

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi kendaraan di Indonesia terus meningkat setiap tahun, kurang lebih mencapai 133,6 juta unit tercatat pada 2019. Pertumbuhan ini melampaui kapasitas jalan sehingga memicu kemacetan, terutama di kota besar (Harahap, 2019). Dampaknya sangat nyata, seperti waktu perjalanan yang terbuang, bahan bakar yang boros, dan risiko kecelakaan yang meningkat. Di sisi lain, kemacetan ini juga memengaruhi masyarakat secara sosial, seperti meningkatnya stres, menurunnya produktivitas, hingga terganggunya kegiatan ekonomi. Meskipun lampu lalu lintas sudah digunakan untuk mengatur kendaraan, sebagian besar masih menggunakan sistem waktu tetap, yang kurang efektif dalam menangani arus lalu lintas yang padat. Di Kota Cirebon, simpang Jalan Pemuda adalah contoh area rawan macet akibat pertemuan arus kendaraan dan perilaku pengguna jalan yang sering melanggar aturan (Santosa, 2023).

Penelitian-penelitian tentang sistem pengatur lampu lalu lintas telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya menggunakan *hybrid heuristic method* seperti kombinasi dari metode *Genetic Algorithm* (GA) dan *Fuzzy Logic* atau kombinasi dari metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Fuzzy Logic*. GA merupakan simulasi proses evolusi biologis dengan menciptakan solusi optimal melalui seleksi, mutasi, dan rekombinasi. Sedangkan, PSO merupakan metode heuristik yang terinspirasi oleh perilaku kawanan burung atau ikan, metode ini memanfaatkan interaksi antar-partikel untuk menemukan solusi optimal. *Hybrid heuristic method* merupakan gabungan dua metode heuristik untuk mengatasi kekurangan masing-masing metode dan meningkatkan akurasi serta efisiensi.

Terutama pada penelitian yang menggunakan Logika Fuzzy, belum sepenuhnya mempertimbangkan pengaturan waktu lampu hijau yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penerapan sistem pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan 2 algoritma yang di *hybrid* yaitu Logika Fuzzy Bertingkat sebagai langkah pertama untuk menentukan fase lalu lintas dan

dilanjutkan dengan algoritma *Improve Ant Colony Optimization* (IACO) untuk menentukan durasi waktu hijau yang optimal.

Logika *Fuzzy* merupakan sebuah metode dalam ilmu komputer dan matematika yang digunakan untuk menangani ketidakpastian. Pengaturan lampu lalu lintas konvensional yang menggunakan sistem waktu tetap sering kali tidak fleksibel dalam menghadapi perubahan kondisi lalu lintas, seperti meningkatnya jumlah kendaraan di setiap ruas jalan. Untuk mengatasi masalah ini, logika fuzzy menjadi salah satu solusi yang efektif karena mampu mengolah data yang tidak pasti dan membuat keputusan berdasarkan situasi yang kompleks. Metode fuzzy Mamdani dipilih secara tepat pada penelitian ini karena karakteristiknya menghasilkan nilai tegas, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih akurat untuk sistem adaptif pengaturan lalu lintas. Dengan pendekatan bertingkat (*multi-stage*), logika fuzzy dapat menganalisis variabel-variabel lalu lintas, seperti panjang antrian, tambahan durasi hijau, dan tingkat urgensi untuk fase hijau, secara sistematis. Pendekatan bertingkat ini dirancang untuk membuat pengaturan lampu lalu lintas lebih efisien, memastikan waktu hijau disesuaikan dengan kebutuhan setiap ruas jalan, dan membantu mengurangi kemacetan secara signifikan (Ridwan & dkk, 2022).

Algoritma *Improve Ant Colony Optimization* (IACO) merupakan salah satu metode optimasi berbasis metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan. IACO memiliki kemampuan untuk mencari solusi optimal melalui proses iteratif dengan mekanisme pencarian jalur dan pembaruan feromon yang akan dilanjutkan dengan langkah mutasi dan pencarian solusi secara lokal. IACO metode yang sederhana dan efektif untuk mengoptimalkan waktu lampu lalu lintas. Algoritma ini lebih baik dibandingkan algoritma *Webster* dan algoritma genetika dalam hal kinerja (He, 2012). Namun, IACO terkadang kurang mampu menangani ketidakpastian yang muncul pada sistem lalu lintas yang sangat dinamis dan kompleks. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, sistem *Fuzzy Mamdani Multi-Stage* dapat diintegrasikan sebagai pelengkap (Ridwan & dkk, 2022).

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait optimasi pengaturan lalu lintas. Arini (2018) menerapkan algoritma *Bee Colony* dan *Fuzzy Mamdani* di simpang

Jalan Soekarno-Hatta, Bandung, untuk meningkatkan kelancaran arus lalu lintas. Chairani (2021) menggunakan metode Webster di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso, Medan, untuk mengurangi waktu tunggu kendaraan. Putrie (2023) menggabungkan metode Fuzzy Tsukamoto dan algoritma Welch-Powell untuk menentukan fase dan durasi optimal di simpang Jalan Soekarno Hatta–Jalan Ibrahim Adjie.

Ketiga penelitian di atas berfokus pada penentuan fase dan durasi optimal, namun masih menggunakan pendekatan tradisional seperti pewarnaan graf. Penelitian ini menghadirkan keterbaruan dengan mengganti pewarnaan graf dalam penentuan fase menjadi sistem fuzzy bertingkat (*multi-stage*) berdasarkan tingkat urgensi. Selain itu, IACO diterapkan untuk menentukan durasi hijau optimal pada tiap fase, sehingga menghasilkan sistem pengaturan lalu lintas yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi riil di lapangan. Implementasi metode *hybrid* ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengaturan waktu lampu lalu lintas, dengan fokus pada pengurangan waktu tunggu kendaraan di persimpangan dan peningkatan efisiensi arus lalu lintas secara keseluruhan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam bidang manajemen lalu lintas perkotaan serta menjadi langkah awal dalam pengembangan sistem transportasi pintar (*smart transportation*) di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dimana masalah kemacetan dan penyebabnya dijelaskan, maka peneliti merumuskan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem pengaturan lampu lalu lintas dengan menggabungkan metode *Improve Ant Colony Optimization* (IACO) dan *Fuzzy Mamdani Multi-Stage* untuk mengurangi panjang antrian di Simpang Jalan Pemuda, Kota Cirebon?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *Hybrid Improve Ant Colony Optimization* (IACO) dan *Fuzzy Mamdani Multi-Stage* untuk mengoptimalkan pengendalian lampu lalu lintas di simpang Jalan Pemuda, Kota Cirebon?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem pengaturan lampu lalu lintas yang menggabungkan metode *Improve Ant Colony Optimization* (IACO) dan *Fuzzy Mamdani Multi-Stage* untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas di Simpang Jalan Pemuda, Kota Cirebon.
2. Mengimplementasikan metode *hybrid* IACO dan *Fuzzy Mamdani Multi-Stage* dalam sistem pengendalian lampu lalu lintas di Simpang Jalan Pemuda, Kota Cirebon untuk mengoptimalkan pengaturan lalu lintas.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, manfaat penelitian dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Menjadi referensi dalam bidang optimasi terutama pada penerapan Algoritma *Hybrid Improve Ant Colony Optimization* dan *Metode Fuzzy Mamdani Multi-Stage*, serta implementasinya menggunakan *software* MATLAB untuk pengaturan lampu lalu lintas yang pintar.
2. Menjadi referensi bagi Pemerintah Kota Cirebon dalam mengatur kebijakan terkait pengelolaan lalu lintas, terutama dalam pengaturan fase lampu lalu lintas di persimpangan, untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas dan mengurangi penumpukan kendaraan di lokasi strategis seperti Simpang Jalan Pemuda.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat yang maksimal untuk masyarakat guna mengurangi kemacetan dan keselamatan lalu lintas.