

# Pengendalian *Traffic Light* Berbasis Logika *Fuzzy* pada Kasus Persimpangan Dalam Kota dengan Satu Jalur Kepadatan yang Dinamik

## *Traffic Light Control Based on Fuzzy Logic on The Case of Intersection in The City with One Dynamic Density Lane*

Septrian Ujianto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Komputer Indonesia Jl. Dipati ukur No 112, Bandung

Email : septrianujianto@mahasiswa.unikom.ac.id

**Abstrak** – Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang pengontrol lampu lalu lintas pada kasus persimpangan di kota dengan satu lajur kepadatan dinamis. Metode yang digunakan adalah metode logika fuzzy yang memiliki parameter input berupa “tingkat kepadatan kendaraan pada suatu jalur” dan “lama berhenti” secara real-time dengan output berupa “lama lamanya lampu hijau pada setiap jalur”. Pengujian dilakukan pada MATLAB dengan membandingkan rata-rata waktu tunggu antara metode logika fuzzy, metode kontrol adaptif, metode Webster dan metode Automated Density untuk menentukan metode yang lebih baik. Hasil rata-rata waktu tunggu kendaraan pada simpang menggunakan metode fuzzy logic, adaptif, webster dan automatic density masing-masing adalah 3,13647 detik; 3,3 detik; 6,43 detik dan 3,72 detik. Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa pengendali lampu lalu lintas berbasis logika fuzzy memiliki rata-rata waktu yang lebih rendah dibandingkan dengan metode lainnya pada kondisi pengujian 1, 3, 6 dan 7. Antrian pada jalur lampu lalu lintas yang dikendalikan logika fuzzy memiliki nilai tunggu yang lebih kecil karena nilai durasi dioptimalkan sesuai dengan kondisi kepadatan kendaraan dan lamanya waktu kendaraan berhenti. Dapat disimpulkan bahwa kontroler logika fuzzy telah berhasil dirancang untuk kasus simpang jalan perkotaan dengan satu jalur densitas dinamis.

**Kata kunci** : Pengendali Lampu Lalu Lintas, Logika Fuzzy, MATLAB, LabVIEW, PLC.

**Abstract** - The purpose of this study is to design a traffic light controller in the case of an intersection in a city with one dynamic density lane. The method used is a fuzzy logic method that has input parameters in the form of "vehicle density level on a line" and "long time has stopped" in real-time with output in the form of "long duration of green light on each lane". The test was carried out on MATLAB by comparing the average waiting time between the fuzzy logic method, the adaptive control method, the Webster method and the Automated Density method to determine the better method. The results of each average waiting time for vehicles at intersections using fuzzy logic, adaptive, webster and automated density methods respectively are 3.13647 seconds; 3.3 seconds; 6.43 seconds and 3.72 seconds. Based on the experimental results, it can be concluded that the traffic light controller based on fuzzy logic has a lower average time than other methods under test conditions 1, 3, 6 and 7. Queues on traffic light lines controlled by fuzzy logic have a smaller waiting value because the duration value is optimized according to vehicle density conditions and the length of time the vehicle has been stopped. It can be concluded that the fuzzy logic controller has been successfully designed for the case of urban intersections with one dynamic density path.

**Keywords** : Traffic Light Control, Fuzzy Logic, MATLAB, LabVIEW, PLC.

## I. PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan media transportasi di kota Bandung, maka akan mempengaruhi tingkat kepadatan lalu lintas kendaraan di jalan raya. Sedangkan tidak semua

jalur akan memiliki tingkat kepadatan yang sama pada waktu yang berbeda-beda, seperti pada waktu dini hari, siang dan juga malam. Sistem-sistem lampu lintas yang sudah ada dapat dilihat pada penelitian sebelumnya [1-3]. Sistem lampu lalu lintas tersebut masih menerapkan sistem yang

sama pada waktu-waktu yang berbeda. Sehingga tingkat kemacetan pada waktu sibuk seperti jam berangkat kerja dan jam pulang kerja tidak termasuk faktor yang diperhatikan.

Oleh karena itu akan dibuat sebuah sistem yang tidak hanya menentukan berapa lama durasi lampu hijau berdasarkan kepadatan secara real-time, tetapi juga akan melihat pada “lama waktu telah berhenti” suatu kendaraan di jalur yang menyala lampu merah. Metoda yang akan digunakan dalam sistem ini adalah metoda logika *fuzzy* dengan parameter input berupa tingkat kepadatan dan waktu dengan outputnya adalah durasi lampu hijau. Sistem ini akan disimulasikan pada kondisi dua jalur dengan satu jalur dengan kepadatan yang dinamik. Hasil dari simulasi tersebut akan dibandingkan dengan sistem dengan metoda lainnya untuk melihat apakah sistem yang dibuat memiliki kelebihan daripada sistem lain.

"Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra Untuk Mengontrol Kepadatan Lalu Lintas Pada Persimpangan Dua Arah Berbasis Logika Fuzzy"[4], pada sistem ini dibuat menggunakan logika *fuzzy* berdasarkan input kepadatan kendaraan untuk mengatur waktu siklus lampu hijau. Input kepadatan pada sistem ini diambil menggunakan sistem kamera atau *image processing* yang akan mengambil jumlah kendaraan di tempat. Sedangkan untuk “Kendali Lampu Lalu Lintas Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani”[5], sistem ini juga menggunakan sistem logika *fuzzy* tapi pengambilan input pada sistem ini menggunakan sensor infrared di mana mengambil variabel masukan panas dari kendaraan sehingga semakin padat jalur maka semakin panas jalur tersebut. Tetapi kedua jurnal ini hanya menggunakan nilai kepadatan, sedangkan pada penelitian ini akan memperhatikan “lama waktu telah berhenti”.

Untuk jurnal yang menggunakan metoda *Webster* adalah “Optimasi Lampu Lalu Lintas Cerdas Menggunakan Metode Webster”[6]. Pada Sistem ini menggunakan metoda *Webster* untuk mengoptimasi durasi waktu panjang siklus lampu lalu lintas dan meminimalkan waktu penundaan rata-rata kendaraan berdasarkan perhitungan matematis. Pada penelitian ini dilakukan perancangan miniatur lampu lalu lintas dengan tiga jalur. Metoda *webster* akan membandingkan jumlah kendaraan dan juga lebar jalan yang digunakan untuk menentukan berapa lama siklus lampu hijau. Dari hasil pengolahan data tersebut kemudian dijadikan sebagai masukan mikrokontroler untuk mengendalikan sistem sensor dan mengatur durasi waktu lampu lalu lintas

di persimpangan berdasarkan kepadatan kendaraan.

Untuk jurnal yang menggunakan metoda adaptif adalah “Desain Sistem Kontrol Traffic Light Adaptif Pada Persimpangan Empat Berbasis PLC Siemens”[7][8]. Pada sistem ini dirancang menggunakan metode adaptif dengan menggunakan panjang kemacetan pada persimpangan untuk mengatur penambahan lama waktu siklus lampu hijau berdasarkan 3 sensor yang ada di jalur. Pada sistem kontrol traffic light adaptif ini terdapat dua buah sensor kemacetan yang diletakkan pada pertengahan jalur simpang empat yang akan menghidupkan seluruh lampu merah jika terjadi hal tidak terduga seperti saat setelah padamnya aliran listrik.

Untuk jurnal “Desain Sistem Pengatur Lampu Lalu Lintas Dengan Identifikasi Kepadatan Kendaraan Menggunakan Metode Subtraction”[9]. Pada sistem ini dirancang menggunakan teknik pengolahan citra. Metoda yang digunakan adalah *metode subtraction* di mana teknik ini akan membandingkan gambar yang diambil dengan citra referensi. Hasil dari proses itu adalah jumlah piksel putih yang akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk mengontrol durasi nyala lampu hijau.

Untuk jurnal yang menggunakan metoda *automated density* adalah “Density Based Traffic Control” [10][11]. Pada sistem ini menggunakan 4 sensor pada perempatan. Sistem ini akan mengubah jumlah durasi waktu berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati bagian yang ditentukan. Nilai awal waktu adalah 5 s dan ketika sensor mendeteksi kendaraan lewat maka akan diberikan sebuah delay sebesar 20 s.

Pada jurnal "Traffic Light Control by Multiagent Reinforcement Learning Systems", sistem ini menggunakan teknik *Multiagent Reinforcement Learning* di mana setiap pengendali (*agent*) memiliki tanggung jawab untuk mengoptimalkan satu persimpangan. Pengendali ini juga akan memperhatikan informasi tingkat kemacetan pada persimpangan yang bersebelahan, model perilaku kendaraan yang dipelajari, dan nilai fungsi perhitungan yang menentukan bagaimana keputusan yang akan diambil.

Beberapa tujuan pada penelitian ini adalah merancang logika *fuzzy* pada kasus persimpangan dalam kota dengan satu jalur kepadatan yang dinamik pada MATLAB dan membandingkan rata-rata waktu tunggu antara metoda logika *fuzzy*, metoda *adaptive control*, metoda *Webster* dan metoda *Automated Density*. Hasil dari perbandingan rata-rata waktu tunggu dengan

metoda lain akan menentukan apakah metoda logika *fuzzy* lebih baik dengan sistem yang lain.

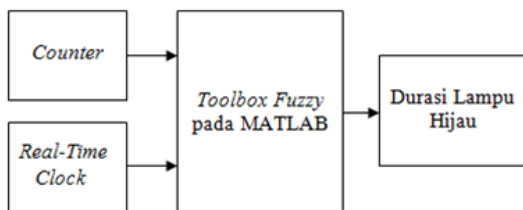
## II. METODOLOGI

Sistem lampu lalu lintas yang sudah ada masih menerapkan sistem yang sama pada waktu-waktu yang berbeda. Sehingga tingkat kemacetan pada waktu sibuk seperti jam berangkat kerja dan jam pulang kerja tidak termasuk faktor yang diperhatikan. Oleh karena itu akan dibuat sebuah sistem yang tidak hanya menentukan berapa lama durasi lampu hijau berdasarkan kepadatan secara real-time, tetapi juga akan melihat pada “lama waktu telah berhenti”. Metoda yang akan digunakan dalam sistem ini adalah metoda logika *fuzzy* dengan parameter input berupa tingkat kepadatan dan waktu dengan outputnya adalah durasi lampu hijau. Metoda *fuzzy* memiliki kelebihan dalam lebih mudah dimengerti dan juga fleksibel terhadap data yang angkanya tidak pasti/ambigu seperti sangat macet, macet dll.

Pada bab ini akan dijelaskan perancangan sistem yang digunakan pada penelitian ini. Di sini akan dijelaskan blok diagram, perancangan program pada LabVIEW dan MATLAB dan juga *flowchart*-nya.

### A. Blok Diagram

Blok diagram dapat dilihat pada **Gambar 1**. Sistem berikut memiliki 2 input, yaitu counter yang bekerja dengan cara menghitung jumlah kendaraan masuk dan keluar pada setiap jalur dan *Real-Time Clock* (RTC) yang akan mengambil data waktu pengambilan. Hasil dari input tersebut akan dimasukkan ke dalam *toolbox.fuzzy* MATLAB untuk diproses sehingga menghasilkan output berupa durasi lampu hijau pada setiap jalur.

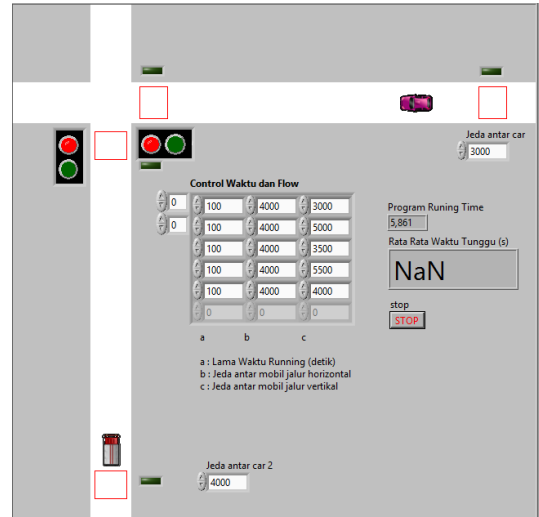


Gambar 1. Blok Diagram

### B. Perancangan Simulator

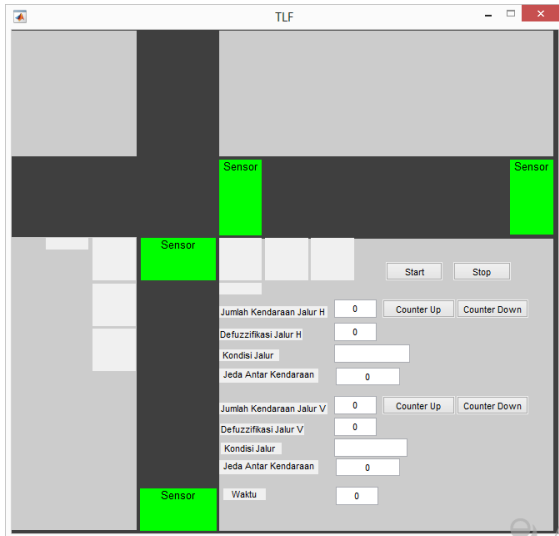
Pada penelitian ini LabVIEW digunakan untuk membuat simulasi lampu lalu lintas. Program ini digunakan untuk mensimulasikan *traffic* kendaraan masuk dan keluar pada setiap jalur. Pengambilan data pada program ini dilakukan dengan cara mengatur berapa lama waktu diambilnya data, jeda antar mobil

jalur vertikal dan jeda antar mobil jalur horizontal. Hasil dari simulasi *traffic* adalah rata-rata waktu tunggu kendaraan. Tampilan program simulasi pada LabVIEW dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Interface program simulasi LabVIEW

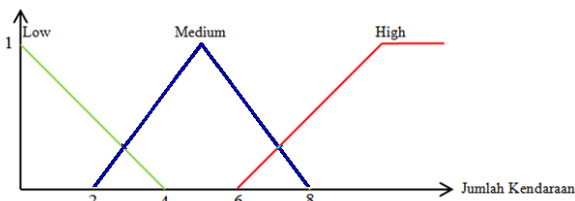
Sedangkan pada MATLAB digunakan untuk mengolah data input ke dalam logika *fuzzy* di mana akan menghasilkan sebuah output berupa durasi lampu hijau. Pada MATLAB digunakan *toolbox fuzzy* untuk mengolah data dan menampilkannya pada GUI MATLAB. Untuk percobaan simulasinya yang perlu dilakukan adalah mengatur terlebih dahulu nilai waktu dan juga jeda antar kendaraan tiap jalur sehingga setelah ditekan tombol “start” maka hanya digunakan tombol “counter up” dan “counter down” untuk menyesuaikan jumlah kendaraan dengan simulasi pada LabVIEW. Hasil *defuzzification* dapat dilihat pada bagian *defuzzification* jalur yang berupa output durasi lampu hijau. Tampilan program dapat dilihat pada **Gambar 3**.



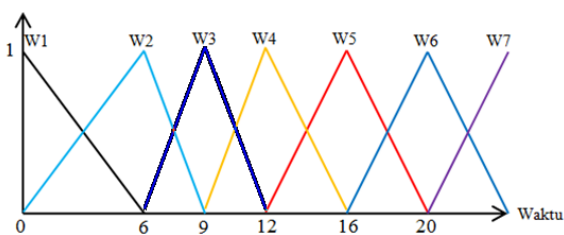
Gambar 3. Tampilan program simulasi pada MATLAB

**C. Perancangan Logika Fuzzy**

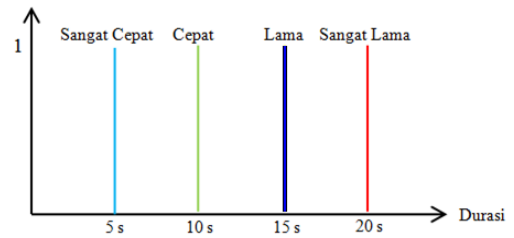
Dalam metoda logika fuzzy yang akan digunakan adalah input berupa jumlah kendaraan dan indikasi waktu, serta output berupa durasi berapa lama lampu hijau berdasarkan hasil perbandingan dua input tersebut. Dalam pengontrolan lampu lalu lintas maka dibuat sebuah fungsi keanggotaan input seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5 dan output pada Gambar 6 yang akan dijadikan sebagai parameter input dan output.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Input Kepadatan



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Input Waktu



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Output

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa masing-masing input dan output memiliki *membership function*. Di mana *membership function* untuk kepadatan, yaitu Rendah (Low), Menengah (Medium), Tinggi (High), sedangkan *membership function* untuk waktu, yaitu Waktu 1 (W1), Waktu 2 (W2), Waktu 3 (W3), Waktu 4 (W4), Waktu 5 (W5), Waktu 6 (W6) dan Waktu 7 (W7). Dari kedua input tersebut akan didapatkan output berupa durasi lampu setelah kedua input dibandingkan menggunakan aturan yang tertera pada Tabel 1

Dari Tabel I, bentuk *rule* yang dirancang adalah : IF (Anteseden1) AND (Anteseden2) THEN (Konsekuen). Sehingga dari tabel tersebut dapat aturan *fuzzy* sebagai berikut :

- Rule 1 : IF (Kepadatan = Low) AND (Waktu = W1) THEN (Durasi Lampu Hijau = Sangat Cepat).
- Rule 2 : IF (Kepadatan = Medium) AND (Waktu = W1) THEN (Durasi Lampu Hijau = Sangat Cepat).
- Rule 3 : IF (Kepadatan = High) AND (Waktu = W1) THEN (Durasi Lampu Hijau = Cepat) dan seterusnya

**D. Flowchart Rangkaian**

Tujuan dari pembuatan *flowchart* adalah untuk menjabarkan progres program yang telah dirancang agar lebih mudah untuk dipahami. *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 14. Adapun keterangan-keterangan *flowchart* sebagai berikut :

Pada Gambar 7, dapat dilihat proses awal pengambilan data parameter input untuk dimasukkan ke dalam *library fuzzy* pada MATLAB. Pada proses ini juga didapatkan hasil *defuzzification* yaitu Out1 dan Out2 yang akan diproses selanjutnya.

Tabel I. Tabel Rule untuk Logika Fuzzy

		Waktu (s)						
		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
Kepadatan	Low	5	10	5	10	10	5	5
	Meidum	5	15	10	15	15	10	5
	High	10	20	15	20	20	15	10

Pada Gambar 8, dapat dilihat *flowchart* untuk penentuan kondisi jalur vertikal dan juga durasi lampu hijau jalur vertikal. Untuk penentuan kondisi jalur maka nilai Out1 pada proses sebelumnya, akan melalui tahapan “IF-ELSE” untuk menentukan hasil output yaitu Status1. Sedangkan untuk durasi lampu hijau didapatkan dengan cara membulatkan nilai Out1 ke desimal terdekat.

Pada Gambar 9, dapat dilihat *flowchart* untuk penentuan kondisi jalur horizontal, durasi lampu hijau jalur horizontal dan juga pengaktifan jalur vertikal. Untuk penentuan kondisi jalur maka nilai Out2 pada proses sebelumnya, akan melalui tahapan “IF-ELSE” untuk menentukan hasil output yaitu Status2. Sedangkan untuk durasi lampu hijau didapatkan dengan cara membulatkan nilai Out2 ke desimal terdekat.

Pada Gambar 10, merupakan *flowchart* sistem masuk dan keluar kendaraan pada jalur vertikal. Sensor counter berfungsi untuk menambahkan secara manual jumlah kendaraan masuk dan keluar dari jalur. Proses ini akan terus dilakukan selama jalur masih memiliki waktu, sehingga ketika waktu habis maka proses akan berlanjut ke tahapan selanjutnya.

Pada Gambar 11, memiliki proses yang sama seperti pada Gambar 7. Akan tetapi proses ini dilakukan agar data ter-*update* kembali menyesuaikan keadaan pada saat lampu hijau berubah. Pada proses ini juga didapatkan hasil *defuzzification* yaitu Out1 dan Out2 yang akan diproses selanjutnya.

Pada Gambar 12, memiliki proses yang sama seperti pada Gambar 8 yaitu untuk penentuan kondisi jalur vertikal dan juga durasi lampu hijau jalur vertikal. Akan tetapi tidak mengaktifkan jalur vertikal.

Pada Gambar 13, memiliki proses yang hampir sama untuk penentuan kondisi jalur horizontal, durasi lampu hijau jalur horizontal. Akan tetapi pada tahap ini yang diaktifkan adalah jalur horizontal.

Pada Gambar 14, memiliki proses yang hampir sama seperti pada Gambar 10 yaitu sistem masuk dan keluar kendaraan tetapi pada jalur horizontal. Proses ini akan terus dilakukan selama jalur masih memiliki waktu, dan ketika proses ini selesai maka akan kembali ke proses awal inialisasi tahap 1 selama tombol STOP tidak ditekan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

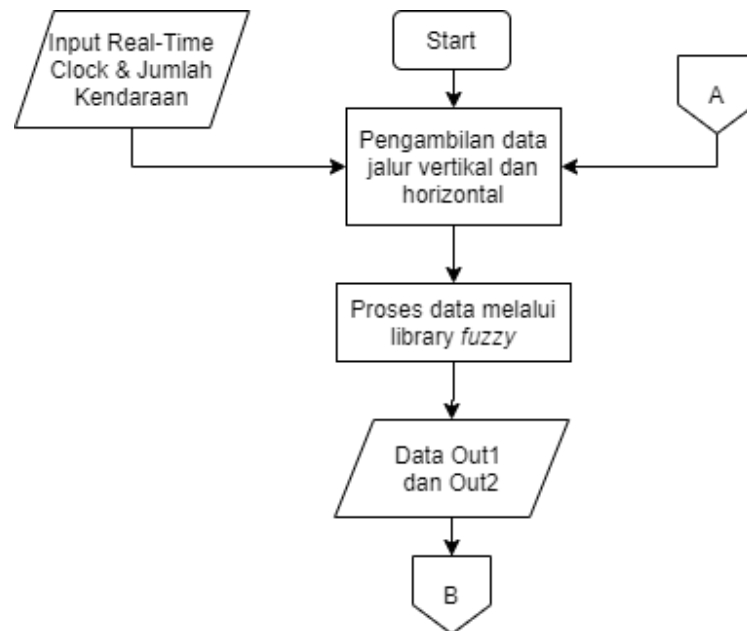
Setiap pengambilan data dilakukan pada perangkat yang berbeda-beda untuk melihat apakah perbedaan spesifikasi mempengaruhi hasil pengambilan data. Percobaan dilakukan pada aplikasi LabVIEW dan MATLAB secara bersamaan, dengan aturan waktu dan jeda pada LabVIEW dapat dilihat pada Tabel II.

Tabel II. Aturan Waktu dan Jeda

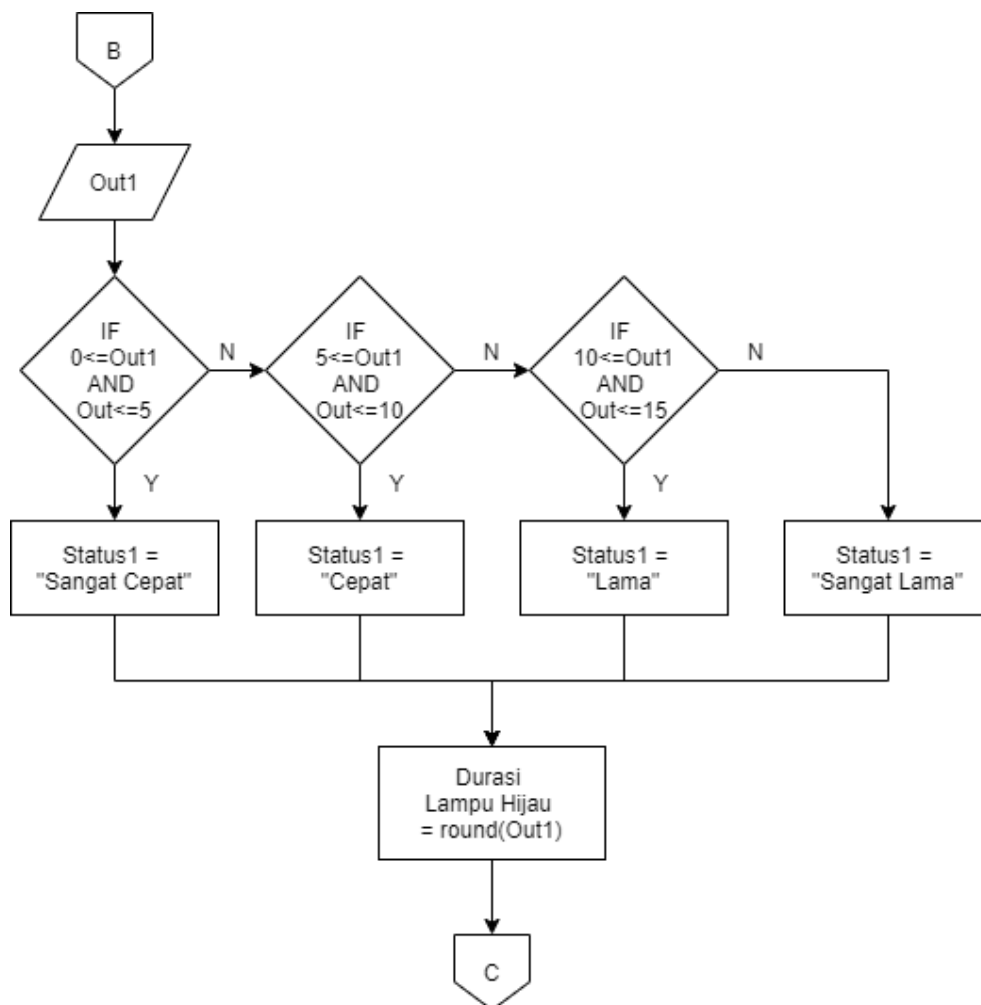
Lama waktu percobaan (detik)	Jeda mobil jalur Vertikal (ms)	Jeda mobil jalur Horizontal (ms)
100	4000	3000
100	4000	5000
100	4000	3500
100	4000	5500
100	4000	4000

#### A. Pengujian Sistem Logika Fuzzy

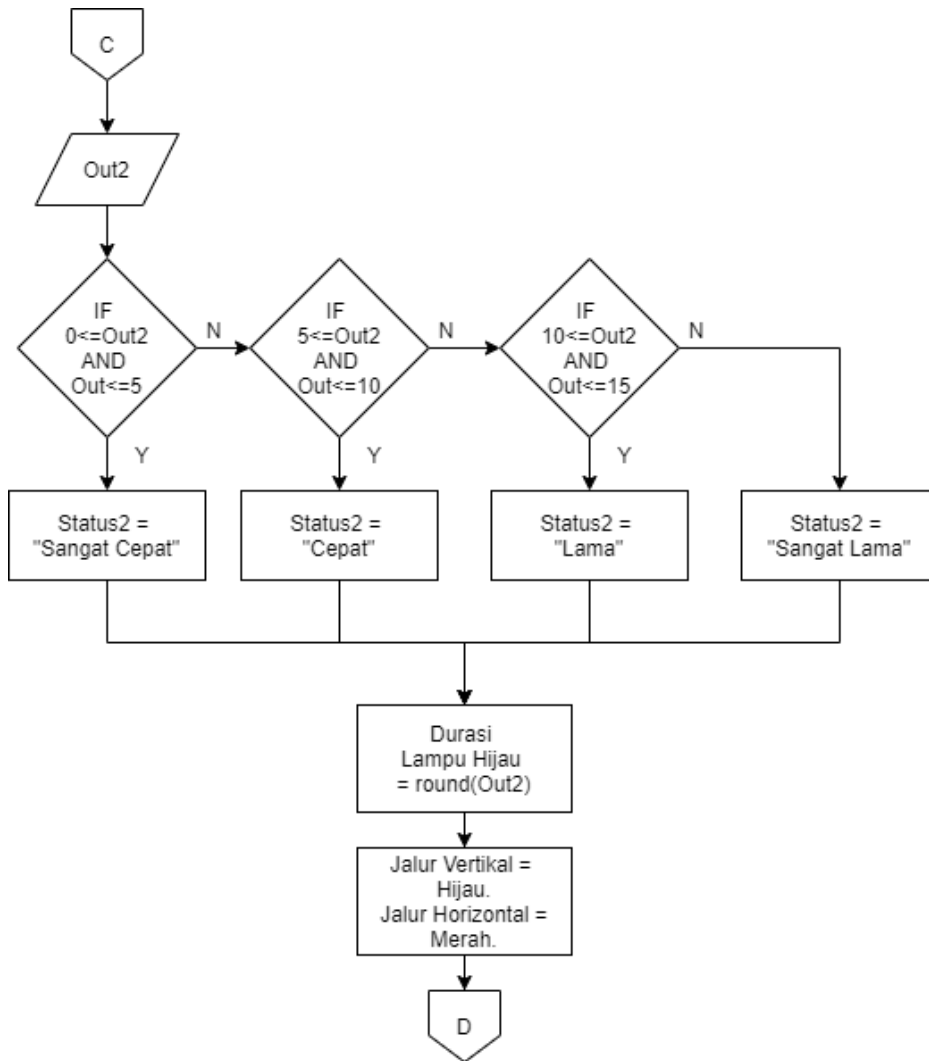
Pengujian ini dilakukan dengan cara menyimulasikan lalu lintas pada dalam kota dengan kondisi salah satu jalur memiliki kepadatan dinamik atau jeda antar kendaraan berubah-ubah dan satu jalur memiliki kepadatan yang tetap. Perbedaan metoda logika *fuzzy* dengan metoda-metoda yang lain adalah metoda logika *fuzzy* menggunakan algoritma logika *fuzzy* di mana dua input yang masuk ke *fuzzy* akan diproses melalui logika *fuzzy* dan menghasilkan output durasi lampu hijau berdasarkan aturan yang sebelumnya sudah ditentukan. Contoh salah satu hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 15.



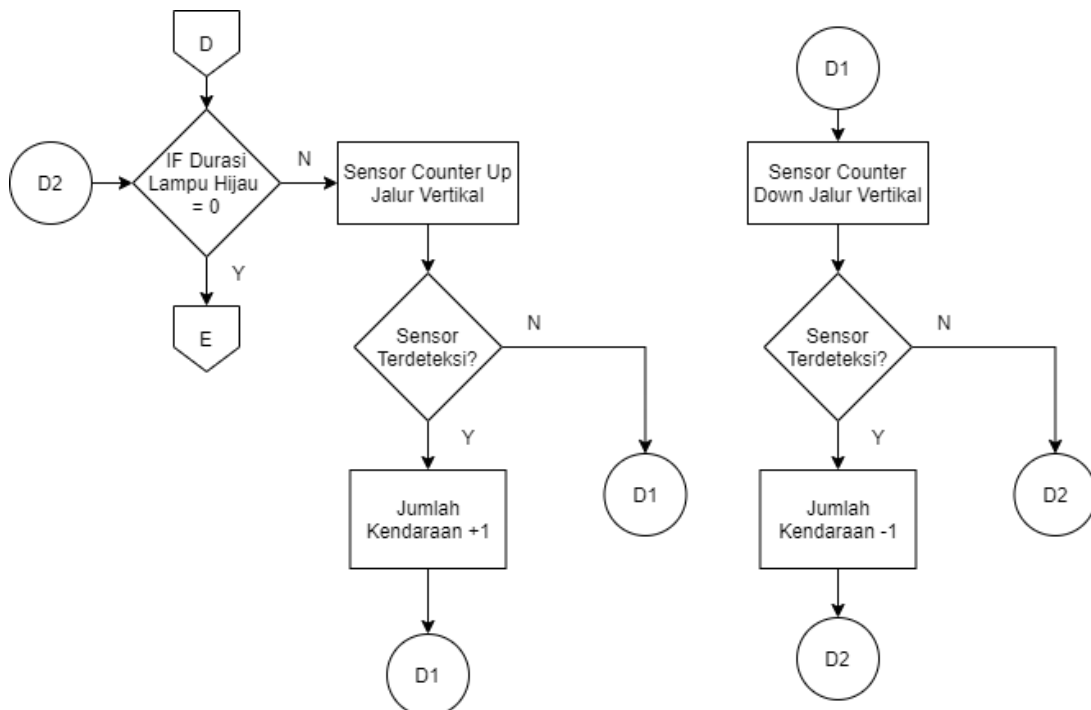
Gambar 7. Flowchart Inisialisasi Fuzzy Siklus 1



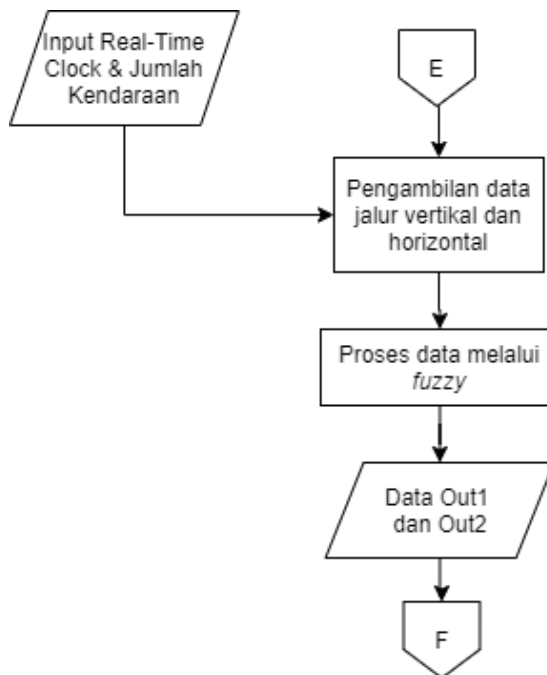
Gambar 8. Flowchart Data Jalur Vertikal pada Siklus 1



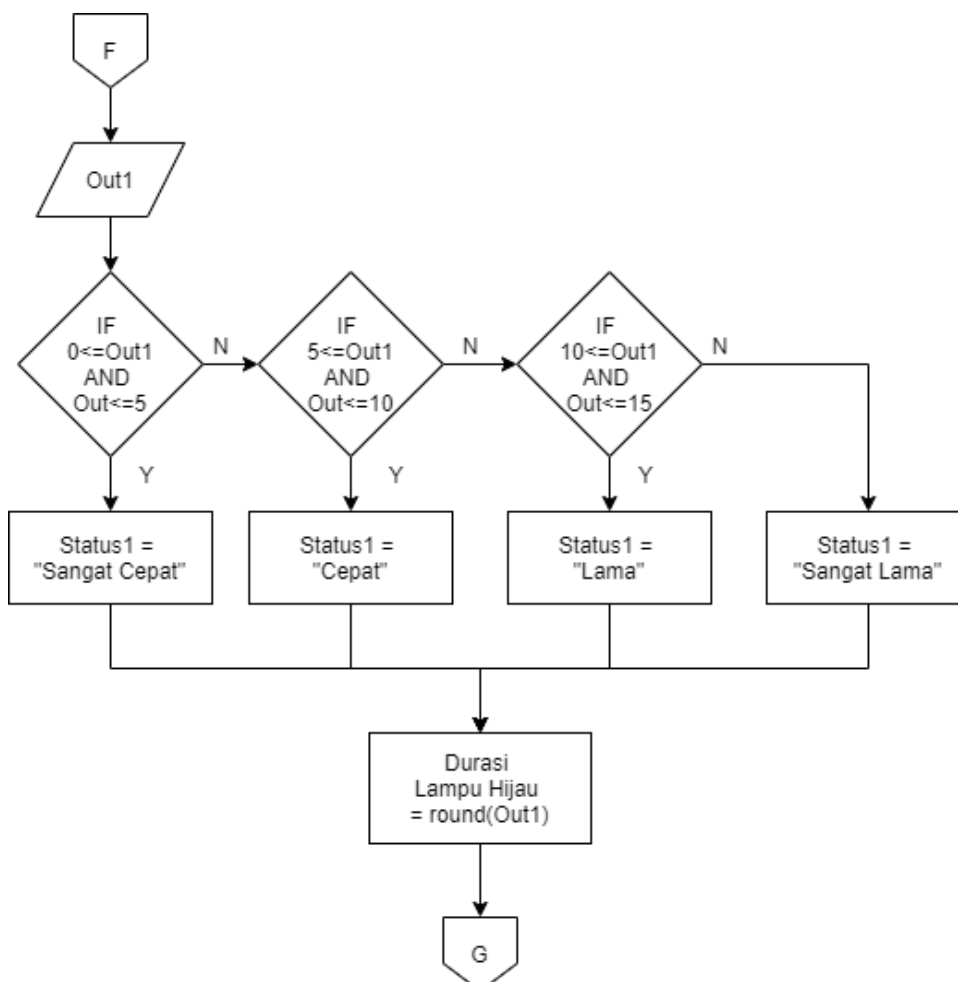
Gambar 9. Flowchart Data Jalur Horizontal Siklus 1



Gambar 10 Flowchart Sensor Kendaraan Jalur Vertikal

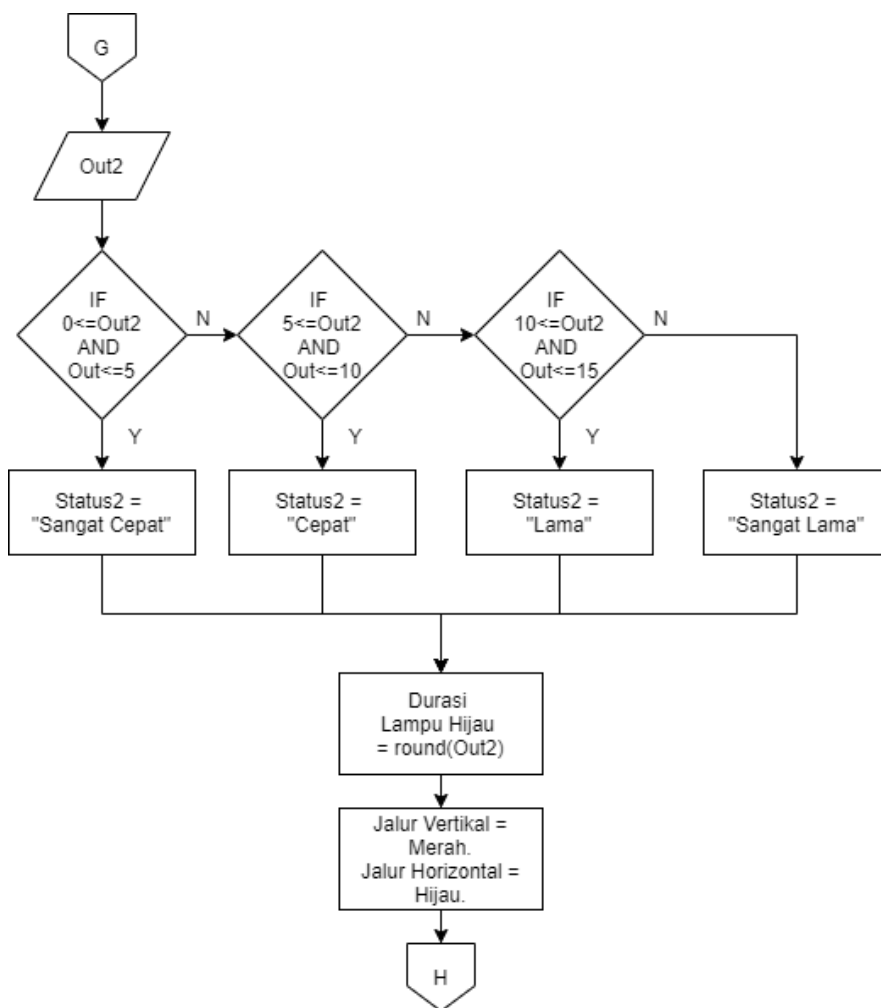


Gambar 11. Flowchart Inisialisasi Fuzzy Siklus 2

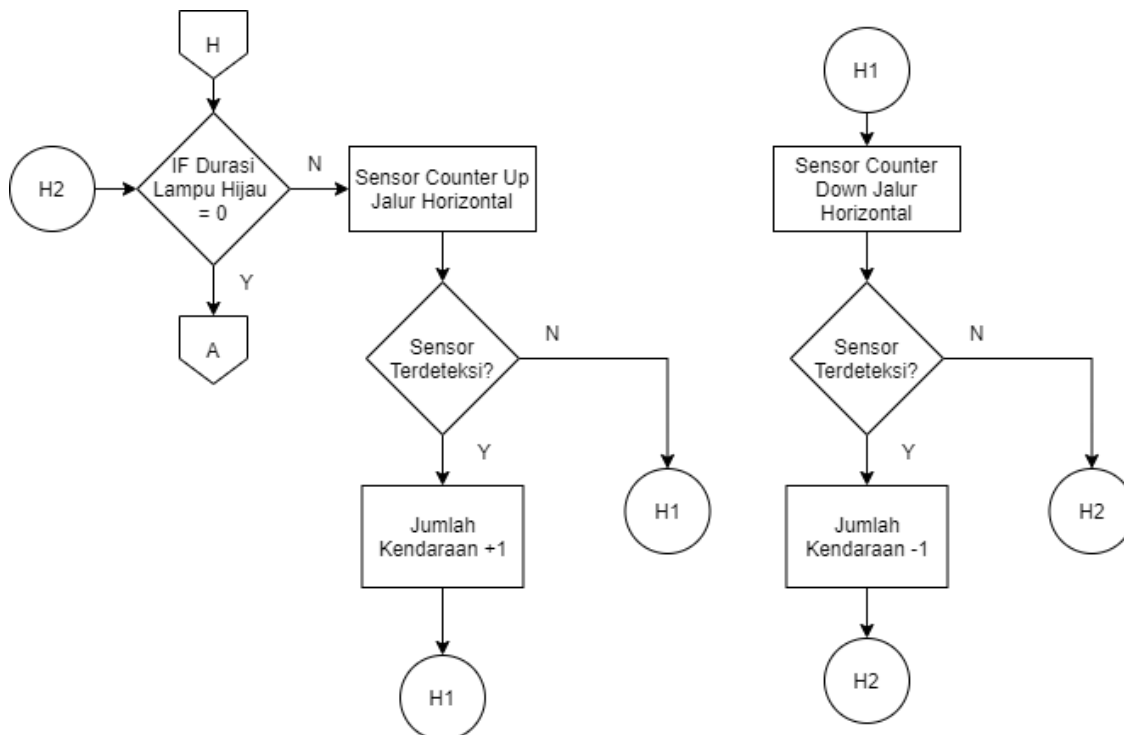


Gambar 12. Flowchart Data Jalur Vertikal pada Siklus 2

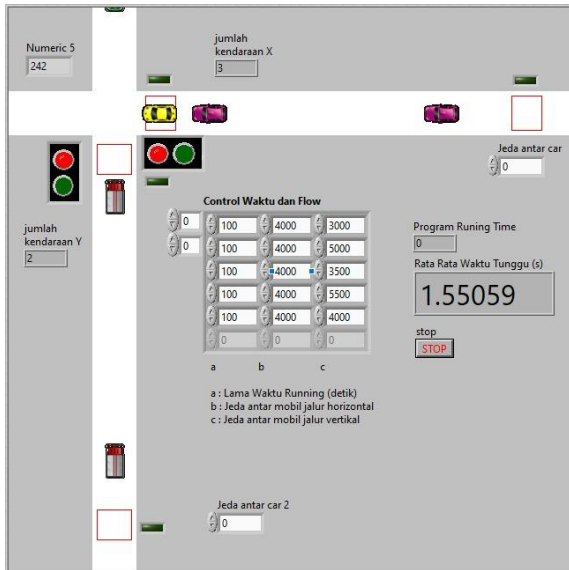




Gambar 13. Flowchart Data Jalur Horizontal Siklus 2



Gambar 14. Flowchart Sensor Kendaraan Jalur Horizontal



Gambar 15. Percobaan Waktu 1 pada Laptop 1

Pada percobaan ini dilakukan simulasi sistem lalu lintas sebanyak 7 kali dengan input kondisi Waktu 1 pada pukul 00.00, Waktu 2 pada pukul 06.00, Waktu 3 pada pukul 09.00, Waktu 4 pada pukul 12.00, Waktu 5 pada pukul 16.00, Waktu 6 pada pukul 20.00 dan Waktu 7 pada pukul 22.00. Percobaan waktu 1 sampai dengan waktu 7 di atas disimulasikan dengan jeda antar mobil jalur vertikal yang tetap dan jeda antar mobil jalur horizontal yang bervariasi. Berdasarkan perhitungan maka keseluruhan percobaan pada sistem logika *fuzzy* menghasilkan nilai rata-rata waktu tunggu keseluruhan sebesar 3,13647 s. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel III.

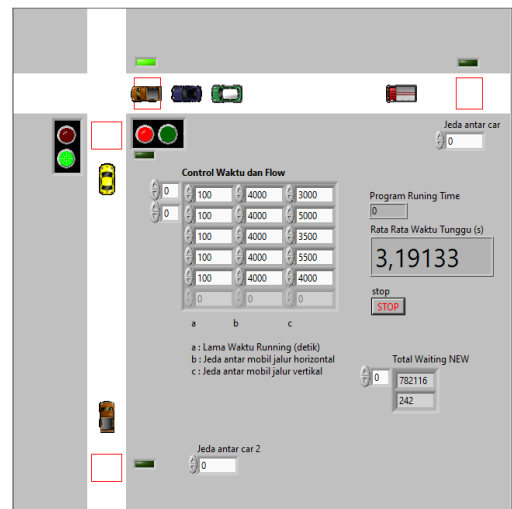
Tabel III. Hasil Percobaan Metoda Logika Fuzzy

Waktu	Rata-rata Waktu Tunggu
Kondisi pengujian 1	1,55 detik
Kondisi pengujian 2	4,77 detik
Kondisi pengujian 3	2,50 detik
Kondisi pengujian 4	4,13 detik
Kondisi pengujian 5	4,37 detik
Kondisi pengujian 6	2,95 detik
Kondisi pengujian 7	1,68 detik
Rata-rata	3,14 detik

**B. Pengujian Sistem Adaptive**

Pengujian ini dilakukan dengan cara menyimulasikan lalu lintas pada dalam kota dengan kondisi salah satu jalur memiliki kepadatan dinamik atau jeda antar kendaraan

berubah-ubah dan satu jalur memiliki kepadatan yang tetap. Metoda *adaptive control* adalah sistem yang mengatur durasi lampu hijau berdasarkan jumlah kepadatan kendaraan yang masuk di mana ketika jalur mengalami kemacetan maka sistem tersebut menambahkan durasi lampu hijau sesuai dengan aturan. Contoh salah satu hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Data Pengujian Adaptive pada Laptop 2

Berdasarkan hasil percobaan menggunakan aturan jeda sesuai dengan Tabel 2 dapat dilakukan perhitungan rata-rata waktu tunggu. Percobaan ini dilakukan pada perangkat yang berbeda-beda. Setelah dihitung, maka didapatkan nilai rata-rata waktu tunggu keseluruhan sebesar 3,3 s. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel IV.

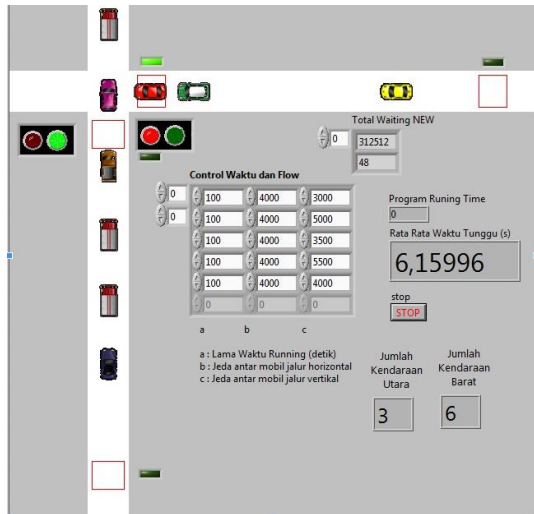
Tabel IV. Hasil Percobaan Metoda Adaptive

Laptop	Rata-rata Waktu Tunggu
Laptop 2	3,19 s
Laptop 3	3,32 s
Laptop 4	3,39 s
Rata-rata	3,3 s

**C. Pengujian Sistem Webster**

Pengujian ini dilakukan dengan cara menyimulasikan lalu lintas pada dalam kota dengan kondisi salah satu jalur memiliki kepadatan dinamik atau jeda antar kendaraan berubah-ubah dan satu jalur memiliki kepadatan yang tetap. Metoda *webster* merupakan sistem pengendalian lampu lalu lintas yang durasi lampu ditentukan berdasarkan persamaan waktu siklus optimal

dan arus jenuh. Contoh salah satu hasil percobaan dapat dilihat pada **Gambar 17**.



**Gambar 17.** Data Pengujian Webster pada Laptop 2

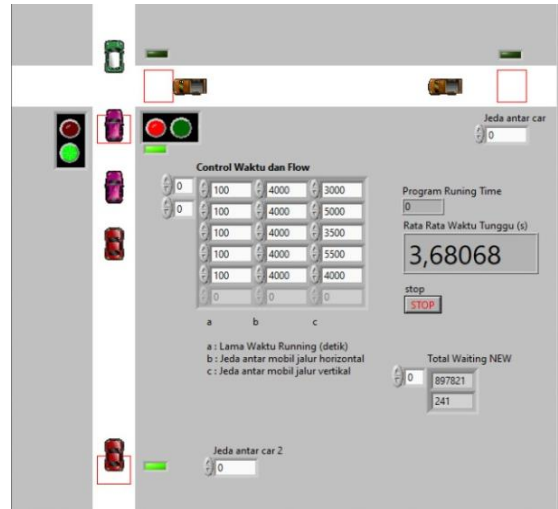
Berdasarkan hasil percobaan menggunakan aturan jeda sesuai dengan Tabel 2 dapat dilakukan perhitungan rata-rata waktu tunggu. Percobaan ini dilakukan pada perangkat yang berbeda-beda. Setelah dihitung, maka didapatkan nilai rata-rata waktu tunggu keseluruhan sebesar 6,43 s. Hasil percobaan dapat dilihat pada **Tabel V**.

**Tabel V. Hasil Percobaan Metoda Webster**

Laptop	Rata-rata Waktu Tunggu
Laptop 2	6,15 s
Laptop 3	6,47 s
Laptop 4	6,68 s
Rata-rata	6,43 s

**D. Pengujian Sistem Automated Density**

Pengujian ini dilakukan dengan cara menyimulasikan lalu lintas pada dalam kota dengan kondisi salah satu jalur memiliki kepadatan dinamik atau jeda antar kendaraan berubah-ubah dan satu jalur memiliki kepadatan yang tetap. Metoda *automated density* membandingkan jumlah kendaraan pada setiap jalur sehingga sistem akan memberikan prioritas pengaktifan lampu hijau kepada jalur yang lebih padat. Metoda ini diberikan sebuah batasan durasi lampu merah agar jalur tidak akan terus menerus hanya pada satu jalur. Contoh salah satu hasil percobaan dapat dilihat pada **Gambar 18**.



**Gambar 18.** Data Pengujian Automated Density pada Laptop 3

Berdasarkan hasil percobaan menggunakan aturan jeda sesuai dengan Tabel 2 dapat dilakukan perhitungan rata-rata waktu tunggu. Percobaan ini dilakukan pada perangkat yang berbeda-beda. Setelah dihitung, maka didapatkan nilai rata-rata waktu tunggu keseluruhan sebesar 3,72 s. Hasil percobaan dapat dilihat pada **Tabel VI**.

**Tabel VI. Hasil Percobaan Metoda Automated Density**

Laptop	Rata-rata Waktu Tunggu
Laptop 2	3,7 s
Laptop 3	3,68 s
Laptop 4	3,78 s
Rata-rata	3,72 s

Hasil rata-rata waktu tunggu kendaraan pada simpang menggunakan metode fuzzy logic, adaptif, webster dan automatic density masing-masing adalah 3,13647 detik; 3,3 detik; 6,43 detik dan 3,72 detik. Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa pengendali lampu lalu lintas berbasis logika fuzzy memiliki rata-rata waktu yang lebih rendah dibandingkan dengan metode lainnya pada kondisi pengujian 1, 3, 6 dan 7. Hasil ini mendukung hasil yang dilaporkan oleh Nasution pada [12].

**IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan uraian dan hasil simulasi pada bab sebelumnya, maka hasil dari proses analisa dapat disimpulkan adalah perancangan logika fuzzy pada kasus persimpangan dalam kota dengan satu jalur kepadatan yang dinamik untuk pengendalian lampu lalu lintas telah berhasil berjalan dengan 2 parameter input yaitu tingkat kepadatan dan juga “lama waktu telah berhenti”. Hasil dari percobaan

ini maka dapat dibandingkan, bahwa sistem logika fuzzy dapat memperoleh rata-rata waktu tunggu yang lebih kecil dibanding sistem yang lainnya yaitu sebesar 3,13647 s. Dapat dianalisa dari hasil percobaan menggunakan metoda logika fuzzy bahwa rata-rata waktu tunggu pada kondisi waktu 1, 3, 6 dan 7 memiliki nilai tunggu yang lebih kecil yaitu 1,55059 s, 2,49689 s, 2,95258 s dan 1,68233 s secara berurutan. Hal tersebut disebabkan oleh nilai durasi yang diatur pada waktu tersebut memiliki durasi lampu hijau yang lebih kecil yaitu 5-10 s untuk kondisi waktu 1 dan 7; 5-15 s untuk kondisi waktu 3 dan 6; sedangkan kondisi waktu 2, 4 dan 5 adalah 10-20 s. Nilai durasi diatur berdasarkan konsep pembagian waktu secara real-time di mana kondisi waktu 1 dan 7 adalah waktu mendekati tengah malam yang kemungkinan jumlah kendaraan akan lebih kecil dan kondisi 3 dan 6 adalah waktu yang tidak terlalu aktif dibandingkan kondisi lain. Berdasarkan hal-hal tersebut akan menghasilkan rata-rata waktu tunggu keseluruhan yang lebih kecil dibandingkan dengan metoda lain yang pada setiap waktu hanya memiliki satu kondisi durasi lampu hijau.

Pengembangan dapat dilakukan dengan mengatur durasi lampu hijau pada jalur yang mengalami kemacetan parah agar lalu lintas tidak mengalami kemacetan yang terlalu lama dan juga mengatur kembali nilai fungsi keanggotaan agar lebih baik sehingga mendekati keadaan sesungguhnya di kenyataan..

## DAFTAR PUSTKA

- [1] T. J. Ho dan M. J. Chung, "Information-aided smart schemes for vehicle flow detection enhancements of traffic microwave radar detectors," *Applied Sciences*, vol. 6, no. 7, hlm. 196, 2016
- [2] Z. Zhang, L. Jia, dan Y. Qin, "Level-of-service based hierarchical feedback control method of network-wide pedestrian flow," *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.
- [3] G. Salvo, L. Caruso, A. Scordo, G. Guido, and A. Vitale, "Traffic data acquirement by unmanned aerial vehicle," *European journal of remote sensing*, vol. 50, no. 1, hlm. 343-351, 2017
- [4] S. Sitanggang, "Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra Untuk Mengontrol Kepadatan Lalu Lintas Pada Persimpangan Dua Arah Berbasis Logika Fuzzy," Tugas Akhir Universitas Komputer Indonesia, 2014
- [5] P. Juniana, dan L. Hakim, "Traffic Light Control using Fuzzy Logic Mamdani Method," *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 1, hlm. 1-10, 2019
- [6] C. Noval, A. Virgono, dan R. E. Saputra, "Optimasi Lampu Lalu Lintas Cerdas Menggunakan Metode Webster," *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 3, 2018
- [7] Zulfikar, Tarmizi, dan Oktaviana, "Desain Sistem Kontrol Traffic Light Adaptif pada Persimpangan Empat Berbasis PLC Siemens," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol. 4, No. 1, hlm. 94-100, 2015
- [8] Aria, M., Utama, J., Fauzia, F., Rizal, M., Fahmi, M., & Yudha, M. Virtual Simulation System with Various Examples and Analysis Tools for Programmable Logic Controller Training. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 879, No. 1, p. 012108). IOP Publishing, 2020.
- [9] G. L. Djavendra, S. Aisyah, dan E. R. Jamzuri, "Desain sistem pengatur lampu lalu lintas dengan identifikasi kepadatan

kendaraan menggunakan metode subtraction," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, hlm. 130-137, 2018

- [10] E. F. B. Poyen, A. K. Bhakta, B. D. Manohar, I. Ali, A. ArghyaSantra, dan A. Rao, "Density based traffic control," *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, vol. 2, no. 8, hlm. 239611, 2016
- [11] B. Bakker, S. Whiteson, L. Kester, dan F. C. Groen, "Traffic light control by multiagent reinforcement learning systems," *In Interactive Collaborative Information Systems*, Springer, Berlin, Heidelberg, hlm. 475-510, 2010.
- [12] Aria, M. New fuzzy logic system for controlling multiple traffic intersections with dynamic phase selection and pedestrian crossing signal. *J. Eng. Sci. Technol*, 14, 1974-1983, 2019.