

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Pada kajian induktif, dilakukan pembahasan mengenai penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya. Kajian induktif bersumber dari jurnal-jurnal yang telah dipublikasikan untuk dijadikan sebagai salah satu sumber informasi yang terkait dengan topik penelitian. Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menemukan penyebab resiko adalah metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), dimana pada penelitian Kang *et al.*, (2017), metode FMEA digunakan untuk melakukan *risk assessment* pada turbin udara lepas pantai terapung atau *floating offshore wind turbine* (FOWT), dimana pada analisis risiko dan keandalan, terdapat 2 isu ditemukan: kompleksitas mode kegagalan sistem dan saling berkorelasi. Pada penelitian tersebut digunakan sebuah metode FMEA yang telah dimodifikasi, yaitu FMEA korelasi, yang menghubungkan kegagalan dengan dampak yang ditimbulkan terhadap peluang terjadinya kegagalan keseluruhan sistem pada turbin udara *floating offshore*. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil berupa ditemukannya faktor kunci yang menjadi penyebab kegagalan, yaitu korosi pada material; ditemukan sub-sistem dengan nilai RPN tertinggi; dan ditemukan komponen yang paling memerlukan pertimbangan selama proses desain, yaitu kualitas pondasi apungan dan sistem tambatan, dimana kedua komponen ini meremehkan kegagalan yang menyebabkan terjadinya kerugian besar. Korelasi pada metode FMEA ini memberikan perspektif bahwa metode ini dapat diterapkan dalam aplikasi praktis untuk mengoptimasikan proses desain dari sistem FOWT dan mengurangi biaya perbaikan.

Ru-xin *et al.*, (2018) menggunakan metode FMEA untuk memastikan keamanan dari sistem *Supercritical Water Gasification* (SCWG), dimana dilakukan pemanfaatan ketentuan linguistik multi-granular untuk melakukan penilaian terhadap risiko sistem. Pada penelitian ini diterapkan sebuah metode evaluasi risiko hibrida yang dimanfaatkan dengan penilaian distribusi linguistik multi-granular untuk menyesuaikan sebuah kasus praktis. Hasil yang didapat dalam penelitian ini bahwa model klasik FMEA tidak dapat mencerminkan ketidakpastian umum yang ada pada angka tegas, serta tidak dapat mencerminkan kebiasaan manusia yang terlibat dalam penilainya; kedua, bobot pada faktor risiko diasumsikan sama dan dianggap irasional; ketiga penelitian yang ada mengindikasikan bahwa pengurutan prioritas risiko yang dilakukan oleh FMEA klasik perlu dipertanyakan. Penggunaan metode FMEA dan Fuzzy FMEA pada penelitian tersebut dianggap kurang maksimal karena adanya keterbatasan pada kedua metode tersebut.

Naning Aranti Wessiani dan Satria Oktaufanus Sarwoko (2015) melakukan penelitian terhadap usaha pakan unggas. Seiring dengan bertambahnya minat konsumsi daging ayam di Indonesia, permintaan terhadap produk pakan unggas juga semakin meningkat. Namun adanya kegagalan potensial mengancam stabilitas dan keberlangsungan proses produksi, sehingga hal tersebut perlu diminimasi. Dalam penelitian tersebut, peneliti menggunakan metode Fuzzy FMEA untuk menganalisis risiko dalam proses produksi pakan unggas. Hasilnya adalah terdapat 89 risiko potensial yang dapat diidentifikasi dengan Fuzzy FMEA, dimana 39 risiko korektif diprioritaskan untuk dilakukan upaya mitigasi.

Rezaee *et al.*, (2018) menggunakan suatu metode yang merupakan salah satu jenis metode FMEA yaitu Proses FMEA (PFMEA). Penelitian tersebut mengkombinasikan PFMEA dan *Multi-stage Fuzzy Cognitive Map* (FCM). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan kegagalan dari proses produksi pada industri pangan, dimana kegagalan yang dialami diprioritaskan berdasarkan jumlah dampak pada setiap kegagalan pada kegagalan lainnya. Pada penelitian tersebut mempertimbangkan sistem manufaktur yang berorientasi ada proses melalui hubungan tahap internal dan eksternal antara kegagalan proses produksi dengan dan menutupi kerugian dari nilai

Angka Prioritas Risiko (RPN) dengan cara seperti mengabaikan hubungan internal antar kegagalan. Hasil yang didapat dari penerapan metode pada penelitian tersebut adalah penentuan prioritas kegagalan menggunakan metode tersebut lebih mendekati kenyataan dan lebih menunjukkan penentuan prioritas secara penuh dibandingkan dengan pendekatan lain seperti RPN tradisional.

Feili *et al.*, (2013) melakukan penelitian pada pembangkit listrik tenaga panas bumi (GPPs). Para insinyur menghadapi beberapa kegagalan pada GPPs sehingga dibutuhkan suatu teknik yang dapat menghilangkan atau mengurangi potensial kegagalan. Metode FMEA digunakan dalam penelitian tersebut karena belum ada penelitian yang spesifik pada GPPs yang pernah menggunakan metode tersebut sebelumnya. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil penilaian kriteria risiko seperti *Occurence*, *Detection*, dan *Severity* dan juga perhitungan RPN untuk mendeteksi kegagalan dengan potensial tinggi. Hasilnya adalah ditemukan kegagalan yang paling penting adalah sinyal kendali yang salah dengan RPN tertinggi yaitu 384.

Nurlailah Badariah *et al.* (2016) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi jenis kegagalan pada produk Link PC 400 Strong R yang sering terjadi, penyebab terjadinya kegagalan tersebut, jenis efek yang ditimbulkan akibat kegagalan proses, serta kontrol yang dilakukan perusahaan dalam menangani kegagalan yang terjadi. Pada penelitian tersebut digunakan dua metode yaitu FMEA dan *Expert System*. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode FMEA, didapat bahwa proses IQT memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 448 dengan jenis kegagalan berupa *case depth*, dimana kemudian dibuat diagram sebab akibat untuk menentukan akar penyebab masalah. Hasil dari tabel FMEA tersebut digunakan untuk merancang *Expert System*.

Nia Budi Puspitasari dan Arif Martanto (2014) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi risiko kegagalan pada proses produksi sarung Alat Tenun Mesin (ATM), dimana terdapat masalah bahwa cacat produk masih berada di luar batas perusahaan. Metode FMEA digunakan untuk menganalisa kegagalan penyebab cacat produk, mengetahui risiko terbesar dalam nilai RPN, serta memberi usulan perbaikan. Dari penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa moda kegagalan potensial dalam proses

pembuatan sarung tersebut terdiri dari 14 jenis kegagalan. Risiko kegagalan terbesar adalah *connecting* patah, *shuttle* rusak, motor penggerak pemintal palet rusak serta kampas rem rusak, diaman keempat risiko tersebut memiliki nilai RPN di atas 100.

Pada penelitian Wiwin Widiasih *et al.*, (2015), dilakukan sebuah penelitian untuk mengembangkan sebuah model terintegrasi untuk mengelola risiko pada pengimplementasian *Lean Manufacturing*. Pada penelitian tersebut, metode ANP digunakan untuk menentukan bobot dari kejadian risiko dan penyebab risiko dalam mengukur *Risk Potential Number* (RPN), dimana untuk menentukan risiko potensial digunakan metode Delphi dan mengkategorikan kejadian risiko dan penyebab risiko menggunakan metode *House of Risk*. Dengan metode-metode tersebut, terdapat 19 risiko potensi yang telah diidentifikasi, yang kemudian dikelompokkan menjadi 10 kejadian risiko dan sembilan penyebab risiko. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil berupa tiga kejadian risiko yang perlu dijadikan prioritas dalam melakukan mitigasi risiko.

Chemweno *et al.*, (2015) menggunakan pendekatan ANP untuk memprioritaskan kriteria, dimana risiko yang ada diidentifikasi menggunakan metode FMEA, *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Bayesian Network* (BN). Penelitian tersebut dilakukan untuk membuktikan usulan pemilihan metodologi untuk teknik penilaian risiko dalam mengambil keputusan pemeliharaan peralatan. Hasil dari penelitian tersebut menggambarkan bahwa metodologi yang diusulkan membantu para praktisi pemeliharaan untuk melihat kompetensi penting yang relevan dengan teknik spesifik dan dengan demikian, dapat memilih teknik yang paling cocok untuk organisasi.

Whilda Kamila Sari dan Haryono (2015) melakukan penelitian terhadap proses pendistribusian minyak, dimana ditemukan masalah yang paling umum terjadi yaitu kebocoran pipa. Hal ini memberikan dampak yang besar bagi perusahaan. Penelitian tersebut menggunakan metode *Confirmatory Factor Analysis* (CFA) untuk mengidentifikasi risiko untuk menemukan variabel yang signifikan. Metode ANP digunakan dalam penelitian tersebut untuk menentukan bobot faktor yang digunakan untuk mengevaluasi risiko menggunakan matriks risiko. Hasil yang didapat adalah ditemukan bahwa risiko pada pipa berada dalam tingkat sedang, dengan faktor *internal*

corrosion memiliki bobot yang paling tinggi. Terakhir, metode *Risk Based Inspection* (RBI) digunakan untuk merumuskan strategi mitigasi, dalam hal ini adalah pemeliharaan.

Pada penelitian Raka Kristyanto *et al.*, (2015) untuk menganalisis risiko operasional pada proses produksi gula di PG Kebon Agung Malang, digunakan metode MAFMA. Terdapat beberapa masalah dalam proses produksi khususnya pada target dan waktu produksi yang hilang akibat adanya gangguan operasional. Dengan menggunakan metode MAFMA, ditemukan adanya 9 risiko kritis yang bersifat operasional seperti bahan baku gula, kerusakan mesin, dan kecelakaan kerja. Berdasarkan risiko tersebut, didapatkan usulan *Risk Response Planning* yang tepat untuk memitigasi risiko tersebut, yaitu perbaikan lahan tanam, penjadwalan perawatan mesin, dan meningkatkan fungsi pengawasan terhadap pekerja.

Rucitra (2018) menggunakan metode MAFMA untuk mengurangi peluang terjadinya kegagalan dalam proses produksi dalam memproduksi susu dengan standar kualitas pada Pusat Koperasi Induk Susu (PKIS) Sekar Tanjung, dimana penyebab permasalahan diidentifikasi dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Dari penelitian tersebut, didapatkan hasil yaitu suhu tinggi pada proses pencampuran dipilih sebagai penyebab paling potensial yang menyebabkan kegagalan pada proses produksi susu. Meskipun kriteria *Severity* memiliki bobot tertinggi yaitu 0.41, evaluasi oleh para ahli mengatakan bahwa kriteria perkiraan biaya merupakan penyebab kegagalan potensial pada perusahaan. Perusahaan perlu menerapkan beberapa pengukuran untuk menjaga suhu pada proses campuran tetap pada suhu standar.

Sementara Dorina Hetharia (2009) menggunakan metode MAFMA untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pada studi kasus di PT. Pelita Cengkareng Paper & Co, dimana juga digunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* untuk menentukan penyebab kegagalan potensial. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa pada pengumpulan *chemical (cause C)* merupakan penyebab yang berpotensi menyebabkan kurang baiknya formasi pada kertas kraft *liner*, dengan bobot tertinggi yang didapat yaitu sebesar 0,210. Hetharia menyimpulkan bahwa hasil analisis

menggunakan metode MAFMA berbeda dengan penggunaan metode FMEA, karena metode FMEA tidak mempertimbangkan faktor biaya.

Lo dan Liou (2018) menggunakan sebuah metode yang dibuat berdasarkan FMEA yang mengkombinasikan antara pengambilan keputusan dengan multi-kriteria dengan grey theory FMEA. Pada metode ini, peneliti dapat memperhitungkan biaya yang timbul akibat risiko ke dalam *Risk Priority Number* (RPN) untuk menggambarkan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, kemudian memperhitungkan bobot *severity*, *occurence*, *probability*, dan biaya berdasarkan metode baik-buruk dalam perhitungan RPN, serta menggunakan variabel linguistik interval grey untuk menemukan ketidakpastian. Dengan model tersebut, peneliti dapat memberikan sebuah solusi prioritas risiko alternatif yang dapat digunakan dalam pengembangan produk.

Jimmy (2012) menggunakan metode MAFMA untuk mengidentifikasi risiko dalam pekerjaan perbaikan kabel optik. Prioritas penanganan masalah dilihat dari empat kriteria, yaitu efek bahaya, peluang terjadinya, kontrol awal, dan perkiraan biaya, dimana aspek ekonomi ditambahkan ke dalam kriteria tersebut. Penelitian tersebut menggunakan metode AHP untuk mempertimbangkan bobot kriteria yang digunakan. Hasil yang didapatkan adalah penyebab yang menduduki peringkat pertama adalah bahaya kontak dengan listrik.

Berikut rangkuman jurnal penelitian terdahulu beserta metode yang digunakan:

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode FMEA dan MAFMA banyak digunakan dalam mengidentifikasi dan menganalisis risiko yang ada di dalam perusahaan. Dengan menggunakan kedua metode tersebut, para peneliti dapat menemukan penyebab kegagalan potensial dan risiko yang paling memerlukan prioritas mitigasi. Namun hasil antara metode FMEA dan MAFMA bisa saja berbeda, karena metode FMEA tidak mempertimbangkan kriteria biaya, sehingga hasil dari metode MAFMA lebih akurat. Dengan metode pengambilan keputusan yang digunakan seperti AHP, ANP, dan Fuzzy AHP, para peneliti dapat menentukan risiko dengan bobot faktor tiap risiko. Kemudian, peneliti dapat mengetahui akar penyebab terjadinya risiko melalui alat analisis seperti FTA yang menggambarkan kejadian hingga ke akar penyebabnya.

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1. Risiko

Setiap kejadian memiliki peluang untuk menyimpang dari tujuan awal. Penyimpangan yang terjadi dapat memberikan dampak yang bernilai negatif dan mempengaruhi ketercapaian tujuan perusahaan. Perusahaan harus mampu mengidentifikasi risiko dalam setiap aktivitas perusahaan untuk mengantisipasi kejadian yang dapat memberikan kerugian besar terhadap perusahaan.

Dalam mendefinisikan risiko, Idroes (2008) menyatakan bahwa risiko merupakan bahaya, ancaman, risiko, maupun kemungkinan yang dapat terjadi akibat suatu kejadian yang menimbulkan dampak yang bertentangan dengan tujuan perusahaan. Harwood et al. (1999) mendefinisikan risiko sebagai sebuah peluang dari suatu kejadian kehilangan maupun kerugian yang dialami. Sementara Monahan (2008) menyatakan bahwa risiko merupakan kerugian akibat adanya kejadian yang menghambat perusahaan dalam mencapai tujuannya.

Vaughan dalam bukunya mendefinisikan risiko sebagai berikut:

- a. *Risk is the chance of loss* (Risiko adalah peluang terjadinya kerugian)
Hal ini menunjukkan bahwa suatu kejadian memiliki keterbukaan terjadinya suatu kerugian.
- b. *Risk is the possibility of loss* (Risiko adalah kemungkinan terjadinya kerugian)
Hal ini menunjukkan bahwa suatu kejadian memiliki kemungkinan mengalami kerugian antara 0 hingga 100%.
- c. *Risk is uncertainty* (Risiko merupakan ketidakpastian)
Hal ini menunjukkan bahwa risiko muncul karena terdapat ketidakpastian.

Risiko memiliki dua komponen penting, yaitu peluang kejadian (*likelihood*) dan dampak dari kejadian (*impact*) (Kerzner, 1998). Risiko berbanding lurus dengan peluang dan dampaknya; artinya bila peluang kejadian semakin besar, maka kejadian tersebut memiliki risiko yang semakin tinggi; dan semakin besar dampaknya yang ditimbulkan, maka nilai dari risiko kejadian tersebut juga semakin tinggi.

Secara umum, terdapat dua jenis risiko, yaitu (Hanafi, 2006):

- a. Risiko Murni
Risiko murni merupakan risiko yang memiliki suatu ketidakpastian terjadinya kerugian dan tidak memiliki peluang keuntungan. Dalam hal ini, bila risiko terjadi akan memberikan kerugian, sementara jika tidak terjadi tidak akan memberikan baik keuntungan maupun kerugian.
- b. Risiko Spekulatif
Risiko spekulatif adalah risiko yang memiliki dua ketidakpastian, yaitu peluang untuk mengalami kerugian dan juga keuntungan. Dalam hal ini, risiko dapat memberikan suatu kerugian terhadap satu individu, namun dapat memberikan keuntungan bagi individu lainnya.

Menurut Anityasari dan Wessiani (2011), terdapat beberapa jenis risiko pada perusahaan, yakni:

1. *Operational Risk*, yaitu risiko yang berhubungan dengan kegiatan operasional perusahaan.
2. *Financial Risk*, yaitu risiko yang berdampak pada kinerja keuangan perusahaan.
3. *External Risk*, yaitu risiko yang terjadi akibat faktor eksternal perusahaan, seperti adanya bencana alam, sosial, hukum, dan reputasi perusahaan.
4. *Strategic Risk*, yaitu risiko yang terjadi akibat strategi yang diambil oleh perusahaan.

2.2.2. Manajemen Risiko

Berdasarkan *Australian / New Zealand Risk Management Standard* , manajemen risiko adalah suatu budaya, struktur, dan proses yang mengelola peluang potensial dan efek yang tidak diharapkan secara efektif. Sementara menurut Gibson, manajemen risiko merupakan sebuah kegiatan praktis dalam mengidentifikasi, menilai, mengendalikan, dan memitigasi risiko. Dapat dikatakan bahwa inti pelaksanaan manajemen risiko yaitu mengidentifikasi faktor-faktor risiko dalam tahapan kegiatan organisasi, kemudian menilai dan mengurangi sumber dan kerentanan risiko secara menyeluruh, lalu melakukan pengawasan serta melaksanakan evaluasi proses yang berkelanjutan.

Nugraha mengemukakan bahwa manajemen risiko merupakan suatu proses yang dapat dilakukan oleh pimpinan organisasi agar dapat menyeimbangkan biaya yang dikeluarkan untuk meminimasi risiko dan mendapatkan keuntungan dengan melindungi aset data yang mendukung misi dan tujuan organisasi.

Dalam ISO 31000:2009, terdapat 11 prinsip dalam pengelolaan risiko, yaitu:

1. Manajemen risiko menciptakan nilai tambah. Dalam hal ini, manajemen risiko berkontribusi dalam pencapaian tujuan dan peningkatan kinerja perusahaan.
2. Manajemen risiko merupakan bagian integral dari proses sebuah organisasi. Dalam hal ini, manajemen risiko bukan merupakan sebuah kegiatan yang berdiri sendiri, karena manajemen risiko adalah tanggung jawab manajemen.

3. Manajemen risiko merupakan bagian dari pengambilan keputusan, dimana manajemen risiko membantu manajemen dalam mengambil keputusan dengan memberikan informasi yang cukup, yang dapat membantu manajemen menentukan apabila risiko tersebut layak untuk diterima atau perlu sebuah penanganan.
4. Manajemen risiko secara eksplisit menangani ketidakpastian, dimana manajemen risiko menangani ketidakpastian dari suatu pengambilan keputusan, sifat alami dari ketidakpastian tersebut dan cara penanganannya.
5. Manajemen risiko bersifat sistematis, terstruktur, dan tepat waktu. Dalam hal ini manajemen risiko memberikan hasil yang efisien dan konsisten serta dapat diandalkan.
6. Manajemen risiko dilakukan berdasarkan informasi terbaik yang tersedia. Manajemen risiko dilakukan berdasarkan sumber informasi seperti data historis, pengalaman, umpan balik, observasi, maupun penilaian para ahli.
7. Manajemen risiko dibuat sesuai kebutuhan, dimana manajemen risiko disesuaikan dengan faktor eksternal dan internal, serta profil risiko organisasi.
8. Manajemen risiko memperhitungkan faktor manusia dan budaya, dimana manajemen risiko mengakui adanya kapabilitas, tujuan, dan persepsi pihak eksternal dan internal yang dapat mendukung maupun menghambat tercapainya tujuan perusahaan.
9. Manajemen risiko bersifat transparan dan inklusif, dimana dalam manajemen risiko, terdapat keterlibatan para pemangku kepentingan, terutama para pengambil keputusan, yang sesuai dan tepat waktu pada semua tingkatan organisasi, dan memastikan manajemen risiko tetap relevan dan mengikuti perkembangan. Keterlibatan ini membuat para pemangku kepentingan cukup terwakili dan sudut pandang mereka dipertimbangkan dalam menentukan kriteria risiko.
10. Manajemen risiko memiliki sifat iteratif, dinamis, dan responsif terhadap perubahan. Manajemen risiko berkelanjutan merasakan dan merespon perubahan. Dengan adanya berbagai kejadian baik eksternal maupun internal, terdapat perubahan konteks dan pengetahuan. Selain itu dengan adanya penerapan dalam pemantauan dan peninjauan, akan muncul berbagai risiko baru, dan terdapat risiko yang berubah maupun hilang.

11. Manajemen risiko memfasilitasi perbaikan dan pengembangan yang berkelanjutan untuk organisasi. Organisasi harus mampu mengembangkan dan menerapkan suatu strategi untuk meningkatkan kematangan manajemen risiko dalam organisasi, bersama dengan aspek-aspek lain yang ada di dalam organisasi.

2.2.3. *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)*

McDermott et al. (2009) mengatakan bahwa metode *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)* pertama kali digunakan pada tahun 1960 dalam pengembangan pesawat luar angkasa untuk misi Apollo yang berfokus pada isu keselamatan. Hingga kini metode FMEA masih sering digunakan, diantaranya dalam menganalisis pencegahan kecelakaan dan insiden dalam pekerjaan. Pada tahun 1974, Navy mengembangkan metode FMEA menjadi sebuah metode yang dinamakan *FMEA Procedure Mil-Std-1629*, yang merupakan format FMEA yang sering dipakai hingga saat ini. Di awal tahun 1980, FMEA menjadi populer setelah digunakan oleh perusahaan industri otomotif yang mengimplementasikannya ke dalam proses pengembangan produk mobil yang dapat mengatasi permasalahan kualitas.

Menurut Hanafi (2006), FMEA merupakan suatu metodologi yang dapat digunakan untuk menganalisis potensi dalam masalah keandalan maupun peristiwa yang tidak diharapkan pada awal siklus pengembangan dimana lebih awal untuk mengambil tindakan untuk menyelesaikan masalah, yang dapat meningkatkan keandalan melalui desain. Metode FMEA memiliki parameter yang dapat menilai risiko-risiko yang terjadi seperti dampak (*Severity*), peluang terjadinya risiko (*Occurrence*), serta tingkat pendeteksian pencegahan risiko (*Detection*).

Terdapat dua jenis FMEA, yaitu (McDermott *et al.*, 2009):

1. Desain FMEA

Desain FMEA digunakan jika rancangan sistem telah ditentukan. Desain FMEA digunakan untuk memastikan bahwa telah dilakukan perhatian terhadap sebab, akibat, dan failure mode terkait dengan karakteristik desain yang digunakan. Desain FMEA berfokus pada analisis produk sebelum masuk ke proses produksi, dengan titik utama kegagalan disebabkan oleh ketidakefisienan perancangan.

2. Produk FMEA

Produk FMEA menguji modus kegagalan pada setiap tahap dan proses produksi maupun perakitan suatu produk. Dilakukan pemastian bahawa sebab, akibat, dan failure modes telah diperhatikan terakit dengan karakteristik proses yang dilakukan. Pada metode ini perlu diperharikan pengaruh modus kegagalan terhadap kualitas, kekuatan, dan produk akhir yang dihasilkan.

Hasil dari perhitungan dengan metode FMEA adalah nilai Risk Priority Number (RPN) yang merupakan hasil dari perkalian antara nilai *Severity*, *Ocurence*, dan *Detection* yang memiliki skala dari 1 hingga 10. Penjelasan dari tiap skala penilaian dapat dilihat sebagai berikut:

1. *Severity*

Severity atau tingkat keparahan merupakan tahapan untuk mengetahui besar dampak yang terjadi akibat suatu kegagalan yang terjadi. Definisi nilai tiap skala *Severity* dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.2 Nilai *Severity*
(Sumber: Gasperz, 2002)

| <i>Rating</i> | Kriteria |
|---------------|---|
| 1 | <i>Negligible severity</i> (Pengaruh buruk yang dapat diabaikan) kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Konsumen mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini |

| <i>Rating</i> | Kriteria |
|---------------|---|
| 2, 3 | <i>Mild severity</i> (Pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan akan bersifat ringan, konsumen tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler. |
| 4, 5, 6 | <i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderate). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat. |
| 7, 8 | <i>High severity</i> (Pengaruh buruk yang tinggi). konsumen akan merasakan penurunan kualitas yang berada diluar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal. |
| 9, 10 | <i>Potential severity</i> (Pengaruh buruk yang sangat tinggi). akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain, konsumen tidak akan menerimanya |

2. *Occurence*

Pada tahap *Occurence*, dilakukan pengukuran tingkat kejadian dari terjadinya suatu kegagalan. Tingkat kejadian diukur berdasarkan seberapa sering kejadian tersebut terjadi. Definisi tiap skala penilaian dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Nilai *Occurence*
(Sumber: Gaspersz, 2002)

| <i>Rating</i> | Kriteria | Tk. Kejadian |
|---------------|--|-----------------|
| 1 | Tidak mungkin penyebab ini mengakibatkan Kegagalan | 1 dalam 1000000 |
| 2 | Kegagalan akan jarang terjadi | 1 dalam 200000 |
| 3 | | 1 dalam 4000 |
| 4 | Kegagalan agak mungkin terjadi | 1 dalam 1000000 |
| 5 | | 1 dalam 4000 |

| <i>Rating</i> | Kriteria | Tk. Kejadian |
|---------------|--|--------------|
| 6, 7 | Kegagalan adalah sangat mungkin terjadi | 1 dalam 40 |
| 8 | | 1 dalam 20 |
| 9 | Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan mungkin terjadi | 1 dalam 8 |
| 10 | | 1 dalam 2 |

3. *Detection*

Detection merupakan sebuah penilaian terhadap kemungkinan pendeteksian penyebab potensial dari suatu kejadian yang gagal. Penilaian ini dilakukan berdasarkan kontrol awal yang telah dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan. Kontrol deteksi awal yang baik akan mencapai nilai peringkat yang lebih rendah. Definisi tiap skala penilaian dapat dilihat pada Tabel 2.3.

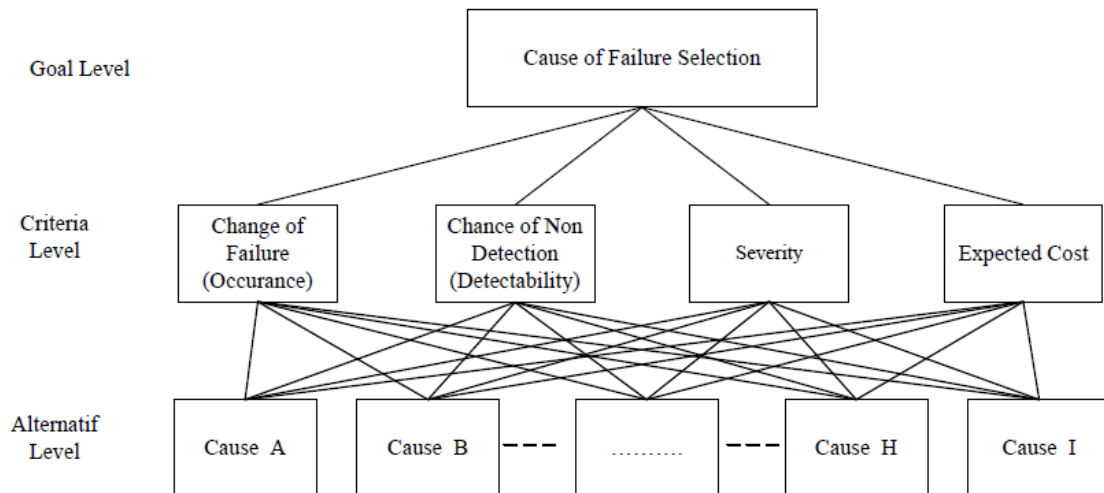
Tabel 2.4 Nilai *Detection*
(Sumber: Gaspersz, 2002)

| <i>Rating</i> | Kriteria Verbal |
|---------------|--|
| 1 | Metode Pencegahan atau deteksi sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab akan muncul lagi |
| 2, 3 | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah sangat rendah. |
| 4, 5, 6 | Kemungkinan penyebab bersifat <i>moderate</i> . Metode deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi |
| 7, 8 | Kemungkinan bahwa penyebab itu masih tinggi. Metode deteksi kurang efektif, karena penyebab masih berulang lagi |
| 9, 10 | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi |

2.2.4. *Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)*

MAFMA merupakan sebuah metode yang dikembangkan oleh Marcello Braglia untuk mengatasi kelemahan pada metode FMEA. Terdapat beberapa masalah yang berhubungan dengan praktek pengimplementasiannya. Selain itu, beberapa manajer merasa bahwa FMEA masih memiliki kelemahan, dimana faktor penting seperti aspek ekonomi tidak dipertimbangkan dalam metode FMEA. Para staf ingin membedakan kriteria “*severity*” ke dalam dua aspek berbeda, yaitu pertimbangan keamanan dari perkiraan biaya (Braglia, 2000).

Model FMEA yang memperhitungkan faktor biaya telah banyak dikembangkan, salah satunya oleh Garrick (dalam Braglia, 2000) yang memasukkan kualitas produk, kerugian jumlah produksi, dan lingkungan kerja yang aman sebagai salah satu kriteria. De Viva (dalam Braglia, 2000) menganalisa aspek ekonomi sebagai pertimbangan yang berasal dari biaya yang disebabkan oleh kualitas yang jelek, biaya kerugian produksi, dan biaya saat produksi tidak berjalan. Perkiraan biaya yang ditambahkan sebagai kriteria keempat oleh Braglia, jika disusun dalam suatu bentuk hierarki dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.1 Struktur *Hierarki Cause of Failure Selection*

(sumber: Dorina Hetharia, 2009)

Metode MAFMA yang dikembangkan oleh Braglia merupakan gabungan antara FMEA dengan metode AHP, dimana metode AHP digunakan untuk memperbaiki kelemahan yang ada pada FMEA. Pada metode MAFMA mempertimbangkan bobot kriteria penyebab kegagalan sehingga peringkat penyebab kegagalan dapat dianalisis dan dievaluasi berdasarkan pertimbangan bobot kriteria tersebut.

Metode MAFMA yang dikembangkan oleh Braglia memiliki langkah sebagai berikut:

1. Membuat tabel FMEA
2. Menghitung bobot kriteria dengan AHP
3. Melakukan uji perbandingan berpasangan untuk alternatif di *Expected Cost*

Menurut Braglia (2000), perkiraan biaya merupakan aspek ekonomi yang dihitung dengan cara perbandingan berpasangan “kualitatif”. Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan untuk melakukan penilaian dengan tepat oleh pihak terkait, misalnya staf pemeliharaan. Hasil dari uji perbandingan berpasangan untuk alternatif

pada *Expected cost* akan mendapat prioritas lokal alternatif pada kriteria *Expected cost*.

4. Menghitung *Local Priority*

Setelah tabel FMEA telah dibuat, local priority untuk *severity*, *occurrence* dan *Detection* dapat dicari dengan persamaan:

Local priority *Severity* = Nilai *Severity*/ Total *Severity*

Local priority *Occurrence* = Nilai *Occurrence*/ Total *Occurrence*

Local priority *Detection* = Nilai *Detection*/ Total *Detection*

5. Menghitung *Global Priority*

Global Priority didapat melalui persamaan:

a. *Global Priority Severity* :

Local Priority Severity x Bobot *Severity*

b. *Global Priority Occurrence* :

Local Priority Occurrence x Bobot *Occurrence*

c. *Global Priority Detection* :

Local Priority Detection x Bobot *Detection*

d. *Global Priority Expected cost* :

Local Priority Expected cost x Bobot *Expected cost*

6. Menghitung *Total Priority* untuk tiap penyebab kegagalan

Σ *Global Priority (Severity, Occurrence, Detection, Expected cost)*

2.2.5. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Metode *Fault Tree Analysis (FTA)* pertama kali digunakan pada tahun 1961 oleh Watson di Bell Telephone Laboratories untuk mengevaluasi sistem kendali peluncuran *Minuteman*. Kemudian metode ini digunakan sebagai alat analisis keamanan sistem yang signifikan oleh Perusahaan Boeing pada tahun 1963. Selanjutnya metode ini juga pernah digunakan oleh industri tenaga nuklir; yang berkontribusi paling besar dalam


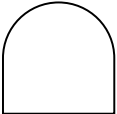

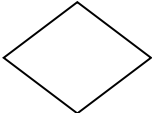
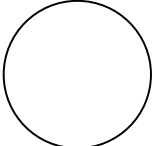
pengembangan metode FTA, industri kimia, industri *automobile*, transportasi kereta api, dan juga robotik serta industri perangkat lunak.

Menurut Ridley (2008), *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan sebuah alat analisis yang berjenjang yang mengembangkan diagram logis untuk meninjau kembali kemungkinan dari suatu kegagalan. Menurut Setyadi (2013), FTA merupakan suatu analisis berbentuk pohon kesalahan sederhana yang dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis, yang memuat model grafis mengenai berbagai paralel serta kombinasi contoh kesalahan yang mengakibatkan terjadinya suatu kejadian dari peristiwa yang tidak diharapkan yang sudah didefinisikan sebelumnya.

FTA merupakan sebuah alat matematis yang inklusif dan serbaguna, yang berbasis obyektif dalam menganalisis suatu desain sistem, studi mengenai penerapan *trade-off*, mengidentifikasi kegagalan, dan pembenaran dari adanya suatu perubahan dalam sistem (Fussell, 1973). FTA merupakan alat evaluasi dari suatu kejadian yang kritis maupun tidak diinginkan. FTA memanfaatkan pendekatan *backward* yang menganalisis mulai dari kejadian hingga menelusuri penyebabnya.

Dalam menganalisis kegagalan menggunakan FTA, kejadian yang tidak diinginkan atau kegagalan, disebut sebagai *top event*, dikedepankan; sementara semua kemungkinan dan kejadian dan kesalahan yang menyebabkan terjadinya *top event*, ditentukan. Jalur kegagalan digambarkan secara grafis dengan menggunakan sebuah gambar *fault tree*. Sebuah *fault tree* disusun berdasarkan kejadian-kejadian yang terjadi dan menggunakan logika. Secara ideal, analisis *top-down* ini dapat mencapai tingkat teratas dimana terdapat reliabilitas data kejadian, sehingga analisis kuantitatif dapat dilakukan. Roland dan Moriarty (1983) menjelaskan bahwa *fault tree* memiliki logika dan simbol sebagai berikut:

Tabel 2.5 Simbol *Fault Tree Analysis*

| Simbol | Definisi |
|---|--|
|  | Kejadian <i>OR</i> , dimana kejadian keluaran terjadi jika satu atau lebih kejadian masukan terjadi |
|  | Kejadian <i>AND</i> , dimana kejadian keluaran hanya terjadi jika semua kejadian masukan terjadi |
|  | Menggambarkan sebuah kejadian sebagai hasil dari kombinasi kejadian-kejadian salah melalui <i>logic gate</i> |
|  | Menggambarkan sebuah kejadian yang salah disebabkan oleh penyebab yang tidak berkembang |
|  | Menggambarkan kejadian kesalahan dasar |

2.2.6. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

AHP merupakan suatu metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang kompleks pada sistem dalam bentuk hierarki, dimana dilakukan pengambilan keputusan berdasarkan alternatif penyelesaian yang diprioritaskan melalui beberapa pertimbangan yang dikembangkan oleh Saaty (2001). Setiap permasalahan akan dimasukkan ke dalam kelompok-kelompok, yang dibuat berdasarkan hierarki; dimana setiap permasalahan tersebut akan digambarkan dalam bentuk numerik sebagai persepsi dalam melakukan perbandingan, dimana hal ini dapat menentukan alternatif mana yang memiliki nilai prioritas yang lebih tinggi.

Dalam menyelesaikan suatu pengambilan keputusan alternatif dengan AHP, didasarkan pada empat prinsip dasar, yaitu:

1. Dekomposisi

Dekomposisi merupakan suatu pemecahan masalah menjadi unsur yang lebih kecil dan mudah dipahami. Unsur yang ada dapat dipecah menjadi lebih kecil lagi sehingga dapat menghasilkan pemecahan masalah yang lebih akurat. Proses ini disebut juga sebagai hierarki

2. Penilaian Komparatif

Pada penilaian komparatif, dilakukan suatu penilaian mengenai kepentingan antara dua elemen terhadap kaitannya dengan kriteria yang berada di atasnya. Penilaian ini merupakan proses penentuan prioritas alternatif yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan. Penilaian ini menghasilkan suatu matriks bernama matriks perbandingan berpasangan.

3. Sintesis Prioritas

Penentuan prioritas didapat dari perbandingan berpasangan antar dua elemen yang menggambarkan kontribusi elemen terhadap tujuan dilakukannya pengambilan keputusan.

4. Konsistensi Logis

Terdapat dua definisi dalam konsistensi. Pertama, yaitu mengelompokkan objek-objek serupa sesuai relevansi dan keseragamannya. Kedua, yaitu keterkaitan tingkat hubungan antar objek didasarkan pada kriteria tertentu.

Tahapan pengambilan keputusan dengan AHP memiliki langkah sebagai berikut:

1. Menyusun struktur hierarki masalah

Menentukan hierarki posisi teratas yang menyatakan tujuan dari sistem yang akan dicari penyelesaian masalahnya. Kemudian, pada tingkat berikutnya menunjukkan kriteria sebagai penjabaran dari tujuan sistem. Pada tingkat paling bawah, merupakan alternatif pengambilan keputusan.

2. Penentuan Prioritas

- a. Membuat perbandingan berpasangan, dimana dilakukan perbandingan dalam bentuk berpasangan seluruh kriteria untuk setiap subsistem hierarki. Menurut Saaty (2008), skala 1 hingga 9 merupakan skala terbaik yang dapat digunakan untuk mengekspresikan pendapat pada berbagai persoalan. Skala penilaian perbandingan Saaty dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2.6 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

| Intensitas Kepentingan | Keterangan |
|---------------------------|--|
| 1 | kedua elemen sangat penting |
| 3 | elemen yang satu sedikit lebih penting dibanding elemen lainnya |
| 5 | elemen yang satu lebih penting dibanding lainnya |
| 7 | satu elemen jelas lebih mutlak penting dibanding elemen lainnya |
| 9 | satu elemen mutlak penting dibanding elemen lainnya |
| 2,4,6,8 | nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan |

- b. Menggunakan bentuk matriks untuk menunjukkan kepentingan relatif suatu elemen terhadap elemen lainnya.
3. Sintesis
- Sintesis merupakan proses penyatuan pertimbangan dari perbandingan berpasangan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan prioritas yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan. Hal yang perlu dilakukan dalam langkah ini yaitu:
- Menjumlahkan nilai setiap kolom matriks.
 - Membagi nilai pada tiap kolom dengan jumlah kolom yang bersangkutan.
 - Membagi jumlah nilai tiap baris dengan jumlah elemen sehingga didapat nilai bobot prioritas.

Jika perbandingan berpasangan telah lengkap, vektor prioritas w yang disebut sebagai *eigenvector* dihitung dengan rumus:

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot W$$

dengan A adalah matriks perbandingan berpasangan dan λ_{max} adalah *eigen value* terbesar dari A . *Eigen vector* merupakan bobot prioritas suatu matriks yang kemudian digunakan dalam penyusunan supermatriks.

4. Konsisten

Rasio konsistensi logis harus 10 persen atau kurang. Jika nilainya lebih dari 10 persen, maka penilaian data keputusan harus diperbaiki. Dalam prakteknya, konsistensi tersebut tidak mungkin didapat. Pada matriks konsistensi, secara praktis $\lambda_{max}=n$, sedangkan pada matriks tidak setiap variasi dari akan membawa perubahan pada nilai λ_{max} . Deviasi λ_{max} dari n merupakan suatu parameter *Consistency Index* (CI) sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Dengan

CI = *Consistency Index*

λ_{max} = nilai *eigen* terbesar

n = jumlah elemen yang dibandingkan.

Nilai CI tidak akan berarti apabila terdapat standar untuk menyatakan apakah CI menunjukkan matriks yang konsisten. Saaty (2008) memberikan patokandengan melakukan perbandingan secara acak atas 500 buah sampel. Saaty berpendapat bahwa suatu matriks yang dihasilkan dari perbandingan yang dilakukan secara acak merupakan suatu matriks yang mutlak tidak konsisten. Dari matriks acak tersebut didapatkan juga nilai *Consistency Index*, yang disebut dengan *Random Index* (RI).

Dengan membandingkan CI dan RI maka didapatkan patokan untuk menentukan tingkat konsistensi suatu matriks, yang disebut dengan *Consistency Ratio* (CR), dengan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

dimana

CR = *Consistent Ratio*

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

Nilai RI yang digunakan merupakan nilai random indeks yang dimana nilai tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7 Nilai *Random Index* (RI)
(Sumber: Saaty dan Tran, 2007)

| Jumlah n | Nilai RI |
|----------|----------|
| 3 | 0.58 |
| 4 | 0.90 |
| 5 | 1.12 |
| 6 | 1.24 |
| 7 | 1.32 |
| 8 | 1.41 |
| 9 | 1.45 |
| 10 | 1.49 |
| 11 | 1.51 |
| 12 | 1,48 |
| 13 | 1,56 |
| 14 | 1,57 |
| 15 | 1,59 |