Tabel *Occurance* FMEA Proses

Contoh Tabel <i>Occurance</i> FMEA Proses		
Kemungkinan Kegagalan	<i>Occurrence – Incidents per item</i>	Peringkat
Sangat Tinggi	100 Per 1000 (1 in 10)	10
Tinggi	50 Per 1000 (1 in 20)	9
	20 Per 1000 (1 in 50)	8
	10 Per 1000 (1 in 100)	7
Sedang	2 Per 1000 (1 in 50)	6
	0.5 Per 1000 (1 in 2,000)	5
	0.1 Per 1000 (1 in 10,000)	4
Rendah	0.01 Per 1000 (1 in 100,000)	3
	0,001 Per 1000 (1 in 1000,000)	2
Sangat Rendah	Kegagalan dieliminasi melalui kontrol preventif (pencegah)	1

Sumber: McDermott, (2009)

Tabel 2.5. Contoh Tabel *Detection* FMEA Proses

Contoh Tabel <i>Detection</i> FMEA Proses			
Kesempatan Untuk Mendeteksi	Kemungkinan Deteksi Oleh Pengendalian Proses	<i>Rank</i>	Kemungkinan Deteksi
Tidak ada kesempatan deteksi	Tidak ada kontrol proses saat ini ; Tidak dapat mendeteksi atau tidak dianalisis.	10	Hampir Tidak Mungkin
Tidak mungkin untuk mendeteksi pada tahap apapun	Deteksi kegagalan (Penyebab) tidak mudah terdeteksi	9	Sangat Kecil/Tipis
Deteksi masalah pada proses pengolahan	Deteksi kegagalan <i>post-processing</i> oleh operator melalui sarana <i>visual/tactile</i>	8	Kecil/Tipis

Tabel 2.5. Contoh Tabel *Detection* FMEA Proses (lanjutan)

Deteksi pada sumber masalah	Deteksi kegagalan pada kedudukan dideteksi oleh operator melalui sarana visual / <i>tactile</i> atau <i>post-processing</i> menggunakan atribut gauging (mengukur/menaksir)	7	Sangat Rendah
Deteksi masalah pada proses pengolahan	Deteksi kegagalan <i>post-processing</i> oleh operator melalui penggunaan variable gauging (penaksiran yang dapat berubah-ubah/tidak tetap) secara manual	6	Rendah
Deteksi pada sumber masalah	deteksi Mode kegagalan atau eror dilakukan oleh operator melalui penggunaan <i>variabel gauging</i> atau oleh kontrol otomatis yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan memberi tahu operator (lampu, <i>buzzer</i> , dll)	5	Sedang
Deteksi masalah pada proses pengolahan	Deteksi Mode Kegagalan di <i>post processing</i> oleh kontrol otomatis yang mendeteksi bagian yang tidak sesuai hingga mencegah untuk pemrosesan lebih lanjut	4	Cukup Tinggi
Deteksi pada sumber masalah	Deteksi kegagalan di kedudukan oleh kontrol otomatis yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan secara otomatis mengunci bagian di stasiun (kedudukan) untuk mencegah pemrosesan lebih laanjut	3	Tinggi
Deteksi kesalahan atau pencegahan masalah	Deteksi kesalahan di stasiun (kedudukan) oleh kontrol otomatis yang akan mendeteksi kesalahan dan mencegah bagian yang tidak sesuai untuk memberhentikan proses pembuatan	2	Sangat Tinggi
Deteksi tidak berlaku	Pencegahan kesalahan sebagai akibat dari desain tetap, desain mesin, atau desain bagian. bagian yang tidak sesuai tidak dapat dibuat karena item telah terbukti eror oleh proses	1	Hampir Pasti

Sumber: McDermott, (2009)

2.5.7. Worksheet FMEA

Worksheet FMEA lembar kerja *Startup FMEA*. *Worksheer FMEA* dapat membantu dalam membuat dan memulai analisis dalam menggunakan metode FMEA (Sumber: McDermott, 2009). Berikut merupakan tabel *worksheet FMEA* serta keterangannya:

Tabel 2.6. *Worksheet FMEA*

No	Component and Function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	SEV	Potential Cause Of Failure	OCC	Current Controls	DET	RPN	Recommended Action

Sumber: MacDermott, (2009)

Keterangan:

- 1. Component And Function**

Component and function berisi komponen-komponen dan fungsi dari bagian yang dianalisa untuk memenuhi tujuan dari proses yang dianalisa.
- 2. Potential Failure Mode**

Potential failure mode berisi tentang jenis-jenis potensi kegagalan sebuah sistem dalam prosesnya.
- 3. Potential Effect Of Failure**

Potential effect of failure berisi tentang akibat-akibat yang akan ditimbulkan jika komponen tersebut gagal seperti yang disebutkan dalam *failure mode*.
- 4. Severity (SEV)**

Severity merupakan nilai keparahan dari efek yang ditimbulkan oleh *mode* kegagalan terhadap keseluruhan sistem. Gunakan skala 1 (kondisi terbaik) sampai 10 (kondisi terburuk).
- 5. Potential Cause Of Failure**

Potential cause of failure berisi tentang apa saja yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada suatu sistem.
- 6. Occurrence (OCC)**

Occurrence adalah nilai dari frekuensi kejadian, yaitu seberapa sering akibat tersebut muncul oleh karena penyebab tertentu. Gunakan skala 1 (permasalahan yang jarang terjadi) sampai 10 (frekuensi munculnya permasalahan yang sangat tinggi).

7. *Current Control*

Current control di sini menunjukkan metode kontrol apa yang sudah diterapkan/dipasang untuk mencegah terjadinya *failure mode* atau mendeteksi jika terjadi *failure mode*.

8. *Detection (DET)*

Detection merupakan nilai seberapa besar kemungkinan bahwa *current control* bisa mendeteksi kegagalan (*failure mode*). Gunakan skala 1 (*current control* dengan akurat yang cepat bisa menunjukkan kegagalan yang terjadi) sampai 10 (tidak ada alat kontrol yang bisa mendeteksi kegagalan).

9. RPN

Risk priority number adalah hasil perkalian antara *Severity*, *Occurence*, dan *Detection* atau bisa ditulis dengan rumus:

$$RPN = Severity \times Occurence \times Detection \quad (2.6)$$

Hasilnya dapat digunakan untuk menentukan proses dan *failure mode* yang paling menjadi prioritas untuk melakukan perbaikan. Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari *potential failure*, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah suatu sistem tersebut. Tidak ada angka acuan RPN untuk melakukan perbaikan.

2.6. **Diagram Pareto**

Diagram pareto dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama *Vilfredo Frederigo Pareto* pada akhir abad ke-19. Diagram pareto merupakan pendekatan *logic* dari tahap awal pada proses perbaikan suatu situasi yang digambarkan dalam bentuk histogram yang dikenal sebagai konsep *vital few and the trivial many* untuk mendapatkan penyebab utama. Diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kegagalan yang terjadi. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang paling tinggi serta diletakkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit ditunjukkan oleh grafik batang yang terakhir/terendah pada sisi paling kanan. Dengan bantuan diagram pareto, kegiatan akan lebih efektif dengan memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap kejadian meninjau berbagai gambar.

Prinsip pareto juga dikenal sebagai aturan 80-20, yang menyatakan bahwa untuk banyak kejadian, sekitar 80% dari pada efeknya disebabkan oleh 20% dari penyebabnya. Prinsip ini diajukan oleh pemikir manajemen bisnis M. Juran, yang menamakannya berdasarkan ekonom Italia Vilfredo Pareto, yang pada tahun 1906 mengamati bahwa 80% dari pendapatan di Italia dimiliki oleh 20 % dari jumlah populasi. Ada beberapa manfaat diagram pareto yaitu (Gaspersz, 1998).

1. Untuk 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.

Pada suatu diagram pareto akan dapat diketahui, suatu faktor merupakan faktor yang paling prioritas dibandingkan faktor-faktor lainnya, karena faktor tersebut berada pada urutan terdepan, terbanyak ataupun tertinggi pada deretan jumlah faktor yang dianalisa.

Untuk membuat grafik diagram pareto, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai presentasi kumulatif menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Presentasi total keseluruhan} = \frac{\text{Nilai RPN}}{\text{RPN total}} \times 100 \% \quad (2.7)$$

2.7. Pemeliharaan (*Maintenance*)

Perawatan merupakan hal yang sangat mahal dan merupakan suatu godaan yang kuat untuk menundanya sampai esok hari dan menghemat dana untuk hari ini. Ekspresi minimal *Maintenance Approach* menunjukkan tindakan perawatan terhadap suatu *plant* yang dilakukan hanya untuk memenuhi persyaratan dan hukum yang telah ditentukan oleh badan pembuat peraturan. Jika tindakan ini dikombinasikan dengan manajemen perawatan yang terabaikan, maka hal ini akan memperpendek masa berguna (*useful life*) dari *plant* dan juga meungkin juga akan menambah biaya lainnya seperti biaya kerusakan (*Down*

Time Cost) dan berbagai denda yang timbul akibat dampak yang mungkin ditimbulkan oleh kerusakan sistem (Priyanta, 2000).

2.7.1. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance adalah perawatan yang dilakukan pada interval waktu yang sudah ditentukan. Dengan melakukan perawatan *preventive* mengandung maksud untuk mengurangi probabilitas kegagalan atau penurunan performansi dari suatu sistem.

2.7.2. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance adalah perawatan yang dilakukan setelah sistem mengalami kegagalan, dan perawatan ini dimaksudkan untuk mengembalikan sistem kepada keadaan di mana sistem tersebut dapat melakukan fungsinya kembali.