

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN TINGKAT KEMACETAN LALU LINTAS BERDASARKAN FUZZY LOGIC

M.Abyan Fhadil, Reyfo Reyfandro, Sri Chairani

Universitas Islam Kuantan Singingi, Jl.Gatot Subroto KM 7 Teluk Kuantan Kode POS 29511, Indonesia

mabyanfhadil47@gmail.com, reyforeyfandro@gmail.com,

ranie.nk@outlook.com

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Diterima : 06– 06 – 2026 Direvisi : 20 – 06 – 2026 Diterbitkan: 30– 06 – 2026 Kata Kunci: Logika Fuzzy Tingkat Kemacetan Jumlah Kendaraan Kecepatan Kendaraan Sistem Cerdas	Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan umum yang terjadi di berbagai kota besar. Untuk mengetahui tingkat kemacetan secara akurat, dibutuhkan sistem yang mampu menangani ketidakpastian data, seperti jumlah dan kecepatan kendaraan. Pada penelitian ini digunakan metode logika fuzzy tipe Mamdani untuk menentukan tingkat kemacetan berdasarkan dua variabel input, yaitu jumlah kendaraan dan kecepatan kendaraan. Data diperoleh dari sensor penghitung kendaraan dan sensor kecepatan. Nilai linguistik pada variabel input terdiri dari “sedikit”, “sedang”, dan “banyak” untuk jumlah kendaraan, serta “pelan”, “normal”, dan “cepat” untuk kecepatan kendaraan. Hasil defuzzifikasi menghasilkan keluaran berupa tingkat kemacetan: “lancar”, “padat”, dan “macet”. Penerapan fuzzy logic ini terbukti efektif untuk memberikan hasil yang fleksibel dan realistis terhadap kondisi lalu lintas yang dinamis.
Keywords: Fuzzy Logic Congestion Level Vehicle Count Vehicle Speed Vehicle Density	ABSTRACT <i>Traffic congestion is a common problem that occurs in many large cities. To accurately determine the level of congestion, a system is needed that is able to handle data uncertainty, such as the number and speed of vehicles. In this study, the Mamdani type fuzzy logic method is used to determine the level of congestion based on two input variables, namely the number of vehicles and vehicle speed. Data is obtained from vehicle counting sensors and speed sensors. The linguistic values of the input variables consist of "few," "medium," and "many" for the number of vehicles, and "slow," "normal," and "fast" for vehicle speed. The results of defuzzification produce output in the form of congestion levels: "smooth," "dense," and "congested". This application of fuzzy logic has proven effective in providing flexible and realistic results to dynamic traffic conditions.</i>

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.



I. Pendahuluan

Manusia selalu bergerak dari satu tempat ke tempat lain, yang meningkatkan jumlah lalu lintas di rute tersebut. Akhir-akhir ini, peningkatan volume lalu lintas menyebabkan kemacetan jalan raya [4]. The Federal Road Safety Commission of Nigeria, juga dikenal sebagai Komisi Keselamatan Jalan Raya Federal Nigeria, adalah lembaga yang bertanggung jawab atas perawatan jalan di Nigeria. Sebuah komite yang disebutkan sebelumnya menyatakan bahwa peningkatan jumlah insiden yang berkaitan dengan geng di

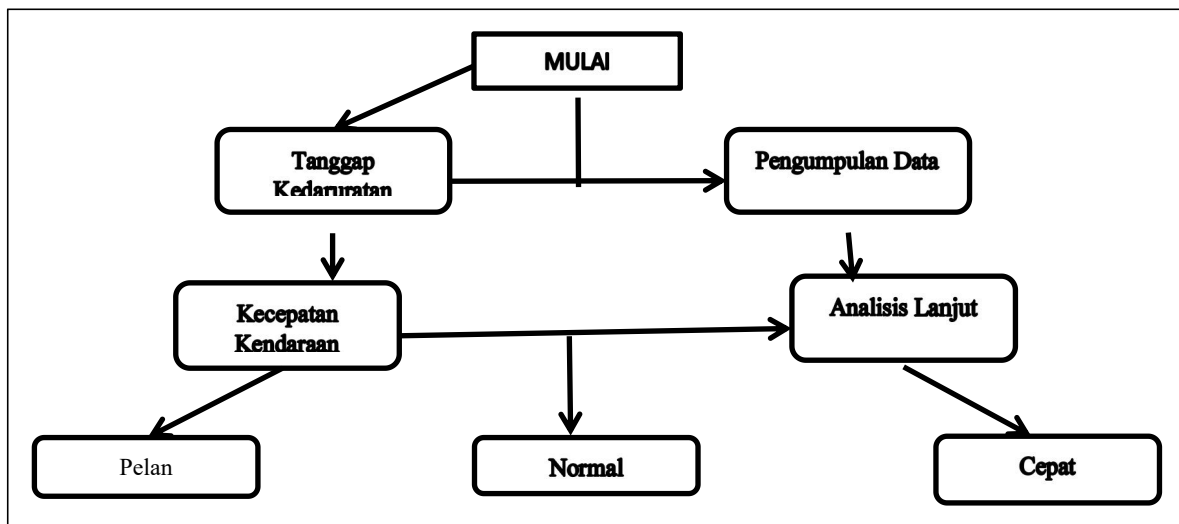
beberapa sektor transportasi lain adalah penyebab tingginya tingkat lalu lintas. Incidents ini terutama terjadi di Jalan Empat Arah (+). Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah dan lembaga terkait telah memberlakukan berbagai peraturan lalu lintas.. Salah satu yang terbaru adalah peraturan lalu lintas di Negara Bagian Lagos, Nigeria, yang menetapkan hukuman penjara bagi pelanggar. Di Negara Bagian Rivers, Nigeria, Tima-Riv mengawasi lalu lintas, dan pelanggar dikenakan denda tinggi selain tes mental. Namun, upaya-upaya ini gagal mencapai tujuan mereka untuk membebaskan persimpangan empat arah "+", yang mengakibatkan kehilangan sumber daya, kematian orang, dan pemborosan jam kerja berharga di hari kerja. Selain itu, para ilmuwan dan peneliti telah berkontribusi dalam pengembangan teknik yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah nyata, di antaranya bidang komputasi lunak. Tujuan utama dalam bidang komputasi lunak adalah pembuatan mesin cerdas dan pengendali logika fuzzy pada persimpangan tunggal dua jalan satu arah. Sejak saat itu, banyak penelitian serupa telah dilakukan dan umumnya melaporkan kinerja yang lebih baik dari pengendali logika fuzzy dibandingkan dengan pengendali waktu tetap [9][16].

Menurut referensi [5], lampu lalu lintas yang sensitif secara elektronik lebih efisien daripada siklus lampu lalu lintas yang telah ditentukan sebelumnya. Ini disebabkan fakta bahwa mereka memiliki kemampuan untuk memperpanjang atau mempersingkat durasi siklus lampu saat jumlah kendaraan meningkat atau berkurang secara tiba-tiba. Mereka bekerja untuk menggunakan kontrol fuzzy untuk membuat lampu lalu lintas yang ideal. Nilai fungsi keanggotaan fuzzy antara 0 dan 1 digunakan untuk menghitung panjang kendaraan yang tidak pasti, kecepatan, dan lebar jalan. Nilai ini juga digunakan untuk menghitung berbagai kondisi, seperti jenis kendaraan, kecepatan, penundaan waktu mulai, dan volume kendaraan yang disimpan di lalu lintas.

Dalam sebuah artikel yang diterbitkan pada tahun [13], pengendali lampu lalu lintas cerdas yang berbasis teknologi logika fuzzy dirancang dan diterapkan. Para peneliti menggunakan teknologi ini untuk mengembangkan program yang dapat mensimulasikan keadaan di persimpangan lalu lintas terisolasi. Sistem mereka, yang menggunakan sistem Windows, memungkinkan simulasi berbagai kondisi lalu lintas di persimpangan. Sistem membandingkan pengendali logika fuzzy dengan pengendali waktu tetap konvensional, dan hasil simulasi menunjukkan bahwa pengendali logika fuzzy lebih hemat biaya dan lebih efisien.

II. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis sistem inferensi logika fuzzy dengan metode Mamdani.

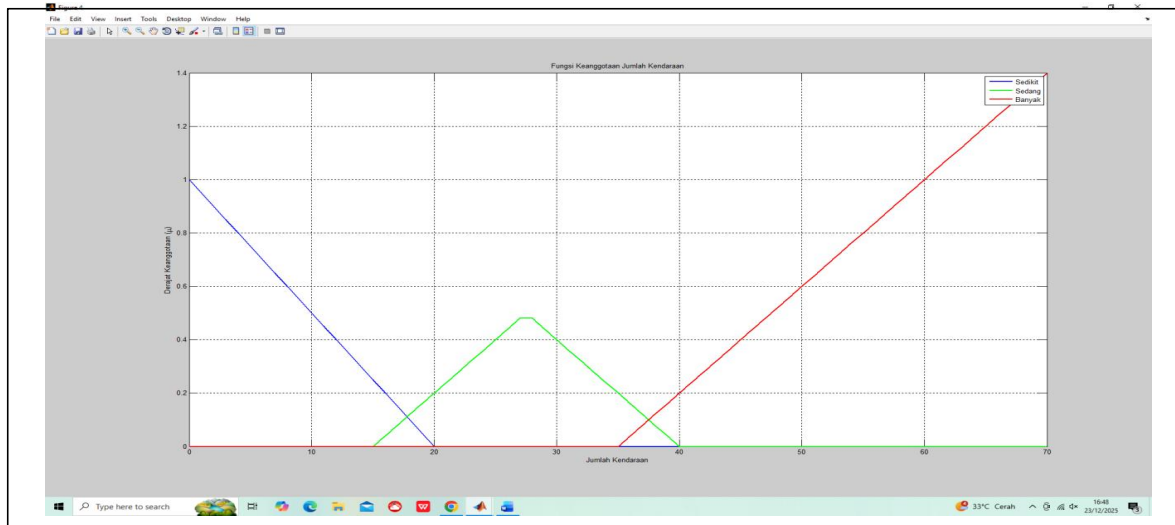


Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem Pendukung Keputusan Tingkat Kemacetan Lalu Lintas Berdasarkan Fuzzy Logic.

1. Mulai bercabang menjadi Kondisi Kendaraan dan Pengumpulan data.
2. Kondisi Kendaraan mengarah ke Kecepatan Kendaraan.
3. Pengumpulan data mengarah ke Analisis Logit.
4. Kecepatan Kendaraan dan Analisis Logit menghasilkan output: Pelan, Normal, atau Cepat.

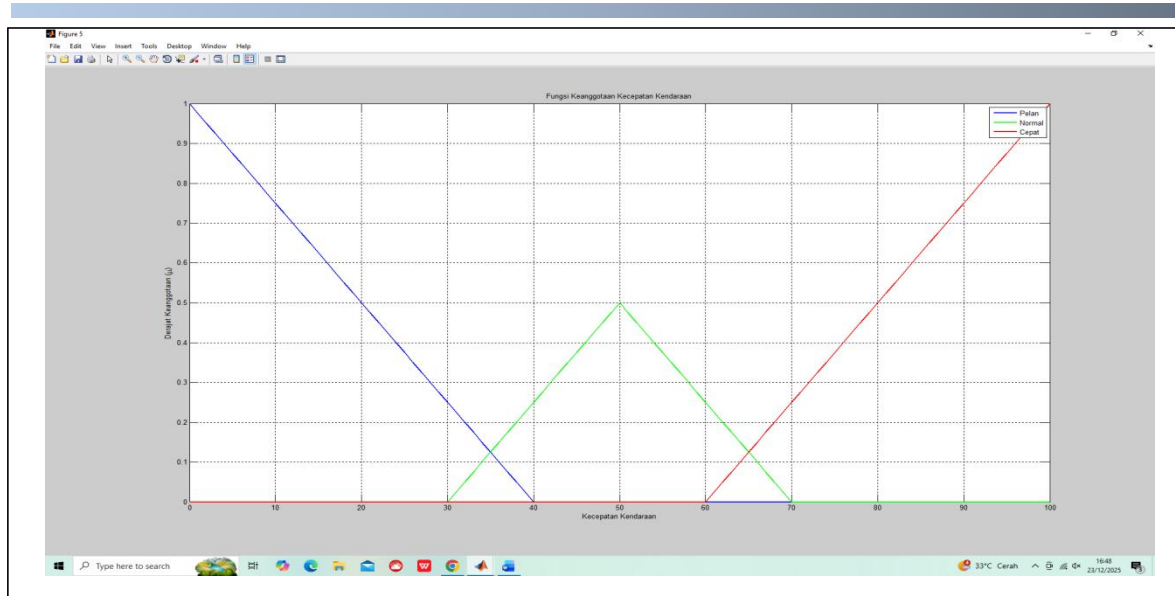
Tabel 1. Jumlah Kendaraan

Himpunan	Range Nilai	Fungsi Keanggotaan (μ)
Sedikit	0 - 20	$\mu = (20-x)/20$
Sedang	15 - 40	$\mu = (x-15)/25$ atau $(40-x)/25$
Banyak	35 - 70	$\mu = (x-35)/25$



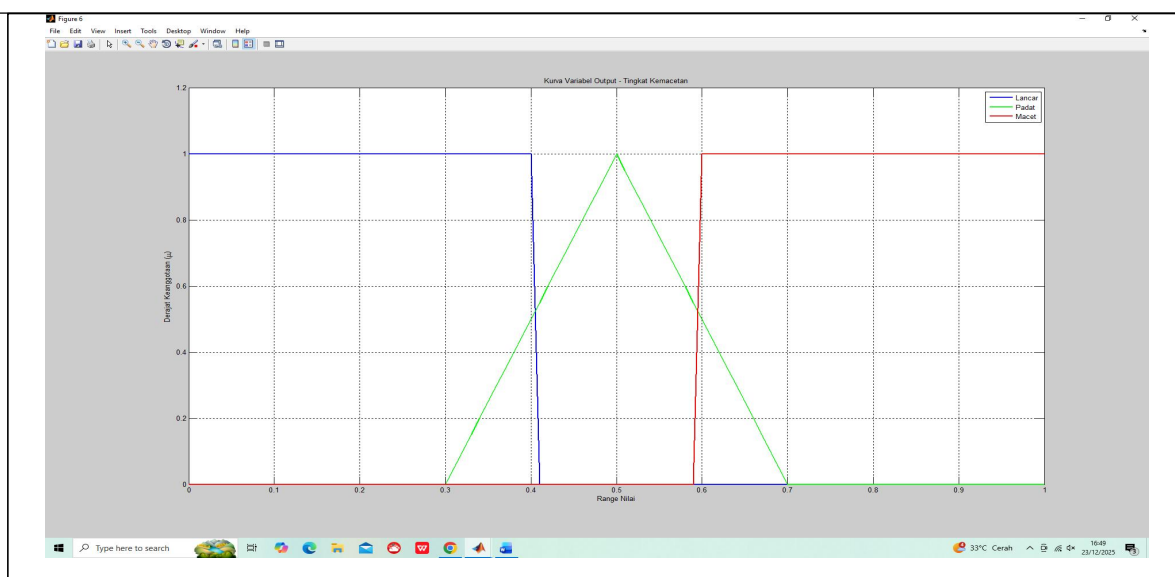
Tabel 2. Kecepatan Kendaraan

Himpunan	Range Nilai	Fungsi Keanggotaan (μ)
Pelan	0 - 40	$\mu = (40-x)/40$
Normal	30 - 70	$\mu = (x-30)/40$ atau $(70-x)/40$
Cepat	60 - 100	$\mu = (x-60)/40$



Tabel 3. Output – Tingkat Kemacetan

Himpunan	Range Nilai	Fungsi Keanggotaan (μ)
Lancar	0 - 0,4	Linier Naik
Padat	0,3 - 0,7	Segitiga
Macet	0,6 - 1	Linear Turun



III. Hasil dan Pembahasan

A. Fuzzy Input/Output Specifications

Karena tidak ada sistem lampu lalu lintas yang terpasang di persimpangan YKC, variabel masukan/keluaran fuzzy yang digunakan di sini adalah representasi dari situasi kemacetan lalu lintas yang diamati selama periode waktu tertentu. Oleh karena itu, metode pengendalian manual dianggap sebagai sistem lampu lalu lintas konvensional. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi masukan dan keluaran yang fuzzy. Ada dua variabel masukan dan satu variabel keluaran. Perubahan waktu siklus yang disebabkan oleh keadaan masukan disebut keluaran.

Tabel 4. Variabel fuzzy (Spesifikasi Masukan/Kelua

Input		Output
Lampu Merah (Antrian)	Lampu Hijau (Gerak)	Perubahan Waktu Lingkaran (Perpanjangan)
Nol (Z) tanpa antrean mobil	Antrian sangat pendek (VS) untuk kendaraan yang meninggalkan pengendali lalu lintas)	Tidak (N) tidak ada perubahan pada waktu siklus)
Rendah (L)	Pendek (S)	Kecil (S)
Sedang (M)	Sedang (M)	Sedang (M)
Tinggi (H)	Panjang (L)	Panjang (L)
Kekacauan (C)	Sangat Panjang (VL)	Sangat Panjang (VL)

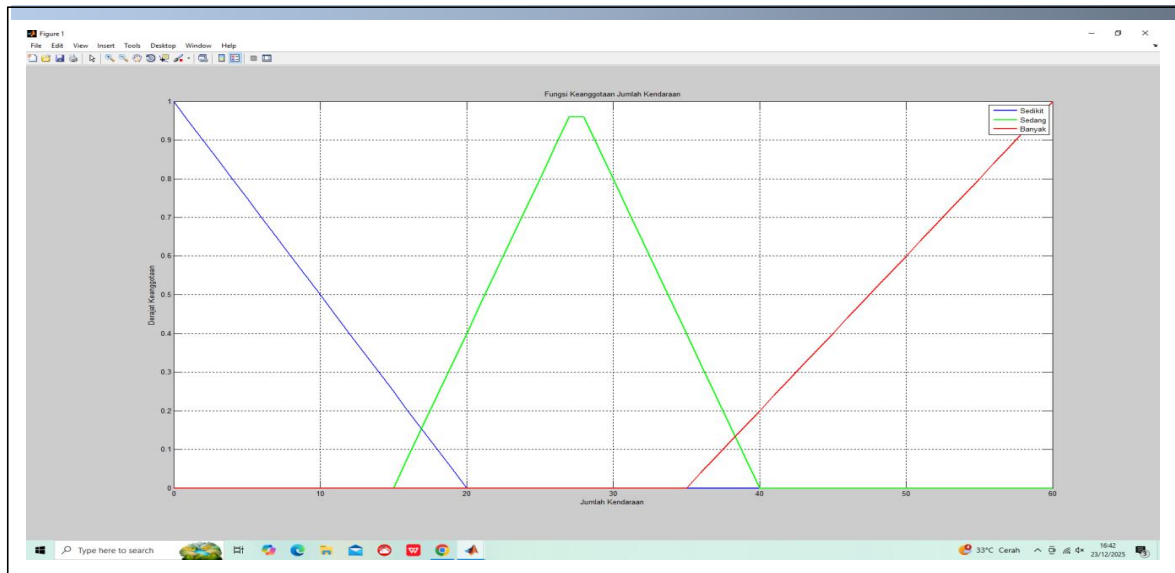
B. Fuzzifikasi

Mengubah nilai yang jelas (crisp) menjadi himpunan fuzzy memungkinkan mekanisme inferensi fuzzy untuk digunakan dan diproses olehnya dikenal sebagai fuzzifikasi [14]. Tabel 1 memberikan variabel linguistik dan derajat keanggotaan kepada masukan dan keluaran desain. Mengasumsikan lampu merah menyala di kedua jalan Utara dan Selatan dan jarak D konstan, masukan model terdiri dari mobil di belakang lampu merah dan mobil di belakang lampu hijau. Mobil di belakang lampu merah adalah jumlah mobil terbesar di kedua arah. Probabilitas perubahan waktu siklus saat ini merupakan parameter keluaran yang tepat. Selanjutnya, parameter masukan dan keluaran dibagi menjadi fungsi keanggotaan yang tumpang tindih, masing-masing dengan tingkat yang berbeda. Nol (0,1), rendah (0,10), sedang (7,21), tinggi (16,36), dan kacau (30,48) adalah tingkat dan rentang yang sesuai untuk masukan satu, yaitu kendaraan di belakang lampu merah. Tingkatnya sangat pendek untuk input dua kendaraan (yang berada di belakang lampu hijau).

(0, 14), pendek (0, 34), sedang (14, 60), panjang (33, 88), dan luar biasa panjang (65,100). Keluaran mungkin tidak (0,00), kecil (0,25), mungkin (0,50), mungkin ya (0,75), dan ya (1,00). Catatan: Sebaliknya daripada rentang nilai, setiap tingkat dihubungkan dengan satu nilai, atau posisi.

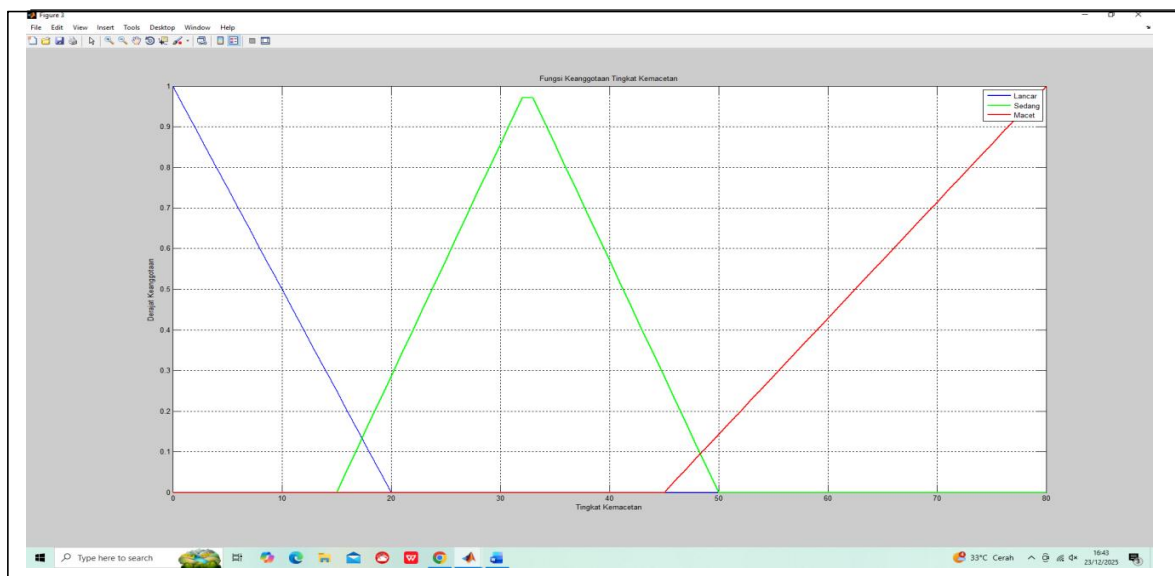
Tabel 5. Himpunan Input Fuzzy (Kemacetan)

No	Kepala Tabel		Himpunan Input Fuzzy		
	Nama	Notasi	Nama	Notasi	Domain (Nilai)
1	Jumlah Kendaraan	J	Sedikit	S	[0–20]
			Sedang	SD	[15–40]
			Banyak	B	[35–60]
2	Kecepatan Kendaraan	K	Cepat	C	[40–80]
			Sedang	SD	[20–50]
			Lambat	L	[0–30]



Tabel 6. Himpunan Output Fuzzy (Tingkat Kemacetan)

No	Kepala Tabel		Himpunan Input Fuzzy		
	Nama	Notasi	Nama	Notasi	Domain (Nilai)
1	Tingkat Kemacetan	T	Lancar	L	[0–20]
			Sedang	S	[15–50]
			Macet	M	[45–80]



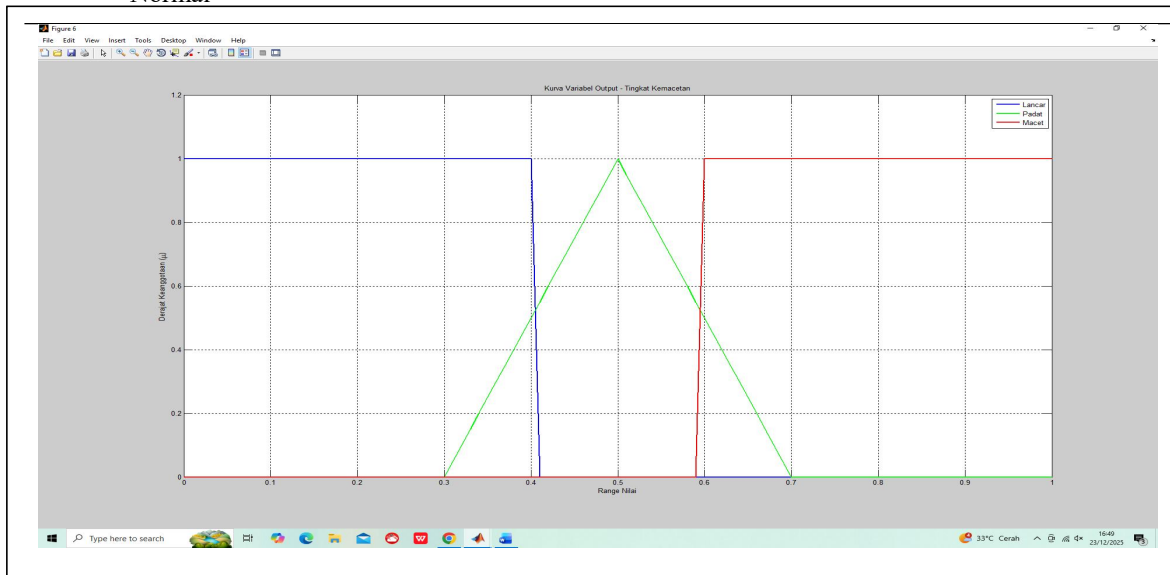
C. Pembentukan Aturan (Rule Base)

Dalam sistem inferensi fuzzy, tahap kedua adalah pembentukan aturan, juga dikenal sebagai dasar aturan. Pada tahap ini, serangkaian aturan IF-THEN digunakan untuk membuat keputusan. Pengetahuan (pengetahuan pakar) tentang bagaimana input (hasil dari fuzzyfikasi) akan memengaruhi output digambarkan dalam aturan ini.

- 1) Setiap aturan terdiri dari dua bagian utama:
- 2) Antecedent (Kondisi/Input): Bagian IF yang berisi satu atau lebih nilai linguistik yang dihubungkan dengan operator logika (AND atau OR).
- 3) Consequent (Konklusi/Output): Bagian THEN yang menentukan nilai linguistik output yang dihasilkan.

Tabel 7. Daftar Aturan Fuzzy (Rule Base)

No	Antecedent (Kondisi IF)	Operator Logika	Consequent (Konklusi THEN)
1	IF Jumlah Kendaraan Sedikit...Kecepatan Cepat	AND	THEN Kemacetan Lancar
2	IF Jumlah Kendaraan Banyak...Kecepatan Pelan	AND	THEN Kemacetan Macet
3	IF Jumlah Kendaraan Sedang... Kecepatan Normal	AND	THEN Kemacetan Padat



1. Jumlah kendaraan (satuan: kendaraan)

Himpunan: Sedikit, Sedang, Banyak dengan rentang:

- a) Sedikit: $0 \leq x \leq 200$ dan $200 \leq x \leq 4015$
- b) Sedang: $15 \leq x \leq 4015$ dan $4015 \leq x \leq 40$
- c) Banyak: $35 \leq x \leq 7035$ dan $7035 \leq x \leq 70$

Fungsi keanggotaan (piecewise):

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 15 \\ \frac{x-15}{25}, & 15 \leq x \leq 40 \\ \frac{40-x}{25}, & 15 \leq x \leq 40 \\ 0, & x > 40 \end{cases}$$

2. Kecepatan kendaraan (satuan: km/jam)

Himpunan: Pelan, Normal, Cepat dengan rentang:

- a) Pelan: $0 \leq v \leq 400$ dan $400 \leq v \leq 40$
- b) Normal: $30 \leq v \leq 7030$ dan $7030 \leq v \leq 70$
- c) Cepat: $60 \leq v \leq 10060$ dan $10060 \leq v \leq 100$

Fungsi keanggotaan (piecewise):

$$\mu_{\text{pelan}}(v) = \begin{cases} 1, & v \leq 0 \\ \frac{40-v}{40}, & 0 < v \leq 40 \\ 0, & v > 40 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(v) = \begin{cases} 0, & v < 30 \\ \frac{v-30}{40}, & 30 \leq v \leq 70 \\ \frac{70-v}{40}, & 30 \leq v \leq 70 \text{ (alternatif sisi turun)} \\ 0, & v > 70 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{cepat}}(v) = \begin{cases} 0, & v < 60 \\ \frac{v-60}{40}, & 60 \leq v \leq 100 \\ 1, & v \geq 100 \end{cases}$$

3. Output — Tingkat kemacetan zzz (skala 0..1)

Himpunan: Lancar, Padat, Macet (rentang praktis dipilih: 0–1; overlap dibuat agar smoothing)

- a) Lancar: rentang $0.0 \leq z \leq 0.4$ (linier turun atau linier naik tergantung desain)
- b) Padat: rentang $0.3 \leq z \leq 0.7$ (segitiga, puncak di 0.5)
- c) Macet: rentang $0.6 \leq z \leq 1.0$

Contoh fungsi keanggotaan (segitiga / trapesium):

$$\mu_{\text{lancar}}(z) = \begin{cases} 1, & z \leq 0.0 \\ \frac{0.4-z}{0.4-0.0}, & 0 < z \leq 0.4 \\ 0, & z > 0.4 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{padat}}(z) = \begin{cases} 0, & z < 0.3 \\ \frac{z-0.3}{0.5-0.3}, & 0.3 \leq z \leq 0.5 \\ \frac{0.7-z}{0.7-0.5}, & 0.5 < z \leq 0.7 \\ 0, & z > 0.7 \end{cases}$$

D. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi terjadi ketika himpunan kabur berubah menjadi nilai yang nyata. Karena kompleksitas komputasinya yang relatif besar, CoG digunakan untuk defuzzifikasi dalam penelitian ini. Persamaan 2 menunjukkan ini.

$$COG(B^0) = \frac{\sum_{q=1}^{N_q} \mu_{B^0}(y_q) y_q}{\sum_{q=1}^{N_q} \mu_{B^0}(y_q)}$$

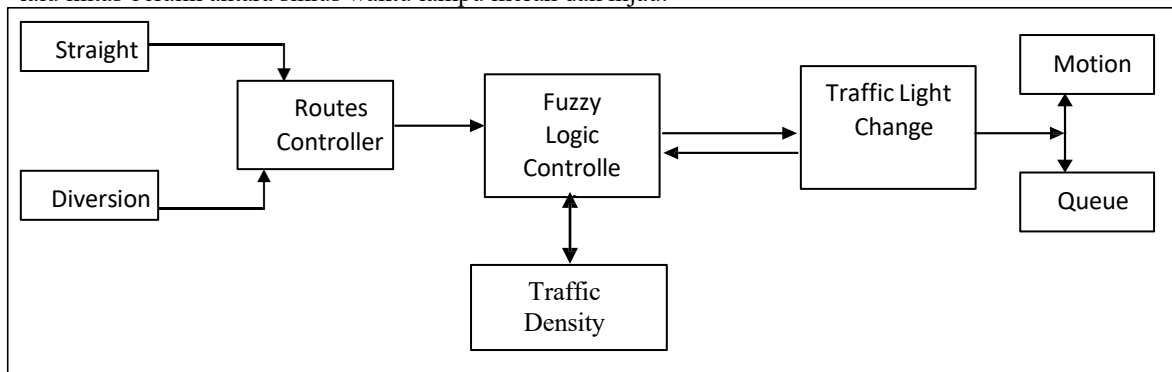
Di mana $0(y)$ adalah derajat keanggotaan, N_q adalah jumlah kuantisasi yang digunakan untuk mendiskritkan fungsi keanggotaan dari keluaran fuzzy B^0 , dan y_q adalah elemen himpunan.

Nilai Kaku adalah jumlah dari (Derajat Keanggotaan * Posisi Singleton) dibagi dengan (Derajat Keanggotaan). Misalnya, dengan derajat keanggotaan keluaran, probabilitas perubahan Ya = 0, probabilitas perubahan Mungkin Ya = 0,6, probabilitas perubahan Mungkin Tidak = 0,3, dan probabilitas perubahan

Mungkin Tidak = 0,1. Hasil kaku akan menjadi $0,1 \times 0,00 + (0,3 \times 0,25) + (0,9 \times 0,50) + (0,6 \times 0,75) + (0 \times 1,00) / 0,1 + 0,3 + 0,9 + 0,6 + 0 = 0,51$.

Untuk menentukan apakah waktu siklus akan diperpanjang, sistem menghitung kepadatan kendaraan di sebelah utara dan selatan saat berada dalam keadaan menunggu dan membaginya dengan jarak D. Mengasumsikan bahwa $S3-S4 = 50$ dan $S7-S8 = 70$, maka nilai hasilnya akan dihitung sebagai $((S3-S4) + (S7-S8))/D = (50+70)/200 = 0.6$. Karena outputnya adalah 0.6, waktu siklus harus diperpanjang sedang. Model Sistem Komprehensif yang Diusulkan

Model sistem cerdas tingkat tinggi ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk menangani operasi, sejumlah kelas dan metode dibuat, dengan kelas utama yang bertanggung jawab untuk mengontrol dan membuat antarmuka Java. Pengendali rute mengawasi jumlah kendaraan yang melintasi rute lurus (mobil yang bergerak dari utara ke selatan dan sebaliknya, dan dari timur ke barat) dan pengalihan (mobil yang bergerak dari barat ke selatan, utara ke barat, timur ke utara, dan selatan ke timur). Dengan memanfaatkan kepadatan lalu lintas, pengendali logika fuzzy mengevaluasi situasi lalu lintas dan menentukan rute mana yang mendapatkan waktu lampu hijau dan berapa lama. Dengan menggunakan sinyal yang diberikan oleh pengendali logika fuzzy, perubahan lampu lalu lintas beralih antara siklus waktu lampu merah dan hijau.



IV. Kesimpulan

Penerapan logika fuzzy dengan metode Mamdani untuk menentukan tingkat kemacetan berdasarkan jumlah dan kecepatan kendaraan terbukti dapat menangani data yang tidak pasti dengan baik. Sistem ini mampu memberikan hasil penilaian kemacetan yang lebih realistis dan adaptif terhadap kondisi lalu lintas yang dinamis. Dengan demikian, metode fuzzy logic dapat diimplementasikan dalam sistem pemantauan lalu lintas cerdas untuk membantu pengambilan keputusan terkait pengaturan arus lalu lintas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengajar dan rekan-rekan yang telah membantu dalam penyusunan penelitian ini, serta kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan teknis dan moral sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] O. C. Akinyokun, *Neuro-Fuzzy Expert System for Evaluation of Human Resources Performance*. First Bank of Nigeria PLC Endowment Fund Lecture Series 1, Delivered at the Federal University of Technology, Akure, Nigeria, 2002.
- [2] P. Bonissone, *Soft Computing: The Convergence of Emerging Reasoning Technologies* Soft Computing. Springer- Verlag, Germany / USA, 1997.
- [3] J. Chen, & Y. Xi, Nonlinear System Modeling by Competitive Learning and Adaptive Fuzzy Inference System,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, vol. 28, no. 2, 1998, pp. 231-238.
- [4] A. Di Febbraro, D. Giglio and N. Sacco, Urban traffic control structure based on hybrid Petri nets, Intelligent Transportation Systems. *IEEE Transactions*, 2004, on 5(4):224-237.
- [5] L. GiYoung, J. Kang & Y. Hong, The optimization of traffic signal light using artificial intelligence. *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems*. Barisban Australia, 2001.
- [6] S. Horikawa, T. Furuhashi, & Y. Uchikawa, On fuzzy modeling using fuzzy neural networks with the back- propagation algorithm,” *IEEE Transactions on Neural Networks*, 3, 1992, 801- 806.
- [7] G. K. Mann & R.G. Gosine, “Adaptive hierarchical tuning of fuzzy controllers,” *Expert Systems*, 19(1), 34-45, 2002.
- [8] B. M. Nair, & J. Cai, A Fuzzy Logic Controller for Isolated Intersection with Traffic Abnormality, *Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Turkey, 2007.
- [9] J. Niittymäki & M. Pursula, Signal Control using Fuzzy Logic, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 116, 2000, pp. 11-22.
- [10] U. C. Osigwe, F. O. Oladipo, E. A. Onibere, Design and Simulation of an Intelligent Traffic Control System. *International Journal of Advances in Engineering & Technology Vol. 1, Issue 5*, 2011, pp. 47-57.
- [11] C. P. Pappis & E. H. Mamdani, A Fuzzy Logic Controller for a Traffic Junction, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-7, No. 10, 1977, pp. 707-717.
- [12] M. Sugeno & K. Tanaka, “Successive identification of a fuzzy model and its application to prediction of complex systems,” *Fuzzy Sets and Systems*, 42, 1991, 315-334.
- [13] K. Tan, M. Khalid & R. Yusof, Intelligent traffic lights control by fuzzy logic. *Malaysian Journal of Computer Science*, 9(2): 29-35, 1996.
- [14] C. Ugwu, E. E. Williams & E.O Nwachukwu , *Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems*. MunaGensis Concepts Nig Ltd, Owerri, Nigeria, 2012.
- [15] L. X. Wang, *A course in Fuzzy Systems and Control*, Pretice Hall PTR, Upper Saddle River, 1997.
- [16] W. Wen, A dynamic and automatic traffic light control expert system for solving the road congestion problem. *Expert Systems with Applications* 34(4):2370-2381, 2008.
- [17] L. Zadeh “Fuzzy Logic and Softcomputing” Plenary Speaker, *Proceedings of IEEE International Workshop on Neuro Fuzzy Control*. Muroran, Japan, 1993.