

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan topik yang sama dibandingkan dengan penelitian penulis.

#### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Nanda dkk (2014) melakukan penelitian mengenai analisis resiko kualitas produk dalam proses produksi miniatur bis dengan metode FMEA pada UKM Niki Kayoe. Tujuan dilakukannya penelitian di UKM Niki Kayoe adalah mengetahui resiko yang mengganggu kualitas produksi dan tergolong kritis, mengetahui total ekspektasi biaya yang muncul pada proses produksi, serta melakukan perbaikan melalui usulan-usulan untuk memperbaiki proses produksi UKM Niki Kayoe. Tools yang digunakan adalah FMEA untuk menentukan resiko kegagalan paling kritis yang dilanjutkan dengan penggunaan FMEA *cost based*, selain itu pada penelitian di UKM Niki Kayoe menggunakan metode pendeteksi resiko *probability impact matrix* yang mempertimbangkan nilai *severity* dan nilai *occurrence*. Penelitian di UKM Niki Kayoe diperoleh resiko yang tergolong kritis berdasarkan RPN sebanyak 5 proses dan berdasarkan metode *probability impact matrix* sebanyak 5 proses. Hasil yang diperoleh berdasarkan metode FMEA *cost based* diperoleh bahwa total ekspektasi biaya akibat adanya failure di UKM Niki Kayoe sebesar Rp 12.845.900,00 selama tiga bulan.

Hanliang dkk (2013) melakukan penelitian mengenai peningkatan kualitas proses produksi di PT Indal Alumunium Tbk, Sidoarjo. Tujuan dlakukannya peneltian adalah melakukan investigasi efektivitas implementasi prosedur dalam penerapan SMM ISO 9001:2008, khususnya klausul yang terkait dengan pengendalian dan peningkatan kualitas, mengidentifikasi cacat dan menganalisis penyebabnya, merancang perbaikan dan mengimplementasikannya dalam usaha menurunkan persentase cacat produk, dan melakukan evaluasi terkait dengan reduksi persentase cacat dan biaya kualitas. *Tools* yang digunakan adalah *fishbone diagram* untuk menganalisis akar masalah dan FMEA untuk menentukan nilai RPN yang dikombinasikan dengan diagram pareto agar dapat menentukan jenis cacat apa saja yang menjadi dominan terburuk yang

selanjutnya akan menjadi fokus perbaikan bagi perusahaan. Penelitian yang dilakukan telah berhasil membuat rancangan perbaikan dan implementasi perbaikan untuk 6 jenis cacat yaitu *scratch* 2, *blister* 4, *corosion* 2, *scratch* 1, *scratch* 3, dan *dent* 2. Hasil dari implementasi diperoleh bahwa proses *cutting* 1 mengalami peningkatan persentase produk baik sebesar 4,12%, proses *machining* meningkat 4,23%, dan proses *packaging* sebesar 5,6%. Peningkatan produk baik yang diimplementasikan berpengaruh pula pada penurunan biaya kualitas total sebesar Rp 1.211.825,-/ 2 minggu.

Suryanto (2011) melakukan penelitian mengenai resiko kegagalan Castor Double Wheel 6 Inch di PT X. Tujuan dilakukannya penelitian adalah untuk mengidentifikasi resiko kegagalan produk yang terdiri atas moda kegagalan, penyebab, dan metode deteksi kegagalan, menentukan resiko kegagalan pada produk yang perlu mendapatkan perbaikan, dan merekomendasikan serta melakukan tindakan perbaikan untuk mencegah terjadinya resiko kegagalan produk. *Tools* yang digunakan adalah FMEA yang terfokus pada sistem dan desain. Hasil penelitian diperoleh 10 buah potensi moda kegagalan pada FMEA Sistem dan 117 buah potensi moda kegagalan pada FMEA Desain, 40 buah penyebab kegagalan FMEA Sistem dan 171 buah penyebab kegagalan desain, dan RPN sebanyak 76 buah untuk FMEA Sistem dan 219 buah untuk FMEA Desain. Rekomendasi perbaikan meliputi penggantian material, perubahan sistem, perubahan spesifikasi desain, pengembangan metode deteksi, pemberian informasi beban ijin, peningkatan kualitas proses produksi, penggantian komponen dan penggantian *supplier*.

Firdaus dkk (2010) melakukan penelitian mengenai perbaikan proses produksi muffler dengan metode FMEA pada industri kecil di Sidoarjo. Tujuan dilakukannya penelitian adalah membantu meningkatkan kepuasan pelanggan, mengurangi biaya dan mempercepat proses produksi, mengurangi resiko dengan melakukan dokumentasi dan *traceability*, mengidentifikasi proses utama yang beresiko tinggi, dan menghasilkan produk *muffler* dengan kualitas tinggi. *Tools* yang digunakan adalah FMEA untuk menentukan resiko kegagalan kritis. Hasil yang diperoleh dari penelitian pada industri kecil di Sidoarjo adalah metode FMEA dapat digunakan pada industri kecil terutama pengrajin logam, dengan penggunaan FMEA pengrajin menjadi lebih mudah mengendalikan proses produksi agar produk cacat dapat diminimalisasi.

Chandra (2009) melakukan penelitian mengenai resiko kegagalan ICU Bed 77001 di PT X. Tujuan dilakukannya penelitian adalah untuk mendapatkan prioritas moda kegagalan yang tergolong *high level risks* pada proses perakitan dan mendapatkan tindakan rekomendasi agar moda kegagalan proses perakitan yang tergolong *high level risks* dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan. *Tools* yang digunakan FMEA *based on fuzzy utility cost estimation* pada proses perakitan bagian (*sub assembly*) ICU Bed 77001. Hasil penelitian yang diperoleh adalah tindakan rekomendasi perbaikan terhadap proses yang tergolong *high level risk*. Proses pertama yaitu posisi lubang padaudukan motor hi-lo, plat lengan, engsel kaki, engsel pengungkit matras, dan *clamp head and foot end* tidak tepat dari yang telah ditentukan. Proses kedua adalah posisi yang mengalami tekukan pada plat lengan tengah, plat dudukan *sideguard*, dudukan engsel dalam, dan *clamp head and foot end* tidak tepat dari yang telah ditentukan. Proses ketiga adalah posisi alur *space* pada engsel untuk tempat pemasangan *snap ring* > 2 mm (tidak tepat). Tindakan rekomendasi yang dilakukan adalah perbaikan proses *punching* (tingkat ketelitian operator dalam mengoperasikan mesin *punching*) dan inspeksi komponen sebelum meninggalkan stasiun, perbaikan proses tekuk (ketelitian operator dalam mengoperasikan mesin *bending*) dan inspeksi komponen sebelum meninggalkan stasiun, dan tingkat ketelitian proses pengerjaan komponen engsel pada pembuatan alur *space* untuk tempat pemasangan *snap ring*.

Muliati (2008) melakukan penelitian mengenai resiko kegagalan Meja Operasi Elektrik 5202E di PT X. Tujuan dilakukannya penelitian adalah untuk mendapatkan prioritas penanganan resiko yang bersifat mendesak pada sistem, desain dan proses Meja Operasi Elektrik 5202E serta mengembangkan rencana respon berupa rekomendasi tindakan pencegahan untuk tiap resiko yang diprioritaskan pada sistem, desain, dan proses. *Tools* yang digunakan adalah FMEA yang terfokus pada sistem, desain, dan proses. Hasil penelitian yang diperoleh berupa respon yang dikembangkan untuk menanggapi resiko yang bersifat kritis pada sistem, desain, dan proses. Respon yang dilakukan adalah mengevaluasi kembali dimensi komponen pada desain, mempertebal dimensi material yang digunakan, membuat *jig* untuk memudah proses pengerjaan komponen, pengujian beban komponen, perbaikan *material handling*, penggantian *tools* yang telah aus atau rusak, perbaikan proses pengerjaan

komponen, inspeksi komponen sebelum di las, dan memperbaiki proses pengelasan.

### **2.1.2. Penelitian Sekarang**

Pada penelitian kali ini, analisis resiko kegagalan yang dilakukan meliputi identifikasi moda kegagalan, efek dari kegagalan, dan penyebab kegagalan yang terjadi. Penelitian dilakukan di Unit Castor PT X. Produk yang diamati adalah Castor *Single Wheel 5 Inch Swivel K1* dengan Rem. Analisis FMEA terfokus pada FMEA Proses. Penyebab dari potensi moda kegagalan dalam FMEA ditentukan berdasarkan *fishbone diagram*. Analisis tersebut diharapkan adanya perbaikan-perbaikan terhadap kegagalan yang berpotensi muncul, sehingga kegagalan dapat direduksi.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)**

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai *failure and mode effect analysis* baik dari definisi, tujuan, manfaat, tipe, dan alasan penggunaannya.

#### **2.2.1.1. Sejarah dan Definisi Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)**

Metode FMEA pertama kali dikembangkan oleh militer Amerika Serikat, melalui prosedur militer MIL-P-1629 pada tanggal 9 November 1949 dengan judul "*Procedure for Performing a Failure Modes, Effects and Critically Analysis*". Metode FMEA kala itu digunakan sebagai teknik evaluasi reliabilitas untuk mengevaluasi akibat dari kegagalan sistem perlengkapan.

Metode FMEA pertama kali digunakan secara umum oleh NASA pada tahun 1960 untuk memverifikasi dan memperbaiki reliabilitas dari *space program hardware*. Prosedur MIL-STD-1629A digunakan oleh NASA sebagai metode yang dapat diterima secara luas baik dari industri militer maupun komersial.

Beberapa definisi mengenai *failure and mode effect analysis* (FMEA) adalah sebagai berikut :

- a. *Failure mode and effect analysis* (FMEA) adalah *tools* yang digunakan di beberapa industri yang berguna untuk mengidentifikasi kegagalan, mengevaluasi efek kegagalan, dan memprioritaskan kegagalan berdasarkan efek yang dihasilkan (Hyatt, 2003)

- b. *Failure and mode effect analysis* (FMEA) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah terjadinya masalah pada produk dan proses. FMEA berfokus pada pencegahan terhadap *defect*, meningkatkan keselamatan dan meningkatkan kepuasan pelanggan (McDermott dkk, 2009)
- c. *Failure mode and effect analysis* (FMEA) adalah sekumpulan aktivitas sistematis yang bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi potensi kegagalan produk/proses dan efek yang dihasilkan, mengidentifikasi tindakan mana yang dapat mengeliminasi atau mereduksi kesempatan munculnya kegagalan, mendokumentasikan proses untuk melengkapi proses dalam mendefinisikan desain atau proses apa yang harus dilakukan untuk memuaskan pelanggan (Ford Company, 2004)
- d. *Failure mode and effect analysis* (FMEA) adalah teknik dalam *engineering* yang digunakan untuk menemukan, mengidentifikasi, dan menghilangkan moda kegagalan, masalah, kesalahan potensial dari sistem, desain, dan atau proses sebelum sampai ke *customer* (Omdahl 1988; ASQC 1983).
- e. *Failure mode and effect analysis* (FMEA) adalah metodologi untuk memaksimalkan kepuasan pelanggan dengan mengeliminasi dan/atau mereduksi masalah yang diketahui atau potensial (Stamatis, 2003).

#### **2.2.1.2. Tujuan *Failure and Mode Effect Analysis* (FMEA)**

Tujuan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menurut Carlson (2014) adalah sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi dan memahami moda kegagalan potensial dan penyebab dan efek kegagalan pada sistem atau pengguna akhir untuk produk atau proses tertentu.
- b. Menilai resiko dengan moda kegagalan yang teridentifikasi, efek dan penyebab, serta memprioritaskan pokok permasalahan untuk diberi tindakan perbaikan.
- c. Mengidentifikasi dan melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang paling serius.

#### **2.2.1.3. Tipe *Failure and Mode Effect Analysis* (FMEA)**

Terdapat empat tipe *Failure and Mode Effect Analysis* menurut Stamatis (2003) :

##### **a. *System* FMEA**

*System* FMEA digunakan untuk menganalisis sistem dan subsistem pada konsep dan desain awal. *System* FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus

pada potensi moda kegagalan antara fungsi dari sistem yang disebabkan kekurangan sistem dan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas, reliabilitas, biaya dan *maintainability* dari suatu sistem.

Output yang dihasilkan dari *system* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Daftar potensi moda kegagalan yang disusun berdasarkan tingkat RPN.
- ii. Daftar potensi dari fungsi sistem yang dapat mendeteksi mode kegagalan potensial
- iii. Daftar potensi dari tindakan desain untuk mengeliminasi mode kegagalan, masalah keselamatan, dan mengurangi tingkat *occurrence*.

Manfaat dari *system* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Membantu memilih alternatif desain sistem yang optimal
- ii. Membantu menentukan redundansi (peramalan)
- iii. Membantu dalam mendefinisikan dasar untuk prosedur diagnosa tingkatan sistem yang ada
- iv. Meningkatkan kemungkinan bahwa masalah - masalah yang potensial akan dipertimbangkan untuk ditindaklanjuti
- v. Mengidentifikasi kegagalan sistem yang potensial dan interaksinya dengan sistem dan subsistem lain.

b. *Design* FMEA

*Design* FMEA digunakan untuk menganalisis produk sebelum dirilis di manufaktur. *Design* FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus pada moda kegagalan yang disebabkan oleh kekurangan desain dan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas, realibilitas, biaya dan *maintainability* dari suatu desain.

Output yang dihasilkan dari *design* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Daftar potensi moda kegagalan yang disusun berdasarkan tingkat RPN.
- ii. Daftar potensi dari karakteristik kritis maupun signifikan.
- iii. Daftar potensi dari tindakan desain yang dapat dilakukan untuk mengeliminasi moda kegagalan, masalah keselamatan dan mengurangi tingkat *occurrence*.
- iv. Daftar potensi dari paramater untuk metode pengujian, inspeksi, maupun deteksi yang sesuai.
- v. Daftar potensi dari tindakan yang seharusnya dilakukan untuk karakteristik kritis dan signifikan.

Manfaat dari *design* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Membuat prioritas untuk tindakan peningkatan desain yang ada.
- ii. Mendokumentasikan alasan yang digunakan untuk perubahan yang dilakukan.
- iii. Menyediakan informasi untuk membantu verifikasi produk desain dan pengujian.
- iv. Membantu mengidentifikasi karakteristik yang kritis atau signifikan.
- v. Membantu dalam pengevaluasian kebutuhan dan alternatif desain yang akan dibuat
- vi. Membantu mengidentifikasi dan menghilangkan masalah keamanan yang berpotensi muncul.
- vii. Mengidentifikasi kegagalan sistem yang potensial dan interaksinya dengan sistem dan subsistem lain

c. *Process* FMEA

*Process* FMEA digunakan untuk menganalisis proses - proses manufaktur dan perakitan. *Process* FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus pada moda kegagalan yang disebabkan kekurangan proses atau perakitan yang ada.

Output yang dihasilkan dari *process* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Daftar potensi dari moda kegagalan berdasarkan peringkat RPN.
- ii. Daftar potensi dari karakteristik kritis dan/atau signifikan.
- iii. Daftar potensi dari rekomendasi tindakan untuk merujuk pada karakteristik kritis dan signifikan.

Manfaat dari *process* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Mengidentifikasi perbedaan proses dan menawarkan rekomendasi tindakan perbaikan
- ii. Mengidentifikasi karakteristik kritis dan/atau signifikan dan membantu dalam mengembangkan perencanaan pengendalian.
- iii. Membuat prioritas dari tindakan perbaikan
- iv. Membantu dalam analisis manufaktur atau proses perakitan

d. *Service* FMEA

*Service* FMEA digunakan untuk menganalisis pelayanan sebelum mencapai konsumen. *Service* FMEA berfokus pada moda kegagalan yang disebabkan oleh sistem atau proses.

Output yang dihasilkan dari *service* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Daftar potensi dari kesalahan berdasarkan peringkat RPN.
- ii. Daftar potensi dari karakteristik tugas kritis atau signifikan atau proses.
- iii. Daftar potensi dari proses atau tugas yang *bottleneck*.
- iv. Daftar potensi untuk mengeliminasi kesalahan
- v. Daftar potensi dari sistem pengawasan / fungsi proses.

Manfaat dari *service* FMEA adalah sebagai berikut :

- i. Membantu dalam menganalisis aliran kerja
- ii. Membantu dalam menganalisis sistem dan/atau proses.
- iii. Mengidentifikasi perbedaan tugas.
- iv. Menyusun prioritas untuk tindakan perbaikan

#### **2.2.1.4. Manfaat Failure and Mode Effect Analysis**

Manfaat *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menurut Ford Company (2004) adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk-produk yang dihasilkan perusahaan.
- b. Mengurangi biaya dan waktu pengembangan produk.
- c. Mendokumentasikan dan melacak tindakan-tindakan yang pernah diambil untuk mengurangi resiko.
- d. Memberi bantuan dalam pengembangan rencana kontrol yang kuat.
- e. Memberi bantuan dalam pengembangan rencana verifikasi desain yang kuat.
- f. Membantu *engineer* dalam memusatkan perhatian pada kekurangan produk dan proses yang penting serta membantu mencegah terjadinya kegagalan pada produk.
- g. Meningkatkan kepuasan pelanggan/konsumen.
- h. Meningkatkan citra dan daya saing perusahaan.

#### **2.2.1.5. Alasan Penggunaan Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)**

Alasan penggunaan FMEA menurut Hyatt (2003) adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengidentifikasi situasi kecelakaan tertentu.
- b. Untuk mempertimbangkan peningkatan keselamatan alternatif
- c. Untuk memperoleh data untuk analisis resiko kuantitatif.
- d. Untuk mengevaluasi bahaya dari desain awal dan prosedur operasi.
- e. Untuk meningkatkan keandalan proses.
- f. Untuk memenuhi kebutuhan peraturan yang ada.

- g. Untuk mendokumentasikan evaluasi bahaya proses yang terjadi secara sistematis.
- h. Untuk mengevaluasi proses yang kompleks dimana resiko yang dirasakan signifikan.

#### 2.2.1.6. Sepuluh Langkah untuk *Failure and Mode Effect Analysis*

Menurut McDermott dkk (2009), semua *design* FMEA dan *process* FMEA menggunakan sepuluh langkah yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Sepuluh Langkah FMEA**

Langkah 1	Meninjau proses atau produk
Langkah 2	Melakukan <i>brainstorming</i> terhadap moda kegagalan potensial
Langkah 3	Mendaftar potensi efek yang ditimbulkan untuk setiap moda kegagalan
Langkah 4	Menetapkan peringkat <i>severity</i> untuk setiap efek yang ditimbulkan
Langkah 5	Menetapkan peringkat <i>occurrence</i> untuk setiap efek yang ditimbulkan
Langkah 6	Menetapkan peringkat <i>detection</i> untuk setiap efek yang ditimbulkan
Langkah 7	Menghitung <i>Risk Priority Number</i> untuk setiap efek yang ditimbulkan
Langkah 8	Memprioritaskan moda kegagalan yang akan ditindaklanjuti
Langkah 9	Mengambil tindakan untuk menghilangkan atau mengurangi moda kegagalan yang beresiko tinggi
Langkah 10	Menghitung hasil <i>Risk Priority Number</i> setelah moda kegagalan dikurangi atau dihilangkan

Sumber : McDermott dkk (2009)

Sepuluh langkah FMEA seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 mengacu pada *worksheet* FMEA dimana Tabel 2.1 memudahkan *user* dalam menggunakan FMEA karena prosedur pengisian *worksheet* mengikuti sepuluh langkah FMEA.

Berikut adalah penjelasan setiap langkah FMEA :

##### a. Meninjau proses atau produk

Tahap peninjauan proses atau produk merupakan tahap awal dalam langkah FMEA. Gambar teknik dari produk dibutuhkan saat akan melakukan tinjauan

berkaitan dengan *design* FMEA, sedangkan *flowchart* dari tiap operasi dibutuhkan saat akan melakukan tinjauan berkaitan dengan *process* FMEA.

b. Melakukan *brainstorming* terhadap moda kegagalan potensial

Sebuah tim FMEA akan memulai memikirkan potensi-potensi moda kegagalan setelah mengetahui dan mengerti proses maupun produk dari kasus yang ada. Sebuah sesi *brainstorming* akan memunculkan banyak ide baru dan anggota tim yang menghadiri sesi *brainstorming* harus membawa catatan ide yang mereka punya untuk dibagikan di sesi tersebut.

c. Mendaftar potensi efek yang ditimbulkan untuk setiap moda kegagalan

Dengan adanya catatan moda kegagalan dalam *worksheet* FMEA, sebuah tim FMEA harus meninjau setiap moda kegagalan dan mengidentifikasi efek potensial dari kegagalan yang muncul. Langkah ini harus dilakukan karena informasi mengenai efek potensial membantu tim untuk berpikiran secara jika maka. Jika kegagalan muncul maka konsekuensinya apa?

d. Menetapkan peringkat *severity* untuk setiap efek yang ditimbulkan

Tingkatan *severity* merupakan estimasi seberapa serius dampak yang akan ditimbulkan jika kegagalan terjadi. Beberapa kasus, tingkat *severity* dapat dengan jelas diketahui, karena menggunakan pengalaman masa lalu sehingga seberapa serius masalah yang timbul dapat diketahui. Kasus yang lain, penentuan tingkat *severity* berdasarkan pengetahuan dan keahlian dari anggota tim FMEA. Tabel 2.2 menunjukkan *severity* untuk FMEA proses.

**Tabel 2.2. Tingkat Severity FMEA Proses**

Efek	Ranking	Kriteria
Berbahaya tanpa ada peringatan	10	Dapat membahayakan operator (mesin atau peralatan) tanpa adanya peringatan
Berbahaya dengan peringatan	9	Dapat membahayakan operator dengan peringatan
Gangguan bersifat mayor	8	Seluruh komponen (100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )
Gangguan yang signifikan	7	Sebagian komponen (<100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )
Gangguan yang bersifat sedang	6	Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang secara <i>off-line</i> dan diterima ( <i>rework</i> )

**Tabel 2.2. Lanjutan**

<b>Efek</b>	<b>Ranking</b>	<b>Kriteria</b>
Gangguan yang bersifat sedang	5	Sebagian (<100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang secara <i>off-line</i> dan diterima ( <i>rework</i> )
Gangguan yang bersifat sedang	4	Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>in-station</i> sebelum menuju proses selanjutnya
	3	Sebagian (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>in-station</i> sebelum menuju proses selanjutnya
Gangguan bersifat minor	2	Efek yang kecil pada proses, operasi atau operator
Tidak Ada	1	Tanpa efek

Sumber : McDermott dkk (2009)

- e. Menetapkan peringkat *occurrence* untuk setiap efek yang ditimbulkan
- Metode terbaik dalam menentukan peringkat *occurrence* adalah menggunakan data aktual dari suatu proses. Tim FMEA harus mengestimasi seberapa sering moda kegagalan mungkin muncul saat data aktual kegagalan tidak tersedia. Tabel 2.3 menunjukkan tingkat *occurrence* untuk FMEA proses

**Tabel 2.3. Tingkat Occurrence FMEA Proses**

<b>Kemungkinan Kegagalan</b>	<b>Tingkat Kegagalan</b>	<b>Ranking</b>
Sangat tinggi : kegagalan terus menerus terjadi	≥100 dari 1000 satuan	10
	50 dari 1000 satuan	9
Tinggi : kegagalan sering terjadi	20 dari 1000 satuan	8
	10 dari 1000 satuan	7
Menengah : kegagalan kadang-kadang terjadi	5 dari 1000 satuan	6
	2 dari 1000 satuan	5
	1 dari 1000 satuan	4
Rendah : kegagalan sedikit terjadi	0,5 dari 1000 satuan	3
	0,1 dari 1000 satuan	2
Hampir tidak ada kegagalan terjadi	≤ 0,01 dari 1000 satuan	1

Sumber : McDermott dkk (2009)

f. Menetapkan peringkat *detection* untuk setiap efek yang ditimbulkan

Peringkat *detection* dilihat dari bagaimana kegagalan atau efek dari kegagalan dapat terdeteksi. Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi pengendalian kegagalan yang dapat mendeteksi kegagalan maupun efek dari kegagalan. Jika tidak ada pengendalian mengenai kegagalan maka kemampuan deteksi rendah dan akan menghasilkan peringkat deteksi yang tinggi, seperti 9 atau 10. Tabel 2.4 menunjukkan tingkat deteksi untuk FMEA proses.

**Tabel 2.4. Tingkat *Detection* FMEA Proses**

Deteksi	Tipe Inspeksi			Ranking	Kriteria
	A	B	C		
Hampir Pasti	X			1	Komponen yang tidak sesuai tidak dapat dihasilkan
Sangat Tinggi	X	X		2	<i>Error detection in station (automatic gauging</i> dengan fitur pemberhentian secara otomatis). Tidak dapat melewati komponen yang tidak sesuai.
Tinggi	X	X		3	<i>Error detection in station</i> , atau <i>error detction</i> pada operasi berikutnya dengan tipe penerimaan ( <i>acceptance</i> ) yang berlapis : <i>supply, select, install, verify</i> . Tidak dapat menerima komponen yang tidak sesuai.
Cukup Tinggi	X	X		4	<i>Error detection</i> pada operasi berikutnya, atau pengukuran saat setup dan pemeriksaan pada komponen pertama yang dihasilkan ( <i>first-piece check</i> )

Tabel 2.4. Lanjutan

Deteksi	Tipe Inspeksi			Ranking	Kriteria
	A	B	C		
Sedang		X		5	Kontrol deteksi berdasarkan pengukuran setelah komponen meninggalkan stasiun ( <i>variable gauging</i> ), atau <i>Go/No Go gauging</i> dilakukan pada 100% dari komponen setelah komponen meninggalkan stasiun.
Rendah		X	X	6	Kontrol deteksi dilakukan dengan metode SPC ( <i>Statistical Process Control</i> )
Sangat Rendah			X	7	Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan ganda secara visual
Kecil			X	8	Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan secara visual
Sangat Kecil			X	9	Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan secara random
Hampir Tidak Mungkin			X	10	Tidak dapat mendeteksi

Sumber : McDermott dkk (2009)

Tipe Inspeksi :

A : *Error-Proofed*

B : Pengukuran

C : Inspeksi Manual

- g. Menghitung *Risk Priority Number* untuk setiap efek yang ditimbulkan  
*Risk Priority Number* diperoleh dengan mengalikan *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (3.1)$$

h. Memprioritaskan moda kegagalan yang akan ditindaklanjuti

Moda kegagalan diprioritaskan berdasarkan *Risk Priority Number* yang tertinggi menuju ke yang terendah. Kemungkinan yang terjadi bahwa aturan 80/20 dapat diterapkan ke RPN, seperti halnya dengan peningkatan kualitas yang lain. Hal ini dapat berarti bahwa 80% dari total RPN pada FMEA berasal dari 20% kegagalan dan efek potensial. Pareto diagram dapat membantu menunjukkan perbedaan antara peringkat untuk kegagalan dan efek yang ditimbulkan.

i. Mengambil tindakan untuk menghilangkan atau mengurangi moda kegagalan yang beresiko tinggi

Langkah yang dapat dilakukan dalam mengeliminasi atau mengurangi moda kegagalan adalah menggunakan proses pemecahan masalah yang terorganisir yaitu dengan mengidentifikasi masalah kemudian mengimplementasikan tindakan perbaikan yang dapat dilakukan. Idealnya, moda kegagalan harus dihilangkan. Moda kegagalan yang telah dihilangkan akan memiliki nilai RPN baru mendekati 0 karena peringkat *occurrence* akan menjadi peringkat satu.

Pendekatan paling mudah yang dapat dilakukan dalam peningkatan produk atau proses adalah dengan meningkatkan kemampuan mendeteksi kegagalan yang dapat menurunkan peringkat deteksi. Selain itu pengurangan nilai *severity* juga penting, khususnya pada situasi yang dapat mengakibatkan kegagalan lainnya muncul.

j. Menghitung hasil *Risk Priority Number* setelah moda kegagalan dikurangi atau dihilangkan

Satu tindakan yang telah diambil untuk meningkatkan produk atau proses harus diikuti dengan penentuan peringkat yang baru bagi *severity*, *occurrence*, dan *detection* dan RPN dihitung kembali. Tindakan perbaikan moda kegagalan yang telah dilakukan seharusnya dapat mengurangi nilai RPN secara signifikan. Jika tidak, hal itu berarti tindakan perbaikan yang diambil tidak mengurangi *severity*, *occurrence* dan *detection*.

### **2.2.2. Cause and Effect Diagram**

*Cause and effect diagram* dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 dan sering disebut Ishikawa diagram. Diagram ini sering disebut *fishbone* diagram, dikarenakan bentuknya yang menyerupai tulang ikan.

Berikut adalah beberapa definisi *fishbone diagram* :

- a. *Cause and effect diagram* adalah *tool* yang digunakan untuk mengetahui penyebab dari masalah yang muncul, sebagian besar kegagalan disebabkan masalah dari mesin, material, metode atau *skill*. (Gupta, 2004)
- b. *Cause and effect diagram* adalah diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi dan secara sistematis mengurutkan berbagai penyebab yang dapat dikaitkan oleh satu masalah (atau sebuah efek). (Ishikawa, 1976)

Langkah dalam membuat *cause and effect diagram* menurut Montgomery (2005) :

- a. Mendefinisikan masalah atau efek yang akan dianalisis.
- b. Membentuk tim untuk melakukan analisis. Seringkali suatu tim akan menemukan penyebab potensial melalui *brainstorming*.
- c. Menggambar kotak efek dan garis tengah.
- d. Menentukan kategori utama dari potensi penyebab dan menggabungkannya dalam kotak yang terhubung dengan garis tengah.
- e. Mengidentifikasi penyebab yang mungkin dan mengklasifikasikannya ke dalam kategori pada langkah d. Membuat kategori baru, jika dibutuhkan.
- f. Mengurutkan peringkat penyebab untuk mengidentifikasi penyebab yang paling mungkin memberikan pengaruh.
- g. Mengambil tindakan korektif.