

Optimalisasi Siklus Lampu Lalu Lintas Menggunakan Haar Cascade dan Fuzzy Logic

FARAAZ AHMAD PERMADI¹, YOULLIA INDRAWATY NURHASANAH ST., MT²

¹Institut Teknologi Nasional, Bandung

² Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email : faraazap@mhs.itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | *Revised* DD MM YYYY | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

Persimpangan lampu lalu lintas merupakan suatu keadaan jalan yang mempertemukan lebih dari 3 jalan yang disebut persimpangan jalan, dibutuhkan sebuah alat untuk mengatur kelancaran perjalanan kendaraan pada masing-masing simpang. Lampu lalu lintas memungkinkan para pengguna jalan untuk mengetahui kapan saatnya mereka diperbolehkan maju dan berhenti jika berada pada sebuah persimpangan. Durasi lampu hijau menjadi masalah yang cukup penting pada suatu persimpangan karena durasi lampu hijau yang menentukan seberapa efektif persimpangan tersebut dalam mengatur lalu lintas agar tidak terjadi penggunaan durasi lampu hijau yang sia-sia. Algoritma haar cascade dan fuzzy logic dikombinasikan agar dapat menentukan durasi lampu hijau pada suatu simpang agar mendapatkan durasi lampu hijau yang efektif agar tidak terjadi penggunaan durasi lampu hijau yang sia-sia. Durasi lampu hijau akan berpengaruh berdasarkan 3 kondisi yang akan diatur oleh algoritma fuzzy yaitu jumlah mobil, panjang antrian mobil dan lebar jalan.

Kata kunci: haar cascade, lampu lalu lintas pintar, fuzzy logic sugeno, computer vision, smart city

ABSTRACT

The traffic light intersection is a road condition that brings together more than 3 roads called a road intersection, it takes a tool to regulate the smooth travel of vehicles at each intersection. Traffic lights allow road users to know when they are allowed to go forward and stop if they are at an intersection. The duration of the green light becomes an important issue at an intersection because the duration of the green light determines how effective the intersection is in regulating traffic so that the use of the green light duration is not wasted. The haar cascade and fuzzy logic algorithms are combined to determine the duration of the green light at an intersection to get an effective green light duration so that the green light duration is not wasted. The duration of the green light will have an effect based on 3 conditions regulated by the fuzzy algorithm, the number of cars, the length of the car queue, and the width of the road.

Keywords: haar cascade, smart traffic light, fuzzy logic sugeno, computer vision, smart city

1. PENDAHULUAN

Lampu lalu lintas merupakan alat yang mengatur lalu lintas dengan menggunakan tenaga listrik kecuali lampu kedip, marka jalan dan rambu untuk mengarahkan para pengemudi kendaraan atau pejalan kaki (Oglesby, H, Hicks, & Gary, 1988). Lampu lalu lintas adalah suatu alat yang mengatur suatu persimpangan jalan dengan tujuan untuk mengatur lalu lintas (Poernamasari et al., 2019).

Lampu lalu lintas di beberapa kota masih menggunakan siklus statis yang dimana siklus statis sangat tidak efisien dikarenakan siklus statis tidak dapat menangani hal-hal yang tidak diinginkan seperti terjadinya perubahan volume kendaraan secara tiba-tiba sehingga bisa terjadinya kekurangan durasi lampu hijau atau durasi lampu hijau sia-sia. Oleh karena itu pada era industri 4.0 dimana kecerdasan buatan berkembang, dikembangkan sebuah sistem untuk mengoptimalkan siklus lampu lalu lintas menggunakan algoritma *haar cascade classifier* dan logika *fuzzy*.

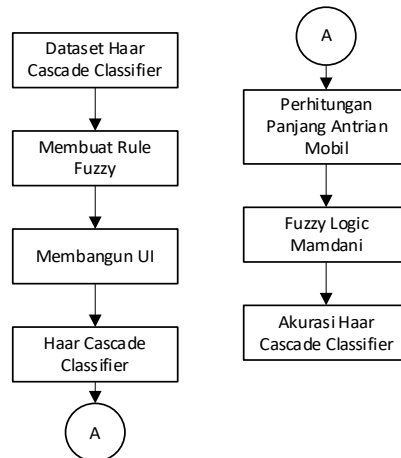
Algoritma *haar cascade classifier* merupakan algoritma pemrosesan citra atau *computer vision* yang sering digunakan sebagai pondasi aplikasi pendeteksian objek terutama pada pendeteksian wajah (Wisesa, 2019). Berfungsi untuk mendeteksi dan menghitung jumlah kendaraan yang ada pada suatu simpang dan menyimpannya menjadi sebuah *variable* yang akan digunakan untuk logika *fuzzy*.

Selain algoritma *haar cascade classifier* yang digunakan pada sisi pemrosesan citra, *pre-processing* sederhana juga dilakukan untuk mengetahui jarak atau panjang antrian mobil pada kondisi lampu lalu lintas merah berdasarkan pada citra dengan memanfaatkan piksel pada citra tersebut.

Logika *fuzzy* merupakan logika yang memiliki nilai kesamaran atau *fuzziness* antara benar dan salah (Syafnidawaty, 2020). Logika *fuzzy* merupakan logika pengambilan keputusan dengan metode yang melakukan suatu komputansi berdasarkan *degrees of truth*, logika *fuzzy* dapat memberikan keluaran tidak hanya 1 dan 0 yang dilakukan logika *boolean* tetapi bisa memberikan keluaran antara 1 dan 0.

2. METODE PENELITIAN

Metode utama yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu logika *fuzzy* mamdani dan *haar cascade classifier*. Adapun untuk keakurasian yang digunakan untuk mengecek *error* dibuktikan dengan *confusion matrix*. Secara detail, proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur proses otomatisasi siklus persimpangan lampu lalu lintas dengan *haar cascade classifier* dan *fuzzy logic*

2.1. Dataset Haar Cascade Classifier

Dataset untuk *haar cascade classifier* dalam penelitian ini berasal dari *California Institute of Technology SURF*. Dataset *haar cascade classifier* berisi berupa gambar positif yang merupakan gambar bagian belakang mobil dan gambar negatif yang merupakan gambar bukan mobil. Jumlah gambar positif berjumlah 1156 dan untuk gambar negatif berjumlah 1370.



Gambar 2. dataset gambar positif bagian belakang mobil

Data tersebut diproses atau dilatih menggunakan aplikasi cascade trainer GUI untuk mempermudah proses pelatihan. Hasil dari pelatihan dataset akan mengeluarkan berkas dengan format .XML yang dimana berkas .XML akan digunakan pada proses pendeteksian menggunakan bahasa pemrograman python dengan *library* OpenCV.

2.2. Membuat Aturan Fuzzy

Pembuatan *rules* logika fuzzy mamdani menggunakan 3 *variable domain* masukan dan 1 *variable domain* sebagai keluaran atau hasil. Terdapat jumlah mobil, panjang antrian mobil dan lebar jalan sebagai 3 *variable domain* masukan dan durasi lampu hijau sebagai 1 *variable domain* keluaran atau hasil.

Tabel 1. *variable domain* masukan fuzzy logic mamdani

Kriteria	Domain	Informasi
Jumlah mobil (JM)	0 – 30	Sedikit
	0 – 60	Sedang
	30 – 120	Banyak
Panjang Antrian Mobil (PAM)	0 – 40	Pendek Sekali
	0 – 80	Pendek
	40 – 120	Panjang

	80 – 160	Panjang Sekali
Lebar Jalan (LJ)	0 – 1	Sempit
	0 – 2	Cukup
	1 – 4	Lebar

Pada tabel 1 merupakan 3 *variable domain* masukan yang terdiri dari kriteria domain, nilai domain dan informasinya. Pada *variable domain* keluaran yaitu durasi lampu hijau yang disingkat DLH, berikut nilai dari *variable domain* tersebut yang terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. *variable domain* hasil *fuzzy logic* mamdani

Kriteria	Domain	Informasi
Durasi Lampu Hijau (DLH)	0 – 30	Sebentar
	0 – 60	Medium
	30 – 90	Lama
	60 – 120	Lama Sekali

Berdasarkan *variable domain* masukan dan keluaran diatas dibuat *rules* atau aturan fuzzy sebagai berikut.

Tabel 3. *aturan fuzzy*

NO	Masukan			Keluaran
	JM	PAM	LJ	DLH
1	Sedikit	Pendek Sekali	Sempit	Sebentar
2	Sedang	Pendek Sekali	Sempit	Sebentar
3	Banyak	Pendek Sekali	Sempit	Lama
4	Sedikit	Pendek Sekali	Cukup	Sebentar
5	Sedang	Pendek Sekali	Cukup	Sebentar
6	Banyak	Pendek Sekali	Cukup	Lama
7	Sedikit	Pendek Sekali	Lebar	Sebentar
8	Sedang	Pendek Sekali	Lebar	Sebentar
9	Banyak	Pendek Sekali	Lebar	Lama
10	Sedikit	Pendek	Sempit	Sebentar
11	Sedang	Pendek	Sempit	Medium
12	Banyak	Pendek	Sempit	Lama
13	Sedikit	Pendek	Cukup	Sebentar
14	Sedang	Pendek	Cukup	Medium
15	Banyak	Pendek	Cukup	Lama
16	Sedikit	Pendek	Lebar	Sebentar
17	Sedang	Pendek	Lebar	Medium
18	Banyak	Pendek	Lebar	Lama
19	Sedikit	Panjang	Sempit	Sebentar
20	Sedang	Panjang	Sempit	Lama
21	Banyak	Panjang	Sempit	Lama Sekali
22	Sedikit	Panjang	Cukup	Sebentar
23	Sedang	Panjang	Cukup	Lama
24	Banyak	Panjang	Cukup	Lama Sekali
25	Sedikit	Panjang	Lebar	Sebentar
26	Sedang	Panjang	Lebar	Lama
27	Banyak	Panjang	Lebar	Lama Sekali
28	Sedikit	Panjang Sekali	Sempit	Sebentar
29	Sedang	Panjang Sekali	Sempit	Lama
30	Banyak	Panjang Sekali	Sempit	Lama Sekali
31	Sedikit	Panjang Sekali	Cukup	Sebentar

32	Sedang	Panjang Sekali	Cukup	Lama
33	Banyak	Panjang Sekali	Cukup	Lama Sekali
34	Sedikit	Panjang Sekali	Lebar	Sebentar
35	Sedang	Panjang Sekali	Lebar	Lama
36	Banyak	Panjang Sekali	Lebar	Lama Sekali

Didapatkan *rules* sebanyak 36 karena berdasarkan probabilitas atau peluang dari *variable* masukan, yaitu

$$rules = JM * PAM * LJ = 3 * 4 * 3 = 36 \text{ aturan} \quad (1)$$

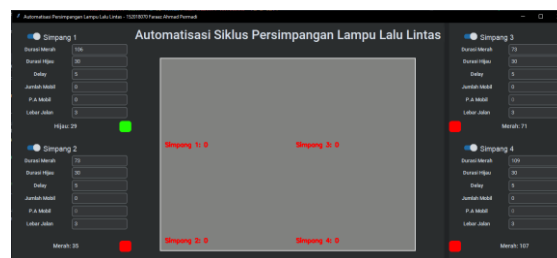
2.3. Membangun User Interface

User Interface (UI) dibutuhkan pada penelitian ini agar mempermudah pengguna dalam menggunakan aplikasi yang akan dikembangkan, dengan menggunakan GUI pengguna akan lebih mudah memahami data-data yang akan muncul. GUI dibangun menggunakan Bahasa pemrograman python dengan *library* Tkinter dan Customtkinter.



Gambar 3. *mockup* GUI aplikasi

Pada gambar 7 merupakan *mockup* GUI aplikasi yang akan diubah menjadi GUI seutuhnya. Terdapat beberapa komponen penting seperti *label*, *entry* dan *switch* yang akan digunakan pada GUI aplikasi. Gambar 8 merupakan hasil GUI yang telah dibangun menggunakan *library* tkinter dan customtkinter.



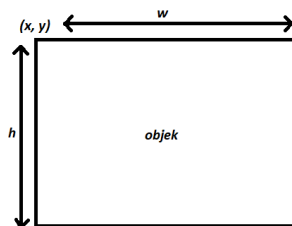
Gambar 4. GUI aplikasi

2.4. Haar Cascade Classifier

Algoritma *haar cascade classifier* menggunakan Bahasa pemrograman python dengan *library* OpenCV dimana *library* OpenCV sudah memiliki algoritma *haar cascade classifier* sehingga proses pengembangan jauh lebih mudah karena memanfaatkan *function* yang telah dibuat oleh OpenCV. Digunakan berkas dengan ekstensi .XML yang merupakan *file* yang didapatkan dari hasil pelatihan citra positif dan negatif agar *haar cascade classifier* dapat mendeteksi mobil.

Keluaran *function haar cascade classifier* yang disediakan oleh OpenCV adalah nilai array dengan key x, y, w, h dengan pengertian x, y adalah posisi piksel citra yang diuji, w adalah

width atau lebar dari objek yang terdeteksi dan h adalah height atau tinggi dari objek yang terdeteksi.



Gambar 5. ilustrasi nilai x, y, w, h

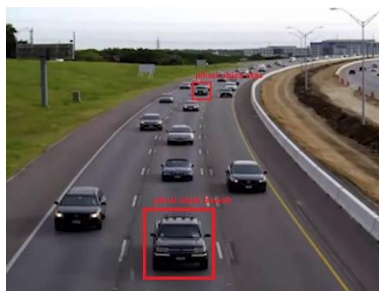
2.5. Perhitungan Panjang Antrian Mobil

Panjang antrian mobil dibutuhkan sebagai data masukan untuk logika *fuzzy* agar logika *fuzzy* mamdani dapat berjalan dengan benar dan bisa mendapatkan nilai durasi lampu hijau yang optimal sesuai rules yang telah dibuat. Karena citra merupakan kumpulan piksel yang menyatu sehingga diperlukan sebuah cara atau rumus untuk mengubah nilai piksel pada citra menjadi panjang dalam satuan meter.

$$pam = (piksel\ bawah - piksel\ atas) * rasio \quad (2)$$

Keterangan :

- pam merupakan panjang antrian mobil.
- piksel bawah merupakan nilai piksel (y) pada objek paling bawah citra.
- piksel atas merupakan nilai piksel (y) pada objek paling atas citra.
- rasio merupakan nilai yang harus ditentukan sendiri berdasarkan tebakan atau nilai fakta dilapangan dengan perbandingan (nilai piksel bawah – nilai piksel atas):panjang meter dilapangan.



Gambar 6. ilustrasi nilai piksel *bawah* dan piksel *atas*

Pada gambar 10 diilustrasikan jika misalnya nilai piksel bawah adalah 440 dan nilai piksel atas adalah 90 maka hasilnya adalah $440 - 90 = 350$. Dari nilai piksel 350, seseorang dilapangan harus menghitung berapa panjang dalam satuan meter dari posisi objek paling bawah sampai objek paling atas, misalnya didapatkan hasilnya dalam 90 meter, sehingga nilai rasio didapatkan dengan cara.

$$rasio = \frac{350}{90} = 3.9 \quad (3)$$

2.6. Fuzzy Logic Mamdani

Logika *fuzzy* mamdani digunakan karena alasan keluarannya yang dinamis, berbeda dengan Tsukamoto dan mamdani yang memiliki keluaran statis. Dinamis yang dimaksud adalah keluaran logika *fuzzy* mamdani dapat memberikan nilai antara x – y berdasarkan *variable*

domain-nya, jika keluarannya adalah domain pendek, maka logika *fuzzy* dapat mengeluarkan nilai antara 0 – 30 detik, misalnya 26 detik.

2.7. Akurasi *Haar Cascade Classifier*

Akurasi merupakan proses yang digunakan untuk mengecek tingkat keberhasilan metode. Dalam metode atau algoritma *haar cascade classifier* ini digunakan pengecekan akurasi dengan menggunakan *confusion matrix* (Hasman et al., 2021), dengan rumus:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (3)$$

Keterangan :

- *Accuracy* merupakan nilai akurasi dalam satuan persen.
- TP atau *True Positive* merupakan prediksi bahwa itu adalah mobil dan memang benar itu adalah mobil.
- TN atau *True Negative* merupakan prediksi bahwa itu bukan mobil dan memang benar itu bukan mobil.
- FP atau *False Positive* merupakan prediksi bahwa itu adalah mobil dan ternyata prediksi salah, ternyata itu bukan mobil .
- FN atau *False Negative* merupakan prediksi bahwa itu bukan mobil dan ternyata prediksi salah, ternyata itu adalah mobil.

Akurasi *confusion matrix* digunakan karena metode pengecekan akurasi *confusion matrix* sangat sering digunakan pada kasus kasus penelitian pendeteksian objek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Menghitung Jumlah Mobil Pada Citra

Fungsi *haar cascade classifier* untuk menghitung jumlah mobil yang ada pada citra, pada kasus penelitian ini dideteksi 4 buah camera sehingga terdapat 4 citra, tetapi untuk meminimalisir penggunaan proses GPU/CPU maka 4 citra yang didapatkan dari kamera digabungkan menjadi 1 citra dengan resolusi citra 640px x 480x dan dibagi menjadi 2x2 layout sehingga citra untuk masing masing simpang adalah 320px x 240x, berikut pada gambar 7 merupakan ilustrasi pembagian *layout* simpang.



Gambar 7. citra persimpangan

Pada gambar 7 untuk gambar kiri merupakan ilustrasi pembagian *layout* citranya, dan gambar kanan merupakan hasil pembagian *layout* citra.

Tabel 4. hasil akurasi algoritma haar cascade classifier

No	Keterangan	Akurasi
1	Simpang terang	71.7 %
2	Simpang terang hujan	53.7 %
3	Simpang terang dan terang hujan	62.7 %
4	Simpang malam	39.2 %
5	Simpang malam hujan	33.1 %
6	Simpang malam dan malam hujan	36.2 %
7	Keseluruhan simpang	49.5 %

Pada tabel 4 merupakan hasil akurasi algoritma *haar cascade* classifier, untuk citra simpang dengan kondisi cerah yaitu pagi, siang dan sore mendapatkan nilai akurasi diatas 50%. Sedangkan citra dengan kondisi gelap selalu mendapatkan akurasi dibawah 50%, hal ini dikarenakan citra yang dilatih merupakan citra mobil pada kondisi cerah.

3.2. Perhitungan *Fuzzy Logic* Mamdani

Menghitung *fuzzy logic* mamdani dilakukan dengan beberapa tahap, tahapan (1) pembentukan himpunan *fuzzy* (2) pembuatan fungsi implikasi atau *fuzzy rules* (3) komposisi aturan (4) defuzzyfikasi atau penegasan.

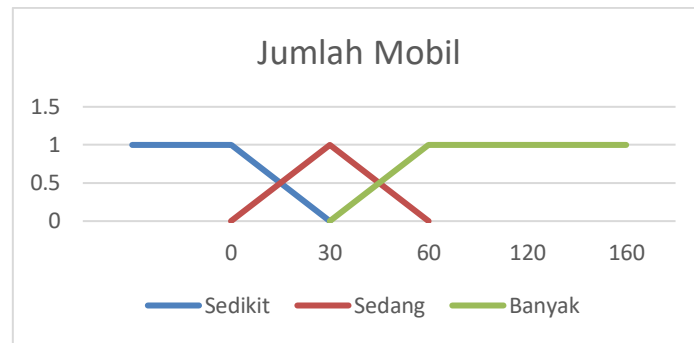
Pembentukan himpunan *fuzzy* berdasarkan dengan data masukan dan keluaran yang diperlukan oleh *fuzzy logic* mamdani, pada data masukan terdiri dari jumlah mobil (JM), panjang antrian mobil (PAM) dan lebar jalan (LJ), sedangkan keluarannya adalah durasi lampu hijau (DLH). Berikut fungsi keanggotaan untuk *variable domain* jumlah mobil.

$$\mu_{jm \text{ sepi}} = \begin{cases} 1, & ; x \leq 0 \\ \frac{x}{30-0}, & ; x \leq 30 \\ 0, & ; x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{jm \text{ sedang}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x-30}{30-0}, & ; 0 \leq x \leq 30 \\ \frac{60-x}{60-30}, & ; 30 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{jm \text{ ramai}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 30 \\ \frac{x-30}{60-30}, & ; 30 \leq x \leq 60 \\ 1, & ; x \geq 60 \end{cases}$$

Dari fungsi keanggotaan jumlah mobil didapatkan grafik fungsi keanggotaan jumlah mobil sebagai berikut.



Gambar 8. grafik variable *domain* jumlah mobil

Berdasarkan *variable domain* panjang antrian mobil, berikut fungsi keanggotaan panjang antrian mobil.

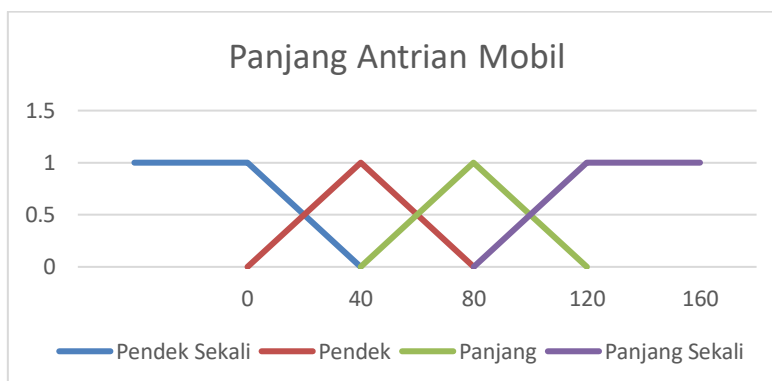
$$\mu_{\text{pam pendek}} = \begin{cases} 1, & ; x \leq 0 \\ \frac{40 - x}{40 - 0}, & ; x < 40 \\ 0, & ; x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{pam sedang}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x - 40}{40 - 0}, & ; 0 \leq x \leq 40 \\ \frac{80 - x}{80 - 40}, & ; 40 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{pam panjang}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 120 \\ \frac{x - 40}{80 - 40}, & ; 40 \leq x \leq 80 \\ \frac{120 - x}{120 - 80}, & ; 80 \leq x \leq 120 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{pam sangatpanjang}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 80 \\ \frac{x - 80}{120 - 80}, & ; 80 \leq x \leq 120 \\ 1, & ; x \geq 120 \end{cases}$$

Dari fungsi keanggotaan panjang antrian mobil didapatkan grafik fungsi keanggotaan panjang antrian mobil sebagai berikut.



Gambar 9/ grafik *variable domain* panjang antrian mobil

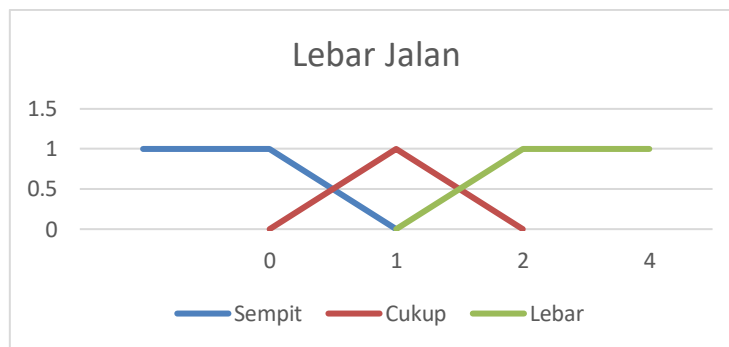
Berdasarkan *variable domain* lebar jalan, berikut fungsi keanggotaan lebar jalan.

$$\mu_{lj \text{ sempit}} = \begin{cases} 1, & ; x \leq 0 \\ \frac{1-x}{1-0}, & ; x < 1 \\ 0, & ; x \geq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{lj \text{ sedang}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 1 \text{ atau } x \geq 2 \\ \frac{x-1}{1-0}, & ; 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{2-x}{2-1}, & ; 1 \leq x \leq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{lj \text{ lebar}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 1 \\ \frac{x-1}{2-1}, & ; 1 \leq x \leq 2 \\ 1, & ; x \geq 2 \end{cases}$$

Dari fungsi keanggotaan lebar jalan didapatkan grafik fungsi keanggotaan lebar jalan sebagai berikut.



Gambar 10. grafik *variable domain* lebar jalan

Berdasarkan *variable domain* durasi lampu hijau, berikut fungsi keanggotaan durasi lampu hijau.

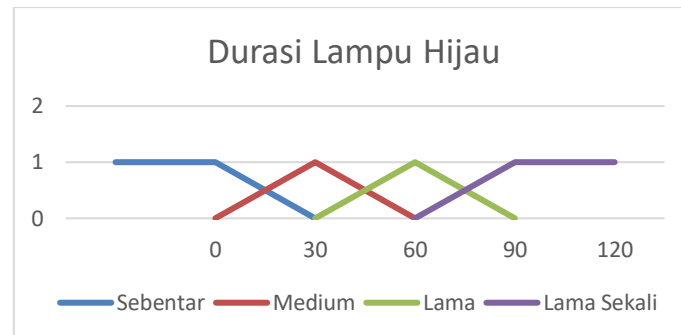
$$\mu_{dlh \text{ sebentar}} = \begin{cases} 1, & ; x \leq 0 \\ \frac{30-x}{30-0}, & ; x < 30 \\ 0, & ; x = 30 \end{cases}$$

$$\mu_{dlh \text{ sedang}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x-30}{30-0}, & ; 0 \leq x \leq 30 \\ \frac{60-x}{60-30}, & ; 30 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{dlh \text{ lama}} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-60}{60-0}, & ; 0 \leq x \leq 60 \\ \frac{90-x}{90-60}, & ; 60 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

$$\mu_{dlh\ slama} = \begin{cases} 0, & ; x \leq 60 \\ \frac{x - 60}{90 - 60}, & ; 60 \leq x \leq 90 \\ 1, & ; x \geq 90 \end{cases}$$

Dari fungsi keanggotaan durasi lampu hijau didapatkan grafik fungsi keanggotaan durasi lampu hijau sebagai berikut.



Gambar 11. grafik *variable domain* durasi lampu hijau

3.3. Sistem 10 Detik Tidak Ada Mobil Maka Simpang Dilewati

Sistem 10 detik tidak ada mobil maka simpang dilewati dibuat pada aplikasi terutama pada bagian durasi lampu hijau, sistem ini bukan merupakan bagian dari *haar cascade classifier* maupun *fuzzy logic* mamdani. Sistem ini akan membaca hasil keluaran algoritma *haar cascade classifier* pada data jumlah mobil dan menghitung jumlah mobil apakah dalam 10 detik berturut-turut tidak ada mobil pada simpang yang sedang lampu hijau, jika kondisi tersebut terpenuhi maka siklus lampu hijau akan dilanjutkan ke simpang selanjutnya meskipun durasi lampu hijau pada simpang yang dilewati belum mencapai 0 detik.

Sistem ini dibuat untuk menghemat waktu durasi lampu hijau dan menghindari terjadi durasi lampu hijau yang tidak efektif, sehingga simpang lain yang memang membutuhkan lampu hijau bisa segera langsung mendapatkannya.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada algoritma *haar cascade classifier* didapatkan akurasi untuk kondisi simpang terang adalah 71.7%, simpang terang hujan 53.7%, simpang malam 39.2% dan simpang malam hujan 33.1%, jika digabungkan maka mendapatkan akurasi 49.5%. Adapun algoritma *haar cascade classifier* digunakan untuk mendapatkan nilai *variable* jumlah mobil untuk kebutuhan *fuzzy logic* mamdani, selain *variable* jumlah mobil juga ada *variable* panjang antrian mobil yang merupakan proses *computer vision* dan lebar jalan yang dimasukan secara manual.

Dari hasil penggabungan antara algoritma *haar cascade classifier* dan *fuzzy logic* metode mamdani didapatkan siklus persimpangan lampu lalu lintas dengan masing-masing simpang memiliki durasi lampu hijau yang dinamis dan optimal, dimana durasi tersebut berubah-ubah berdasarkan kondisi simpang tersebut pada saat lampu merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnstein, S. R. (1969). A Ladder of Citizen Participation. Dalam R. T. Gates, & F. Stout (Penyunt.), *The City Reader* (2nd ed.). New York: Routledge Press.
- Borer, M. I. (2010). From Collective Memory to Collective Imagination: Time, Place, and Urban Redevelopment. *Symbolic Interaction*, 33(1), 96-144.
- Darlis, A. R. (2015). Impementation Visible Light COMMunication. *International Optical Conference* (hal. 200 - 209). Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Hasman, E., Purwitasari Ihsan, I., Pailing, H. S., & Fajar Makassar, U. (2021). Haar Cascade dan Algoritma Eignface Untuk Sistem Pembuka Pintu Otomatis. *JSAT: Journal Scientific and Applied Informatics*, 4(2). <https://doi.org/10.36085>
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy menggunakan Tool Box Matlab, Edisi Pertama*. Jakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Mac Leod, D. (1992). *Post-Modernism and Urban Planning*. Dipetik June 25, 2010, dari <http://www3.sympatico.ca/david.macleod/POMO.HTM>
- Oglesby, H. C., Hicks, D., & Gary, R. (1988). *TEKNIK JALAN RAYA*. Jakarta Pusat: Erlangga.
- Poston, J. D., & Bouvier, L. F. (2010). *An Introduction to Demography*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Poernamasari, I., Tumilaar, R., EJC Montolalu, C., Kunci, K., & Lampu Lalu Lintas Graf Berarah Graf Berbobot Metode Webster, P. (2019). Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas dengan menggunakan Metode Webster (Studi Kasus Persimpangan Jalan Babe Palar). *Jurnal Matematika Dan Aplikasi*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian>
- Saifullah, S., & Korespondensi, P. (2022). *FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI DALAM PREDIKSI PRODUKSI KAIN TENUN MENGGUNAKAN RULE BERDASARKAN RANDOM TREE FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI IN PREDICTION OF WOVEN FABRIC PRODUCTION USING RULE BASED ON RANDOM TREE*. 9(3), 443–452. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202294212>
- Santya, L., Miftah, M., Mandala, V., Saepudin, S., & Gustian, D. (2017). *PENERAPAN METODE FUZZY MAMDANI UNTUK PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI LANTAK SI JIMAT*.
- Stoica, R.-I. (2006 [2005]). Heterotopia Urbana: Some Conceptual Considerations of Urban Heritage. *Forum UNESCO University and Heritage 10th International Seminar "Cultural Landscapes in the 21st Century"*. Newcastle-upon-Tyne.
- Syafnidawaty. (2020, April 06). *LOGIKA FUZZY*. Diambil kembali dari UNIVERSITAS RAHARJA: <https://raharja.ac.id/2020/04/06/logika-fuzzy/>
- Voskuil, R. P. (1996). *Bandoeng: Beeld van Een Stad* (Indonesian ed.). (S. M. Supardan, S. Sumardi, N. Darsono, & I. I. Yousda, Penerj.) Bandung: Dept. Planologi and Jagaddhita.
- Wisesa, L. (2019, November 15). *OpenCV Face Recognition Berbasis Algoritma Haar Cascade*. Diambil kembali dari Medium: <https://medium.com/purwadhikaconnect/opencv-face-recognition-berbasis-algoritma-haar-cascade-1a5e23d9e8cb>
- Xi, Z. (2004). *Comparison between American and Chinese Community Building*. Dipetik May 10, 2007, dari COMM-ORG: The On-Line Conference on Community Organizing and Development: <http://comm-org.wisc.edu/papers2004/zhangxi.htm>