

# Implementasi Metode Logika *Fuzzy* dalam Pembangunan Sistem Optimalisasi Lampu Lalu Lintas

Martinus Maslim<sup>1</sup>, B. Yudi Dwiandiyanta<sup>2</sup>, Nonety Viany Susilo<sup>3</sup>,

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya  
Yogyakarta

Jl. Babarsari No 43, Yogyakarta 55281, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Email: <sup>1</sup>martinusmaslim@staff.uajy.ac.id, <sup>2</sup>yudi-  
dwi@staff.uajy.ac.id, <sup>3</sup>nonetyvianysusilo@gmail.com

Masuk: 26 Oktober 2017; Direvisi: 28 November 2017; Diterima: 27 Juni 2018;

**Abstract.** *Traffic lights are the lights for controlling the flow of traffic which installed at crossroads. Traffic lights have an important role in regulating traffic especially crossroads. One way to overcome the traffic problem is to build a system of traffic optimization where each point of the intersection phase at the road signals automatically. This system implements fuzzy mamdani logic method with MOM (Mean of Maximum) defuzzification for this method is very simple, easy to understand and objective. The traffic optimization system can generate the maximum green light seconds at each intersection according to the officer's input. The input required by the system is the length of the set queue, the width of the regulated path, the length of the queue on the next path, and the width of the path on the regulated path. The output of this system is proven to help optimize the number of green light seconds according to crossroads conditions.*

**Keywords:** *Fuzzy Logic, Mamdani, Mean of Maximum, Traffic light*

**Abstrak.** *Lampu lalu lintas merupakan lampu untuk mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan. Lampu lalu lintas memiliki peran penting dalam mengatur lalu lintas khususnya persimpangan jalan. Terdapat salah satu cara untuk mengatasi permasalahan kemacetan yaitu dengan membangun sebuah sistem optimalisasi lalu lintas dimana secara otomatis di setiap titik fase persimpangan jalan bersinyal. Sistem ini dibuat menggunakan metode logika fuzzy. Dalam sistem ini menggunakan metode logika fuzzy mamdani dengan defuzzifikasi MOM (Mean of Maximum) karena metode ini sangat sederhana, mudah dimengerti dan obyektif. Sistem optimalisasi lampu lalu lintas dapat menghasilkan detik maksimal lampu hijau pada setiap persimpangan sesuai dengan masukan petugas. Masukan yang dibutuhkan oleh sistem adalah panjang antrian yang diatur, lebar jalan yang diatur, panjang antrian pada jalur selanjutnya, dan lebar jalan pada jalur yang diatur. Hasil keluaran dari sistem ini terbukti dapat membantu mengoptimalkan jumlah detik lampu hijau sesuai dengan kondisi persimpangan jalan.*

**Kata Kunci:** *Logika Fuzzy, Mamdani, Mean of Maximum, Lampu lalu lintas.*

## 1. Pendahuluan

Kota Yogyakarta merupakan salah satu kota di Indonesia dengan tingkat kemacetan yang sangat padat, salah satu penyebabnya karena Yogyakarta merupakan kota tujuan wisata dan telah menyandang predikat kota pendidikan sehingga jumlah penduduk di Yogyakarta semakin tinggi. Data Badan Pusat Statistik (BPS) Yogyakarta mencatat bahwa pertumbuhan penduduk di Yogyakarta mengalami kenaikan 50.000 jiwa per tahunnya, jumlah penduduk yang semakin tinggi ini mengakibatkan pula banyaknya pengguna alat transportasi. Pertumbuhan

sarana transportasi jauh lebih cepat melebihi pertumbuhan prasarana jalan sehingga akan menambah kemacetan yang cukup padat.

Persimpangan atau pertemuan jalan adalah titik temu dua jalan atau lebih yang memberikan pengaruh besar bagi kelancaran arus kendaraan pada jaringan jalan tersebut, karena pada umumnya di persimpangan ini banyak terjadi kemacetan lalu lintas. Contoh kemacetan persimpangan jalan yang sering terjadi kemacetan, yaitu kemacetan di utara perempatan Kentungan banyak kendaraan yang menyebrang menuju Superindo atau Mirota sehingga rawan terjadi kemacetan pada sore hari, kemacetan di sekitar tugu Yogyakarta pada saat malam hari banyak orang berjalan dan berfoto sehingga kemacetan tidak terhindarkan.

Oleh karena itu untuk menunjang keamanan dalam menyelesaikan permasalahan kemacetan ini adalah menggunakan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas merupakan lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang khususnya di persimpangan jalan yang berfungsi sebagai pengontrol arus kendaraan di persimpangan karena pengaturannya lebih tegas dan fleksibel (Alamsyah, 2012). Lampu lalu lintas seharusnya diharapkan dapat mengatur kemacetan yang ada sehingga dapat mencegah kemacetan atau kepadatan kendaraan. Tetapi pada kenyataannya hal itu tidak terjadi karena selama ini sistem pengaturan lampu lalu lintas hanya berdasarkan pada waktu yang sudah ditentukan dan pembagian jatah lampu hijau yang sama rata untuk semua jalur tanpa melihat kepadatan jalur lalu lintas yang lain. Semakin lama lampu hijau pada suatu simpang jalan, semakin lama pula lampu merah pada simpang jalan lainnya. Jika suatu simpang jalan yang sedang sepi mendapatkan lama lampu hijau yang sama dengan simpang jalan yang ramai, tentu saja hal ini menjadi kurang efektif karena simpang jalan yang ramai tersebut harus menunggu lampu hijau pada simpang jalan yang sepi yang sebenarnya tidak memerlukan lampu hijau yang terlalu lama (Pour, et al., 2013). Sangat perlu adanya pengaturan waktu untuk lampu hijau atau merah yang lebih fleksibel. Hal ini bertujuan agar lampu hijau pada persimpangan jalan tidak sia-sia dan dapat memperoleh jumlah detik yang sesuai dengan kepadatan yang terjadi di persimpangan jalan.

Dalam pengembangan pengaturan lampu lalu lintas, penulis memanfaatkan metode logika *fuzzy* untuk menghasilkan jumlah detik lampu hijau yang lebih dinamis sesuai dengan kepadatan kendaraan yang ada pada setiap persimpangannya. Adapun tujuan digunakannya metode ini adalah dapat menghasilkan keputusan yang lebih baik karena metode ini memiliki kelebihan yaitu cocok digunakan pada sebagian besar permasalahan di dunia nyata. Kusumadewi (2010) telah menyebutkan bahwa macam-macam masalah yang dapat diselesaikan dengan logika *fuzzy* salah satunya adalah pengaturan kelancaran lampu lalu lintas. Untuk mendapatkan *output* dari detik lampu menggunakan metode mamdani dengan defuzzifikasi MOM (*Mean of Maximum*) untuk mencari nilai rata-rata maksimum dari lamanya lampu hijau yang dibagi menjadi sebentar, sedang, lama, dan sangat lama yang dihitung melalui panjangnya antrian kendaraan ke salah satu jalur yang paling padat dengan menggunakan empat variabel input dari panjang antrian kendaraan yang diatur yang dibagi menjadi tidak padat, normal, dan padat. Panjang antrian kendaraan pada jalur selanjutnya yang dibagi menjadi pendek, sedang, dan panjang. Lebar jalan yang diatur dan lebar jalan pada jalur selanjutnya yang dibagi menjadi sempit dan luas dengan memanfaatkan *toolbox fuzzy* yang sudah tersedia pada Matlab.

Penelitian sejenis mengenai optimalisasi atau pengaturan lampu lalu lintas pernah dilakukan oleh Aditya Yoga Yudanto, Marvin, dan Kevin Sanjaya pada tahun 2013 yang menunjukkan bahwa pengoptimalisasian lampu lalu lintas menggunakan *fuzzy logic* dan diimplementasikan dengan memanfaatkan *toolbox fuzzy* pada Matlab untuk menghasilkan jumlah detik lampu hijau yang lebih dinamis sesuai kepadatan kendaraan yang ada pada suatu simpang jalan dengan menginputkan jumlah kendaraan motor dan mobil (Yudanto, et al., 2013).

## 2. Tinjauan Pustaka

Bagi negara Indonesia khususnya kota-kota besar yang memiliki kemacetan yang sangat tinggi sangat perlu memiliki lampu lalu lintas di setiap persimpangan untuk mengatur kendaraan yang lalu lalang setiap harinya. Lampu lalu lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*),

dan tempat arus lalu lintas lainnya. Yang menjadi ruang lingkup penelitian ini adalah lampu lalu lintas di persimpangan jalan (Yudanto, et al., 2013) atau suatu peranti pemberi sinyal yang ditempatkan di persimpangan jalan, penyeberangan jalan atau lokasi lain untuk menunjukkan keadaan aman untuk mengendarai atau berjalan sesuai dengan kode warna universal (suatu urutan yang persis bagi orang yang menderita buta warna). Lampu lalu lintas sering disebut juga sebagai Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Di Indonesia khususnya pengguna kendaraan bermotor semakin meningkat, akibatnya jumlah kendaraan naik tetapi jumlah jalan tetap sehingga menambah jumlah kepadatan lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan. Kemacetan yang muncul tersebut dapat disebabkan dari beberapa faktor salah satunya adalah faktor pengaturan lampu lalu lintas (Danuri, 2013). Kemacetan lalu lintas bisa menjadi salah satu masalah masyarakat perkotaan yang berimplikasi luas terhadap aspek kehidupan seperti kesehatan, produktivitas, ekonomi dan sebagainya. Menurut Riwinoto dan Isal (2010) salah satu penyebab adanya kemacetan adalah lampu lalu lintas pada setiap jalan yang selalu tetap (statis) baik ketika lampu menyala berwarna merah, kuning, dan hijau. Padahal pada kondisi yang nyata sering terjadi kondisi yang tidak produktif dan mengakibatkan kemacetan ketika lampu merah menyala dan jalan menjadi penuh kendaraan, di sisi jalan yang lain ketika lampu hijau menyala tetapi kondisi saat itu jalan sedang sepi kendaraan.

Penelitian mengenai optimalisasi lampu lalu lintas sudah banyak dilakukan, Seperti penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo dan Sutisna (2014) menghasilkan nilai lamanya waktu lampu hijau menyala tergantung dari jumlah kedatangan suatu jalur pada siklus pertama dan kedua lampu dengan menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 16. Dari penelitian Afriyanti dan Wahyu (2009) sendiri dengan menggunakan Java sebagai *software* untuk membuat suatu sistem pensimulasian lampu lalu lintas yang bekerja secara otomatis dengan basis pengetahuan menggunakan kaidah produksi (IF-THEN) dengan metode Tsukamoto untuk menentukan lamanya waktu lampu hijau menyala tergantung dari jumlah mobil dan lebar jalur pada satu jalan searah. Tidak hanya di Indonesia, penelitian di luar negeri pun semakin berkembang untuk permasalahan lalu lintas. Alam dan Pandey (2014) melakukan penelitian mengenai pembangunan sistem cerdas untuk lampu lalu lintas menggunakan logika *fuzzy*. Penelitian yang serupa dilakukan oleh Kumthekar, et al. (2016) dan Koukol, et al. (2015) yang melakukan penelitian untuk optimisasi sinyal lalu lintas menggunakan logika *fuzzy*. Penelitian lain untuk mengatur lalu lintas menggunakan sebuah sistem kontrol dengan menerapkan logika *fuzzy* dilakukan oleh Choudhary, et al. (2014). Zarandi dan Rezapour (2009) juga melakukan penelitian mengenai pembangunan kontrol sinyal yang ditempatkan di perempatan menggunakan logika *fuzzy*.

## 2.1 Optimalisasi

Secara umum pengertian optimalisasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah berasal dari kata optimal yang berarti terbaik atau pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks. Adapun pengertian dari optimalisasi adalah sebuah proses, cara dan perbuatan (aktivitas/kegiatan) untuk mencari solusi terbaik dalam beberapa masalah, dimana yang terbaik sesuai dengan kriteria tertentu.

## 2.2 Lampu Lalu Lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas (Kandaga & Tjahjadi, 2012). Lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengaturan waktu) yang memberikan hak jalan (pada saat lampu menyala warna hijau) pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien atau lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*) dan tempat arus lalu lintas lainnya, namun yang menjadi ruang lingkup penelitian ini adalah lampu lalu lintas di persimpangan jalan. Banyaknya kendaraan yang lalu lintas di kota besar menyebabkan kemacetan yang sangat mungkin terjadi (Yudanto, et al., 2013).

### 2.3 Persimpangan Jalan

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan yang merupakan pertemuan antar jalan dan perpotongan lintasan kendaraan. Persimpangan merupakan faktor yang penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya daerah perkotaan. Terdapat dua jenis persimpangan yaitu persimpangan bersinyal dan persimpangan tanpa sinyal.

### 2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika *fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh yang merupakan perlengkapan matematika untuk melakukan komputasi variabel yang bersifat tidak pasti. Menurut buku yang dibuat oleh Kusumadewi, logika *fuzzy* menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis (Kusumadewi, 2010) atau *fuzzy* secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Logika *fuzzy* digunakan untuk mengestimasi sesuatu, mengambil keputusan, dan sebagai kontrol mekanik. Dalam himpunan *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai nol sampai satu. Berbeda dengan himpunan tegas (*crisp*) dengan nilai keanggotaan hanya terdapat dua kemungkinan, yaitu satu dan nol. Teori *fuzzy* menyediakan mekanisme untuk mempresentasikan ukuran variabel linguistik seperti “padat”, “sedang”, “tidak padat”, dan sebagainya (Sivanandam, et al., 2007).

Beberapa alasan mengapa orang-orang menggunakan logika *fuzzy* untuk menyelesaikan kasus ini, karena konsep logika *fuzzy* lebih mudah dimengerti, sederhana, fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, dan didasarkan pada bahasa alami. Metode Mamdani merupakan salah satu metode inferensi *fuzzy* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan optimalisasi lalu lintas. Metode Mamdani juga sering dikenal sebagai metode Max-Min yang telah diperkenalkan oleh Embrahin Mamdani tahun 1975.

## 3. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: (1) Studi Literatur. Pada studi literatur akan dilakukan pengumpulan informasi dan data-data dari Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika, berbagai buku referensi, internet, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian. Informasi yang didapat akan dianalisis dan diolah sehingga menjadikan ide yang berkaitan dengan sistem tersebut. (2) Wawancara. Pada wawancara akan melibatkan pegawai dari Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informasi Daerah Istimewa Yogyakarta mengenai informasi kemacetan yang terjadi di persimpangan daerah Yogyakarta dan mengambil sampel gambar antrian kendaraan di salah satu persimpangan guna memperoleh data secara tepat dan akurat. (3) Analisis. Kebutuhan Perangkat Lunak: proses untuk menganalisis dan mendefinisikan data dan informasi yang akan dikembangkan, kemudian dikerjakan dalam laporan Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak (SKPL). (4) Perancangan Kebutuhan Perangkat Lunak. Dalam proses ini akan dilakukan pendeskripsian perancangan sistem yang akan dikembangkan mulai dari perancangan data, perancangan arsitektur, sampai dengan perancangan antarmuka. Perancangan tersebut dikerjakan dalam laporan Deskripsi Perancangan Perangkat Lunak (DPPL). (5) Pembuatan Program. Proses pembuatan program sesuai dengan rancangan sistem menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai dan mengikuti kaidah pemrograman yang berlaku. (6) Pengujian. Proses yang dilakukan untuk menguji program yang dibuat, apakah sudah berjalan baik. Pengujian fungsionalitas perangkat lunak yang dilakukan oleh pengembang, dan hasilnya dilaporkan dalam Perencanaan, Deskripsi, dan Hasil Uji Perangkat Lunak (PDHUPL).

**4. Pembahasan**

**4.1. Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Data diambil dari wawancara dengan petugas Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika Daerah Istimewa Yogyakarta. Data-data yang sudah ada diolah berdasarkan kebutuhan agar dapat dijadikan sebuah input serta akan dijadikan uji sistem. Panjang antrian kendaraan dan lebar jalur yang diatur, panjang antrian kendaraan dan lebar jalur selanjutnya digunakan sebagai data *input* atau masukkan sedangkan untuk *output* sendiri berupa durasi detik lampu hijau.

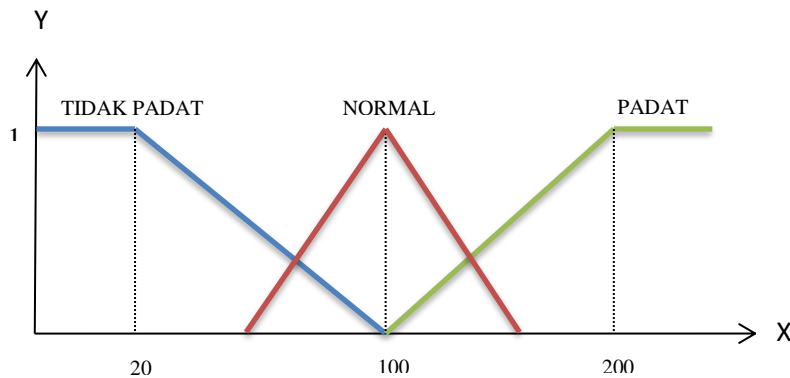
**4.2. Pembentukan Himpunan Fuzzy**

Tahap pertama untuk melakukan perhitungan membuat himpunan *fuzzy* pada masing-masing variabel. Terdapat empat variabel masukan yang dibuat fungsi keanggotaannya, yaitu panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur (tidak padat, normal, dan padat), panjang antrian kendaraan pada jalur selanjutnya (pendek, sedang, dan panjang), lebar jalur yang diatur (sempit dan lebar), dan lebar jalur selanjutnya (sempit dan lebar). Sedangkan untuk durasi lampu hijau sebagai keluarannya atau *output* adalah cepat, sedang, agak lama, lama, dan sangat lama. Himpunan *fuzzy* untuk masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 1.

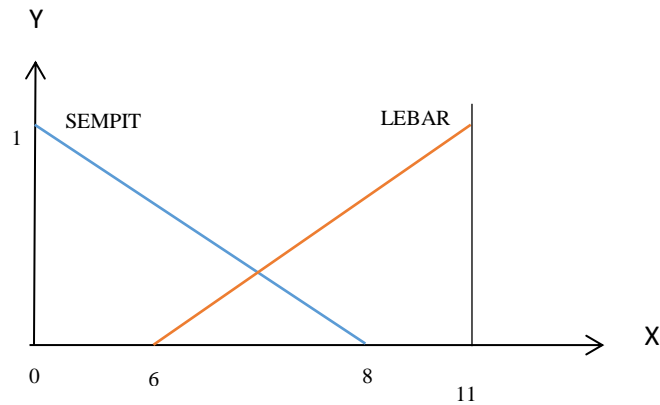
**Tabel 1. Himpunan Fuzzy Masing-Masing Variabel**

Fungsi	Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Panjang Antrian Kendaraan pada Jalur yang diatur	Tidak Padat (TP)	[0,0,20,100]
		Normal (N)	[50,100,150]
		Padat (P)	[100,200,200,200]
	Lebar Jalan pada Jalur yang diatur	Sempit (S)	[0,0,8]
		Lebar (L)	[6,11,11]
	Panjang Antrian Kendaraan pada Jalur Selanjutnya	Pendek (Pe)	[0,0,20,100]
		Sedang (Se)	[50,100,150]
		Panjang (Pa)	[100,200,200,200]
Lebar Jalan Jalur Selanjutnya	Sempit (S)	[0,0,8]	
	Lebar (L)	[6,11,11]	
Output	Durasi Lampu Hijau	Sebentar (Sb)	[2,2,10,30]
		Sedang (Sd)	[10,30,50]
		Lama (La)	[30,50,70]
		Sangat Lama (Sl)	[50,70,70,70]

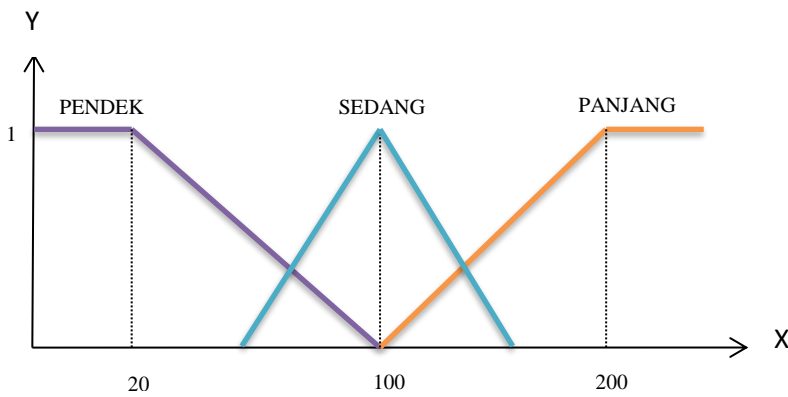
Untuk grafik fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* masing-masing variabel baik variabel *input* dan *output* dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 5.



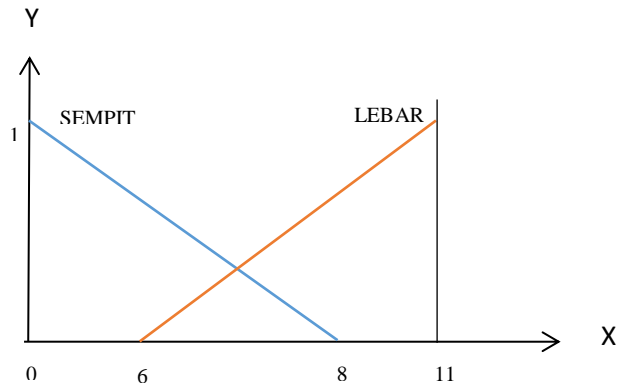
**Gambar 1. Grafik Fungsi Keanggotaan Panjang Antrian Kendaraan pada Jalur yang Diatur**



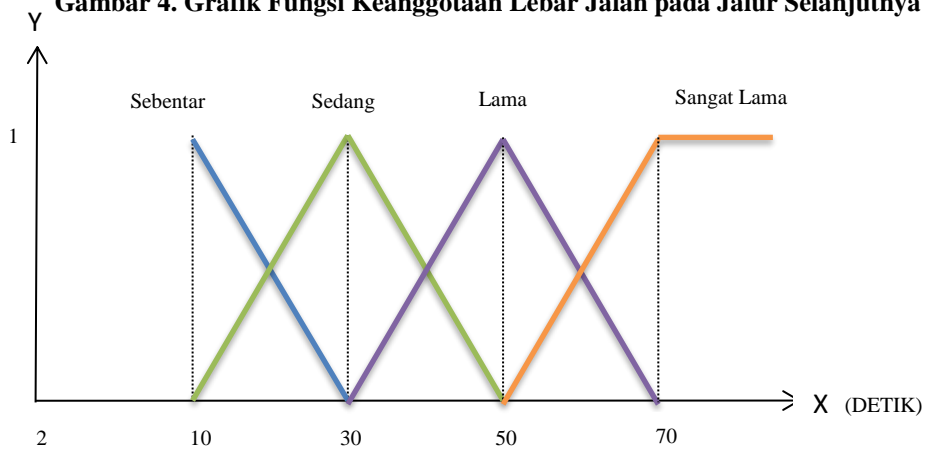
**Gambar 2. Grafik Fungsi Keanggotaan Lebar Jalan pada Jalur yang Diatur**



**Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Panjang Antrian Kendaraan pada Jalur Selanjutnya**



**Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan Lebar Jalan pada Jalur Selanjutnya**



### Gambar 5. Grafik Fungsi Keanggotaan Durasi Lampu Hijau pada Jalur yang Diatur

#### 4.3. Fuzzifikasi

Pada tahap ini akan dilakukan juga perhitungan. Untuk setiap data akan dilakukan proses fuzzifikasi dengan masukan data adalah sebagai berikut : a. Panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur: panjang antrian kendaraan yang akan diatur untuk menambahkan durasi lampu hijau dengan melihat kepadatan jalan. b. Panjang antrian kendaraan pada jalur selanjutnya: panjang antrian yang akan dikurangkan dengan durasi lampu hijau dengan melihat kepadatannya. c. Lebar jalan jalur yang akan diatur: lebar jalan yang nantinya akan diatur sesuai dengan jalur kepadatannya. d. Lebar jalan jalur selanjutnya: lebar jalan yang nantinya akan diatur setelahnya sesuai dengan jalur kepadatannya. Sebagai contoh dalam proses ini pengguna memberikan beberapa kasus yang ditunjukkan dalam Tabel 2:

**Tabel 2. Input Panjang Antrian Kendaraan pada Saat Lampu Merah Menyala**

No	Panjang Antrian yang Diatur	Lebar jalan yang Diatur	Panjang Antrian Selanjutnya	Lebar jalan Selanjutnya	Keterangan
1	96	8.1	141	10.5	Condong Catur arah selatan dan barat jam 07.00
2	141	10.5	121	8.1	Condong Catur arah barat dan utara jam 07.00
3	121	8.1	165	8.4	Condong Catur arah utara dan timur jam 07.00
4	165	8.4	96	8.1	Condong Catur arah timur dan selatan jam 07.00

#### 4.4. Inferensi Berdasarkan Aturan (*Rule*)

Nilai  $\mu$  yang telah didapatkan dari tahap fuzzifikasi akan diterapkan dalam perhitungan aturan. Untuk keluaran masing-masing *rule* akan diambil nilai terkecil atau minimum yang menggunakan “dan” dari semua nilai yang telah dihitung. Sedangkan operator “atau” mengambil nilai terbesar. Aturan yang dibentuk dalam kasus ini adalah: (1) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya pendek dan lebar jalan selanjutnya sempit *then* durasi lampu hijau sebentar. (2) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat *and* lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya pendek dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau sebentar. (3) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya sedang dan lebar jalan selanjutnya sempit *then* durasi lampu hijau sebentar. (4) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya sedang dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau sebentar. (5) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya panjang dan lebar jalan selanjutnya sempit *then* durasi lampu hijau sebentar. (6) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya panjang dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau sebentar. (7) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur lebar dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya pendek dan lebar jalan selanjutnya sempit *then* durasi lampu hijau sebentar. (8) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur lebar dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya pendek dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau sebentar. (9) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur lebar dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya sedang dan lebar jalan selanjutnya sempit *then* durasi lampu hijau sebentar. (10) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur tidak padat dan lebar jalan yang diatur lebar dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya sedang dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau sebentar. (11) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur





durasi lampu hijau lama. (34) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur padat dan lebar jalan yang diatur lebar dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya sedang dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau lama. (35) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur padat dan lebar jalan yang diatur lebar dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya panjang dan lebar jalan selanjutnya sempit *then* durasi lampu hijau lama. (36) *If* panjang antrian kendaraan pada jalur yang diatur padat dan lebar jalan yang diatur sempit dan panjang antrian kendaraan jalur selanjutnya panjang dan lebar jalan selanjutnya lebar *then* durasi lampu hijau sangat lama.

#### 4.5. Defuzzifikasi

Tahap selanjutnya adalah defuzzifikasi dimana hasil dari semua perhitungan dengan menggunakan data dari dalam basis data pada bagian aturan dikumpulkan menjadi satu, lalu akan ditarik sebuah kesimpulan mencari nilai pada masing-masing *rule* yang memiliki nilai  $\mu$  pada *output*-nya dengan metode Mamdani MOM (*Mean of Maximum*) yaitu diambil nilai rata-rata domain samar yang memiliki nilai maksimum pada nilai yang dianut pada variabel *output*-nya, dengan menghitung khususnya pada grafik segitiga. Contoh perhitungan untuk data pertama pada Tabel 3 adalah sebagai berikut:

$$MOM = \frac{50 + 10}{2} = 30 \text{ detik}$$

Hasil defuzzifikasi terhadap kasus yang diangkat secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Defuzzifikasi**

No	Panjang Antrian yang Diatur	Lebar jalan yang Diatur	Panjang Antrian Selanjutnya	Lebar jalan Selanjutnya	Hasil Defuzzifikasi (dalam detik)
1	96	8.1	141	10.5	30
2	141	10.5	121	8.1	50
3	121	8.1	165	8.4	30
4	165	8.4	96	8.1	50

Dari Tabel 3 dapat dilihat pada salah satu data bahwa jika panjang antrian yang diatur 96 m, lebar jalan yang diatur 8,1 m, panjang antrian selanjutnya 141 m, dan lebar jalan selanjutnya 10,5 m maka hasil defuzzifikasi akan menghasilkan jumlah detik lampu hijau sebanyak 30 detik. Begitu pula untuk data nomor dua sampai empat. Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya jumlah antrian di satu persimpangan yang dihitung tetapi kondisi persimpangan jalan setelahnya juga ikut menjadi perhitungan untuk menentukan jumlah detik lampu hijau.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai tentang implementasi dalam mengoptimisasi lampu lalu lintas dapat ditarik kesimpulan pada pengimplementasian logika *fuzzy* sistem optimalisasi lampu lalu lintas dengan memasukan panjang antrian pada setiap arah jalur persimpangan, dan memiliki empat masukan untuk diimplementasikan ke dalam logika *fuzzy* yaitu panjang antrian yang diatur, lebar jalan yang diatur, panjang antrian selanjutnya, dan lebar jalan selanjutnya yang diambil dari dua jalur pada persimpangan maksudnya supaya sistem tidak hanya memperhatikan antrian pada jalur yang diatur saja tetapi juga memperhatikan jalur yang sedang menunggu atau yang akan diatur selanjutnya dan keluaran berupa waktu durasi maksimal lampu hijau pada jalur yang diatur.

#### Referensi

Afriyanti, L., & Wahyu, R. W. (2009). *Aplikasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto pada Simulasi Traffic Light Menggunakan Java*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI). hal. 104-107.

- Alam, J., & Pandey, M. K. (2014). Development of Intelligent Traffic Light System Based on Congestion Estimation Using Fuzzy Logic. *International Organization of Scientific Research, Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 16(3) : 36-44.
- Alamsyah, A. (2012). Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. *MEKTEK*, 14(3).
- Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta. (2016). Analisis Informasi Statistik Pembangunan Daerah Istimewa Yogyakarta 2016. Yogyakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah - Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Choudhary, A., Keskar, A.G., Kothari, P., Gajghate, A., & Pandey, A. (2014). Adaptive Control of Traffic Grid using Fuzzy Logic. *International Journal of Electrical, Electronics, and Data Communication*, 2(8) : 51-57.
- Danuri, M. (2013). Traffic Manajemen Center dengan Logika Fuzzy dan Sensor Kamera. *INFOKAM*, 4(2) : 6-18.
- Kandaga, T., & Tjahjadi, E. (2012). Aplikasi Simulasi Hubungan Antrian yang Terjadi Dan Penentuan Waktu Hidup Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan. *Jurnal Informatika*, 7(1) : 87.
- Koukol, M., Zajíčková, L., Marek, L., & Tuček, P. (2015). *Fuzzy Logic in Traffic Engineering: A Review on Signal Control*. Mathematical Problems in Engineering. Volume 2015. Hindawi Publishing Corporation.
- Kumthekar, Y., Patil, A.N., Notani, Y., Fating, J., & Das, S. (2016). Traffic Signal Optimization and Flow Control using Fuzzy Logic. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 4(5) : 153-156.
- Kusumadewi, S. (2010). *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab (1 ed.)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pour, N. S., Asadi, H., & Kheradmand, M. P. (2013). Fuzzy Multiobjective Traffic Light Signal Optimization. *Journal of Applied Mathematics*. pp. 1-7.
- Prasetyo, H., & Sutisna, U. (2014). Implementasi Algoritma Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler. *TECHNO (Jurnal Fakultas Teknik)*, 15(2) : 01-08.
- Riwinoto, & Isal, Y. K. (2010). *Simulasi Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Kota Depok dengan Menggunakan Pendekatan Greedy Berbasis Graf*. Seminar Nasional Sistem dan Informatika. pp. 92-97.
- Sivanandam, D. S., Deepa, S., & Sumanthi, D. S. (2007). *Introduction to Fuzzy Logic using Matlab* (1 ed.). Berlin: Springer.
- Yudanto, A. Y., Apriyadi, M., & Sanjaya, K. (2013). Optimalisasi Lampu Lalu Lintas dengan Fuzzy Logic. *ULTIMATICS*, 5(2) : 58 - 62.
- Zarandi, M. H. F., & Rezapour, S. (2009). A fuzzy signal controller for isolated intersections. *Journal of Uncertain Systems*, 3(3) : 174-182.