

## **Bab 2**

### **Landasan Teori**

Bab ini akan menjelaskan tentang landasan teori atau literatur yang berhubungan dengan penelitian untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang ada dalam penelitian tugas akhir ini. Didalamnya terdapat beberapa sub bab seperti risiko,

#### **2.1. Risiko**

Dalam jurnal yang ditulis Arif Lokobal, dkk (2014), risiko merupakan sesuatu yang mengarah pada kemungkinan terhadap sebuah kejadian yang tidak diharapkan dalam kurun waktu tertentu, pada umumnya dilihat sebagai sesuatu yang negatif dan menyebabkan kerugian, baik itu kerugian besar ataupun kerugian kecil [2]. Sedangkan menurut Wati dan Darda (2012), risiko berkaitan dengan ketidakpastian yang terjadi karena kurangnya informasi terhadap apa yang akan terjadi. Risiko juga dapat diartikan sebagai sebuah kemungkinan yang menimbulkan kerugian atau bahaya [3].

Menurut Arif Lokobal, dkk (2014), ada beberapa faktor yang menjadi penyebab risiko dan dibedakan sebagai berikut [2]:

- 1) Risiko internal, merupakan risiko yang ada dalam perusahaan itu sendiri.
- 2) Risiko eksternal, merupakan risiko yang berasal dari lingkungan luar perusahaan.
- 3) Risiko keuangan, merupakan risiko yang berasal dari faktor keuangan, misalnya perubahan harga.
- 4) Risiko operasional, merupakan risiko yang disebabkan oleh faktor alam, manusia dan teknologi.

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

Menurut Muqimuddin dan Singgih (2020), *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) adalah salah satu metode yang sering digunakan oleh banyak peneliti, terutama dalam mengevaluasi kegagalan sebagai salah satu arah manajemen risiko. Metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan prioritas kegagalan [4]. Dalam

jurnal yang ditulis Rachieru, dkk (2015), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah salah satu teknik terstruktur, sistematis dan proaktif pertama yang digunakan untuk analisis kegagalan. Ini adalah teknik yang banyak digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan, masalah, kesalahan yang diketahui atau mempunyai potensi dari sistem, desain, proses atau layanan sebelum mencapai pelanggan [5]. Sedangkan dalam jurnal yang ditulis Maya dan Julian (2019), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah mode kegagalan [6]. FMEA merupakan metode yang menggabungkan teknologi dan pengalaman manusia dalam mengidentifikasi model produk atau proses dan perencanaan untuk eliminasi, dengan kata lain dapat dijelaskan sebagai kelompok kegiatan yang dimaksudkan untuk mengenali dan mengevaluasi potensi kegagalan produk atau proses dan dampaknya, serta mengidentifikasi tindakan-tindakan yang dapat menghilangkan atau mengurangi kemungkinan potensi kegagalan [7].

*Failure mode and effect analysis* (FMEA) mempunyai beberapa jenis dan memiliki Tujuan yang berbeda-beda sesuai dengan jenisnya [8]:

1) *FMEA System*

Tujuan FMEA sistem adalah untuk mendefinisikan dan menunjukkan keseimbangan yang tepat di antara faktor-faktor operasional (dengan kata lain, efektivitas dan kinerja) dan ekonomi.

2) *FMEA Design*

Tujuan FMEA desain adalah untuk menempatkan dan menunjukkan solusi rekayasa sebagai tanggapan terhadap persyaratan fungsional seperti yang didefinisikan oleh FMEA sistem dan pelanggan.

3) *FMEA Process*

Tujuan FMEA proses adalah untuk mendefinisikan, menunjukkan dan memaksimalkan solusi rekayasa dalam menanggapi kualitas, keandalan, ketahanan, biaya dan produktivitas sebagaimana didefinisikan oleh FMEA desain dan pelanggan.

#### 4) FMEA *Service*

Tujuan dari FMEA servis adalah untuk mendefinisikan, menunjukkan dan memaksimalkan solusi dalam menanggapi kualitas, keandalan, ketahanan, biaya dan produktivitas.

Menurut Wang, dkk (2009), Sebuah sistem, desain, proses, atau layanan biasanya mungkin memiliki beberapa mode kegagalan atau penyebab dan efek. Dalam situasi ini, setiap mode atau penyebab kegagalan perlu dinilai dan diprioritaskan dalam kaitannya dengan risikonya sehingga mode kegagalan yang berisiko tinggi (atau paling berbahaya) dapat diperbaiki dengan prioritas utama. FMEA menentukan prioritas risiko mode kegagalan melalui nomor prioritas risiko (RPN), yang merupakan produk keparahan (S) kejadian (O) dan deteksi (D) kegagalan [9]. *Severity* (S) merupakan konsekuensi dari terjadinya kegagalan, *occurrence* (O) merupakan probabilitas atau kemungkinan terjadinya kegagalan dan *detection* (D) merupakan probabilitas atau kemungkinan kegagalan untuk dideteksi sebelum terjadi dampak. Dari masing-masing faktor tersebut mempunyai nilai untuk menentukan risiko relatif dari setiap kegagalan beserta dampaknya, berikut adalah contoh nilai dari faktor *severity*, *occurrence* dan *detection* [8]:

**Tabel 2.1. *Severity***

<b>Kriteria</b>	<b>Rank</b>	<b><i>Severity</i></b>
<i>Remote</i>	1	Efek minor, tidak masuk akal untuk mengharapkan bahwa sifat kecil dari kegagalan ini menyebabkan dampak nyata pada produk.
<i>Low</i>	2-3	Efek rendah, tingkat keparahan komponen rendah, karena sifat kegagalan hanya menyebabkan sedikit gangguan pada produk.
<i>Moderate</i>	4-6	Efek sedang, Peringkatnya sedang karena kegagalan menyebabkan kerusakan pada produk. Segera melakukan perbaikan komponen.
<i>High</i>	7-8	Efek Tinggi, karena dapat menyebabkan kerusakan pada produk dan proses pembuatan produk berikutnya. Menuntut penghentian mesin untuk melakukan perbaikan.
<i>Very High</i>	9-10	Efek sangat tinggi, karena kegagalan akan mempengaruhi kerusakan pada produk dan komponen.

Sumber: Stamatis (2003)

**Tabel 2.2. Occurrence**

<b>Kriteria</b>	<b>Rank</b>	<b>Occurrence</b>
<i>Remote</i>	1	Kemungkinan terjadinya jauh, dalam spesifikasi 1/10.000
<i>Low</i>	2-5	Kemungkinan terjadinya rendah, dalam spesifikasi 1/5000-1/500
<i>Moderate</i>	6-7	Kemungkinan terjadinya sedang, dalam spesifikasi 1/200-1/20
<i>High</i>	8-9	Kemungkinan terjadinya tinggi, dalam spesifikasi 1/100-1/20
<i>Very High</i>	10	Kemungkinan terjadinya sangat tinggi, dalam spesifikasi 1/10

Sumber: Stamatis (2003)

**Tabel 2.3. Detection**

<b>Kriteria</b>	<b>Rank</b>	<b>Detection</b>
<i>Very High</i>	1	Sangat tinggi, pengendalian hampir pasti akan mendeteksi adanya cacat
<i>High</i>	2-5	Tinggi, kontrol memiliki kesempatan baik untuk mendeteksi keberadaan kegagalan
<i>Moderate</i>	6-8	Sedang, Kontrol dapat mendeteksi adanya cacat
<i>Low</i>	9	Rendah, Kontrol kemungkinan besar tidak akan mendeteksi adanya cacat
<i>Very Low</i>	10	Sangat rendah, Kontrol sangat tidak mungkin akan mendeteksi adanya cacat

Sumber: Stamatis (2003)

Dalam FMEA, nilai keparahan, kejadian dan deteksi (faktor risiko) yang ditentukan oleh para ahli digunakan untuk menghitung Angka Prioritas Risiko (RPN) yang digunakan untuk menentukan peringkat kegagalan. Nilai ditentukan menggunakan

nomor 1-10, untuk mengukur keparahan, kejadian, dan deteksi dengan meminta analis atau pakar untuk menetapkan nilai mulai dari 1 hingga 10 untuk faktor yang berbeda. Setelah kesalahan dianalisis dengan teknik FMEA, mereka dikumpulkan dan dianggap RPN. Kemudian, RPN dikategorikan dari paling banyak hingga paling sedikit. RPN dihitung menggunakan persamaan 2.1. [10]:

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.1.)$$

Setelah mode atau efek kegagalan dianalisis dengan metode FMEA, maka perlu dilakukan tindakan prioritas sesuai dengan mode kegagalan yang memiliki nilai RPN lebih tinggi karena lebih mementingkan perbaikan daripada nilai RPN yang lebih rendah [10].

### **2.3. Analytical Hierarchy Process (AHP)**

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah salah satu metode yang digunakan sebagai alat dalam pengambilan keputusan, untuk mendapatkan suatu skala relatif dari skala tertentu dengan menggunakan penilaian, yang kemudian mengolah skala tersebut menggunakan operasi aritmatika. Penilaian dilakukan dengan perbandingan berpasangan, dari elemen yang satu dengan elemen yang lainnya, kemudian membandingkan beberapa elemen tersebut dan hasilnya akan membentuk matriks yang berciri positif dan negatif [11]. AHP digunakan dengan dua jenis ukuran, yaitu relatif dan mutlak. Dalam perbandingan yang dipasangkan dilakukan untuk memperoleh prioritas untuk kriteria sehubungan dengan tujuan. Dalam pengukuran relatif, perbandingan yang dilakukan di seluruh hierarki termasuk pada alternatif di tingkat terendah dari hierarki sehubungan dengan kriteria di tingkat teratas. Sedangkan dalam pengukuran mutlak, perbandingan yang dipasangkan juga melalui hierarki dengan pengecualian alternatif sendiri [12].

Pada AHP penilaian ditentukan menggunakan penilaian relatif untuk mengukur tingkat kepentingan berpasangan menggunakan skala 1 sampai 9, seperti pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Skala Saaty**

<b>Intensitas Kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Sama penting	Dua kriteria berkontribusi sama terhadap tujuan
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sedikit mendukung satu kriteria diatas kriteria yang lain
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat mendukung kriteria diatas kriteria yang lain
7	Sangat penting	Satu kriteria sangat kuat atas yang lain; dominasinya ditunjukkan dalam praktek
9	Mutlak penting	Bukti yang mendukung satu kriteria diatas yang lain adalah urutan penegasan tertinggi yang mungkin
2,4,6,8	Untuk pertimbangan antara nilai-nilai diatas	

Sumber: Thomas L. Saaty (1990)

#### **2.4. Fuzzy Logic**

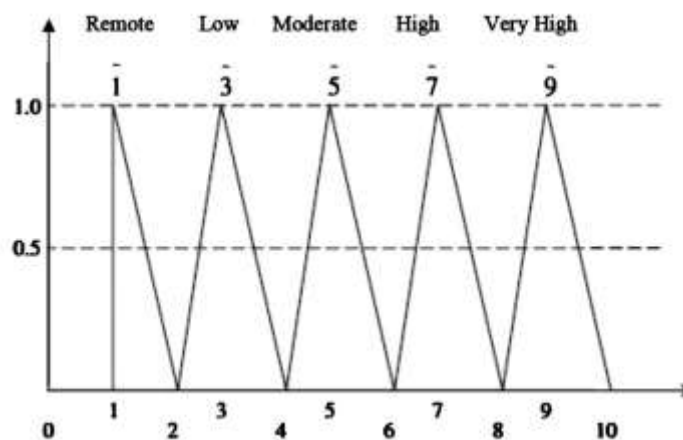
*Fuzzy logic* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar dari *fuzzy logic* adalah himpunan *fuzzy*, pada teori himpunan *fuzzy*, peranan nilai keanggotaan dalam suatu himpunan sangatlah penting, sebagai penentu keberadaan elemen. Nilai keanggotaan menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut. *Fuzzy logic* adalah salah satu metode yang digunakan sebagai cara untuk memetakan permasalahan yang menyertai ketidakpastian. Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan *fuzzy logic*, alasannya adalah sebagai berikut [13]:

- 1) Konsepnya yang mudah dimengerti, konsep matematis yang mendasari pemikiran logika *fuzzy* tersebut cukup mudah untuk dimengerti.
- 2) *Fuzzy logic* sangat fleksibel, dalam arti mampu beradaptasi dengan perubahan dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
- 3) Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- 4) Mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
- 5) *Fuzzy logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar tanpa harus menjalani proses pelatihan. Hal ini sering dikenal dengan *fuzzy expert system* menjadi bagian terpenting.
- 6) *Fuzzy logic* bisa bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, umumnya hal ini terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin ataupun elektro.

Pada himpunan tegas (*crisp*), derajat keanggotaan suatu item  $x$  dalam himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki dua kemungkinan yaitu; satu (1), yang artinya adalah suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan dan nol (0), yang artinya adalah suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* derajat keanggotaan terdapat pada rentang nilai 0 sampai 1. Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu, linguistik dan numeris. Dimana linguistik adalah persamaan suatu grup yang mewakili keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami dan numeris adalah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari sebuah variabel [13].

#### 2.4.1. Fuzzy FMEA

Menurut Azzabi dan Ayadi (2017), Kajian tentang FMEA dengan pendekatan *fuzzy* menggunakan para ahli yang mendeskripsikan faktor risiko *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) dengan menggunakan istilah-istilah linguistik *fuzzy*. Masing-masing faktor tersebut akan dikonversikan kedalam lima skala linguistik, yaitu *Very Low*, *Low*, *Moderate*, *High* dan *Very High*. Setelah penugasan istilah linguistik ke faktor-faktor tersebut, maka aturan dibuat dengan mengambil variabel linguistik sebagai masukan untuk mengevaluasi risiko [14]. Untuk mengukur rata-rata nilai skala linguistik, keanggotaan faktor-faktor ini didefinisikan oleh nomor *fuzzy* segitiga, contoh nomor *fuzzy* segitiga dapat dilihat pada gambar 2.1 [15].



Gambar 2.1. Nomor *Fuzzy* Segitiga

Langkah-langkah dalam pengolahan data menggunakan metode *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) [16]:

- 1) Mengidentifikasi mode kegagalan dengan cara wawancara terhadap pakar terkait kegagalan produksi.
- 2) Tentukan nilai *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D) yang telah diisi oleh pakar. Berikut adalah contoh penentuan *fuzzy number*:

a) *Fuzzy number* faktor *severity*

*Fuzzy number* faktor *severity*, menggunakan *triangular fuzzy number* dengan skala 1-10 dan *severity effect* berdasarkan skala nilai yang dipakai pada metode FMEA. Terdapat skala linguistik sebagai substitusi nilai dari yang paling rendah hingga yang paling tinggi.

**Tabel 2.5. Fuzzy Number Faktor Severity**

<i>Severity</i>	
<i>Skala Linguistics</i>	<i>Fuzzy Number</i>
<i>Very High</i> (VH)	8, 9, 10
<i>High</i> (H)	6, 7, 8
<i>Moderate</i> (M)	4, 5, 6
<i>Low</i> (L)	2, 3, 4
<i>Very Low</i> (VL)	1, 1, 2

b) *Fuzzy number* faktor *occurrence*

*Fuzzy number* faktor *occurrence*, menggunakan *triangular fuzzy number* dengan skala 1-10 dan probabilitas berdasarkan skala nilai yang dipakai pada metode FMEA. Terdapat skala linguistik sebagai substitusi nilai dari yang paling rendah hingga yang paling tinggi.



**Tabel 2.6. Fuzzy Number Faktor Occurrence**

<i>Occurrence</i>	
<i>Skala Linguistic</i>	<i>Fuzzy Number</i>
<i>Veri High (VH)</i>	8, 9, 10
<i>High (H)</i>	6, 7, 8
<i>Moderate (M)</i>	4, 5, 6
<i>Low (L)</i>	2, 3, 4
<i>Very Low (VL)</i>	1, 1, 2

c) *Fuzzy number faktor detection*

*Fuzzy number faktor detection*, menggunakan *triangular fuzzy number* dengan skala 1-10 dan kemampuan deteksi berdasarkan skala nilai yang dipakai pada metode FMEA.

**Tabel 2.7. Fuzzy Number Faktor Detection**

<i>Detection</i>	
<i>Skala Linguistic</i>	<i>Fuzzy Number</i>
<i>Veri High (VH)</i>	8, 9, 10
<i>High (H)</i>	6, 7, 8
<i>Moderate (M)</i>	4, 5, 6
<i>Low (L)</i>	2, 3, 4
<i>Very Low (VL)</i>	1, 1, 2

Berikut adalah contoh kuesioner untuk menentukan nilai *severity occurrence* dan *detection*.

**Tabel 2.8. Kuesioner Untuk Menentukan Nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection***

<b>Proses</b>	<b><i>No Failure Mode</i></b>	<b><i>Severity</i></b>	<b><i>Occurrence</i></b>	<b><i>Detection</i></b>

d) *Fuzzy number* untuk bobot kepentingan *severity*, *occurrence* dan *detection*.

Untuk masing-masing faktor, terdapat bobot kepentingan yang menggunakan skala 0-1 serta terdapat skala linguistik.

**Tabel 2.9. *Fuzzy Number* Untuk Bobot Kepentingan *Severity*, *Occurrence* dan *Detection***

<b><i>Rating</i></b>	<b><i>Fuzzy Number</i></b>
<i>Very Low</i>	0, 0, 0.25
<i>Low</i>	0, 0.25, 0.5
<i>Moderate</i>	0.25, 0.5, 0.75
<i>High</i>	0.5, 0.75, 1
<i>Very High</i>	0.75, 1, 1

e) Hitung agregasi peringkat *fuzzy* pada faktor *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D), berdasarkan persamaan 2.2. 2.3. dan 2.4.

$$R_i^S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j R_{ij}^S = \left( \sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_1}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_2}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^S \right) \quad (2.2.)$$

$$R_i^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j R_{ij}^O = \left( \sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_1}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_2}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^O \right) \quad (2.3.)$$

$$R_i^D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j R_{ij}^D = \left( \sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_1}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_2}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^D \right) \quad (2.4.)$$

Dimana:

$R_i^S$  = Agregat S (*severity*)

$R_i^O$  = Agregat O (*occurrence*)

$R_i^D$  = Agregat D (*detection*)

$h_j$  = Responden

$n$  = Bilangan *fuzzy*

- f) Melakukan perhitungan bobot agregat untuk faktor *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D), berdasarkan persamaan 2.5. 2.6. dan 2.7.

$$W^S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j W_{ij}^S = \left( \sum_{j=1}^m h_j W_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijM}^S, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijU}^S \right) \quad (2.5.)$$

$$W^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j W_{ij}^O = \left( \sum_{j=1}^m h_j W_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijM}^O, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijU}^O \right) \quad (2.6.)$$

$$W^D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j W_{ij}^D = \left( \sum_{j=1}^m h_j W_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijM}^D, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijU}^D \right) \quad (2.7.)$$

Dimana:

$W^S$  = Bobot agregat *fuzzy* S (*severity*)

$W^O$  = Bobot agregat *fuzzy* O (*occurrence*)

$W^D$  = Bobot agregat *fuzzy* D (*detection*)

$h_j$  = Responden

$n$  = Bilangan *fuzzy*

- g) Berikutnya menentukan *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) berdasarkan persamaan 2.8.

$$FRPN_i = (R_i^S) \frac{W^S}{W^S + W^O + W^D} \times (R_i^O) \frac{W^O}{W^S + W^O + W^D} \times (R_i^D) \frac{W^D}{W^S + W^O + W^D} \quad (2.8.)$$

#### 2.4.2. *Fuzzy AHP*

Menurut G Sianturi dan T Wijaya (2019), *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP)* diterapkan untuk mengatasi pendekatan kompensasi dan ketidakmampuan AHP dalam menangani variabel linguistik. Dalam istilah linguistik *Fuzzy AHP* (misalnya tinggi, sangat tinggi) atau bilangan fuzzy dapat diberikan alih-alih memberikan nilai numerik yang tepat [17]. Metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP)* merupakan gabungan dari *Analytic Hierarchy Process (AHP)* dan teori himpunan *fuzzy*. Proses Hierarki Analitik (AHP) yang pertama kali diusulkan oleh Thomas Saaty telah banyak digunakan untuk memecahkan berbagai masalah pengambilan keputusan dengan berbagai kriteria. Namun, karena ketidakjelasan dan ketidakpastian dalam penilaian pengambil keputusan, AHP mungkin tidak dapat menangkap penilaian pengambil keputusan secara akurat. Oleh karena itu, logika *fuzzy* diperkenalkan untuk mengurangi ketidakjelasan dan ketidakpastian dalam AHP konvensional dan untuk memberikan gambaran yang lebih akurat tentang proses pengambilan keputusan [18].

Langkah-langkah dalam penyelesaian masalah dengan metode *Fuzzy AHP* sebenarnya hampir sama dengan metode AHP, hanya saja metode *Fuzzy AHP* digunakan untuk mengubah skala AHP ke dalam skala *Triangular Fuzzy Number (TFN)* untuk memperoleh prioritas [19]. Pendekatan *Triangular Fuzzy Number* digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Dengan perubahan skala *Triangular Fuzzy Number* terhadap skala AHP, maka skala yang digunakan adalah seperti yang terlihat pada tabel 2.10 [20].

**Tabel 2.10. Triangular Fuzzy Number Terhadap Skala AHP**

Skala AHP	Penjelasan	Skala <i>Triangular Fuzzy</i>	Invers Skala <i>Fuzzy</i>
1	Sama penting	(1,1,3)	(1/3, 1, 1)
3	Sedikit penting	(1,3,5)	(1/5, 1/3, 1)
5	Lebih penting	(3,5,7)	(1/7, 1/5, 1/3)
7	Sangat penting	(5,7,9)	(1/9, 1/7, 1/5)
9	Mutlak penting	(7,9,9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Menurut Chang (1996) dalam jurnal yang ditulis oleh Saputra dkk (2018), ada beberapa langkah dalam penyelesaian *Fuzzy AHP*. Berikut adalah langkah-langkahnya [21]:

- 1) Mengidentifikasi masalah, kemudian menentukan tujuan, kriteria dan alternatif.
- 2) Membuat struktur hierarki berdasarkan tujuan, kriteria dan alternatif tersebut.
- 3) Menentukan nilai pada matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dengan skala Saaty yang telah ditentukan oleh pakar. Kuesioner diisi dengan cara membandingkan antar kriteria dengan melihat panduan skala Saaty, dengan 9 skala untuk sebelah kiri dan 9 skala untuk sebelah kiri [22]. Sebagai contoh, misalkan pakar mengisi nilai 3 disebelah kiri, berarti kriteria 1 sedikit lebih penting dari kriteria 2. Contoh kuesioner untuk menentukan nilai matriks perbandingan berpasangan dapat dilihat pada tabel 2.11.

**Tabel 2.11. Kuesioner Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria**

Kriteria	Skala																Kriteria	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
Kriteria 1																		Kriteria 2
Kriteria 1																		Kriteria 3
Kriteria 2																		Kriteria 3

Kemudian menghitung *geometric mean* untuk mencari rata-rata berdasarkan persamaan 2.9.

$$G = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n} \tag{2.9}$$

Dimana:

$G$  = Geometric mean

$x_1$  = Penilai pertama

$x_2$  = Penilai kedua

$n$  = Jumlah penilai

- 4) Menghitung nilai matriks perbandingan berpasangan berdasarkan persamaan 2.10.

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} \quad (2.10.)$$

Dimana:

$S_{ij}$  = Total dari setiap kolom

$\alpha_{ij}$  = Kolom hasil dari setiap kriteria

- 5) Menghitung normalisasi data berdasarkan persamaan 2.11.

$$V_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{S_{ij}} \quad (2.11.)$$

Dimana:

$V_{ij}$  = Hasil pembagian (Normalisasi data)

- 6) Menghitung prioritas relatif dari setiap kriteria dengan merata-ratakan bobot yang sudah dinormalisasi menggunakan persamaan 2.12.

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{V_{ij}}{n} \quad (2.12.)$$

Dimana:

$P_i$  = Prioritas relatif

- 7) Menghitung rasio konsistensi

a) Mengalikan setiap kolom dalam matriks perbandingan berpasangan dengan prioritas relatif.

b) Menghitung eigenvalue maksimum berdasarkan persamaan 2.13.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum a}{n} \quad (2.13.)$$

Dimana:

$\lambda_{max}$  = Eigen Value maksimum

c) Menghitung *consistency index* (CI) berdasarkan persamaan 2.14.

$$CI = \frac{(\lambda_{max}-n)}{(n-1)} \quad (2.14.)$$

d) Menghitung *consistency ratio* (CR) berdasarkan persamaan 2.15.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.15.)$$

Dimana:

$RI = \text{Random Index}$

Skala *random index* (RI) dapat dilihat pada tabel 2.12.

**Tabel 2.12. Random Index**

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Hasil dinyatakan konsisten apabila nilai  $CR < 0.1$  dan apabila nilai tidak terpenuhi, maka penilaian harus diulang. Jika hasil sudah konsisten, maka dilanjutkan ke langkah berikutnya.

8) Mengubah nilai matriks perbandingan berpasangan kedalam skala TNF.

9) Menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* berdasarkan persamaan 2.16.

$$S_{ij} = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2.16.)$$

Dimana:

$S_{ij}$  = Nilai sintesis *fuzzy*

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  = menjumlahkan semua nilai sel pada kolom

$M$  = Bilangan TNF

$m$  = jumlah kriteria

$g$  = Parameter (l,m,u)

$\otimes$  = *Dot product*

Untuk memperoleh nilai  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$  dilakukan operasi penjumlahan untuk

keseluruhan bilangan *triangular fuzzy*  $M_{gi}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) yaitu:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij} \right)$$

Menjadi

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n l_{ij}} \right)$$

- 10) Menghitung nilai vektor (V) dan nilai ordinat defuzzifikasi (d'). Perbandingan tingkat kemungkinan bilangan *fuzzy*, digunakan untuk nilai bobot masing-masing kriteria. Untuk 2 bilangan *triangular fuzzy* ( $M_1 > M_2$ ) dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.17 dan 2.18.

$$V = (M_1 \geq M_2) = \begin{cases} 1; & \text{jika } m_1 \geq m_2 \\ 0; & \text{jika } l_2 \geq u_1 \\ \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)}, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.17.)$$

Dimana:

$V$  = Nilai Vektor

$M$  = Matriks nilai sintesis

Sehingga diperoleh nilai ordinat d'

$$d'(A_i) \min V (S_1 \geq S_k) \quad (2.18.)$$

$$k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$$

Maka nilai vektor bobot didefinisikan berdasarkan persamaan 2.19.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), d'(A_n))^T \quad (2.19.)$$

- 11) Melakukan normalisasi bobot vektor yang masih dalam bentuk bilangan *fuzzy* dinormalisasi berdasarkan persamaan 2.20.

$$d(A_i) = \frac{d'(A_n)}{\sum_i^n d'(A_n)} \quad (2.20.)$$