

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Pada bab ini, diuraikan mengenai landasan teori yang akan digunakan dalam bab selanjutnya. Landasan teori yang dibahas pada bab ini yaitu mengenai teori graf, algoritma *warshall*, penelitian-penelitian terdahulu, logika *fuzzy*, *toolbox fuzzy* pada *matrix laboratory*, Polres Magelang Kota dan pengertian jalan serta karakteristiknya.

#### **A. Teori Graf**

##### **1. Definisi Graf**

Graf didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V,E)$ , yang dalam hal ini  $V$  adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *node*) dan  $E$  adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul (Munir, 2005:354).

##### **2. Jenis-jenis Graf**

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan menjadi dua jenis (Munir, 2005:354):

###### a. Graf Tak-Berarah (*Undirected Graph*)

Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak terarah. Pada graf tak berarah, urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Jadi,  $(u,v)=(v,u)$  adalah sisi yang sama.

###### b. Graf Berarah (*Directed Graph* atau *Digraph*)

Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah. Pada graf berarah,  $(u,v)$  dan  $(v,u)$  menyatakan sisi berarah yang berbeda, dengan kata lain  $(u,v) \neq (v,u)$ . Untuk sisi berarah  $(u,v)$ , simpul  $u$  dinamakan simpul asal dan simpul  $v$  dinamakan simpul terminal.

### 3. Terminologi Dasar

Berikut beberapa terminologi yang berkaitan dengan graf yang sering digunakan.

a. Bersisian (*Incident*)

Untuk sebarang sisi  $e = (u, v)$ , sisi  $e$  dikatakan bersisian dengan simpul  $u$  dan simpul  $v$  (Munir, 2005:365).

b. Derajat (*Degree*)

Derajat suatu simpul pada graf berarah, derajat simpul  $v$  dinyatakan dengan  $d_{in}(v)$  dan  $d_{out}(v)$ , yang dalam hal ini  $d_{in}(v)$  menyatakan sisi berarah yang masuk ke simpul  $v$  dan  $d_{out}(v)$  menyatakan sisi berarah yang keluar dari simpul  $v$  (Munir, 2005: 367).

c. Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya  $n$  dari simpul awal  $v_0$  ke simpul tujuan  $v_n$  di dalam graf ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$  sedemikian sehingga  $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$  adalah sisi-sisi dari graf (Munir, 2005:369).

Simpul dan sisi yang dilalui di dalam lintasan boleh berulang. Sebuah lintasan dikatakan lintasan sederhana jika semua simpulnya berbeda. Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut lintasan tertutup, sedangkan lintasan yang tidak berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut lintasan terbuka. Panjang lintasan adalah jumlah sisi dalam lintasan tersebut.

d. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sirkuit atau siklus (Munir, 2005:370).

e. Terhubung (*Connected*)

Dua buah simpul  $u$  dan simpul  $v$  dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari  $u$  ke  $v$ . Graf berarah dikatakan terhubung jika graf tak berarahnya terhubung (graf tak berarah diperoleh dengan menghilangkan arahnya) (Munir, 2005:371-372).

f. Graf Berbobot (*Weighted graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah bobot (Munir, 2005:376).

#### 4. Representasi Graf Berarah pada Matriks

Misalkan  $G$  adalah graf berarah yang terdiri dari  $n$  titik tanpa garis paralel. Matriks hubung yang sesuai dengan graf  $G$  adalah matriks persegi  $A_{n \times n} = (a_{ij})$  (Siang, 2009:269) dengan

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika ada sisi dari titik } v_i \text{ ke titik } v_j \\ 0 & \text{jika tidak ada sisi dari titik } v_i \text{ ke titik } v_j \end{cases} \quad (2.1)$$

Untuk graf berbobot,  $a_{ij}$  menyatakan bobot tiap sisi yang menghubungkan simpul  $i$  dengan simpul  $j$ . Tanda “ $\infty$ ” digunakan untuk menyatakan bahwa tidak ada sisi dari simpul  $i$  ke simpul  $j$  atau dari simpul  $i$  ke simpul  $i$  itu sendiri, sehingga  $a_{ij}$  dapat diberi nilai tak berhingga.

##### A. Algoritma *Warshall*

Algoritma *Warshall* untuk mencari lintasan terpendek merupakan algoritma yang sederhana dan mudah implementasinya (Siang, 2011: 297). Prinsip Algoritma *Warshall* yaitu pada iterasi ke-1, dihitung jarak terpendek dari semua titik ke semua titik. Misalkan  $W^{(0)}$  adalah matriks ketetanggaan awal graf berarah berbobot,  $W^*$  adalah matriks ketetanggaan berbobot terpendek dengan  $W_{ij}^*$  sama dengan lintasan terpendek dari titik  $v_i$  ke  $v_j$ ,  $i$  adalah baris pada matriks,  $j$  adalah kolom pada matriks dan  $k$  adalah iterasi ke 1

hingga  $n$  yang dilakukan pada matriks. Algoritma *Warshall* untuk mencari lintasan terpendek adalah sebagai berikut (Siang, 2011: 298):

- a.  $W = W^{(0)}$
- b. Untuk  $k = 1$  hingga  $n$ , lakukan:  
 Untuk  $i = 1$  hingga  $n$ , lakukan:  
 Untuk  $j = 1$  hingga  $n$  lakukan:
- c. Jika  $W[i,j] > W[i,k] + W[k,j]$  maka  
 Tukar  $W[i,j]$  dengan  $W[i,k] + W[k,j]$
- d.  $W^* = W$

Algoritma *Warshall* di atas hanya menghitung jarak terpendek dari semua titik ke semua titik, tetapi tidak menjelaskan bagaimana lintasan terpendeknya. Untuk menentukan *path* yang menghasilkan jarak terpendek, maka ditambahkan matriks persegi  $Z_{n \times n}$  yang disusun sebagai berikut:

$$Z^{(0)}_{ij} = \begin{cases} j & \text{jika } W^{(0)}_{ij} \neq \infty \\ 0 & \text{jika } W^{(0)}_{ij} = \infty \end{cases} \quad (2.2)$$

Revisi Algoritma *Warshall* dengan melibatkan lintasan terpendeknya adalah sebagai berikut:

- a.  $W = W^{(0)} ; Z = Z^{(0)}$
- b. Untuk  $k = 1$  hingga  $n$ , lakukan:  
 Untuk  $i = 1$  hingga  $n$ , lakukan:  
 Untuk  $j = 1$  hingga  $n$  lakukan:
- c. Jika  $W[i,j] > W[i,k] + W[k,j]$  maka
  - 1) Tukar  $W[i,j]$  dengan  $W[i,k] + W[k,j]$
  - 2) Ganti  $Z_{ij}$  dengan  $Z_{ik}$

d.  $W^* = W$

Untuk setiap sel matriks  $W$  akan dicek apakah  $W[i,j] > W[i,k] + W[k,j]$ . Jika  $W[i,j] > W[i,k] + W[k,j]$ , maka  $W[i,j]$  tetap. Tetapi jika  $W[i,j] > W[i,k] + W[k,j]$ , maka  $W[i,j]$  diganti dengan  $W[i,k] + W[k,j]$  dan  $Z[i,j]$  ganti dengan  $Z[i,k]$ .

## B. Penelitian – Penelitian Terdahulu

Berikut penelitian-penelitian yang membahas tentang pencarian rute terpendek :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Moch. Hannats Hanafi, Erni Yudaningtyas dan M. Aziz Muslim (2012) yang berjudul Solusi Optimal Pencarian Jalur Tercepat dengan Algoritma *Hybrid Fuzzy-Dijkstra*. Pada penelitian ini model logika *fuzzy* yang digunakan untuk memodelkan multi parameter jalan adalah *fuzzy* sugeno orde-nol dan pencarian jalur terpendek menggunakan algoritma *Dijkstra*.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Reni D.L. (2013) yang berjudul *Algoritma Floyd Warshall* untuk Menentukan Rute Terpendek Dalam Pemasangan Kabel Telepon di Kelurahan Condong Catur Yogyakarta. Pada penelitian ini pencarian rute terpendek dengan *Algoritma Floyd Warshall* dilakukan pada graf satu arah dengan perhitungan manual.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Eka Mistiyani (2006) yang berjudul Algoritma *Fleury* dan Algoritma *Warshall* pada Graf Berarah yang terhubung Kuat. Pada penelitian ini dikemukakan alasan mengapa Algoritma *Fleury* dan Algoritma *Warshall* banyak digunakan dalam masalah optimasi, aplikasi dari algoritma *Fleury* dan algoritma *Warshall* pada graf berarah terhubung kuat, dan kekurangan dari Algoritma *Fleury* dan Algoritma *Warshall*.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Aprian D.N. (2007) yang berjudul Perbandingan Algoritma *Dijkstra* dan Algoritma *Floyd-Warshall* dalam Penentuan Lintasan Terpendek (*Single Pair Shortest Path*). Penelitian ini menyimpulkan bahwa

Algoritma Floyd-Warshall yang menerapkan pemrograman dinamis lebih menjamin keberhasilan penemuan solusi optimum untuk kasus penentuan lintasan terpendek.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Ajeng Fitrah S., Ni Ketut T.T. dan I Made Eka D. (2013) yang berjudul Algoritma Floyd Warshall untuk Menentukan Jalur Terpendek Evakuasi Tsunami di Kelurahan Sanur. Penelitian ini berhasil membentuk jalur-jalur terpendek evakuasi tsunami di Sanur.

### C. Logika *Fuzzy*

Teori himpunan *fuzzy* merupakan pengembangan dari himpunan tegas. Teori ini pertama kali dikenalkan oleh Lotfi Asker Zadeh pada tahun 1965, seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Barkeley (Klir, 1997:6).

#### 1. Himpunan *Fuzzy*

Dalam himpunan tegas setiap  $x$  anggota himpunan  $A$  (dinotasikan  $x \in A$ ) atau  $x$  bukan anggota  $A$  (dinotasikan  $x \notin A$ ). Fungsi keanggotaan dinotasikan dengan  $\mu_A(x)$  sehingga dapat didefinisikan sebagai berikut (Ibrahim, 2004:23)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in A \\ 0 & \text{jika } x \notin A \end{cases} \quad (2.3)$$

Dapat dikatakan bahwa pada himpunan tegas hanya memiliki 2 kemungkinan derajat keanggotaan yaitu 0 dan 1.

Pada himpunan *fuzzy*, derajat keanggotaan terletak pada rentang  $[0,1]$  untuk setiap elemennya. Himpunan yang mempunyai semua elemen di dalam semesta pembicaraan disebut dengan himpunan universal atau biasanya dilambangkan dengan  $U$  (Ibrahim, 2004: 24).

Himpunan *fuzzy*  $A$  dalam himpunan *universal*  $U$  dinyatakan dengan fungsi keanggotaan  $\mu_A$  yang mengambil nilai di dalam interval  $[0,1]$  (Wang, 1997:21).

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu (Kusumadewi & Purnomo, 2013: 6):

- a. Linguistik yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
- b. Numeris yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami *system fuzzy* yaitu (Kusumadewi & Purnomo, 2013: 7-8):

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

- b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

- d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

## 2. Fungsi Keanggotaan

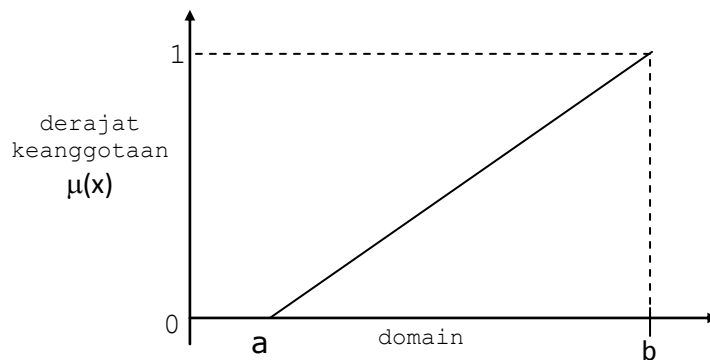
Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan (Kusumadewi & Purnomo, 2013: 8-14).

a. Representasi Linier

Pada representasi ini pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya dapat digambarkan dengan pola garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear.

1) Representasi Linear naik

Pada representasi ini kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Grafik ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 2.1** Representasi Linear Naik

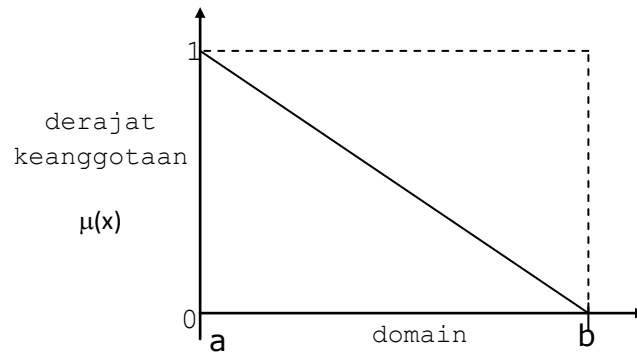
Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.4)$$

2) Representasi Linear Turun

Representasi ini merupakan kebalikan representasi linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Grafik ditunjukkan pada gambar berikut:





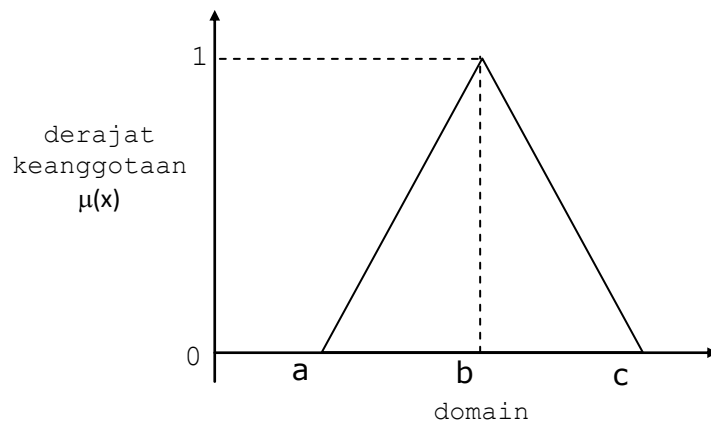
**Gambar 2.2** Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis linear seperti terlihat pada grafik berikut:



**Gambar 2.3** Representasi Segitiga

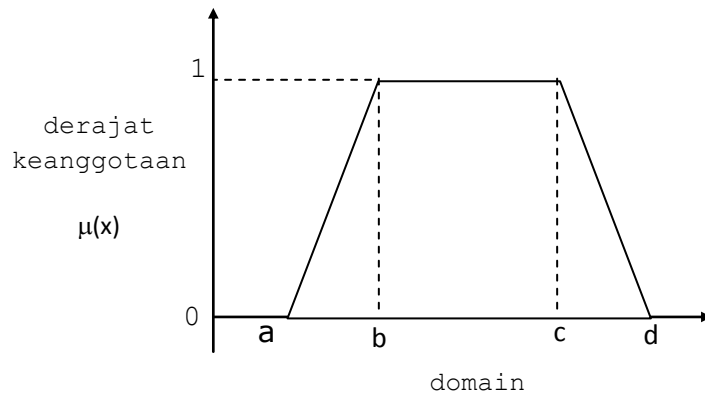
Fungsi keanggotaan pada kurva segitiga ditandai dengan tiga parameter (a,b,c) yang akan menentukan koordinat domain dari tiga sudut.

Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.6)$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Berikut grafik representasi kurva trapesium.



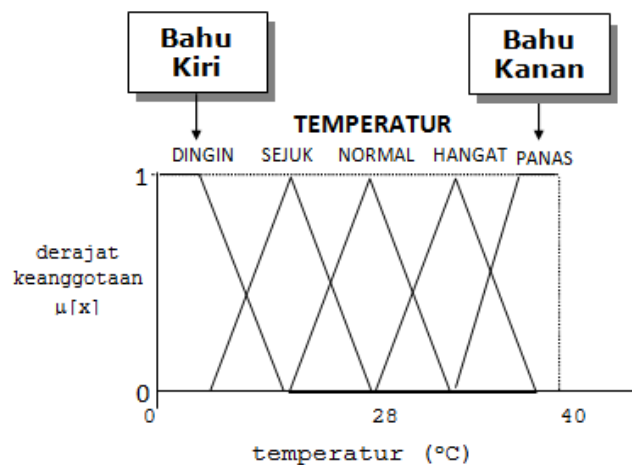
**Gambar 2.4** Representasi Trapesium

Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.7)$$

d. Representasi Kurva Bentuk bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, dan bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



**Gambar 2.5** Daerah ‘Bahu’ pada Variabel TEMPERATUR

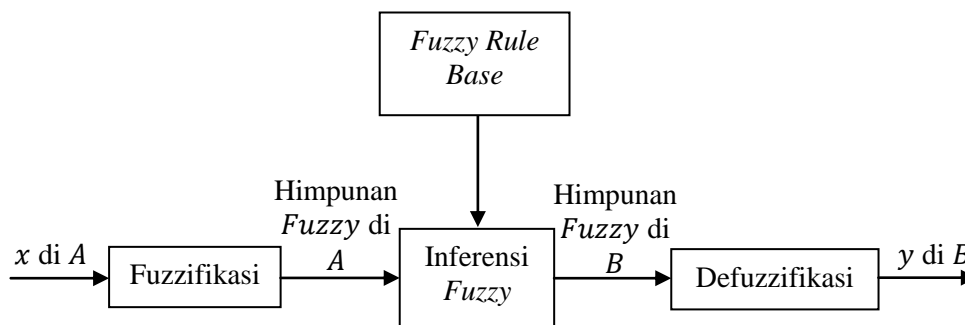
### 3. Sistem Fuzzy

Sistem *fuzzy* merupakan sistem berdasarkan aturan maupun pengetahuan himpunan *fuzzy*. Sistem *fuzzy* memiliki beberapa keistimewaan (Wang, 1997:6), yaitu:

- Sistem *fuzzy* cocok digunakan pada sistem pemodelan karena variabelnya bernilai real.
- Sistem *fuzzy* menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy* Jika-Maka yang bersumber dari pengalaman manusia.
- Terdapat berbagai pilihan dalam menentukan fuzzifier dan defuzzifier sehingga dapat diperoleh sistem *fuzzy* yang paling sesuai dengan model.

Secara umum, dalam sistem *fuzzy* terdapat empat elemen dasar (Wang, 1997:89), yaitu:

- Basis kaidah (*rule base*), berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar.
- Mekanisme pengambil keputusan (*inference engine*), merupakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*).
- Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yaitu mengubah nilai dari himpunan tegas ke nilai *fuzzy*.
- Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), yaitu mengubah nilai *fuzzy* hasil inferensi menjadi nilai tegas.



**Gambar 2.6** Susunan Sistem Fuzzy (Wang, 1997)

Sistem *fuzzy* terdiri dari fuzzifikasi, pembentukan aturan (*Fuzzy rule base*), inferensi *fuzzy*, dan defuzzifikasi. Empat tahapan sistem *fuzzy* dijelaskan sebagai berikut:

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah pemetaan dari himpunan tegas ke himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaan (Wang, 1997: 105). Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai *input* tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang selanjutnya akan digunakan untuk proses pengolahan secara *fuzzy*. Ada banyak jenis fuzzifikasi yang bisa digunakan. misalkan akan dilakukan fuzzifikasi dari himpunan tegas  $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$  ke dalam himpunan *fuzzy*  $A' \in U$ . Terdapat tiga fuzzifikasi yang sering digunakan (Wang, 1997: 105-106), yaitu:

1) Fuzzifikasi Singleton

Fuzzifikasi singleton memetakan himpunan tegas  $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$  ke sebuah himpunan singleton *fuzzy*  $A' \in U$  dengan derajat keanggotaan 1 saat  $x^*$  dan 0 untuk nilai yang lainnya, dapat ditulis pula

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & , x = x^* \\ 0 & , \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.8)$$

Fuzzifikasi singleton menyederhanakan perhitungan dalam sistem inferensi *fuzzy* untuk semua jenis fungsi keanggotaan *fuzzy*.

2) Fuzzifikasi Gussian

Fuzzifikasi gaussian memetakan himpunan tegas  $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$  ke sebuah himpunan *fuzzy*  $A' \in U$  dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_{A'}(x) = e^{-\left(\frac{x_1-x_1^*}{a_1}\right)^2} \star \dots \star e^{-\left(\frac{x_n-x_n^*}{a_n}\right)^2} \quad (2.9)$$

dengan,

$a_i$  menyatakan parameter positif,

$\star$  menyatakan perkalian *product* atau min.

Fuzzifikasi gaussian menyederhanakan perhitungan dalam sistem inferensi *fuzzy* jika fungsi keanggotaan aturan *fuzzy*-nya juga merupakan fungsi gaussian.

### 3) Fungsi Triangular

Fuzzifikasi triangular memetakan himpunan tegas  $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$  ke sebuah himpunan *fuzzy*  $A' \in U$  dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{|x_1 - x_1^*|}{b_1}\right) \star \dots \star \left(1 - \frac{|x_n - x_n^*|}{b_n}\right) & , |x_i - x_i^*| \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & , \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.10)$$

dengan,

$b_i$  menyatakan parameter positif,

$\star$  menyatakan perkalian *product* atau min.

Fuzzifikasi triangular menyederhanakan perhitungan dalam sistem inferensi *fuzzy* jika fungsi keanggotaan aturan *fuzzy*-nya juga merupakan fungsi triangular.

Fuzzifikasi gaussian dan triangular dapat menekan gangguan yang terjadi pada *input*, namun *fuzzy singleton* tidak dapat mengatasi gangguan pada *input*. *Output* dari fuzzifikasi adalah sebuah himpunan *fuzzy*.

#### b. Aturan *Fuzzy*

Aturan *fuzzy* merupakan inti dari suatu sistem *fuzzy*. Aturan yang digunakan pada himpunan *fuzzy* adalah aturan *if-then* atau Jika-Maka. Aturan *fuzzy IF-THEN* merupakan pernyataan yang direpresentasikan dengan

$$IF \langle \text{proposisi fuzzy} \rangle THEN \langle \text{proposisi fuzzy} \rangle$$

Proposisi *fuzzy* dibedakan menjadi dua, proposisi *fuzzy atomic* dan proposisi *fuzzy compound*. Proposisi *fuzzy atomic* adalah pernyataan single dimana  $x$  sebagai variabel linguistik dan  $A$  adalah himpunan *fuzzy* dari  $x$ . Proposisi *fuzzy*

*compound* adalah gabungan dari proposisi *fuzzy atomic* yang dihubungkan dengan operator “or”, “and” dan “not”. (Wang, 1997:62-63).

Dengan aturan *fuzzy*, pengetahuan dan pengalaman manusia dapat direpresentasikan menggunakan bahasa alami yang dikenal dengan aturan Jika-Maka (Wang, 1997:91). Aturan Jika-Maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$Ru^i: \text{Jika } x_1 \text{ adalah } A_1^i \bullet \dots \bullet x_n \text{ adalah } A_n^i \text{ maka } y \text{ adalah } B^i \quad (2.11)$$

dimana  $A_n^i$  dan  $B^i$  adalah himpunan  $U_i \subset R$  dan  $V \subset R$  sedangkan  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in U$  dan  $y \in V$ .

dengan,

- $Ru^i$  menyatakan aturan ke- $i$
- $x_n$  adalah input ke- $n$  pada himpunan  $U$
- $A_n^i$  adalah himpunan *fuzzy* untuk input ke- $n$  di  $U_i$
- $y$  adalah output pada himpunan  $V$
- $B^i$  adalah himpunan *fuzzy* untuk output di  $V$
- • menyatakan operasi komposisi *fuzzy*, misal AND atau OR

Pernyataan yang mengikuti Jika disebut anteseden, sedangkan pernyataan yang mengikuti Maka disebut konsekuen. Untuk mendapatkan aturan Jika-Maka dapat dilakukan melalui beberapa cara, yaitu:

- 1) Menanyakan kepada operator manusia (ahlinya) yang mengetahui hubungan keterkaitan dari variabel-variabel yang akan dihubungkan.
- 2) Menggunakan algoritma pelatihan berdasarkan data-data masukan dan keluaran.

Aturan *fuzzy* terdiri dari himpunan aturan-aturan dan hubungan antar aturan dalam himpunan.

### c. Inferensi *Fuzzy*

Inferensi *fuzzy* meruakan tahap evaluasi pada aturan *fuzzy*. Inferensi *fuzzy* merupakan penalaran menggunakan *input fuzzy* dan aturan *fuzzy* untuk memperoleh *output fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* memiliki beberapa metode, namun yang sering digunakan dalam berbagai penelitian adalah (Kusumadewi & Purnomo, 2013: 31-75):

#### 1) Metode Mamdani

Metode Mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini merupakan metode paling sederhana dan paling sering digunakan pada penelitian dibandingkan penelitian lainnya. Inferensi metode mamdani menggunakan fungsi implikasi min, sedangkan komposisi aturannya menggunakan max. Metode mamdani sering disebut dengan metode MIN-MAX. Keluaran untuk  $n$  aturan metode mamdani didefinisikan sebagai

$$\mu_{B^k}(y) = \max_k \left[ \min \left[ \mu_{A_1^k}(x_i), \mu_{A_2^k}(x_j) \right] \right] \quad (2.12)$$

dengan,

- $k = 1, 2, \dots, n$ ,
- $\mu_{A_1^k}, \mu_{A_2^k}$  menyatakan himpunan *fuzzy* pasangan input ke-  $k$ ,
- $B^k$  merupakan himpunan *fuzzy* output ke-  $k$ .

#### 2) Metode Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “Sebab-Akibat”/implikasi “*Input-Output*” dimana antara anteseden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan *fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas digunakan rumus penegasan (defuzifikasi) yang disebut “Metode rata-rata terpusat” atau “Metode

defuzzifikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzifier*)” (Ginanjari Abdurrahman, 2011: 18).

### 3) Metode Sugeno

Metode Sugeno mirip dengan metode mamdani. Perbedaan kedua metode itu terletak pada fungsi keanggotaan *output*. Jika *output* dari metode mamdani masih berupa himpunan *fuzzy*, maka *output* dari metode Sugeno berupa konstanta atau persamaan linier. Metode ini pertama kali dikenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985 (Kusumadewi, 2002: 98). Metode sugeno terbagi menjadi dua sistem yaitu orde-nol yang memiliki *output* berupa konstanta dan orde-satu yang memiliki *output* berupa persamaan linier. Defuzzifikasi metode sugeno adalah dengan cara mencari nilai rata-ratanya. Jika pada metode mamdani proses *defuzzifikasi* menggunakan agregasi daerah di bawah kuva, maka pada metode Sugeno agregasi berupa *singleton-singleton*.

*Output* dari sistem inferensi masih berupa himpunan *fuzzy*, oleh karena itu harus diubah ke himpunan tegas dengan proses defuzzifikasi.

#### d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi atau penegasan adalah fungsi yang mengubah himpunan *fuzzy* hasil dari proses inferensi *fuzzy* menjadi himpunan tegas. Nilai dari hasil defuzzifikasi adalah *output* dari model *fuzzy*. Terdapat tiga jenis defuzzifikasi (Wang, 1997:109-112), yaitu:

##### 1) *Center of Gravity (COG)/ Centroid*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $z^*$ ) dari daerah *fuzzy*. Secara umum rumus yang digunakan dibedakan domainnya.



Untuk domain kontinu, rumus defuzzifikasi *centroid* yang digunakan adalah:

$$z^* = \frac{\int_z z \mu_z(z) dz}{\int_z \mu_z(z) dz} \quad (2.13)$$

dengan,

- $\int_z$  merupakan integral biasa,
- $z$  merupakan nilai tegas,
- $\mu_z(z)$  merupakan derajat keanggotaan dari nilai tegas  $z$ .

Untuk domain diskrit dimana  $\mu(z)$  didefinisikan dalam himpunan *universal*  $\{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$ , rumus defuzzifikasi *centroid* yang digunakan adalah:

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.14)$$

dengan,

- $z_j$  merupakan nilai tegas ke- $j$ ,
- $\mu_z(z_j)$  merupakan derajat keanggotaan dari nilai tegas ke- $j$ .

## 2) Center Average Defuzzifier (CAD)

Defuzzifikasi ini dapat digunakan jika fungsi keanggotaan *output* dari beberapa proses *fuzzy* memiliki bentuk yang sama. Metode ini mengambil nilai rata-rata menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Rumus yang digunakan pada defuzzifikasi ini adalah:

$$z^* = \sum \frac{z \mu_z(z)}{\mu_z(z)} \quad (2.15)$$

dengan,

- $z$  merupakan nilai tegas,
- $\mu_z(z)$  merupakan derajat keanggotaan dari nilai tegas  $z$ .

### 3) *Maximum Defuzzifier*

Secara konsep, defuzzifikasi maksimum memilih  $z^*$  sebagai titik di  $V$  sehingga  $\mu_z(z)$  bernilai maksimum. Didefinisikan sebagai himpunan

$$hgt(z) = \{z \in V | \mu_z(z) = \sup_{z \in V} \mu_z(z)\} \quad (2.16)$$

dimana  $hgt(z)$  merupakan himpunan semua titik di  $V$  sehingga  $\mu_z(z)$  mencapai nilai maksimum. Defuzzifikasi maksimum mendefinisikan  $z^*$  sebagai

$$z^* = \text{titik - titik pada } hgt(z).$$

Bila  $hgt(z)$  hanya memuat satu titik, maka  $z^*$  dapat langsung ditentukan. Namun bila  $hgt(z)$  memuat lebih dari satu titik, maka kita dapat memilih salah satu dari tiga jenis defuzzifikasi maksimum, yaitu (Wang, 1997: 112):

#### a) *Smallest of Maxima*

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki derajat keanggotaan maksimal. Dapat ditulis sebagai berikut

$$z^* = \inf\{z \in hgt(z)\}$$

#### b) *Largest of Maxima*

(2.17)

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki derajat keanggotaan maksimal. Dapat ditulis sebagai berikut

$$z^* = \sup\{z \in hgt(z)\}$$

#### c) *Mean of Maxima*

(2.18)

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki derajat keanggotaan maksimal. Dapat ditulis sebagai berikut

$$z^* = \frac{\int_{hgt(z)} z dz}{\int_{hgt(z)} dz} \quad (2.19)$$

dimana  $\int_{hgt(z)}$  merupakan integral biasa untuk bagian kontinu dari  $hgt(z)$  dan penyajian terakhir untuk bagian diskrit dari  $hgt(z)$ .

#### D. Toolbox Fuzzy pada Matrix Laboratory (Matlab)

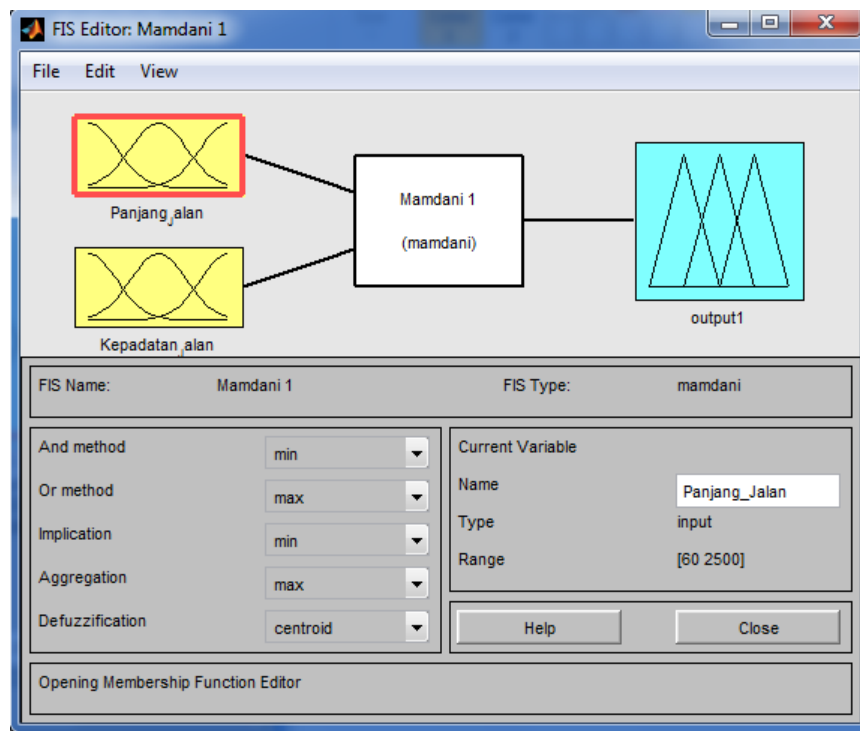
*Matrix Laboratory* (Matlab) merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi. Matlab digunakan untuk komputasi, visualisasi dan pemrograman. Pemrograman pada matlab sering digunakan untuk algoritma matematika dan pengembangan, pensisteman, simulasi dan prototype, analisis, eksplorasi dan visualisasi data, *scientific* dan *engineering*, pengembangan aplikasi berbasis grafik dan pembuatan *Graphical User Interface* (GUI) (<http://mathworks.com>, 2015). Pada Matlab telah disediakan *Fuzzy Logic Toolbox* yang dapat digunakan untuk membangun sistem fuzzy dengan *GUI*.

*Toolbox fuzzy* merupakan salah satu program pada matlab guna mempermudah komputasi sistem *fuzzy*. Ada lima *tool* yang bisa digunakan pada *toolbox fuzzy* untuk membangun sistem *fuzzy*, yaitu: *Fuzzy Inference System (FIS) editor*, *membership function editor*, *rule editor*, *rule viewer*, dan *surface viewer* (Kusumadewi, 2002: 7-15), namun dalam skripsi ini hanya akan digunakan empat *tool* karena pengolahan data untuk pencarian rute terpendek menggunakan *output* yang dapat dilihat dari *rule viewer* saja. Berikut empat *toolbox fuzzy* tersebut.

##### 1) *Fuzzy Inference System (FIS) Editor*

Merupakan tampilan awal *toolbox fuzzy*. *FIS Editor* dapat dipanggil dengan mengetikkan tulisan “*fuzzy*” pada *Command window*. Pada *FIS editor* hal yang

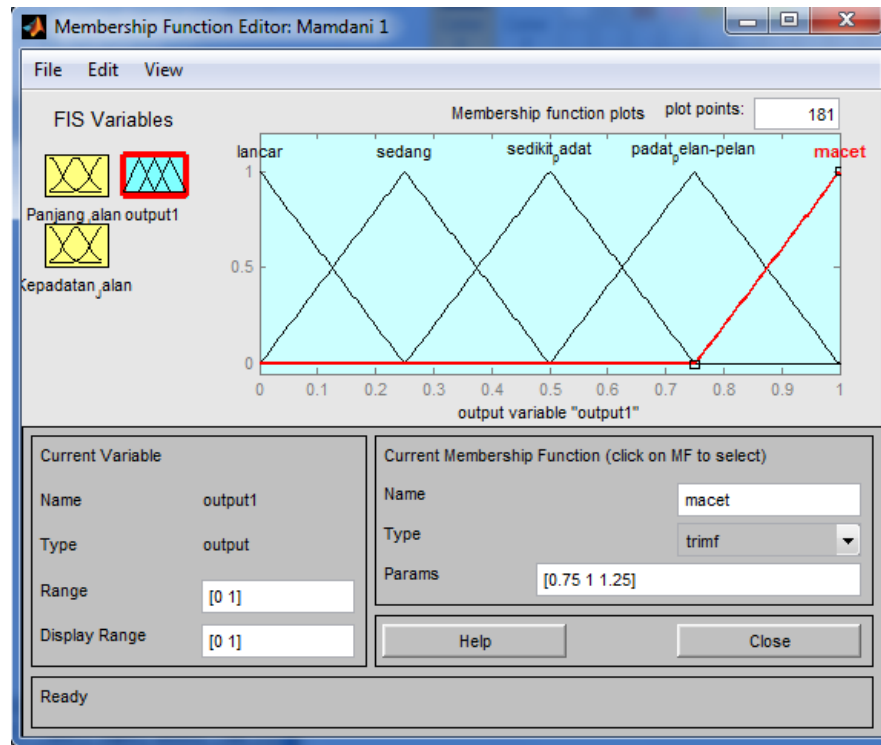
harus diperhatikan adalah memilih inferensi *fuzzy* yang diinginkan. Berikut adalah tampilan *FIS editor*.



**Gambar 2.7** *FIS Editor*

## 2) *Membership Function Editor*

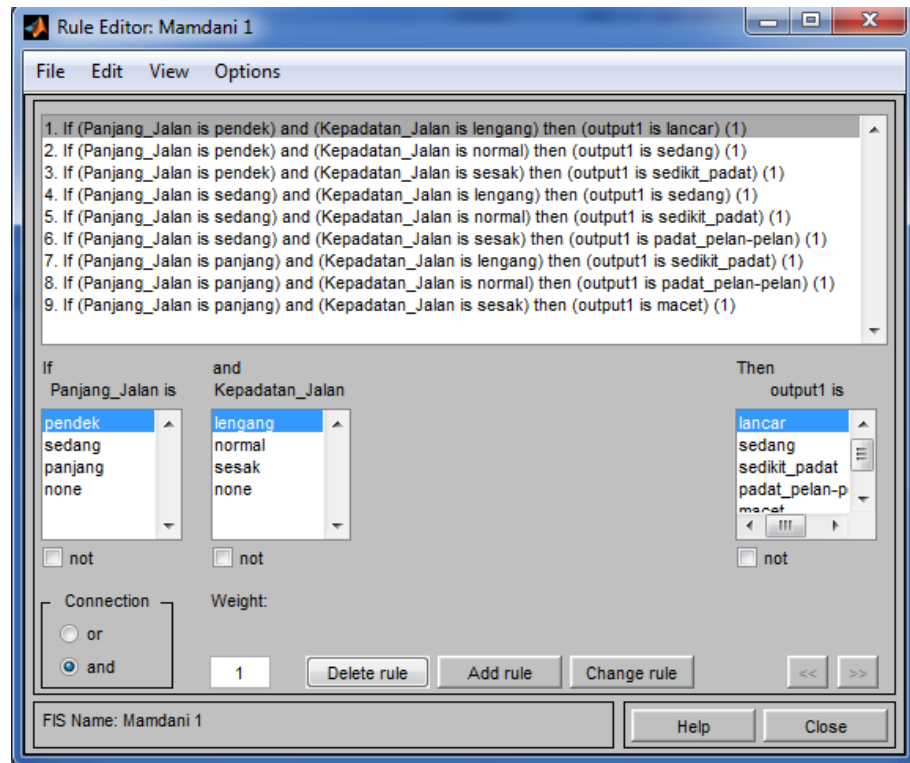
Berfungsi untuk mengedit tiap fungsi keanggotaan pada *input* dan *output*. *Editor* ini dapat dipanggil dari *FIS Editor* dengan cara pilih *edit* → *membership function editor* atau *double click* ikon variabel *input/output*. Berikut adalah tampilan dari *membership function editor*.



**Gambar 2.8** *Membership Function Editor*

### 3) *Rule Editor*

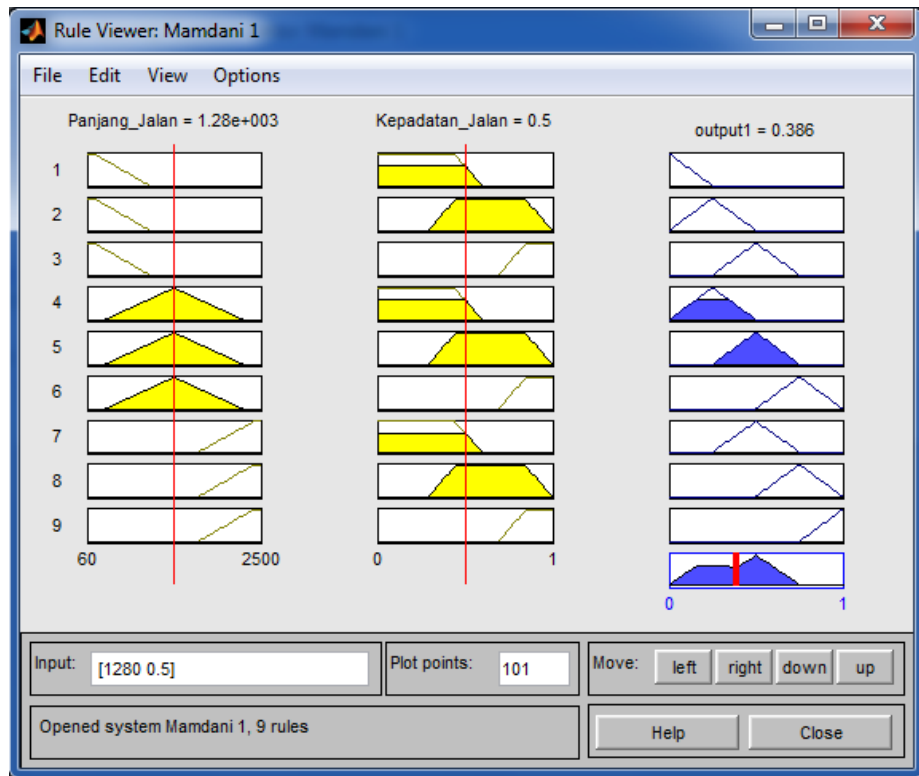
*Rule editor* berfungsi untuk mengedit aturan yang akan atau telah disusun. *Rule editor* dapat dipanggil dengan cara pilih *edit - rules*. *Rule* dapat mendefinisikan aturan JIKA-MAKA dengan mudah yaitu dengan mengklik sebuah item opsi nilai linguistik untuk tiap variabel *FIS*. Tampilan *rule editor* ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 2.9** Rule Editor

#### 4) Rule Viewer

Rule viewer dapat dipanggil dengan memilih menu *view* → *view rule*. Rule Viewer menampilkan proses keseluruhan dalam FIS. Berikut tampilan rule viewer.



**Gambar 2.10** *Rule Viewer*

## **E. Polres Magelang Kota**

Polres Magelang Kota memiliki tugas pokok menyelenggarakan tugas pokok Kepolisian Republik Indonesia (Polri) dalam pemeliharaan keamanan ketertiban masyarakat, penegakan hukum dan memberi perlindungan, pengayoman, dan pelayanan masyarakat serta tugas lain sesuai ketentuan hukum dan peraturan serta kebijakan yang telah ditetapkan (Anonim, 2015:24).

Struktur Organisasi Polres Magelang Kota mengacu pada peraturan Kapolri nomor 23 tahun 2010 tanggal 30 September 2010 tentang susunan Organisasi dan Tata Kerja pada Tingkat Kepolisian Resort dan Kepolisian Sektor adalah sebagai berikut:

1. Unsur Pimpinan
  - a. Kepala Kepolisian Resort Kota disingkat Kapolresta,
  - b. Wakil Kepala Kepolisian Resort Kota disingkat Waka Polresta.

2. Unsur Pengawas dan Pembantu Pimpinan
  - a. Bagian Operasi,
  - b. Bagian Perencanaan,
  - c. Bagian Sumber Daya Manusia,
  - d. Seksi Pengawasan,
  - e. Seksi Provos dan Paminal,
  - f. Seksi Keuangan,
  - g. Seksi Umum.
3. Unsur Pelaksanaan Tugas Pokok
  - a. Sentra Pelayanan Kepolisian Terpadu (SPKT),
  - b. Satuan Intelejen dan Keamanan (Satintelkam),
  - c. Satuan Reserse Kriminal (Satreskim),
  - d. Satuan Reserse Narkoba (Satresnarkoba),
  - e. Satuan Pembinaan Masyarakat (Satbinmas),
  - f. Satuan Samapta Bhayangkara (Satsabhara),
  - g. Satuan Lalu Lintas (Sat Lantas),
  - h. Satuan Pengamanan Obyek Vital (Satpamovit),
  - i. Satuan Tahanan dan Barang Bukti (Sattahti).
4. Unsur Pendukung yaitu Seksi Teknologi Informasi Kepolisian (Sitipol)
5. Unsur Pelaksana Tugas Kewilayahan Polresta adalah Kepolisian Negara Republik Indonesia Sektor disingkat Polsek

Kepolisian Resor (Polres) Magelang Kota telah menetapkan 43 titik rawan. Titik-titik lokasi tersebut merupakan kumpulan dari objek-objek vital di Kota Magelang yang meliputi lokasi rawan kecelakaan, lokasi rawan tawuran, kantor pemerintah, rumah dinas



pejabat, pusat perbelanjaan, tempat ibadah, rumah tokoh masyarakat, rumah tokoh agama dan perumahan (Ngadisa, 2015: 2-4).

Dalam melaksanakan tugas penanganan dan pengolahan TKP (Tempat Kejadian Perkara) dapat dilaksanakan sesuai dengan aturan dan hukum yang berlaku, maka Satreskrim Polres Magelang Kota membuat Standar Operasional Prosedur(SOP) sebagai berikut (Suyatno, 2014: 1-4) :

1. Tindakan Persiapan
  - a. Respon terhadap pengaduan,
  - b. Kesiapan alat,
  - c. Kelengkapan administrasi penanganan TKP,
  - d. *Briefing* sebelum berangkat,
  - e. Personil yang akan berangkat,
  - f. Transportasi dan komunikasi.
2. Tindakan perjalanan menuju TKP
  - a. Tentukan jalan yang tepat menuju TKP,
  - b. Hindari hal-hal yang dapat menghambat kelancaran menuju TKP,
  - c. Lakukan pengamatan selama dalam perjalanan menuju TKP.
3. Olah TKP
  - a. Catat waktu kedatangan dan keadaan cuaca,
  - b. Lakukan pengamatan umum terhadap situasi TKP,
  - c. Lakukan pertolongan pertama (P3K) kepada korban yang dimungkinkan masih ada tanda-tanda kehidupan,
  - d. Buat jalan setapak pada saat masuk ke TKP,
  - e. Beri tanda setiap jejak yang ditemukan,
  - f. Catat identitas orang-orang yang hadir di TKP,

- g. Kumpulkan saksi-saksi pada suatu tempat dan tanyai,
  - h. Menutup dan mengamankan TKP,
  - i. Memberikan perlindungan dan pertolongan pada korban,
  - j. Segera menghubungi kesatuan Polri terdekat (Kepala tim),
  - k. Membuat berita acara di TKP,
  - l. Pembuatan Sketsa,
  - m. Penanganan bukti-bukti obyektif (Korban mati, jejak, barang bukti, dan lain-lain) dan subyektif (saksi, korban dan tersangka).
4. Olah TKP sebagai sumber informasi yang dapat mendukung dalam pelaksanaan tugas penyelidikan dan penyidikan. Alasan pentingnya olah TKP antara lain :
- a. TKP merupakan titik awal dari kegiatan penyidikan,
  - b. TKP merupakan babak akhir dari suatu peristiwa pidana yang diawali dengan babak-babak awal yang dapat meninggalkan bekas atau jejak pelaku,
  - c. TKP merupakan sumber informasi awal yang dapat mengetahui saksi, tersangka atau korban serta barang bukti,
  - d. TKP merupakan sumber bukti obyektif dan bukti subyektif,
  - e. TKP merupakan sarana penghubung pembuktian keterkaitan antara korban, saksi dan barang bukti.
5. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penanganan dan pengolahan TKP antara lain:
- a. Hindari perilaku yang tidak terpuji petugas dalam pelaksanaan penanganan TKP,
  - b. Dalam penanganan TKP di arahkan kepada,
    - 1) Ditemukannya barang bukti semaksimal mungkin dari TKP

- 2) Terpeliharanya keaslian atau kemurnian barang bukti yang ditemukan dari hasil olah TKP
- c. Perhatikan ketentuan sesuai dengan petunjuk pelaksanaan dan petunjuk teknis tentang pelaksanaan olah TKP,
- d. Perhatikan ketentuan-ketentuan dasar pengamanan jejak, yaitu:
  - 1) Jangan memegang peralatan/barang bukti/barang-barang yang ada di TKP (bila terpaksa gunakan sarung tangan)
  - 2) Jangan melakukan perubahan apapun (bila terpaksa beri tanda dahulu dimana letak barang tersebut)
  - 3) Jangan meletakkan barang-barang milik pribadi di TKP
  - 4) Jangan menambah atau mengurangi benda yang ada di TKP
  - 5) Jangan mengucapkan tafsiran-tafsiran atau pelaku karena akan menimbulkan opini publik
  - 6) Jangan meninggalkan TKP terlalu cepat, sebelum diyakini semua kegiatan dalam rangka penanganan TKP telah dilaksanakan dengan baik
6. Kelengkapan administrasi olah TKP yang merupakan kelengkapan administrasi penyidikan adalah sebagai berikut:
  - a. Berita acara pemeriksaan TKP,
  - b. Sketsa situasi umum atau khusus,
  - c. Berita acara memasuki TKP,
  - d. Berita acara penemuan dan penyitaan barang bukti di TKP,
  - e. Berita acara pengambilan darah,
  - f. Berita acara pengambilan sperma berita acara pengambilan jejak/sidik jari,
  - g. Berita acara pemotretan,
  - h. Kartu pendapatan sidik jari,

i. Hasil pemotretan.

Kendaraan yang digunakan untuk menuju TKP yaitu 2 unit Mitsubishi Lancer. Jumlah personil yang berangkat kurang lebih 12 personil. Jumlah kendaraan dan jumlah personil yang berangkat dapat berubah sesuai dengan kejadian insidental yang terjadi (Ngadisa, 2015: 6).

**F. Jalan dan Beberapa Karakteristiknya**

Jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Termasuk jalan perkotaan yaitu jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000, maupun kurang dari 100.000 dengan perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus (MKJI, 1997).

Kepadatan didefinisikan sebagian jumlah kendaraan persatuan panjang jalan tertentu. Satuan yang digunakan adalah kendaraan/kilometer atau kendaraan/meter (Ofyar Z. Tamin, 1992).

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang dituju melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian (MKJI, 1997).