



BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi tentang penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya dan terdapat penjelasan mengenai tentang teori yang digunakan dalam menyusun Tugas Akhir ini. Landasan teori tersebut meliputi teori dalam sistem Keandalan, Boiler, dan Failure Mode and Effect Analysis, Parameter FMECA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan studi literatur yang merupakan suatu pencarian teori serta referensi yang sesuai dengan kasus dan permasalahan yang akan diselesaikan. Teori dan referensi tersebut didapat dari jurnal penelitian terdahulu, buku, paper serta sumber lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Docki Saraswati,Iveline Anne Marie, dan Amal Witonohadi 2014) yaitu Evaluasi Kegagalan Transformer Dengan Metode Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) diperoleh hasil untuk manajemen pemeliharaan transformer,FMECA dapat digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dengan efek yang signifikan pada reliabilitas sistem transformer. Berikutnya, FMECA juga menyajikan basis objektif untuk menentukan prioritas dalam aksi pemeliharaan. Dari 92 tranformer, diperoleh tiga komponen yang berpotensi memiliki mode kegagalan, yaitu lilitan,*On-Load-Tap-Changer* (OLTC), dan bushing .Probabilitas kegagalan dari lilitan, bushing, dan OLTC secara berurutan adalah sebesar 68.48%, 18.47%, dan 13.04%. Analisis pohon kegagalan untuk ketiga komponen telah menunjukkan potensi mode kegagalan, efek kegagalan, dan penyebab kegagalan. Kegagalan/*Severity* (S) dan kegagalan kejadian/*Occurrance* (O) dibagi kedalam sepuluh tingkat, dimana parameter kemampuan Deteksi/*Detection*(D) dibagi kedalam 5 tingkat. Kekritisian/ *Criticality* (C) dihitung dari perkalian kegawatan, kejadian, dan kemampuan deteksi. Penaksiran resiko dibagi kedalam tiga level, yaitu resiko yang dapat diterima, resiko yang dapat ditoleransi, dan resiko yang tak dapat diterima. Strategi pemeliharaan berdarkan taksiran ini dibagi kedalam tiga strategi, yaitu pemeliharaan yang dapat ditunda, pemeliharaan yang diprioritaskan, serta pemeliharaan yang harus dilakukan secepatnya. Sebagai hasilnya, strategi pemeliharaan untuk lilitan termasuk kedalam pemeliharaan yang



harus dilakukan secepatnya, sementara untuk OLTC dan bushing termasuk kedalam pemeliharaan yang diprioritaskan.

Pada menelitian yang dilakukan (Setiawan dkk,1999) yaitu analisis kritikalitas dan dampak mode kegagalan Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) reaktor Kartini. Di dalam analisis ini dilakukan identifikasi kegagalan dan tingkat kekritisan dari tiap-tiap subkomponen atau modul yang mengakibatkan kondisi abnormal pada SIK reaktor Kartini. Kemudian dibuat peringkat pada setiap mode kegagalan sehingga diperoleh tingkat kepentingan dari tiap-tiap subkomponen yaitu hasil perkalian keboleh jadian kegagalan subkomponen dengan dampaknya pada operasi reaktor. Hasil FMECA menunjukan bahwa frekuensi kegagalan SIK reaktor Kartini diperkirakan sebesar 2,1./0-5 /jam atau 7,7. 10-4 tiap permintaan. Subkomponen dari SIK yang paling kritis adalah komponen switch contact dan transistor penggerak relay pada modul atau subsistem penggerak batang kendal reaktor yaitu dengan peringkat kekritisan medium, masing-masing dengan kode peringkat : 56 dan 48. Tidak ditemukan mode kegagalan subkomponen dari S/K yang beresiko tinggi yaitu kode peringkat kekritisan lebih besar dari 70, hanya ada dua subkomponen yang mempunyai resiko medium (kode tingkat kekritisan. antara 70 dan 40), semua subkomponen lainnya mempunyai resiko rendah.dan dari hasil penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa reaktor kartini cukup handal.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Wahyunugraha dkk, 2013), yaitu Analisis keandalan *boiler* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Banyak kegagalan yang terjadi pada *boiler* membuat kegiatan perawatan harus disusun dengan baik agar peralatan tidak menimbulkan efek yang besar. Oleh karena itu digunakan suatu perangkat lunak yang berbasis PHP dan MySQL, dimana aplikasi tersebut digunakan untuk mengolah informasi mengenai tentang keandalan *boiler* dengan menggabungkan metode FMEA. Pada analisis FMEA masing-masing bentuk kegagalan peralatan memiliki tingkat kefatalan (*Severity*), tingkat kejadian (*Occurrence*) dan tingkat deteksi (*Detection*) yang berbeda-beda sesuai dengan penyebab dan dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan. Pada laporan terdapat 31 sub peralatan yang dianalisis dengan 66 bentuk kegagalan yang terjadi selama periode waktu operasi (*t*). Dengan rincian 53 bentuk kegagalan mengalami *maintenance* pada saat *overhoul* tiap 8760 jam dan 13 bentuk kegagalan mengalami penggantian. Jadi dapat disimpulkan bahwa analisis kuantitatif yang dilakukan pada sebuah peralatan menunjukkan bahwa keandalan pada *boiler* dan peralatan pendukungnya

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

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

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



mengalami penurunan keandalan selama masa operasi peralatan. Perangkat lunak yang dibuat penelitian ini sudah mampu untuk melakukan analisis keandalan secara kualitatif dan kuantitatif untuk peralatan, karena dapat mengakomodasi informasi yang dibutuhkan pengguna dalam melakukan kegiatan perawatan. Tetapi perangkat ini masih belum bisa menunjukkan hubungan secara spesifik tentang keandalan dengan metode FMEA dikarenakan keterbatasan dalam hal data kerusakan peralatan dari perusahaan yang masih kurang informatif.

Berdasarkan referensi penelitian yang telah dikumpulkan, penulis tertarik untuk mengembangkan penelitian tentang penggunaan FMECA dalam analisa keandalan, namun penelitian ini memiliki perbedaan dalam analisa keandalan yaitu pada instrumentasi *boiler*.

2.2 Boiler

Boiler atau katel uap merupakan alat berbentuk bejana tertutup penukar kalor, dimana energi panas yang dihasilkan dari pembakaran diubah menjadi energi potensial yang berupa uap yang mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi (*steam*). *Boiler* merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi - energi kimia atau energi otomis menjadi kerja (usaha) (Muin, 1988:28).

Sistem *boiler* terdiri dari tiga sistem, yaitu (UNEP, 2008):

1. Sistem Air Umpam (*Feed Water System*)

Merupakan suatu sistem yang menyediakan air umpan *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*.

2. Sistem *Steam*

Merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengumpul dan mengontrol produksi *steam*. *Steam* dialirkan melalui *steam* pemipaan ke titik pengguna.

3. Sistem Bahan Bakar (*Fuel System*)

Merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur dan menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

Boiler pada dasarnya terdiri dari drum yang tertutup ujung dan pangkalnya. Dan dalam perkembangannya saat ini dilengkapi dengan pipa api sebagai pipa *furnance* maupun pipa air sebagai *steam drum*.

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 mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



Dalam sejarah tercatat berbagai macam jenis material yang digunakan sebagai bahan pembuatan *boiler* seperti tembaga, kuningan, dan besi cor. Bahan-bahan tersebut sudah lama tidak digunakan karena alasan ketahanan material dan juga kebutuhan industri .

Saat ini untuk penggunaan *boiler* pada industri-industri besar, *boiler* umumnya menggunakan bahan baja dengan spesifikasi tertentu yang telah ditentukan dalam standard ASME.

Secara singkat cara kerja *boiler* adalah panas dari pembakaran pada ruang bakar dialirkan ke air yang ada didalam *steam drum* sehingga air menjadi panas dan menghasilkan uap. uap pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses.

Jika air di didihkan sampai menjadi *steam*, volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, hingga menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak sehingga *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik (Winanti dkk, 2006).

2.2.1 Jenis- Jenis Boiler

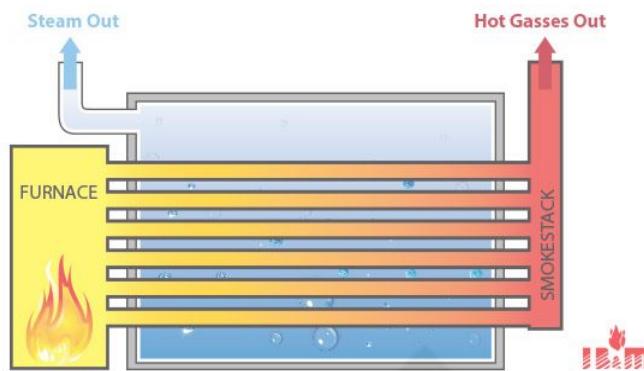
2.2.1.1 Boiler Pipa Api (Fire Tube Boiler)

Boiler pipa api merupakan pengembangan dari ketel lorong api dengan penambahan pipa –pipa api. Dalam prosesnya gas panas hasil pembakaran dari ruang bakar mengalir didalam didalam pipa api, sehingga pipa api memanasi dan menguapkan air yang berada di sekeliling pipa-pipa api tersebut. Pipa - pipa api tersebut terendam didalam air yang akan diproses menjadi *steam*. Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (kalor) kepada air ketel. *Boiler* pipa api beroperasi dapat menggunakan bahan bakar minyak, gas atau bahan bakar padat. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar *boiler* pipa api dirakit oleh pabrik untuk semua bahan bakar. *Boiler* jenis ini banyak dipakai untuk industri pengolahan mulai skala kecil sampai skala besar.

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

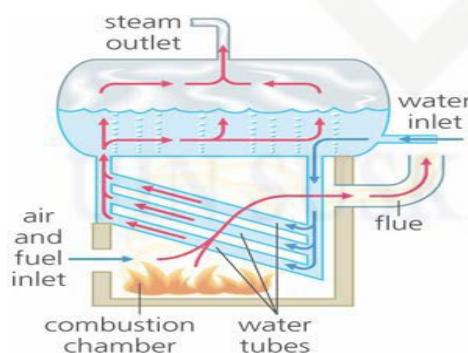


Gambar 2.1 Boiler Pipa Api

(Sumber: <http://www.industrialboiler.com>, 2018)

2.2.1.2 Boiler Pipa Air (Water Tube Boiler)

Boiler pipa air menghasilkan uap panas dengan cara memanaskan air yang berada di dalam pipa, berbeda dengan *boiler* pipa api yang pipanya dialiri oleh gas bakar. Proses untuk mendapatkan uap panasnya dengan proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di ruang bakar yang menghasilkan uap panas, uap panas ini yang digunakan untuk memanaskan pipa yang dialiri air. Air tersebut kemudian di alirkan kedalam sebuah tangki penampungan. Didalam tangki penampungan itu dikumpulkan uap panas yang akan dialirkan kesistem yang membutuhkan uap pans tersebut. *Boiler* ini digunakan jika kebutuhan *steam* dan tekanan sangat tinggi seperti pada kasus *boiler* untuk pembangkit. *Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas *steam* diatas 20000 kg/jam dengan tekanan yang sangat tinggi.



Gambar 2.2 Boiler Pipa Air

(Sumber :Murni, 2012)



2.2.2 Komponen – Komponen Boiler

Boiler tersusun dari berbagai macam komponen dengan fungsinya masing-masing, diantaranya yaitu (PT.Perkebunan Nusantara V Sei Garo):

2.2.2.1 Elektric Pump

Elektric Pump adalah alat yang berfungsi untuk menyuplai air umpan *boiler* ke *steam drum* yang digerakkan oleh tenaga listrik.

2.2.2.2 Feed Tank

Feed tank adalah tangki penampungan air yang telah diatur ph dan kandungan mineral dalam air yang diperoleh dari *station water treatment* yang nantinya akan dikirim ke *dearator*. Air yang ada di *feed tank* bersuhu 50°C .

2.2.2.3 Dearator

Dearator adalah tempat penampungan air umpan *boiler* yang bersuhu 100°C. suhu ini diperoleh dari proses yang terjadi didalam *dearator*. Didalam *boiler*, air yang masuk kesetiap pipa *evaporator* haruslah bersuhu 100°C . Kenaikan suhu ini bertujuan agar pipa-pipa *evaporator* tidak cepat rusak.

2.2.2.4 Ruang Bakar (*furnace*)

Bagian ini merupakan tempat terjadinya pembakaran bahan bakar yang akan menjadi sumber panas untuk memenaskan air yang akan diubah menjadi *steam*. Didalam sistem pipa air ruang bakar terdiri dari 2 ruangan, yaitu:

1. Ruang pertama, berfungsi sebagai ruang pembakaran, dimana panas yang dihasilkan diterima langsung oleh pipa-pipa air yang berada di dalam ruang dapur tersebut.
2. Ruang kedua, merupakan ruang gas panas yang diterima dari hasil pembakaran dalam ruang pertama. Dalam ruang ini sebagian besar panas digunakan untuk mengontrol air yang telah dipanaskan pada ruang pertama agar tidak mengalami penurunan panas secara berlebihan dan juga menyerap panas yang terbuang dari ruang pemanasan pertama, agar energi panas yang terbuang secara cuma-cuma tidak terlalu besar.

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 mengikuti 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.



Proses perpindahan panas pada ruang bakar terjadi dengan tiga cara:

- a. Perpindahan panas secara radiasi, dimana akan terjadi pancaran panas dari api atau gas yang akan menempel pada dinding *tube* sehingga panas tersebut akan diserap oleh fluida yang mengalir di dalamnya.
- b. Perpindahan panas secara konduksi, panas mengalir melalui hantaran dari sisi pipa yang menerima panas kedalam sisi pipa yang memberi panas pada air.
- c. Perpindahan panas secara konveksi. panas yang terjadi dengan singgungan molekul-molekul air sehingga panas akan menyebar kesetiap aliran air.

2.2.2.5 *Evaporator*

Adalah bagian yang berfungsi untuk merubah air (*liquid*) menjadi uap jenuh (*saturated steam*) dengan bantuan gas panas hasil pembakaran bahan bakar. *Evaporator* terdiri dari beberapa susunan pipa yang berisi air dimana pipa-pipa tersebut menyerap gas panas dari luar. Biasanya *evaporator* diletakkan disekeliling dalam dapur (*dinding dapur*). Hal ini bertujuan agar panas hasil pembakaran bahan bakar mudah diserap oleh *evaporator*.

2.2.2.6 *Steam Drum*

Steam drum berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat penampungan uap jenuh. *Drum* ini menampung uap jenuh (*saturated steam*) beserta air dengan perbandingan antara 50% air dan 50% uap. Untuk menghindari agar air tidak terbawa oleh uap, maka dipasangi sekat-sekat, air yang memiliki suhu rendah akan turun ke bawah dan air yang bersuhu tinggi akan naik ke atas dan kemudian menguap.

2.2.2.7 *Superheater*

Merupakan tempat pengeringan steam, dikarenakan uap yang berasal dari *steam drum* masih dalam keadaan basah sehingga belum dapat digunakan. Proses pemanasan lanjutan menggunakan *superheater* pipa yang dipanaskan dengan suhu 260°C sampai 350°C. Dengan suhu tersebut, uap akan menjadi kering dan dapat digunakan untuk menggerakkan turbin maupun untuk keperluan peralatan lain.



2.2.2.8 *Forced Draft Fan*

Forced Draft Fan adalah alat yang berfungsi untuk menghasilkan udara yang digunakan untuk menyemburkan api pada proses pembakaran bahan bakar di dalam *furnace* sehingga menghasilkan proses pembakaran yang baik dengan tekanan tinggi 15 kw.

2.2.2.9 *Induced Draft Fan*

Induced Draft Fan adalah alat yang berfungsi untuk menghisap udara dan abu dari *furnace* udara yang bertujuan untuk mengatur penyempurnaan pembakaran di dalam *furnace*.

2.2.2.10 *Dust Collector* (Pengumpul Abu)

Bagian ini berfungsi untuk menangkap atau mengumpulkan abu yang berada pada aliran pembakaran hingga debu yang terikut dalam gas buang. Keuntungan menggunakan alat ini adalah gas hasil pembakaran yang dibuang ke udara bebas dari kandungan debu. Alasannya tidak lain karena debu dapat mencemari udara di lingkungan sekitar, serta bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada alat akibat adanya gesekan abu maupun pasir.

2.2.2.11 Pengatur Pembuangan Gas Bekas

Asap dari ruang pembakaran dihisap oleh blower IDF (*Induced Draft Fan*) melalui *dust collector* selanjutnya akan dibuang melalui cerobong asap. *Damper* pengatur gas asap diatur terlebih dahulu sesuai kebutuhan sebelum IDF dinyalakan, karena semakin besar *damper* dibuka maka akan semakin besar isapan yang akan terjadi dari dalam tungku.

2.2.2.12 Cerobong Asap (*Chimney*)

Cerobong digunakan untuk mengalirkan gas asap keluar dari ketel uap dengan kecepatan tertentu, dan selain itu digunakan untuk mengatasi getaran-getaran yang terjadi terhadap aliran gas asap, mulai dari rangka bahan bakar atau pembakaran (*burner*), hingga keluar dari cerobong.

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 mengikuti 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.



Tahanan-tahanan yang terjadi sepanjang saluran asap, antara lain disebabkan adanya tahanan-tahanan pada saat gas asap melewati celah-celah diantara pipa-pipa di daerah konveksi dan pada pemanas udara, serta untuk membelokkan gas asap sepanjang salurnya, demikian juga bila terjadi penyempitan – penyempitan saluran gas asap. Hal ini berakibat kecepatan gas yang keluar menjadi berkurang. Dan untuk memperlancar jalannya gas tersebut maka pada saat ditambahkan *blower* yang membantu pemasukan atau pengeluaran udara.

2.2.3 Instrumentasi *boiler*

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. 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 4 fungsi utama :

1. Sebagai alat pengukuran

Sebagai alat ukur, yaitu berfungsi untuk mengetahui / memonitor jalannya suatu kondisi operasi melalui pengukuran besaran dari variabel proses yang sedang diukur. Pengukuran yang banyak dilakukan adalah berupa pengukuran: tekanan, temperatur, aliran (*flow*), dan tinggi permukaan cairan.

2. Sebagai alat analisa

Sebagai alat analisa peralatan instrumen berfungsi untuk menganalisis kualitas kandungan dari suatu produk. Kemudian dapat juga dipergunakan sebagai alat analisa untuk pencegahan polusi dari hasil buangan industri agar tidak membahayakan dan merusak lingkungan. Instruementasi sebagai alat analisa banyak dijumpai dibidang kimia dan kedokteran.

3. Sebagai alat kendali(*control*)

Sebagai alat *control* yaitu berfungsi untuk mengendalikan jalannya operasi agar variabel proses yang diukur dapat diatur atau dikendalikan sesuai harga yang diinginkan. Instrumentasi sebagai alat kendali banyak ditemukan dalam bidang elektronika, industri dan pabrik-pabrik.

4. Sebagi Alat Pengaman

Sebagai alat pengaman yaitu berfungsi untuk mencegah kerusakan pada peralatan, mencegah terjadinya bahaya kecelakaan pada orang yang bekerja, dan mencegah kerusakan lingkungan. Sistem pengaman ini mempunyai tahap-tahap, yaitu memberi peringatan berupa alarm dan melakukan *shutdown* terhadap proses yang ada.

Ada dua cara dalam melakukan pengukuran, analisa, kendali dan pengaman dalam instrumentasi, yaitu dengan cara manual/analog yang mana hasilnya pembacaannya harus ditulis dan juga dengan cara otomatis/digital dimana hasil pembacaannya 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.

1. Manometer atau *Pressure Gauge*

Manometer atau *pressure gauge* merupakan alat untuk mengukur tekanan. Pada *boiler pressure gauge* berfungsi sebagai alat untuk menunjukkan besarnya tekanan *steam* didalam *drum* maupun pada *superheater*. Pada pemasangan manometer ini digunakan pipa angsa (*syphon pipe*) untuk menghindari kesalahan pengukuran karena tekanan dan temperatur tinggi yang langsung dihubungkan dengan manometer.



Gambar 2.3. Manometer

(Sumber:PT. Perkebunan Nusantara V Sei Garo, 2018)

2. Safety Valve

Safety valve adalah sebuah *valve* yang berfungsi sebagai mengaman untuk mencegah terjadinya kerusakan dan juga kecelakaan kerja. *Safety valve* akan bekerja bila terdapat tekanan lebih dari tekanan maksimum yang telah ditetapkan. Pada *boiler valve* ini terdiri dari dua jenis, yaitu *valve* pengaman uap basah dan *valve* pengaman uap kering. *Safety valve* ini dapat diatur sesuai dengan aspek maksimum yang telah ditentukan. Pada uap basah diatur pada tekanan 21 kg/cm^2 sedangkan untuk *valve* pengaman uap kering diatur pada tekanan 20.5 kg/cm^2 .



Gambar 2.4. *Safety valve*

(Sumber: Effendy,2013)

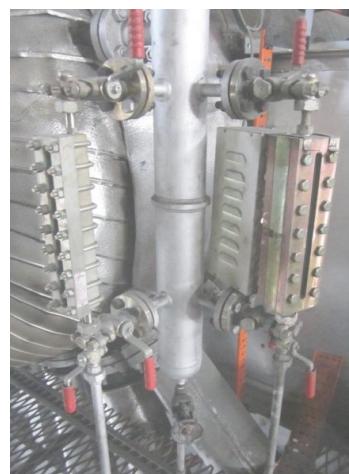
3. Water Level Gauge

Pada pengoperasian *boiler* dibutuhkan peralatan pengukur tinggi air. Alat ukur ini bernama *Water Level Gauge* (gelas penduga) . Alat ini terletak di *steam drum*. Level air didalam *steam drum* harus dijaga agar tetap berada pada standar *level* air yang telah ditentukan. Tujuannya adalah untuk memudahkan pengontrolan ketinggian air didalam *steam drum*, dan mencegah kerusakan pada sistem *boiler*. Gelas penduga ini harus dicuci secara berkala untuk menghindari terjadinya penyumbatan yang membuat level air tidak dapat dibaca. Jenis *water level gauge* yang biasa digunakan yaitu *sight glass* dengan mengetahui *level* air dari tabung kaca. *Sight glass* ini dilengkapi dengan alat pengontrol air otomatis yang akan membunyi *bell* dan menyala lampu merah pada waktu kekurangan air. Pada waktu kelebihan air *bell* juga akan berbunyi dan lampu hijau yang akan menyala.

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



Gambar 2.5 Water Level Gauge

(Sumber: Effendy,2013)

4. Termometer Bimetal

Termometer bimetal merupakan penggabungan *termometer* dan *bimetal*.

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu,dan *bimetal* adalah dua jenis logam berbeda panjang dan kecepatan muai yang direkatkan menjadi satu. Jadi *termometer bimetal* adalah alat untuk mengukur suhu yang menggunakan dua jenis logam yang berbeda panjang dan kecepatan muainya sebagai penggerak jarum penunjuk suhu.

Termometer bimetal digunakan sebagai pengontrol suhu pada *feed tank* dan *dearator*.



Gambar 2.6 Termometer Bimetal

(Sumber:PT. Perkebunan Nusantara V Sei Garo,2018)

5. Flow meter

Flowmeter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran dari suatu fluida. *Flowmeter* banyak jenis dan fungsinya. *Flowmeter* tidak hanya mengukur laju aliran fluida saja. Laju aliran fluida itulah yang digunakan sebagai dasar ukurnya. Contohnya *flowmeter* untuk mengukur jumlah debit air. Kecepatan aliran fluida yang dikonversikan menjadi jumlah debit air yang mengalir. Pada *boiler flowmeter* digunakan untuk mengukur berapa jumlah debit air yang digunakan untuk menghasilkan uap.



Gambar 2.7 Flow meter

(Sumber:PT. Perkebunan Nusantara V Sei Garo,18)

2.3 Keandalan (*Reliability*)

Keandalan adalah probabilitas atau peluang sistem dapat berfungsi seperti yang diharapkan untuk rentang waktu tertentu dibawah kondisi yang ditetapkan (Ferdinand dkk, 2002). Dan menurut Priyanta (2000), keandalan adalah peluang dari suatu sistem untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan baik komponen sistem dan subsistem.



Pada dasarnya komponen keandalan dibagi menjadi empat komponen, yaitu :

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

Konsep analisa keandalan adalah bertolak dari pemikiran layak atau tidaknya suatu sistem melakukan fungsinya. Keandalan atau *reliability* dapat diartikan sebagai peluang bahwa sebuah komponen akan mampu melaksanakan sebuah fungsi yang spesifik dalam suatu kondisi operasi dan periode waktu tertentu. Keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem pemeliharaan yang digunakan untuk menentukan jadwal perawatan. Konsep keandalan sangat berguna pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan penggantian peralatan dan komponen mesin.

Dalam menganalisa keandalan, secara umum ada dua metode yang biasa digunakan, yaitu analisa kualitatif dan analisa kuantitatif :

1. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dapat dibedakan menjadi bagian besar yaitu analisa secara statistik dan evaluasi dengan metode simulasi. Analisa ini terdiri dari Perhitungan langsung untuk sistem yang sederhana, pendekatan dengan probabilitas kondisional, proses *Markov*, dan simulasi *monte carlo* (*Monte Carlo Simulation-MSC*)

2. Analisa Kualitatif

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



Ukuran performa suatu komponen mesin dinyatakan dalam sebuah notasi peluang. Pemenuhan tersebut bukan bersifat *deterministik*, sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti terjadi atau tidak. Oleh sebab itu, kita harus menggunakan peluang dimana sebuah komponen akan sukses atau gagal dalam batasan tertentu karena tidak mungkin untuk menyatakannya secara pasti.

Setiap komponen mesin pasti mengalami kegagalan. Kegagalan yang terjadi memiliki kurva, kurva itu seperti bak mandi, atau biasa disebut *bathub hazard rate curve*. Kurva ini terbagi dalam tiga area, yaitu :

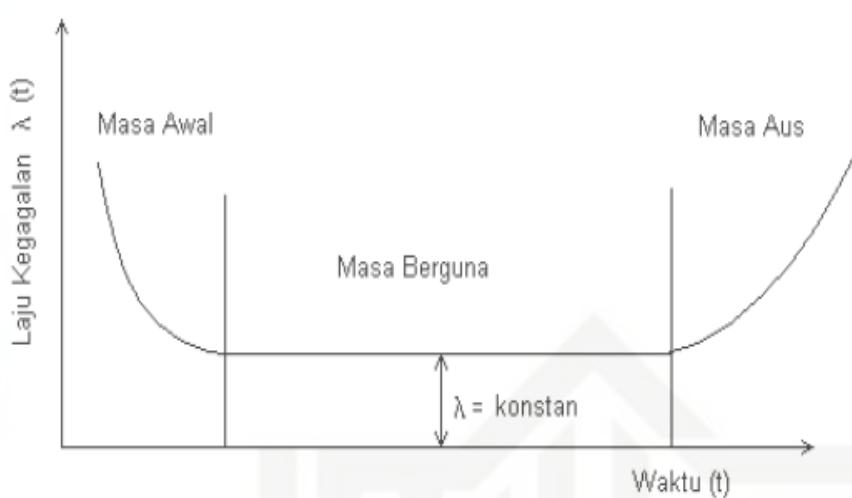
1. Area A, disebut : Masa Awal (laju kegagalan menurun). Pada fase ini, laju kegagalan (*hazard rate*) suatu sistem mengalami penurunan, dan biasanya hal ini merupakan ciri awal penggunaan mesin. Pada fase menunjukan dapat terjadi kegagalan dini. Kegagalan dini terjadi akibat proses yang tidak terpantau oleh bagian *quality control*. Probabilitas kegagalan pada saat ini akan lebih besar dibanding pada saat yang akan datang.
2. Area B, disebut : Masa Berguna (laju kegagalan konstan). 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 pembebahan yang tiba-tiba yang besarnya diluar batas kemampuan komponen atau kondisi ekstrim lainnya. Biasanya penggantian alat terjadi pada fase.
3. Area C, disebut : Masa Aus (laju kegagalan meningkat). 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*).



- 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 mengikuti 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 Kasim Riau



Gambar 2.8 Siklus Hidup Sistem

(Sumber : Priyanta, 2000)

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan variabel *random*. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan maka perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan berdasarkan interval waktu kerusakannya. Distribusi eksponensial digunakan untuk memodelkan laju kerusakan yang konstan untuk sistem yang beroperasi secara kontinu (Imron dkk, 2013).

Pola distribusi *eksponensial* mudah digunakan untuk berbagai tipe analisis dan memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Hal ini membuat secara luas digunakan dalam keandalan dan perawatan. Fungsi keandalan dapat digunakan dengan persamaan berikut:

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

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Total waktu operasi (jam)}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$R(t)$: Fungsi keandalan

e : Eksponensial

λ : Laju kerusakan

t : Waktu beroperasi dari perbaikan sampai kerusakan kembali

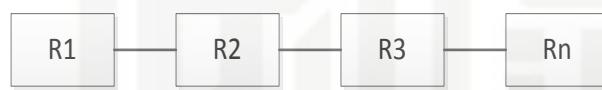
Dimana Nilai $e = 2,718$

2.3.1 Pemodelan Keandalan Sistem

Dalam mengevaluasi keandalan hal yang harus dilakukan dengan memodelkan komponen atau sistem ke dalam diagram blok keandalan. Diagram blok ini yang kemudian dihitung keandalannya.

Pemodelan diagram blok keandalan sistem terbagi dalam dua jenis yaitu, (Priyanta, 2000).

1. Pemodelan sistem seri, yaitu untuk dapat melaksanakan fungsinya atau beroperasi suatu sistem, maka semua komponen dalam sistem tersebut harus beroperasi, jika salah satu komponen mengalami kerusakan maka secara keseluruhan sistem mengalami kerusakan. Sistem seri dapat digambarkan sebagai berikut:

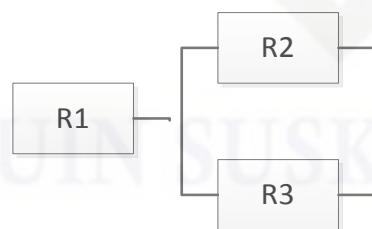


Gambar 2.9 Model Keandalan Sistem Seri

Jika Keandalan masing-masing komponen adalah $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, maka keandalan sistem seri adalah

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \quad (2.3)$$

2. Pemodelan sistem paralel, yaitu suatu sistem dapat melaksanakan fungsinya jika minimal satu komponen dari penyusunnya beroperasi, maka apabila salah satu komponen sistem gagal beroperasi sistem masih dapat beroperasi. Sistem paralel gagal bila seluruh komponen penyusunnya gagal. Sistem paralel dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.10 Model Keandalan Sistem Paralel

Jika Keandalan masing-masing komponen adalah $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, maka keandalan sistem seri adalah

$$R_p = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_n)] \quad (2.4)$$

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



3. Pemodelan sistem seri-paralel, yaitu suatu sistem yang tersusun dari sistem seri dan paralel. Sistem seri-paralel merupakan susunan dasar yang akan dipakai untuk menganalisa sistem yang mempunyai susunan yang lebih kompleks. Prinsip dasar dalam menyelesaikan sistem ini adalah menyederhanakan blok yang mempunyai struktur seri atau paralel terlebih dahulu menjadi blok diagram yang ekuivalen. Blok diagram yang ekuivalen ini akan mewakili konfigurasi asli sebelum konfigurasi ini disederhanakan

Ada beberapa istilah yang berhubungan dengan keandalan sistem, yaitu (Ferdinand dkk, 2002) :

- a. Komponen merupakan bagian dari suatu sistem.
- b. *Failure* (kegagalan atau kerusakan) adalah kerusakan perangkat atau sistem sehingga tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
- c. *Potential Failure Mode* merupakan jenis-jenis potensi kegagalan sebuah sistem dalam prosesnya.
- d. *Potential Effect Of Failure* merupakan akibat-akibat yang akan ditimbulkan jika komponen tersebut gagal seperti disebutkan dalam *failure mode*.
- e. *Severity* merupakan tingkat keparahan dari efek yang ditimbulkan oleh kegagalan.
- f. *Potential Cause Of Failure* merupakan hal-hal yang menyebabkan terjadinya kegagalan.
- g. *Occurrence* merupakan frekuensi terjadinya kegagalan.
- h. *Current Control* merupakan metode kontrol yang sudah diterapkan untuk mencegah terjadinya *failure mode* atau mendeteksi jika terjadi *failure mode*.
- i. *Detection* merupakan kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan.
- j. *Risk Priority Number (RPN)* merupakan nomor prioritas dari suatu kegagalan.
- k. *MTTF (Mean Time to Failure)* adalah rata-rata waktu sistem menuju kegagalan.
- l. *MTTR (Mean Time to Repair)* adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan.
- m. *MTBF (Mean time between failure)*, adalah nilai rata-rata waktu diantara dua kejadian kegagalan untuk suatu komponen atau sistem, mempunyai satuan jam atau tahun.
- n. *Failure Rate* (laju kegagalan) menunjukkan jumlah kegagalan selama waktu pakai perangkat. Laju kegagalannya dilambangkan dengan (λ).



- o. *Repair* (perbaikan) adalah kemampuan suatu *item* dalam kondisi pemakaian tertentu untuk diperbaiki atau dikembalikan pada keadaan semula saat terjadi kerusakan.

Repair Rate (laju perbaikan) didefinisikan sebagai jumlah perbaikan dari komponen dalam rentang waktu tertentu dibagi dengan total waktu perbaikan komponen. Laju perbaikan dilambangkan dengan (μ).

Availability (ketersediaan) adalah kemampuan suatu sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya pada suatu saat atau waktu yang ditentukan.

Unavailability (ketidaktersediaan) adalah probabilitas sistem yang tidak dapat beroperasi. Mempunyai satuan menit/tahun atau berbentuk pecahan dalam persen.

- s. *Down time system* (DTS), merupakan waktu rata-rata suatu sistem tidak melakukan fungsinya seperti yang diinginkan.

2.4 Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA)

FMECA adalah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan yang terjadi dalam sebuah sistem, desain, atau pelayanan dengan mengidentifikasi sistem yang berpotensial buruk (kegagalan) dan tingkat kekritisan kegagalan. Input dari FMECA adalah rencana, diagram, probabilitas, dan frekuensi data berdasarkan data historis. Sedangkan outputnya adalah daftar *Most critical risk* dan beberapa target dari mitigasi resiko. Metode FMECA pertama kali dikembangkan pada tahun 1960 oleh industri penerbangan sebagai syarat keandalan dan keamanan. Selanjutnya metode ini pun mulai berkembang secara meluas pada industri lain, guna memastikan keandalan dan keselamatan kerja dan produk .

FMECA terdiri dari dua analisis yang berbeda, yaitu :

1. Analisa FMEA yaitu proses pengidentifikasi faktor penyebab terjadinya kegagalan dan efek yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan tersebut.
2. Analisis CA (*Criticality Analysis*) yaitu proses penilaian dan pengklasifikasian resiko kegagalan sistem, peluang terjadinya kegagalan, dan tingkat keparahan setiap kegagalan dalam bentuk nilai nyata pada masing-masing titik kritis yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya.



FMECA merupakan alat yang digunakan untuk pengelolaan resiko yang memiliki kualitas terhadap batas penerapan sistem keamanan yang lengkap. Teknik ini menyediakan analisa resiko untuk perbandingan satu komponen kegagalan terhadap penyebab kegagalan yang dapat dihindari. Resiko adalah ukuran dari kombinasi konsekuensi modus kegagalan dan kemungkinan kejadian kegagalan tersebut pada sistem. Hasil perhitungan resiko yang terbesar menjadi prioritas kegagalan yang paling utama untuk direncanakan perbaikannya.

Proses evaluasi terhadap titik kritis dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan yang berbeda yaitu CN (*Criticality Number*) dan RPN (*Risk Priority Number*). Pendekatan RPN cenderung menggunakan metode kualitatif dalam mengurutkan rangking *savertainty* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) dengan bantuan skala numerik 1 sampai 10. Pendekatan RPN banyak digunakan oleh industri otomotif. Setiap rangking yang diperoleh dari ketiga faktor penilaian nantinya dikalikan untuk mendapat nilai RPN. Nilai RPN tersebut memperlihatkan tingkat kritis dari setiap titik kritis yang terdeteksi pada sistem. Semakin tinggi nilai RPN akan memberikan asumsi bahwa titik kritis tersebut semakin penting untuk diprioritaskan dalam pemberian tindakan koreksi. Prioritas pemberian tindakan koreksi pun nantinya tidak hanya dilakukan berdasarkan perolehan nilai RPN tetapi juga turut ditentukan berdasarkan posisi titik kritis pada matriks kritikal.

Berbeda dengan pendekatan RPN, pendekatan CN cenderung menggunakan metode kuantitatif dengan mengembangkan *criticality ranking* yang meliputi probabilitas efek kegagalan (β), rasio kegagalan (α), tingkat kegagalan bagian (λ), dan waktu operasi (τ). Perkalian dari semua item tersebut nantinya akan menghasilkan nilai CN dan semakin besar nilainya maka semakin besar pula prioritasnya untuk diberikan tindakan koreksi. Dengan menggunakan pendekatan ini, resiko kesalahan negatif terhadap perolehan nilai CN cukup sulit dihindari bila dibandingkan dengan pendekatan RPN yang turut didukung oleh adanya matrik kritikal. Pendekatan CN banyak digunakan oleh industri nuklir dan penerbangan

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

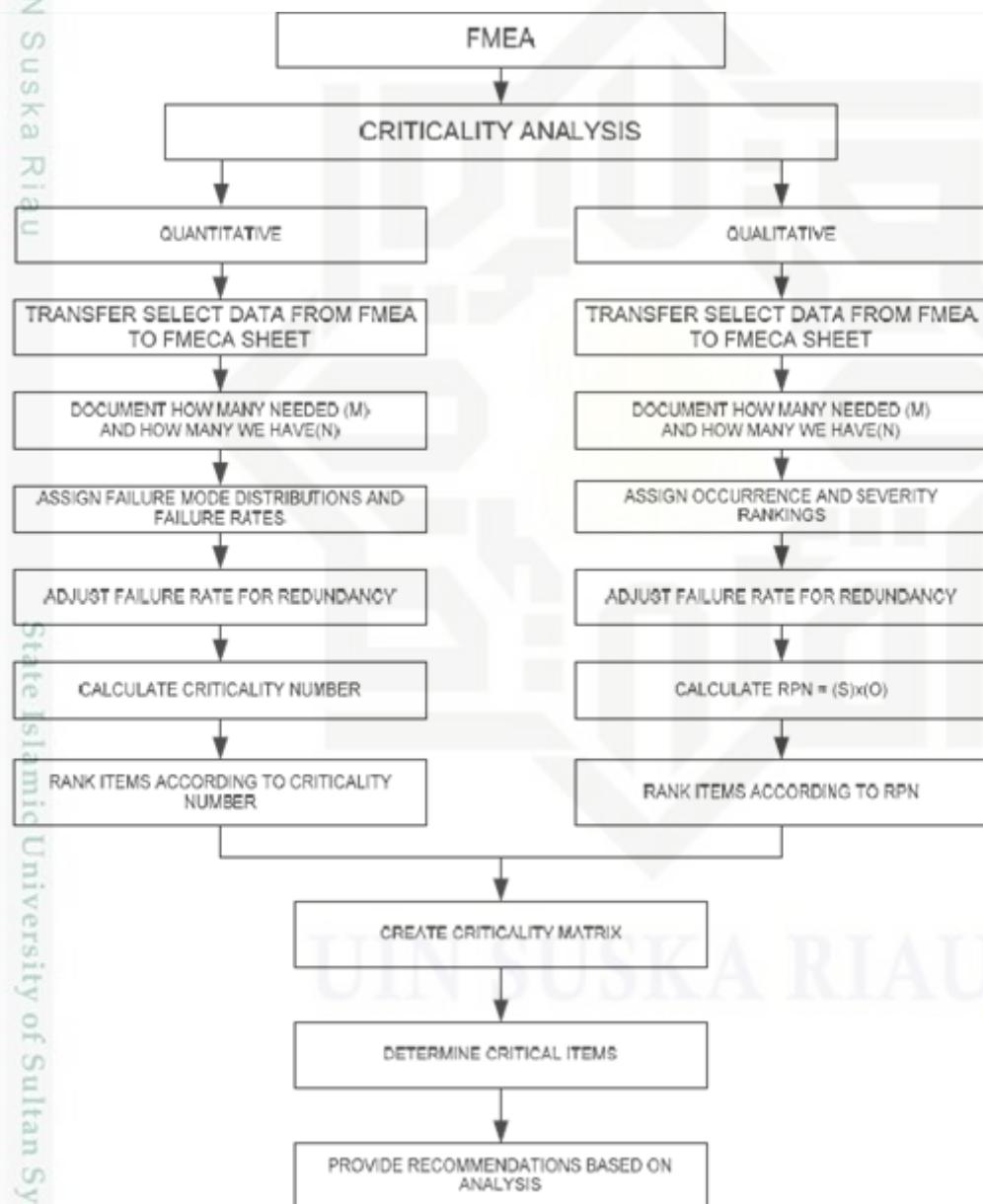
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

2.4.1 Langkah-Langkah Dalam Penerapan *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA)

Dalam menganalisa menggunakan metode FMECA ada beberapa cara dan langkah-langkah yang dilakukan. Menurut ARMY(2006) ada dua cara dalam analisa FMECA yaitu

- Kualitatif ,metode ini di gunakan ketika data dalam analisa FMECA tidak lengkap atau tingkat kegagalan tidak tersedia .
- Kuantitatif,metode ini digunakan apabila data dalam analisa FMECA lengkap.



Gambar 2.11 Langkah-langkah analisa FMECA

(Sumber : ARMY,2006)

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

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

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



Menurut Zafiropoulos (2005), langkah-langkah dasar dalam FMECA konvensional meliputi :

- a. Mendefinisikan sistem, yang meliputi identifikasi fungsi internal dan *interface*, kinerja yang diharapkan dalam berbagai tingkatan kompleksitas, pembatasan sistem dan definisi kegagalan.
- b. Melakukan analisis fungsional, yang mengilustrasikan kegiatan operasi keterkaitan, dan ketergantungan entitas fungsional.
- c. Mengidentifikasi *failure mode* dan dampaknya, seluruh *failure mode* potensial dari item dan *interface* diidentifikasi dan dampaknya terhadap fungsi langsung, *item* dan sistem harus didefinisikan secara jelas.
- d. Menentukan *severity rating* (S) dari *failure mode*, yang mengacu kepada seberapa serius dampak atau efek dari *failure mode*.
- e. Menentukan *occurrence rating* (O) dari frekuensi terjadinya *failure mode* dan analisis kekritisan *failure mode*. Dengan asumsi bahwa komponen sistem cenderung akan mengalami kegagalan dalam berbagai cara, informasi ini digunakan untuk menggambarkan aspek yang paling kritis dari desain sistem.
- f. Menentukan *Detection rating* (D) dari *design control criteria* terjadinya *failure mode*.
- g. *Risk Priority Number* (RPN) Merupakan hasil perkalian bobot *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. Hasil ini akan dapat menentukan komponen kritis.

2.4.2 Menentukan Nilai *Severity*, *Occurrence*, *RPN*, dan *Criticality Matrix*

Untuk mendapatkan nilai peringkat atau kriteria keandalan dalam metode FMECA, maka perlu dilakukan penetapan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* sesuai dengan kejadian yang terjadi dilapangan.

2.4.2.1 Nilai *Severity*

Severity adalah tingkat keparahan dari efek yang ditimbulkan oleh model kegagalan terhadap keseluruhan sistem (Febriani, 2007).. Nilai *rating severity* antara 1 sampai 10. Dimana nilai 1 menunjukkan kondisi terbaik dan nilai 10 menunjukkan kondisi terburuk yang diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem Tabel *severity* ini mengutip dari panduan standar *Automotive Industry Action Group* (AIAG) yang menggambarkan industri otomotif, sedangkan objek penelitian yang digunakan oleh penulis adalah *boiler*. Sehingga dilakukan modifikasi dari tabel *severity* AIAG untuk menggambarkan kejadian yang berkaitan dengan *boiler*.



Berikut tabel dari kriteria dan nilai rating dari *severity* :

Tabel 2.1 *Severity* dalam FMECA

Efek	Kriteria Severity	Peringkat
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Kegagalan yang menghasilkan efek yang sangat berbahaya.	10
	Dapat menggagalkan sistem.	
	Kegagalan terjadi tanpa adanya peringatan terlebih dahulu.	
	Tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya.	
	Dapat membahayakan operator <i>boiler</i> .	
Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan yang menghasilkan efek yang sangat berbahaya.	9
	Dapat menggagalkan sistem.	
	Dapat membahayakan operator <i>boiler</i> .	
	Adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya.	
Sangat Tinggi	<i>Boiler</i> tidak dapat dioperasikan karena ada gangguan besar pada komponen dari <i>boiler</i> .	8
	100% komponen harus dibongkar.	
Tinggi	<i>Boiler</i> tidak dapat dioperasikan karena komponen <i>boiler</i> kehilangan fungsi utamanya.	7
Sedang	<i>Boiler</i> dapat beroperasi, tetapi dapat merusak komponen <i>boiler</i> .	6
	Mengalami pemborosan bahan baku untuk proses berikutnya, karena tidak ada output yang dihasilkan.	

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak mengikuti 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

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 mengikuti 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.

		Ada komponen yang tidak berfungsi.		
Rendah		<i>Boiler</i> dapat beroperasi dengan aman tetapi mengalami penurunan <i>performance</i> secara bertahap akibat ada gangguan pada komponen.	5	
		Mengalami pemborosan bahan baku untuk proses berikutnya.		
Sangat rendah		Gangguan minor pada lini produksi dengan efek yang sangat rendah.	4	
		<i>Boiler</i> dapat beroperasi dengan normal, namun settingan mengalami perubahan.		
		Hasil produksi akhir <i>steam</i> tidak sesuai.		
Kecil		<i>Boiler</i> dapat beroperasi dengan normal, namun ada gangguan kecil, operator menyadari adanya gangguan.	3	
		Sedikit berpengaruh pada kinerja <i>boiler</i> .		
Sangat Kecil		Mesin dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak mengganggu jalannya operasi <i>boiler</i>	2	
Tidak Ada Efek		Tidak ada efek sama sekali atau bentuk kegagalan tidak memiliki pengaruh pada mesin maupun proses produksi <i>steam</i> .	1	
Catatan: Tingkat <i>severity</i> diadopsi dari standar <i>reference manual potential failure mode and effect analysis</i> dari AIAG, dilakukan modifikasi kriteria untuk menyesuaikan objek dan kejadian di lapangan.				

2.4.2.2 Nilai Occurrence

Occurrence adalah sebuah penilaian terhadap tingkat keseringan terjadinya kerusakan secara mekanis yang terjadi pada mesin (Kusuma, 2009). *Occurrence* berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin atau sistem. Nilai rating *occurrence* antara 1 sampai 10. Dimana nilai 10 yang diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki nilai kumulatif yang sangat tinggi atau sering terjadi. Proses penentuan untuk nilai *occurrence* menggunakan tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 *Occurrence* dalam FMECA

Probability of Failure	Occurrence	Frekuensi Kejadian (Tiga Tahun)	Peringkat
Sangat Tinggi	1 per 10 hari	> 109	10
	1 per 20 hari	55 sampai 108	9
Tinggi	1 per 30 hari	36 sampai 54	8
	1 per 50 hari	21 sampai 35	7
Sedang	1 per 60 hari	11 sampai 20	6
	1 per 100 hari	6 sampai 10	5
Rendah	1 per 1 tahun	3 sampai 5	4
	1 per 2 tahun	2	3
Terkontrol	1 per 3 tahun	1	2
	Tidak pernah sama sekali	< 1	1

Catatan: Tingkat *occurrence* diadopsi dari standar *reference manual potential failure mode and effect analysis* dari AIAG, dilakukan modifikasi kriteria untuk menyesuaikan objek dan kejadian di lapangan.

2.4.2.3 Nilai Risk Priority Number (RPN)

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 mengikuti 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 mengikuti 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.

Setelah mendapatkan nilai *Saverry* dan *occurrence* komponen mesin *boiler* maka akan diperoleh nilai RPN. RPN merupakan produk matematis dari keseriusan dari *effect severity* dan kemungkinan terjadi *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect occurrence*. Nilai RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$RPN = S \times O \quad (2.5)$$

Keterangan:

S : *Saverry*

O : *occurrence*

Nilai dari RPN tersebut digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius, sebagai acuan ke arah tindakan perawatan pada sistem yang mengalami kegagalan. Komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi harus mendapatkan penanganan yang pertama, selain itu perhatian harus diberikan kepada sistem yang memiliki nilai *severity* tertinggi 9 atau 10 tanpa melihat nilai RPNnya.

2.4.2.4 Criticality Ranking

Criticality ranking adalah suatu daftar yang digunakan untuk menentukan peringkat mode kegagalan atau komponen yang paling dikhawatirkan. Dalam menetukan tingkatannya pada *Criticality ranking* dengan menggunakan metode kualitatif, nilai RPN yang paling tinggi yang menjadi tingkat paling dikhawatirkan.

2.4.2.5 Criticality Matrix

Criticality matrix adalah sarana grafis atau visual untuk mengidentifikasi dan membandingkan mode kegagalan untuk semua komponen dalam sistem atau subsistem tertentu dan probabilitas mereka terjadi (ARMY,2006). *Criticality matrix* merupakan akhir dari analisa FMECA. Akhir dari analisa FMECA adalah menentukan tingkat kekritisan komponen atau mode kegagalan.

Pada *criticality matrix* digunakan nilai RPN untuk melihat tingkat kekritisan komponen. Nilai RPN paling tinggi (*Criticality ranking* paling dikhawatirkan)



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 mengujikan 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.

sebagai komponen kritis. Selain nilai RPN pada *criticality matrix*, penentuan tingkat kekritisan juga mengacu pada nilai *severity*. Hal ini dilakukan apabila nilai RPN dalam *criticality matrix* sama besar.