

PERANCANGAN PURWARUPA LAMPU LALU LINTAS DENGAN ALGORITMA FUZZY

PROTOTYPE DESIGN OF TRAFFIC LIGHT WITH FUZZY ALGORITHMS

Martha Herduvia¹, Ahmad Tri Hanuranto², Dadan Nur Ramadhan³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹marthaherduvia@student.telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.ac.id, ³dadannr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Menurut Badan Pusat Statistik, transportasi darat terus meningkat setiap tahun, hal ini dapat menimbulkan masalah yaitu kemacetan. Kemacetan merupakan pokok permasalahan yang terjadi di Indonesia khususnya di kota besar. Kemacetan terjadi pada saat jam menuju kantor atau sekolah, istirahat makan siang, dan saat jam pulang kantor. Kemacetan tidak hanya terjadi di persimpangan namun di jalan biasa pun terjadi kemacetan. Kemacetan dapat berakibat bertambahnya waktu perjalanan, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan peningkatan kadar gas karbon monoksida di udara. Berdasarkan permasalahan di atas, maka akan dibuat sebuah skenario mengenai kepadatan kendaraan pada suatu perempatan lampu lalu lintas berdasarkan jarak dan kadar gas karbon monoksida. Sehingga nyala lampu lalu lintas dapat disesuaikan durasinya dengan menggunakan algoritma fuzzy. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa akurasi dari algoritma fuzzy sebesar 98.7%.

Kata kunci : kemacetan, durasi lampu lalu lintas, algoritma fuzzy, sensor MQ-7.

Abstract

According to the Badan Pusat Statistik, land transportation continues to increase every year, this can cause problems such as congestion. Congestion itself is the main problem that occurs in Indonesia, especially in big cities. Congestion occurs during hours to work or school, lunch breaks, and at work hours. Congestion does not only occur at the intersection, but on ordinary roads congestion also occurs. Congestion can result in increased travel time, increased fuel consumption, and increased levels of carbon monoxide gas in the air. Based on the problem above, a scenario regarding vehicle density at a traffic light intersection will be made based on Jarak and carbon monoxide gas levels. So that the duration of the traffic lights can be adjusted using fuzzy algorithms. Based on these simulations, the appropriate duration is generated for traffic lights with various conditions of vehicle density and carbon monoxide gas levels The test results also showed that the accuracy of the fuzzy algorithm was 98.7%.

Keywords: congestion, traffic light duration, fuzzy algorithm, MQ-7 sensor.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan lalu lintas saat ini khususnya, meningkat dengan tajam. Peningkatan jumlah kendaraan di Indonesia pada tahun 2016-2017 menunjukkan peningkatan sebesar 7.49% untuk sepeda motor, 6.25% untuk mobil penumpang, 0.89% untuk truk, dan 0.45% untuk kenaikan bis[1]. Sedangkan, untuk peningkatan kendaraan bermotor di Jawa Barat pada tahun 2016-2017 sebesar 9.74% untuk sepeda motor, mobil penumpang sebesar 7.08% truk sebesar 3.80% dan bis sebesar 1.22% [2]. Akibatnya adalah penurunan kapasitas jalan yang relatif dan diikuti oleh masalah lalu lintas seperti kemacetan, bertambahnya waktu perjalanan, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan lain-lain [3]. Durasi setiap lampu lalu lintas saat ini masih menerapkan waktu secara manual, sedangkan pola kedatangan kendaraan bersifat *random*, akibatnya ada kondisi dimana salah satu ruas jalan dengan volume kendaraan yang tinggi mendapat lampu merah dan ruas jalan lain dengan volume kendaraan yang relatif rendah mendapat lampu hijau sehingga menyebabkan antrian pada salah satu ruasnya[4].

Berdasarkan hal tersebut, beberapa penelitian sudah dilakukan seperti *Intelligent Traffic Light Control Using Collaborative Q-Learning Algorithms*. Penelitian ini membahas pengaturan urutan lampu lalu lintas dan durasi lampu hijau agar dapat diatur berdasarkan kondisi pada waktu tertentu[5]. Penelitian lain seperti *Idea Of A Low Cost, Independent, and Adaptive Traffic Control* membahas lampu lalu lintas yang terus menyala meskipun sudah tidak ada kendaraan, sehingga menyebabkan ruas jalan yang lain mengalami lampu merah dengan antrian panjang kendaraan[6]. Penelitian mengenai *Fuzzy Inference Rule Based Neural Traffic Light Controller* mengembangkan pengendali lalu lintas berbasis jaringan saraf sederhana menggunakan inferensi fuzzy[7]. Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis bermaksud untuk membuat sebuah *prototype* pengatur durasi lampu lalu lintas yang adaptif menggunakan algoritma fuzzy.

2. Dasar Teori

2.1 Lampu Lalu Lintas

Lampu Lalu Lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki atau *zebra cross* dan tempat arus lalu lintas lainnya. Menurut [8] APILL atau Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas terdiri dari tiga jenis lampu.

2.2 Internet Of Things

Internet of Things merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan terjadinya pengendalian, komunikasi dan kerjasama dengan perangkat keras melalui jaringan internet. Munculnya *Internet of Things* didasari oleh terus berkembangnya teknologi informasi dan jaringan internet. Sistem kerja IoT sendiri meliputi tiga hal yaitu bahasa pemrograman, bentuk komunikasi, dan empat buah integrasi. Untuk bahasa pemrograman, IoT menggunakan bahasa pemrograman tingkat rendah, bentuk komunikasinya dapat di kendalikan dari jarak [9].

2.3 Algoritma Fuzzy

Algoritma Fuzzy merupakan metodologi dalam kontrol digital yang memungkinkan manusia dapat mendeskripsikan suatu sistem untuk disimulasikan. Logika Fuzzy digunakan untuk memanipulasi variabel secara kualitatif dengan sistem yang *real-time*[10]. Untuk mendapatkan nilai keanggotaan maka dapat dilakukan beberapa pendekatan fuzzy seperti : representasi linier, representasi kurva segitiga, dan representasi kurva trapesium. Cara kerja algoritma fuzzy sendiri dibagi menjadi 4 bagian yaitu : Fuzzyfikasi, Aturan Dasar Logika Fuzzy, Mesin Penalaran, dan Defuzzyfikasi [11].

2.4 Firebase

Firestore adalah *Backend as a Service* (BaaS) yang dimiliki oleh Google dan dapat mempermudah pengembangan aplikasi *mobile*. Firestore memiliki dua fitur menarik yaitu *Firestore Remote Config* dan *Firestore Real Time Database*. Selain itu, terdapat fitur pendukung untuk aplikasi yang memerlukan *push notification* yaitu *Firestore Notification Console*. *Firestore Real Time Database* merupakan sebuah tempat penyimpanan basis data nonSQL yang memungkinkan untuk menyimpan tipe data seperti String, Long, dan Boolean[12].

2.5 Sensor MQ-7

MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida CO. Fitur dari sensor ini mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor MQ-7 menggunakan catu daya 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian 5V DC, jarak pengukuran 20-2000ppm[13].

2.6 LED

LED atau *Light Emitting Diode* adalah semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya, LED merupakan perangkat keras dan padat sehingga lebih unggul dalam ketahanan. LED banyak digunakan pada perangkat elektronik karena ukurannya kecil, cara pemasangan praktis, dan konsumsi listrik rendah. Salah satu kelebihan LED adalah usia relatif panjang, yaitu lebih dari 30.000 jam. Kelemahannya pada harga per lumen lebih mahal dibandingkan dengan lampu jenis lain, mudah rusak jika dioperasikan pada suhu lingkungan yang terlalu tinggi, misal di industri[14].

2.7 Wemos D1 Mini

Wemos D1 Mini merupakan *module development board* berbasis Wifi Wemos D1 Mini beroperasi pada 3.3V dan didukung melalui koneksi mikro USB. Mikro USB dapat terhubung juga

ke 5V, memberikan 3.3V regulator tegangan. Pada Wemos D1 Mini terdapat 3.3V *output pin*, 5V *output pin*, *ground*, *analog-to-digital converter pin* (A0), SPI (GPIO 12 hingga 15), I2C (GPIO 4 dan 5), 9 digital *input pin* yang semuanya merupakan PWM kecuali GPIO 16[15].

2.8 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek atau benda tertentu dari 20 kHz hingga 2 MHz[16]. Sensor ultrasonik dapat digunakan untuk menghitung jarak benda mulai dari 2cm hingga 4m. sensor ini memiliki 4 pin yaitu Vcc, Gnd, pin trigger, dan pin echo. Gelombang ultrasonik dibangkitkan dengan piezoelektrik menggunakan frekuensi tertentu yang menghasilkan gelombang ultrasonik sebesar 10KHz.

3. Pembahasan

3.1. Perancangan Fuzzy

Pada perancangan purwarupa lampu lintas ini algoritma fuzzy digunakan untuk menentukan kondisi jalan mana yang paling padat kendaraan sehingga durasi lampu lalu lintas dapat disesuaikan berdasar keadaan jalan tersebut. Algoritma fuzzy yang digunakan adalah metode fuzzy sugeno. Perancangan algoritma fuzzy dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

3.1.1 Variabel Fuzzy

Dalam analisis sistem durasi lampu lalu lintas ini menggunakan 2 variabel sebagai *input* yaitu variabel jarak (dalam sentimeter) dan kadar gas (dalam ppm).

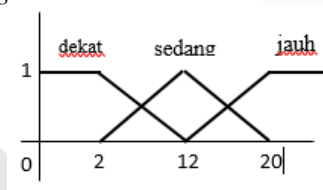
3.1.2 Nilai Linguistik

- Variabel jarak, dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu : dekat, sedang, dan jauh
- Variabel gas, dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu : lengang, normal, dan macet.
- Variabel keputusan, dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy yaitu : nyala lampu merah lama, normal dan sebentar.

3.1.3 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan proses memetakan nilai *crisp* (numerik) ke dalam himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaannya.

- Variabel jarak dengan *range* 2cm-20cm.



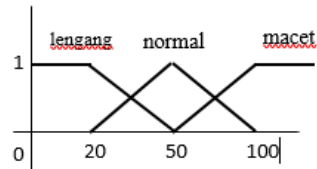
Gambar 1 Variabel Jarak

$$\mu [dekat] = \begin{cases} 0; x \geq 12 \\ 1; x \leq 2 \\ \frac{12-x}{12-2}; 2 < x < 12 \end{cases}$$

$$\mu [sedang] = \begin{cases} 0; x \leq 2 \text{ atau } x \geq 12 \\ \frac{x-2}{12-2}; 2 < x < 12 \\ \frac{20-x}{20-12}; 12 < x < 20 \end{cases}$$

$$\mu [jauh] = \begin{cases} 0; x \leq 12 \\ \frac{x-12}{20-12}; 12 < x \leq 20 \\ 1; x \geq 20 \end{cases}$$

- Variabel gas dengan *range* 20ppm-100ppm.



Gambar 2 Variabel Gas

$$\mu [sedikit] = \begin{cases} 0 ; x \geq 50 \\ 1 ; x \leq 20 \\ \frac{50 - x}{50 - 20} ; 20 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu [banyak] = \begin{cases} 0 ; x \leq 50 \\ 1 ; x \geq 100 \\ \frac{x - 50}{100 - 50} ; 50 < x < 100 \end{cases}$$

$$\mu [normal] = \begin{cases} 0 ; x \leq 20 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{x - 20}{50 - 20} ; 20 < x < 50 \\ \frac{100 - x}{100 - 50} ; 50 < x < 100 \end{cases}$$

- c. Variabel keputusan dengan *range* 3-25 detik dan akan dijelaskan sebagai berikut :
- Nyala lampu merah sebentar 3 -10 detik.
 - Nyala lampu merah normal 10-25 detik.
 - Nyala lampu merah lama >25 detik.

3.1.4 Fuzzy Rules

Tabel 1 Fuzzy Rules

Gas \ Jarak	Mcet	Lengang	Normal
Dekat	Lampu merah sebentar	Lampu merah normal	Lampu merah normal
Sedang	Lampu merah normal	Lampu merah normal	Lampu merah normal
Jauh	Lampu merah normal	Lampu merah lama	Lampu merah normal

3.1.5 Defuzzyfikasi

Asumsi untuk sensor HC-SR04 (Jarak) diperoleh 14cm maka :

$$\mu [sedang] = \frac{20 - 14}{20 - 12} = 0.75$$

$$\mu [jauh] = \frac{14 - 12}{20 - 12} = 0.25$$

Asumsi untuk sensor MQ-7 (Kadar Gas) diperoleh 30ppm maka :

$$\mu [normal] = \frac{30 - 20}{50 - 20} = 0.33$$

$$\mu [lengang] = \frac{50 - 30}{50 - 20} = 0.67$$

Predikat 1 : $\mu [sedang] \cap \mu [normal] = 0.75 \cap 0.33 = 0.33$

Pada kondisi jarak sedang dan gas normal maka = waktunya normal 10 detik.

Predikat 2 : $\mu [sedang] \cap \mu [lengang] = 0.75 \cap 0.67 = 0.67$

Pada kondisi jarak sedang dan gas lengang maka = waktunya normal 10 detik.

Predikat 3 : $\mu [jauh] \cap \mu [normal] = 0.25 \cap 0.33 = 0.25$

Pada kondisi jarak jauh dan gas normal = waktunya normal 10 detik.

Predikat 4 : $\mu [jauh] \cap \mu [lengang] = 0.25 \cap 0.67 = 0.25$

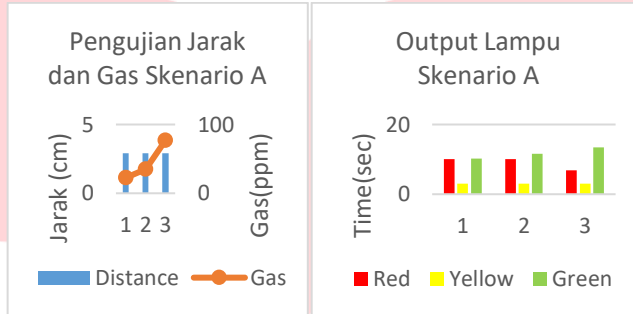
Pada kondisi jarak jauh dan gas lengang = waktunya lama 25 detik.

Maka untuk menghitung nilai Z adalah sebagai berikut :

$$Z = \frac{\{(0.33 \times 10) + (0.67 \times 10) + (0.25 \times 10) + (0.25 \times 25)\}}{0.33 + 0.67 + 0.25 + 0.25} = 10 \text{ detik}$$

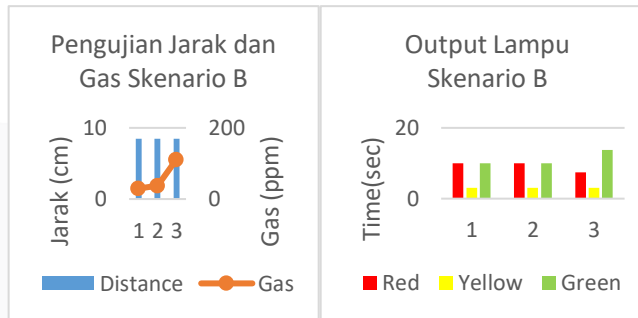
3.2 Pengujian Prototype

a. Skenario A



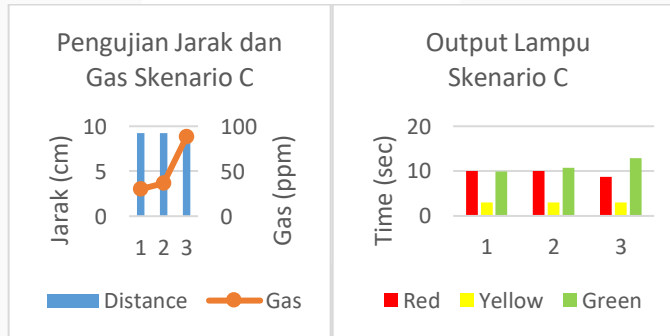
Gambar 3 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

b. Skenario B



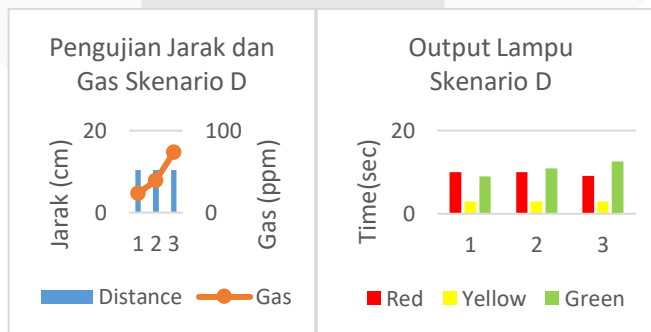
Gambar 4 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

c. Skenario C



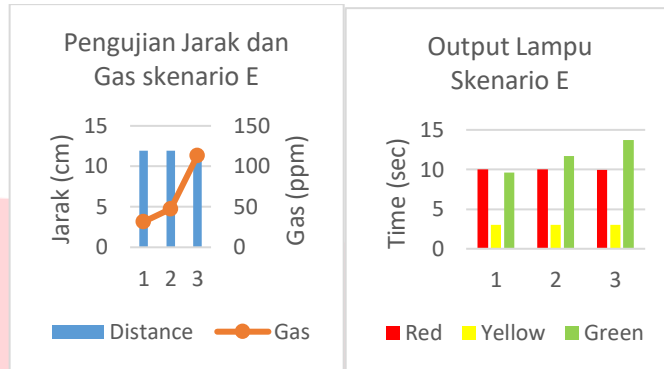
Gambar 5 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

d. Skenario D



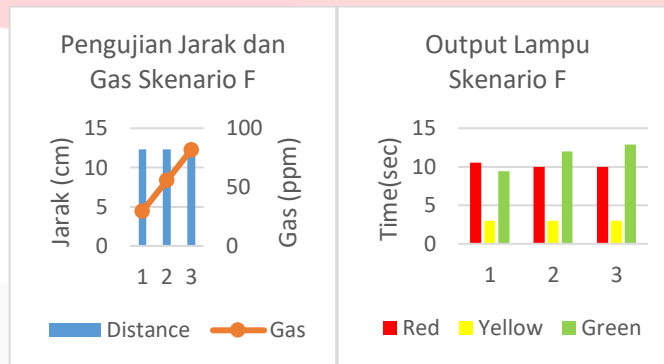
Gambar 6 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

e. Skenario E



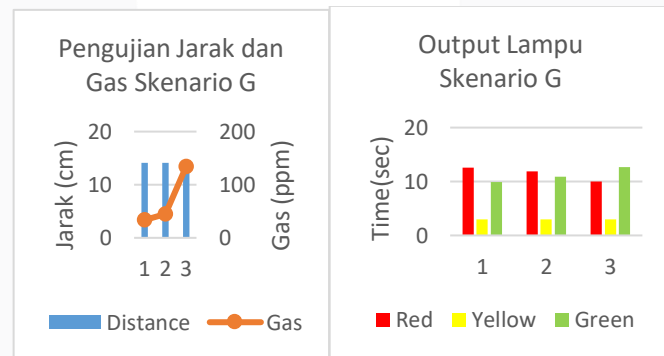
Gambar 7 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

f. Skenario F



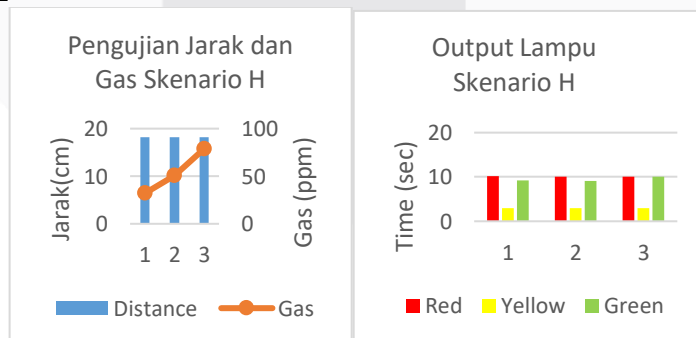
Gambar 8 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

g. Skenario G



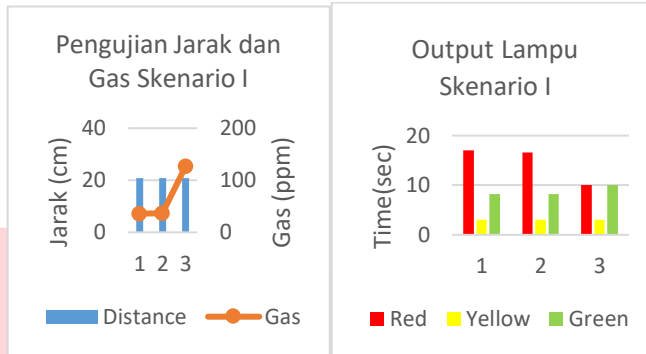
Gambar 9 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

h. Skenario H



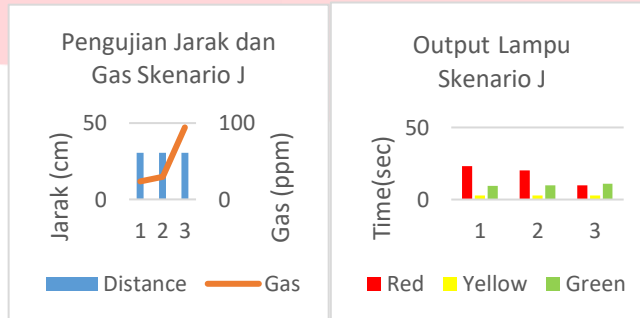
Gambar 10 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

i. Skenario I



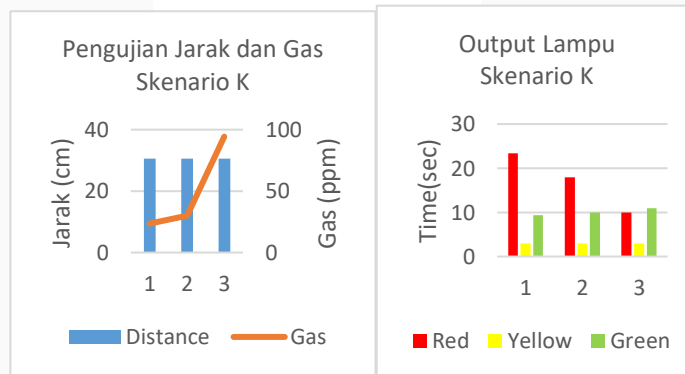
Gambar 11 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

j. Skenario J



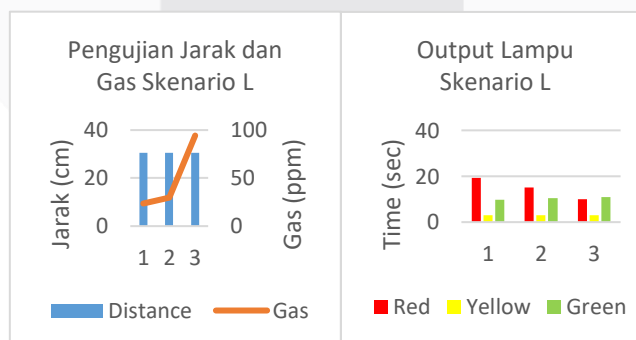
Gambar 12 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

k. Skenario K



Gambar 13 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

l. Skenario L



Gambar 14 Kondisi jarak dan gas beserta output lampu

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan beberapa sampel dari rata-rata gas pada kondisi lengang, normal, dan macet juga dari pengujian jarak yang dilakukan sebanyak 10 kali maka, dapat ditarik kesimpulan yaitu bahwa algoritma fuzzy yang diterapkan pada salah satu persimpangan dapat berjalan dengan baik untuk pengaturan durasi nyala lampu lalu lintas. Sehingga sistem ini dapat dipastikan bisa diterapkan pada perempatan jalan untuk semua lampu lalu lintas supaya lebih adaptif maka algoritma fuzzy dapat bekerja dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] B. P. Statistik, "Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor Tahun 1949-2017." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. [Accessed: 14-Dec-2019].
- [2] BPS Jawa Barat, "Statistik Transportasi Jawa Barat 2017," 25-12-2018. [Online]. Available: <https://jabar.bps.go.id/publication/2018/12/25/77cb315a1ea674754b525eac/statistik-transportasi-jawa-barat-2017>.
- [3] A. Vogel, I. Oremović, R. Šimić, and E. Ivanjko, "Improving traffic light control by means of fuzzy logic," *Proc. Elmar - Int. Symp. Electron. Mar.*, vol. 2018-Septe, no. September, pp. 51–56, 2018.
- [4] S. F. L. Kudiyatno, "PENENTUAN WAKTU OPTIMAL NYALA PENGATUR LAMPU LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIMULASI (STUDI KASUS DI PEREMPATAN JALAN SOEKARNO HATTA – BUAH BATU)." Bandung, pp. 1–6, 2014.
- [5] A. R. Rosyadi, T. A. B. Wirayuda, and S. Al-Faraby, "Intelligent traffic light control using collaborative Q-Learning algorithms," *2016 4th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2016*, vol. 4, no. c, 2016.
- [6] L. S. Singh, B. A. Shimray, and N. S. Singh, "Idea of a low cost, independent and adaptive traffic control," *2017 8th Ind. Autom. Electromechanical Eng. Conf. IEMECON 2017*, pp. 283–287, 2017.
- [7] A. Mir and A. Hassan, "Fuzzy inference rule based neural traffic light controller," in *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2018*, 2018, pp. 816–820.
- [8] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, "Buku Petunjuk Tata Cara Ber Lalu Lintas (Highway Code) di Indonesia," 2005.
- [9] P. S. . Eka, I Putu Agus, *Wireless Sensor Network*, Cetakan Pe. Bandung: Informatika Bandung, 2015.
- [10] J. Yan, Jun; Ryan, Michael; Power, *USING FUZZY LOGIC*. Cambridge: Prentice Hall International (UK) Limited, 1994.
- [11] R. C. E. Putri, "Engineering Setting on Traffic Lights Based on Number of Vehicles with Fuzzy Logic Algorithm," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 4, pp. 22–27, 2018.
- [12] L. A. Sandy, R. J. Akbar, and R. R. Hariadi, "Rancang Bangun Aplikasi Chat pada Platform Android dengan Media Input Berupa Canvas dan Shareable Canvas untuk Bekerja dalam Satu Canvas Secara Online," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [13] S. K. Sarungallo, I. G. P. Raka Agung, and L. Jasa, "Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Mikrokontroler," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 1, p. 141, 2017.
- [14] D. Suhardi, "Prototipe Controller Lampu Penerangan LED (Light Emitting Diode) Independent Bertenaga Surya," *J. GAMMA*, vol. 10, no. 1, pp. 116–122, 2014.
- [15] N. Cameron, *Arduino Applied: Comprehensive Projects for Everyday Electronics*. Edinburg, UK: Apress Media, 2019.
- [16] B. Arsada, "Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 1–8, 2017.