Bab 2
Landasan Teori

2.1. Sejarah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Dalam mengevaluasi perencanaan sistem dari sudut pandang *reliability, Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode yang vital. Sejarah FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan mengembangkan sistem kendali penerbangan. Sejak saat itu teknik FMEA diterima dengan baik oleh industri luas.

Terdapat standar yang berhubungan dengan metode FMEA. Standar Inggris yang digunakan secara garis besar menjelaskan BS5760 atau *British Standar* 5760, yaitu:

- Bagian 2 *Guide to the assessment of reliability*
- Bagian 3 *Guide to reliability practice*
- Bagian 5 *Guide Failure Mode and Effect Analysis*

(FMEA) memberikan pedoman dalam pengaplikasian teknik tersebut. Standar militer Amerika, US MIL STD1629 (*procedur for performing a failure modes effect and criticality analysis*) yang banyak dipertimbangkan menjadi referensi standar.

2.2. Dasar FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA merupakan salahsatu alat dari *Six Sigma* untuk mengidentifikasi sumber-sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. Menurut Chrysler (1995), FMEA dapat dilakukan dengan cara:

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya.
2. Mengidentifikasi tindakan yang bias menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensi terjadi.

3. Pencatatan proses (*document the process*).

Sedangkan manfaat FMEA sebagai berikut:

- Hemat biaya. Karena sistematis maka penyelesaiannya ialah tertuju pada potensial *causes* (penyebab yang potensial) dari sebuah kegagalan atau kesalahan.
- Hemat waktu, karena lebih tepat pada sasaran.

Kegunaan FMEA adalah sebagai berikut:

- Ketika diperlukan tindakan *preventive* atau pencegahan sebelum masalah terjadi.
- Ketika ingin mengetahui atau mendata alat deteksi yang ada jika terjadi kegagalan.
- Pemakaian proses baru.
- Perubahan atau pergantian komponen peralatan.
- Pemindahan komponen atau proses kearah baru.

2.3. Pengertian FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA *(failure mode and effect analysis)* adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

Terdapat dua penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (FMEA Desain) dan dalam proses (FMEA Proses). FMEA Desain akan membantu menghilangkan kegagalan-kegagalan yang terkait dengan desain, misalnya kegagalan karena kekuatan yang tidak tepat, material yang tidak sesuai, dan lain-lain. FMEA proses akan menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan-perubahan

dalam variabel proses, misalkan kondisi diluar batas-batas spesifikasi yang ditetapkan seperti ukuran yang tidak tepat, tekstur dan warna yang tidak sesuai, ketebalan yang tidak tepat, dan lain-lain.

Para ahli memiliki beberapa definisi mengenai *failure mode and effect analysis*, definisi tersebut memiliki arti yang cukup luas dan apa bila dievaluasi lebih dalam memiliki arti yang serupa. Definisi *failure mode and effect analysis* tersebut disampaikan oleh:

- Menurut Roger D. Leitch, definisi dari *Failure Mode and Effect Analysis* adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari *enginer* selama perancangan dan pengembangan. Analisa tersebut biasa disebut analisa "*bottom up*", seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi tingkat awal dan mempertimbangkan kegagalan 8ystem yang merupakan hasil dari keseluruhan bentuk kegagalan yang berbeda.

- Menurut John Moubray, definisi dari *failure mode and effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

2.4. Tujuan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Terdapat banyak variasi didalam rincian FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)*, tetapi semua itu memiliki tujuan untuk melakukan perbaikan dengan cara:

1. Megidentifikasi model-model kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem.
2. Menentukan akibat yang potensial pada peralatan, sistem yang berhubungan dengan setiap model kegagalan.
3. Membuat rekomendasi untuk menambah keandalan komponen,

peralatan, dan sistem.

2.5. Langkah Utama Dalam FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Terdapat empat langkah utama dalam kinerja dari FMEA sebagai berikut:

1. Mendefinisikan sistem, fungsi-fungsi dan komponen-komponenya.
2. Mengidentifikasi penyebab kerusakan komponen.
3. Mempelajari akibat dari penyebab kerusakan komponen.
4. Kesimpulan dan saran.

2.5.1. Pendefinisi Sistem, Fungsi dan Komponen

Fungsi merupakan hal pertama yang harus didefinisikan. Beragam sistem operasi harus didefinisikan. Informasi yang diperlukan pada tahapan ini meliputi:

1. Fungsi utama dari sistem.
2. Keterbatasan fungsi yang utuh dalam sistem seperti komponen.
3. Spesifikasi mengenai sistem operasi dan spesifikasi komponen menurut lingkungan sistem dan komponen pada tempatnya.

2.5.2. Identifikasi Penyebab Kerusakan Komponen

Perlu kita perhatikan bahwa penyebab kerusakan komponen digambarkan sebagai akibat yang harus diamati terkait dengan kerusakanya.

Klasifikasi dasar dari penyebab kegagalan yang digunakan terhadap fasilitas dapat disebabkan oleh karena:

1. Pengoprasian yang belum waktunya.
2. Kesalahan pengoprasian pada saat memberi perintah.
3. Kerusakan pada saat operasi berhenti.
4. Kerusakan selama operasi berjalan.

2.5.3. Identifikasi Akibat dari Penyebab Kerusakan Komponen

Akibat dari tiap-tiap penyebab kegagalan dalam fungsi suatu sistem seperti halnya dalam komponen dapat dipelajari secara sistematis dan dapat diperkirakan. Akibat yang dijelaskan dapat diasumsikan bahwa terdapat satu

penyebab kesalahan dan komponen yang lain dapat beroprasi secara normal.

2.5.4. Pengambilan Keputusan

Setelah melakukan seluruh langkah diatas, analisis akan menggambarkan kesimpulan dalam obyek penelitian. Dengan hasil yang ditunjukan di tabel 2.1. sebagai berikut:

1. Seluruh gambaran penyebab kegagalan dan akibat yang ditimbulkan dalam sistem operasi telah diperhitungkan dalam desain.
2. Dapat mengidentifikasi satu kerusakan.
3. Penyebab kegagalan diperhitungkan secara luas dari akibat yang ditimbulkan dalam fungsi sistem.
4. Megidentifikasi kerusakan kedua dan kerusakan-kerusakan yang lainya.
5. Merancang prosedur perawatan yang berhubungan antara tiap-tiap penyebab kegagalan.

Tabel 2.1. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

No	*Function*	*Function Failure*	*Failure Mode*	*Failure Effect*
1. 2.				

2.6. *Cause Failure Mode Effect* (CFME)

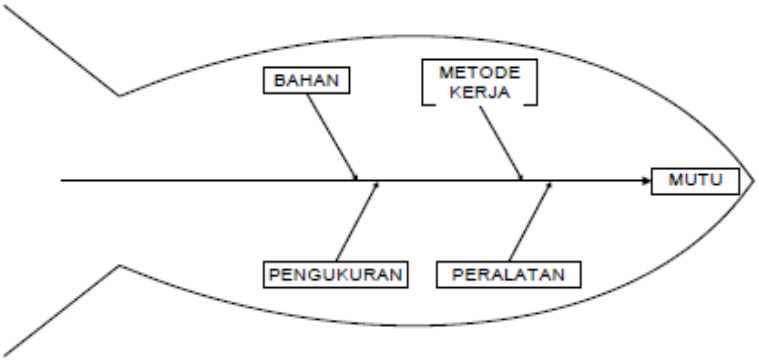
Ishikawa mengatakan bahwa tanda pertama dari masalah adalah gejala, dan bukan penyebab. Karena itu, perlu dipahami apa yang disebut dengan gejala, penyebab, dan akar penyebab. Bertanya mengapa hingga tidak ada lagi jawaban yang bisa diberikan akan mengarahkan kita untuk sampai pada akar penyebab masalah sehingga tindakan yang sesuai pada akar penyebab masalah yang ditemukan itu akan menghilangkan masalah.

Cause Failure Mode Effect merupakan pengembangan dari diagram sebab akibat dan digunakan untuk mendeteksi akar penyebab permasalahan. Data untuk

pembuatan CFME merupakan data yang digunakan dalam diagram sebab akibat. Untuk setiap penyebab pada diagram sebab akibat dicari lagi apa penyebabnya sebagai akar penyebab, dengan terus menerus bertanya mengapa hal tersebut terjadi hingga tidak ada lagi jawaban yang dapat diberikan. Hasil CFME akan mempermudah pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis*. CFME bertujuan untuk membantu mengidentifikasi efek, modus kegagalan, dan akar penyebab masalah.

Cause and Effect Diagram diagram ini disebut juga dengan diagram tulang ikan karena bentuknya seperti ikan. Selain itu disebut juga dengan diagram Ishikawa karena yang menemukan adalah Prof. Ishikawa yang berasal dari Jepang.

Diagram ini digunakan untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dalam menentukan karakteristik kualitas output kerja, mencari penyebab-penyebab yang sesungguhnya dari suatu masalah. Ada 5 faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan yaitu: metode kerja, mesin atau peralatan lain, bahan baku, dan pengukuran kerja.



Gambar 2.1 *Cause and Effect Diagram* (Ishikawa, 1998).

2.7. Fungsi Keandalan (*Realibility*)

Secara matematis besarnya keandalan mesin untuk waktu proses (t) tertentu didapat dari satu dikurangi dengan probabilitas terjadinya kerusakan selama waktu operasi t tersebut. Adapun fungsi keandalannya adalah (Blanchard, 1994):

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

$R(t) = 1 - f(t)$ (2.2)

dimana: R(t) = fungsi keandalan

t = waktu operasi keseluruhan

F(t) = probabilitas kerusakan

f = jumlah kerusakan

λ = laju kerusakan

Jika t menuju tak terhingga, maka R (t) menuju nol. F (t) merupakan distribusi fungsi kerusakan atau fungsi ketidakhandalan.

Fungsi Ketidakhandalan F (t)

$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ (2.3)

2.8. Menghitung Waktu Rata-rata Diantara Pemeliharaan

Waktu rata-rata diantara pemeliharaan yaitu:

Meliputi kebutuhan pemeliharaan preventif (terjadwal) dan pemeliharaan korektif (tidak terjadwal).

$$MTBM = \frac{Total\ Waktu\ Efektif\ Oprasi\ Mesin}{Frequensi\ Pemeliharaan\ Preventif + Korektif} \quad (2.4)$$

$$fpt = \frac{1-(\lambda x MTBM)}{MTBM} \quad (2.5)$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.6)$$

dimana: MTBM = rata-rata waktu antar pemeliharaan (*Mean Time Between Maintenance)*

λ = laju kerusakan

fpt = laju pemeliharaan preventif

MTBF = rata-rata waktu antar kegagalan (*Mean Time Between Failure*)

$M = MTBM\ (\lambda \times Mct) + (fpt \times Mpt)$ (2.7)

dimana: Mct = Waktu rata-rata pemeliharaan korektif

Mpt = Waktu rata-rata pemeliharaan preventif

M = Waktu pemeliharaan aktif

2.9. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Function*)

Laju kerusakan (*failure rate*) merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan. Laju kerusakan (λ) dirumuskan sebagai berikut (Blanchard, 1994):

$$\lambda = \frac{f}{t} \qquad (2.8)$$

diamana: λ = Laju kerusakan

f = Jumlah kerusakan yang terjadi

t = Waktu operasi keseluruhan

2.8. Metode 5W-1H

5W-1H adalah metode yang digunakan untuk mencari tahu permasalahan yang terjadi secara detail. Berupa beberapa pertanyaan, yaitu: what, who, where, when, why dan how, biasanya disajikan dalam bentuk tabel, dapat kita lihat di table 2.2. dan 2.3. tentang 5W dan 1H.

Tabel 2.2. Metode 5W-1H Untuk Mencari Tahu Permasalahan Yang Terjadi Secara Detail

No	Who (Siapa)	What (Apa)	Where (Dimana)
1.	Siapa yang melaksanakan ?	Apa yang harus dilaksanakan ?	Dimana melaksanakannya ?
2.	Siapa yang sedang melaksanakan ?	Apa yang sedang dilaksanakan ?	Dimana sedang dilaksanakan ?
3.	Siapa yang seharusnya melaksanakan ?	Apa yang seharusnya dilaksanakan ?	Dimana seharusnya dilaksanakan ?
4.	Siapa lagi yang dapat melaksanakan ?	Apa lagi yang dapat dilaksanakan ?	Dimana lagi dapat dilaksanakan ?
5.	Siapa lagi yang harus melaksanakan ?	Apa lagi yang seharusnya dilaksanakan ?	Dimana lagi seharusnya dilaksanakan ?
6.	Siapa yang melaksanakan 3-MU ?	3-MU mana yang sedang dilaksanakan ?	Dimana 3-MU sedang dilaksanakan ?

Tabel (Lanjutan) 2.3 Metode 5W-1H Untuk Mencari Tahu Permasalahan Yang Terjadi Secara Detail

No	When (Kapan)	Why (Mengapa)	How (Bagaimana)
1.	Kapan melaksanakannya ?	Mengapa ia melaksanakan ?	Bagaimana melaksanakannya ?
2.	Kapan dilaksanakan ?	Mengapa melaksanakannya ?	Bagaimana dilaksanakan ?
3.	Kapan seharusnya melaksanakannya ?	Mengapa melaksanakannya disana ?	Bagaimana seharusnya dilaksanakan ?
4.	Kapan lagi dapat dilaksanakan ?	Mengapa melaksanakannya saat itu ?	Dapatkah metode ini digunakan dibidang lain ?
5.	Kapan lagi seharusnya dilaksanakan ?	Mengapa dilaksanakan dengan cara itu ?	Apakah ada cara lain untuk melaksanakannya ?
6.	Apakah setiap waktu ada 3-MU ?	Apakah ada 3-MU dalam cara berpikir ?	Apakah ada 3-MU dalam metode itu ?

Dapat kita lihat beberapa pertanyaan, yaitu: what, who, where, when, why dan how (apa, siapa, dimana, kapan, mengapa dan bagaimana) :

- What (apa), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu sesuatu yang terjadi.
- Who (siapa), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu orang atau subjek yang melakukan sesuatu.
- Where (di mana), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu tempat kejadian suatu peristiwa tersebut terjadi.
- When (kapan), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu waktu terjadinya suatu peristiwa.
- Why (mengapa), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu latar belakang atau penyebab terjadinya peristiwa itu terjadi.
- How (bagaimana), suatu pertanyaan yang bertujuan mencari tahu proses peristiwa itu terjadi.