

Bab 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Kegagalan

Memenangkan persaingan dalam setiap usaha, sebuah perusahaan harus cermat dan teliti dalam meningkatkan hasil serta kualitas produk yang dihasilkan, dengan kata lain perusahaan harus mampu meminimalisir kegagalan dari produk yang dihasilkan. Suatu produk yang mengalami kegagalan pada proses produksinya dan produk tersebut sampai ke konsumen maka, hal itu akan mengurangi kepercayaan, dan keuntungan dari perusahaan, untuk mengambil tindakan atas hal yang terjadi, perusahaan haruslah memperhatikan faktor- faktor yang menyebabkan terjadinya atau adanya kegagalan-kegagalan tersebut dan bisa dilihat dari berbagai sudut pandang, seperti material, metode, bahan baku, mesin atau bahkan pada manusia yang bekerja. Tidak pernah ada satu faktor tunggal penyebab kegagalan sama seperti halnya dengan keberhasilan. Kegagalan suatu produk baru bisa disebabkan karena perusahaan tidak dapat mengetahui atau memahami dengan sungguh-sungguh tentang kebutuhan dari konsumen dan kemudian menuangkannya kedalam design produk. Pemenuhan kebutuhan konsumen merupakan hal utama dari suatu keberhasilan perusahaan. Suatu perusahaan yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen akan dapat berumur panjang didalam lingkungan industri yang bersangkutan[6].

2.2 Cause And Effect Diagram

Cause and effect diagram atau disebut diagram sebab dan akibat dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 dan oleh karenanya sering disebut diagram Ishikawa. Sebab dan akibat dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 dan oleh karena itu sering disebut diagram Ishikawa. Mereka juga dikenal sebagai diagram tulang ikan karena penampilan mereka (dalam bentuk diplot). Pada dasarnya, diagram sebab akibat digunakan untuk mengidentifikasi dan secara sistematis membuat daftar berbagai penyebab yang dapat dikaitkan dengan masalah (atau efek) (Ishikawa1976). Atau, jika suatu proses stabil, diagram ini dapat membantu manajemen memutuskan penyebab untuk menyelidiki perbaikan proses.

Ada tiga aplikasi utama diagram sebab-akibat: penyebab enumerasi, analisis dispersi, dan analisis proses. Pencacahan sebab biasanya dikembangkan melalui sesi brainstorming di mana semua jenis kemungkinan penyebab (seberapa jauh mereka mungkin) terdaftar untuk menunjukkan pengaruhnya pada masalah (atau efek) yang dimaksud. Dalam analisis dispersi, setiap penyebab utama dianalisis secara menyeluruh dengan menginvestigasi subkausa dan dampaknya terhadap karakteristik kualitas (atau efek) yang dimaksud. Proses ini diulangi untuk setiap penyebab utama dalam urutan prioritas. Diagram sebab dan efek membantu kami menganalisis alasan adanya variabilitas atau dispersi. Ketika diagram sebab-akibat dibangun untuk analisis proses, penekanannya adalah pada daftar penyebab dalam urutan di mana operasi sebenarnya dilakukan. Proses ini mirip dengan membuat diagram aliran, kecuali bahwa diagram sebab-dan-akibat ada dalam daftar karena ada perbedaan antara karakteristik mutu yang menarik selain langkah dari suatu proses. Dengan demikian diagram ini membantu menentukan mana dari beberapa penyebab yang memiliki efek terbesar. Diagram *fishbone* dapat membantu mengidentifikasi alasan mengapa suatu proses tidak terkendali dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang dipelajari. Selain itu diagram ini dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat dilihat dari panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada diagram tersebut [7]

2.3 Proses Produksi

Proses produksi adalah suatu fungsi pokok yang dimiliki oleh suatu perusahaan yang beroperasi pada bidang manufaktur, sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang bisa melakukan perencanaan dan pengendalian proses produksinya [8]. Proses produksi menggambarkan aktivitas-aktivitas yang ada pada perencanaan produksi dan suatu ilmu khusus yang ada di dalam sistem manufaktur [9]. Proses produksi mesti dianggap sebagai sebuah perbaikan yang mesti dilakukan secara kontinu, yang dimulai dengan deretan rentang siklus sejak adanya ide-ide yang berguna untuk mengeluarkan produk, bisa mengembangkan produk hingga pada akhirnya bisa sampai ke tangan pelanggan dalam keadaan baik. Bagian produksi wajib

menaikkan nilai efisiensi dari proses dan kualitas produk, supaya didapatkan hasil produk yang memiliki kualitas yang sama dengan desain yang telah dirancang berdasarkan kebutuhan pasar dengan pemakaian biaya seminimal mungkin. Hal ini bisa diraih dengan meminimalisir pemborosan yang terjadi dalam proses produk tersebut melalui prosedur perencanaan (*planning*) dan pengendalian (*controlling*) pada proses produksinya.

2.4 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *fuzzy* menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Logika ini berhubungan dengan *fuzzy* dan teori kemungkinan. Logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965. Bilangan fuzzy adalah himpunan bagian fuzzy dari bilangan real, mewakili perluasan gagasan interval kepercayaan [10], dengan kata lain logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Terdapat beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy* antara lain [11];

1. Konsep dari logika *fuzzy* sangat mudah dimengerti oleh banyak orang karena konsep matematis di dalamnya juga sangat mudah dimengerti dan sangat sederhana.
2. Bersifat fleksibel atau dapat digunakan dalam berbagai macam permasalahan
3. Adanya tingkat toleransi pada data yang tidak sesuai.
4. Dapat memodelkan sekelompok fungsi non linier kompleks.
5. Mampu mengaplikasikan dan membangun pengalaman para *expert* tanpa melewati prosedur pelatihan.
6. Mampu kerjasama dengan sekelompok teknik kendali dengan konvensional.
7. Logika *fuzzy* dilandaskan pada penggunaan bahasa secara alami.

2.4.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* dilandaskan pada suatu gagasan untuk melebarkan jangkauan fungsi karakteristik dengan kondisi tertentu sehingga fungsi tersebut bisa jadi akan mencakup bilangan *real* pada suatu interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya akan memberi tahu bahwa sebuah item dalam semesta pembicaraan tidak berada pada 0 ataupun 1, melainkan nilai yang berada di tengahnya. Oleh karena itu, nilai kebenaran sebuah item tidak hanya benar atau salah. Nilai 0 memiliki arti salah, nilai 1 memiliki arti benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak di tengah benar atau salah. Himpunan *fuzzy* mempunyai 2 atribut sebagai berikut [12];

1. Linguistik merupakan bentuk penamaan sebuah kelompok yang mewakili suatu kondisi tertentu dengan memakai bahasa natural. Variabel linguistik umumnya dipecah menjadi satu kelompok istilah linguistik (misalnya rendah, tinggi) [13]
2. Numeris merupakan bentuk sebuah nilai berupa angka yang memiliki arti ukuran dari sebuah variabel tertentu.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

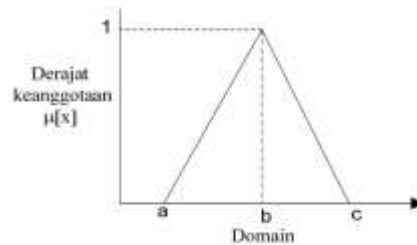
1. Variabel Fuzzy
Variabel yang mesti dibahas pada suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan Fuzzy
Sebuah kelompok yang merepresentasikan sebuah kondisi tertentu dalam sebuah variabel tertentu.
3. Semesta Pembicaraan
Keseluruhan nilai yang tidak diperkenankan untuk digerakan dalam variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraa ini adalah himpunan bilangan real yang naik (meningkat) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan bisa meliputi bilangan positif dan negatif. Nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi pada batas atasnya.
4. Domain
Keseluruhan nilai yang diboleh dalam semesta pembicaraan dan bisa dioperasikan dalam sebuah himpunan *fuzzy*. Sama seperti semesta pembicaraan, domain ini adalah himpunan bilangan *real* yang baik (meningkat) secara

monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain bisa meliputi bilangan atau nilai positif maupun negatif.

2.4.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan sebuah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan [12];

1. Fungsi bentuk segitiga



Gambar 2.1 Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ dan } x \geq c \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \end{cases} \quad \text{Persamaan (1)}$$

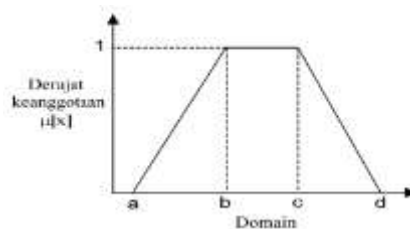
Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

2. Fungsi bentuk kurva trapesium



Gambar 2.2 Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ dan } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad \text{Persamaan (2)}$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

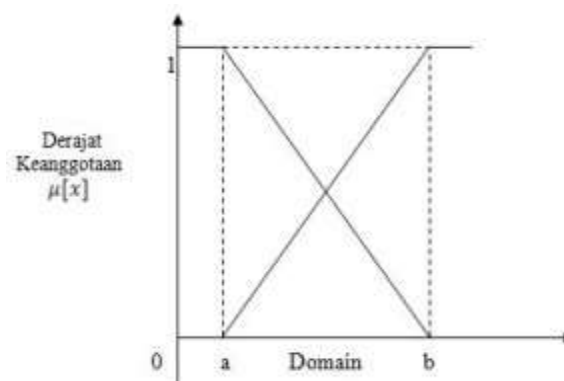
c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy

3. Fungsi bentuk kurva Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan fuzzy 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Berikut contoh himpunan fuzzy pada variabel temperatur dengan daerah bahunya.



Gambar 2.3 Kurva Bentuk Bahu

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq b \\ (b-x) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq a \\ 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad \text{Persamaan (3)}$$

2.4.3 Operator Dasar Zadeh

Terdapat beberapa operasi yang diidentifikasi secara khusus guna mengkombinasikan dan memodifikasi sebuah himpunan fuzzy, sama seperti himpunan konvensional pada umumnya. Nilai dari keanggotaan merupakan hasil dari operasi 2 himpunan atau lebih sering dikenal dengan nama *fire strength* atau a-predikat. Terdapat tiga operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu adalah [12]:

1. Operator AND

Operator AND adalah operator yang bisa dikatakan berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. Hasil dari a-predikat dengan operator AND diperoleh dari nilai keanggotaan terkecil elemen atau himpunan yang bersangkutan.

2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. Hasil dari a-predikat dengan operator OR diperoleh dari nilai keanggotaan terbesar elemen atau himpunan yang bersangkutan.

3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. a-predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari satu.

2.5 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) [3]. FMEA juga dapat disebut sebuah metode yang bersifat sistematis dalam mengidentifikasi serta mencegah masalah yang terjadi pada produk dan juga proses. Pemakaian ini karena metode ini bisa mengetahui poin potensial dari sebuah proses dan mengetahui efek yang terjadi untuk proses selanjutnya, dimana metode ini sangat teliti dalam melakukan analisis terhadap kecacatan dan peneliti bisa mengetahui angka prioritas untuk perbaikan. Ada juga beberapa alasan mengapa memakai FMEA, di antaranya seperti lebih baik dalam pencegahan terjadinya kegagalan, peningkatan peluang untuk deteksi terjadinya suatu kegagalan, identifikasi penyebab kegagalan dengan jumlah terbanyak dan akan dieliminasi guna mengurangi sesuatu yang tidak diinginkan.

Menurut Chrysler, berikut adalah beberapa tujuan dari penerapan FMEA[11]:

1. Untuk proses identifikasi penyebab-penyebab dari kegagalan proses dalam pemenuhan kebutuhan pelanggan.
2. Untuk perkiraan risiko penyebab tertentu yang menjadi penyebab suatu kegagalan muncul.
3. Untuk evaluasi rencana controlling atau pengendalian dalam pencegahan kegagalan.
4. Untuk pelaksanaan prosedur yang dibutuhkan dalam mendapatkan sebuah proses bebas dari suatu kesalahan.

Menurut McDermott, penggunaan efektif dari FMEA bisa hal berikut [11]:

1. Menaikkan reliabilitas dan kualitas proses atau produk
2. Menaikkan kepuasan pelanggan.
3. Mempercepat proses identifikasi dan pengurangan kecacatan yang terjadi pada proses atau produk.

4. Memprioritaskan pada kekurangan proses atau produk.
5. Memperoleh pembelajaran tentang keorganisasian atau perekayasaan.
6. Menekankan pada proses pencegahan terjadinya suatu masalah.
7. Memiliki suatu sistem pengulangan macam kecacatan komponen yang sistematis untuk meyakinkan bahwa beberapa kegagalan yang tingkatnya minimal dapat merugikan bagi proses dan produk.
8. Mengetahui beberapa efek dari kegagalan pada proses atau produk yang diteliti beserta fungsi-fungsinya.
9. Menetapkan komponen-komponen dari proses atau produk gagal yang akan mempunyai efek kritis pada proses atau produk, dimana kecacatan tersebut akan bersifat merugikan.

2.5.1 Tahapan Pembuatan FMEA

Menurut McDermott, prosedur dalam pembuatan FMEA mengikuti sepuluh tahapan berikut ini [11]:

1. Melakukan peninjauan terhadap proses.
2. Mengidentifikasi *potential failure mode* (mode kegagalan potensial) pada proses.
3. Membuat daftar *potential effect* (akibat potensial) dari masing-masing mode kegagalan.
4. Menentukan peringkat *severity* untuk masing-masing cacat yang terjadi.
5. Menentukan peringkat *occurance* untuk masing-masing mode kegagalan.
6. Menentukan peringkat *detection* untuk masing-masing mode kegagalan dan/atau akibat yang terjadi.
7. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing cacat.
8. Membuat prioritas mode kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk dilakukan tindakan perbaikan.
9. Melakukan tindakan untuk mengeliminasi atau mengurangi kegagalan yang paling banyak terjadi.
10. Mengkalkulasi hasil RPN sebagai mode kegagalan yang dieliminasi.

2.5.2 Pengidentifikasian Hal Proses FMEA

Menurut Besterfield (1995) dalam Ramanda (2007), dibawah merupakan pengidentifikasian dari proses FMEA [11]:

1. Kebutuhan fungsi proses

Untuk melakukan deskripsi proses yang dianalisis. Tujuan dari proses mesti dikasih sejelas dan selengkap mungkin. Jika proses yang dianalisis memerlukan lebih dari satu operasi, masing-masing operasi mesti dibilang atau disebutkan secara terpisah dengan disertai bagaimana deskripsinya.

2. Potensi kegagalan

Salah satu dari tiga macam kesalahan mesti disebutkan dalam proses metode FMEA. Kesalahan pertama dan yang paling penting merupakan cara dimana kemungkinan proses tersebut bisa mengalami kegagalan. Sedangkan dua bentuk lainnya termasuk dalam bentuk kesalahan potensial dalam proses operasi berikutnya dan pengaruh yang terhubung dengan kesalahan potensial pada proses operasi sebelumnya.

3. Efek potensi kegagalan

Pengaruh potensial dari suatu kesalahan merupakan pengaruh yang dapat diterima oleh konsumen. Pengaruh kesalahan mesti dideskripsikan dalam kaitannya dengan apa yang diterima dan dialami konsumen. Potensial effect of failure juga mesti dideklarasikan apakah keselamatan berdampak pada keselamatan seseorang atau bahkan melanggar beberapa aturan dari produk.

4. *Severity*

Nilai suatu tingkat keparahan dari akibat tertentu yang muncul terhadap konsumen ataupun terhadap kelangsungan proses seterusnya yang dilakuakn secara tidak langsung.

Tabel 2.1 Efek, Kriteria, dan *Ranking Severity*[11]

<i>Severity (S)</i>		
Efek	Kriteria	Ranking
Berbahaya tanpa ada peringatan	Dapat membahayakan konsumen	10
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Tidak ada peringatan	
Berbahaya dan ada peringatan	Dapat membahayakan konsumen	9
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Ada peringatan	
Sangat tinggi	Mengganggu kelancaran lini produksi	8
	100% scrap	
	Pelanggan sangat tidak puas	
Tinggi	Sedikit mengganggu kelancaran lini produksi	7
	Sebagian besar menjadi <i>scrap</i> , sisanya dapat disortir (apakah sudah baik/bisa di- <i>rework</i>)	
	Pelanggan tidak puas	
Sedang	Sebagian kecil menjadi <i>scrap</i> , sisanya tidak perlu disortir (sudah baik)	6
	100% produk dapat di- <i>rework</i>	
Rendah	Produk pasti dikembalikan oleh konsumen	5
	Sebagian besar dapat di- <i>rework</i> dan sisanya sudah baik	
Sangat rendah	Kemungkinan produk dikembalikan oleh konsumen	4
	Hanya sebagian kecil yang di- <i>rework</i> dan sisanya sudah baik	
Kecil	Rata-rata pelanggan komplain	3
	Komplain hanya diberikan oleh pelanggan tertentu	
Sangat kecil	Komplain hanya diberikan oleh pelanggan tertentu	2
Tidak	Tidak ada efek apa-apa untuk konsumen	1

5. Pengklasifikasian

Digunakan untuk proses klasifikasi beberapa karakteristik produk khusus untuk komponen, sub dari suatu sistem, atau bahkan sampai sistem-sistem yang bisa jadi membutuhkan kontrol terhadap proses tambahan.

6. Penyebab potensi

Penyebab potensial suatu kesalahan dapat diartikan terhadap bagaimana kesalahan itu bisa terjadi, dideskripsikan dari semua sesuatu yang bisa dikontrol atau diperbaiki. Setiap penyebab kesalahan yang mungkin untuk setiap kesalahan yang dibuat mesti sejelas dan selengkap mungkin.

7. Occurance

Tingkat keseringan suatu kemungkinan penyebab kegagalan muncul. Nilai occurrence ini diberikan untuk setiap suatu penyebab kegagalan yang meliputi rating 1-10. Maka semakin sering suatu penyebab kegagalan terjadi, semakin tinggi pula nilai rating yang diberikannya.

Tabel 2.2 Peluang Terjadinya Kegagalan, Tingkat[11]

Occurance (O)		
Peluang Terjadinya Penyebab Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Ranking
Sangat tinggi : kegagalan hampir tak terhindarkan.	1 dalam 2	10
	1 dalam 3	9
Tinggi : berhubungan dengan proses serupa ke proses sebelumnya yang sudah sering gagal	1 dalam 8	8
	1 dalam 20	7
Sedang : berhubungan dengan proses serupa ke proses sebelumnya yang sudah mengalami kegagalan sekali-sekali	1 dalam 80	6
	1 dalam 400	5
	1 dalam 2000	4
Rendah : kegagalan yang terisolasi berhubungan dengan proses serupa	1 dalam 15000	3
	1 dalam 150000	2
Sangat kecil : kegagalan tidak mungkin, tidak terjadi kegagalan yang berhubungan dengan proses serupa	1 dalam 1500000	1

8. Current process control

Current process control adalah sebuah penjelasan dari kontrol yang bisa mencegah terjadinya kemungkinan kesalahan dari suatu kejadian dan dapat mendeteksi bentuk kesalahan yang terjadi.

9. Detection

Adalah tingkatan suatu sebab dari kegagalan itu bisa terjadi, nilai atau *ranking* dari tingkat terdeteksi adalah 1 sampai 10.

Tabel 2.3 Kemungkinan Kesalahan Terdeteksi, Kriteria dan Ranking [11]

Deteksi	Kriteria	Ranking
<i>Absolutely impossible</i>	Tidak ada kendali untuk mendeteksi kegagalan	10
<i>Very remote</i>	Sangat sedikit kendali untuk mendeteksi kegagalan	9
<i>Remote</i>	Sedikit terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	8
<i>Very low</i>	Sangat rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	7
<i>Low</i>	Rendah terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	6
<i>Moderate</i>	Sedang terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	5
<i>Moderately high</i>	Sedang tinggi terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	4
<i>High</i>	Tinggi terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	3
<i>Very high</i>	Sangat tinggi terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan	2
<i>Almost certain</i>	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan	1

10. RPN

RPN merupakan sebuah sistem yang dirancang secara sistematis untuk menerjemahkan sekumpulan dari efek dengan tingkat keparahan (*severity*) yang serius sehingga bisa menciptakan sebuah kegagalan yang berhubungan dengan beberapa efek tersebut (*occurrence*), serta memiliki kemampuan untuk mendeteksi kegagalan-kegagalan yang muncul atau deteksi tersebut sebelum sampai ke tangan konsumen. RPN adalah perkalian dari rating *occurrence* (O), *severity* (S), serta *detection* (D). RPN adalah acuan guna memberikan rekomendasi untuk dijadikan fokus pemeliharaan dan perbaikan dari jenis risiko terbesar yang terjadi berdasarkan prioritasnya [14]. Nilai suatu RPN berentang mulai dari 1-1000, dengan nilai 1 dianggap sebagai kemungkinan risiko masalah paling kecil. Nilai RPN bisa dipakai sebagai suatu bentuk landasan untuk melakukan proses identifikasi masalah dengan tingkat paling parah, dengan indikasi dari nilai tertinggi memerlukan prioritas penanganan yang juga mesti dilakukan serius.

11. *Recommended Action*

Recommended action memiliki suatu tujuan untuk meminimalkan satu atau lebih dari kriteria penyusun RPN. Peringkat tingkat *validation* akan mengeluarkan output berupa hasil pengurangan di tingkat *detection*. Ini hanya mengatur satu sampai lebih dari sebuah penyebab kecacatan dengan melalui suatu proses revisi desain yang dapat mengeluarkan berbagai efek pada penurunan peringkat *occurrence*. Serta ini hanya merevisi desain saja yang bisa meminimalkan nilai dari peringkat *severity*.

2.6 *Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis (Fuzzy FMEA)*

Literatur FMEA dengan memakai istilah *fuzzy* linguistik untuk menggambarkan tiga faktor risiko *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Banyak studi yang ada mengenai *fuzzy* FMEA berhubungan dengan pendekatan pada *rule fuzzy* dengan memakai aturan “*if-then*”. Berikut dijelaskan tabel linguistik dan *fuzzy number* yang dipakai untuk mengetahui faktor-faktor tersebut dan visualisasikan *membership function* dari masing-masing faktornya. Tabel tersebut meliputi *severity*, *occurrence*, *detection*, dan *fuzzy* RPN [15]

Tabel 2.4 Kategori Indeks Bilangan Crisp Severity, Occurance, Detection[11]

Nilai			Kategori
<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	
1	1	1	VL
2, 3	2, 3	2, 3	L
4, 5, 6	4, 5, 6	4, 5, 6	M
7, 8	7, 8	7, 8	H
9, 10	9, 10	9, 10	VH

Tabel 2.5 Parameter Variabel *Input Severity*

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>Very Low</i> (VL)	Segitiga	[1 1 2]
<i>Low</i> (L)	Segitiga	[1 2,5 4]
<i>Moderate</i> (M)	Segitiga	[3 5 7]
<i>High</i> (H)	Segitiga	[6 7,5 9]
<i>Very High</i> (VH)	Segitiga	[8 10 10]

Tabel 2.6 Parameter Variabel *Input Occurrence*

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>Very Low</i> (VL)	Segitiga	[1 1 2]
<i>Low</i> (L)	Segitiga	[1 2,5 4]
<i>Moderate</i> (M)	Segitiga	[3 5 7]
<i>High</i> (H)	Segitiga	[6 7,5 9]
<i>Very High</i> (VH)	Segitiga	[8 10 10]

Tabel 2.7 Parameter Variabel *Input Detection*

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
<i>Very Low</i> (VL)	Segitiga	[1 1 2]
<i>Low</i> (L)	Segitiga	[1 2,5 4]
<i>Moderate</i> (M)	Segitiga	[3 5 7]
<i>High</i> (H)	Segitiga	[6 7,5 9]
<i>Very High</i> (VH)	Segitiga	[8 10 10]

Tabel 2.8 Nilai Fuzzy Risk Priority Number (FRPN)[11]

Kategori	Ket	Tipe Kurva	Parameter
<i>Very Low</i>	VL	Trapesium	(0 0 25 75)
<i>Very Low - Low</i>	VL-L	Segitiga	(25 75 125)
<i>Low</i>	L	Segitiga	(75 125 200)
<i>Low - Moderete</i>	L-M	Segitiga	(125 200 300)
<i>Moderete</i>	M	Segitiga	(200 300 400)
<i>Moderete - High</i>	M-H	Segitiga	(300 400 500)
<i>High</i>	H	Segitiga	(400 500 700)
<i>High - Very High</i>	H-VH	Segitiga	(500 700 900)
<i>Very High</i>	VH	Trapesium	(700 900 1000 1000)

Tabel 2.9 Kategori Output Himpunan Fuzzy[11]

Interval	Class Score	Kategori
1- .50	25	VL
50-100	75	VL-L
100-150	125	L
150-250	200	L-M
250-350	300	M
350-450	400	M-H
450-600	525	H
600-800	700	H-VH
800-1000	900	VH

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Worksheet Page: of

System, Product, or Process: Owner: Date:

Description	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	Root Causes	Rating			Countermeasure			Results				
				S	O	D	D	W	Due / Done	Action	S	O	D	R
				E	C	E	P	Owner	Due / Done	Action	E	C	E	F
				V	C	T	N				V	C	T	N

Gambar 2.4 Worksheet FMEA

2.6.1 Tahapan *Fuzzy* FMEA

Faktor-faktor S, O, dan D tidak mudah untuk dievaluasi secara tepat. Upaya yang bisa dilakukan secara signifikan telah dibuat untuk mengevaluasi dengan cara linguistik [15]. FMEA konvensional secara signifikan tidak memperhitungkan kepentingan relatif dari faktor-faktor risiko dan memperlakukannya ke dalam tingkat kepentingan yang setara. Oleh karena itu, bobot kepentingan relatif dari faktor-faktor risiko akan dinilai memakai istilah linguistik. Sebagian besar riset tentang *fuzzy* FMEA berhubungan dengan pendekatan *rule base fuzzy* dengan memakai aturan “*if-then*”. Ada tiga tahapan utama dalam *fuzzy* FMEA, yaitu:

1. *Fuzzification*

Proses memakai variabel linguistik untuk mengkonversi tiga faktor resiko *severity*, *occurrence*, dan *detection* ke dalam bentuk *fuzzy*. Dilakukan dengan memakai variabel linguistik beserta definisi, lalu membuat peringkat tiga faktor (S, O, D) tersebut pada skala dasar dengan tujuan supaya memperoleh derajat keanggotaan pada setiap kelas.

2. *Rule Evaluation*

Berisi pengetahuan dari para ahli mengenai interaksi kesalahan dan efek yang ditimbulkan ke dalam bentuk aturan *rule base fuzzy* yaitu “*if then*”. Aturan tersebut lebih mudah dirumuskan ke dalam aturan linguistik dibanding dengan numerik.

$$\begin{aligned}\mu A \cap B^{(x)} &= \min[\mu A^{(x)}, \mu B^{(x)}] \\ &= \mu A^{(x)} \times \mu B^{(x)}\end{aligned}$$

3. *Diffuztification*

Proses menciptakan peringkat dari *fuzzy* RPN untuk memberikan tingkat prioritas mode kesalahan. Proses ini memakai metode *centroid*. Proses *Diffuztification* menggunakan persamaan 4 berikut [16]:

$$Z^* = \frac{\sum_z^b = \mu A^{(z)} z}{\sum_z^b = \mu A^{(z)}} = \frac{M1+M2+M3+\dots+Mn}{A1+A2+A3+\dots+An}$$