

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu masalah utama di kota-kota besar, termasuk Tangerang, tempat Universitas Pelita Harapan (UPH) berada. Rute dari pintu keluar tol Karawaci menuju area parkir UPH sering menjadi titik kemacetan kritis selama jam sibuk pagi hari akibat volume kendaraan yang tinggi dan keterbatasan topologi jalan. Kondisi ini menarik untuk diteliti karena kemacetan tersebut tidak hanya mengganggu kelancaran perjalanan, tetapi juga memengaruhi efisiensi akses ke kampus, khususnya selama jam sibuk.

Untuk memahami dan memprediksi kemacetan pada rute ini, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif yang mempertimbangkan berbagai faktor seperti topologi jalan, waktu, dan lokasi secara bersamaan. Pendekatan seperti pembelajaran mesin dan analisis Big Data, meskipun sering digunakan, memiliki keterbatasan dalam menghadirkan analisis yang menyeluruh pada kondisi lalu lintas yang dinamis. Misalnya, jaringan konvolusional temporal (TCN) dapat memberikan prediksi berbasis data historis, tetapi sering tidak memperhitungkan efek propagasi arus lalu lintas atau interaksi antar segmen jalan [1]. Sementara itu, model Big Data sering kesulitan menangani pola lalu lintas yang tidak selalu memiliki hubungan langsung atau proporsional antara kepadatan kendaraan, kecepatan, dan arus. Misalnya, peningkatan kepadatan kendaraan dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang tiba-tiba setelah melewati ambang tertentu, atau kemacetan di satu titik dapat memengaruhi segmen jalan lain secara

tidak terduga. Hal ini menjadi tantangan, terutama pada jaringan jalan dengan banyak persimpangan dan jalur bercabang [2]. Dalam konteks ini, Cell Transmission Model (CTM) menawarkan solusi yang lebih efektif. Dengan mempertimbangkan kepadatan kendaraan, arus, dan kecepatan di setiap segmen jalan, CTM dapat merepresentasikan perubahan kondisi lalu lintas secara dinamis berdasarkan waktu, lokasi, dan konfigurasi jaringan jalan [3], [4]. Pendekatan ini memberikan peluang untuk menganalisis lalu lintas dengan lebih mendalam dan menghasilkan rekomendasi yang relevan untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas di rute penelitian ini.

Lebih lanjut, studi yang berkaitan dengan estimasi kecepatan bebas (*free flow speed*) dan kepadatan kritis pada jalan raya menggunakan metode seperti Monte Carlo mendukung pendekatan ini, di mana kepadatan kritis dan kecepatan bebas menjadi faktor kunci dalam mengidentifikasi potensi kemacetan [5]. Studi-studi sebelumnya juga menunjukkan pentingnya estimasi parameter seperti kecepatan bebas dan kepadatan kritis menggunakan metode statistik. Misalnya, teori gelombang sinematik yang dijelaskan oleh Lighthill dan Whitham sangat relevan untuk memahami bagaimana kemacetan menyebar di jalan yang padat, di mana gelombang kejut atau fenomena propagasi gangguan lalu lintas akibat perubahan mendadak pada kecepatan dan kepadatan kendaraan dapat memengaruhi kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan. [6]. Perbandingan antara metode prediksi arus lalu lintas berbasis jaringan saraf dan regresi non-parametrik juga menunjukkan keterbatasan pembelajaran mesin dalam menangani perubahan arus lalu lintas yang tidak linier [7]. Dalam hal ini, penggunaan data waktu nyata dari CCTV dan zona

deteksi virtual memungkinkan analisis yang lebih mendalam terhadap dinamika lalu lintas di jaringan jalan yang kompleks [8], [9].

Dalam penelitian ini, data lalu lintas dikumpulkan menggunakan dua alat utama: CCTV dan aplikasi Geo Tracker. CCTV digunakan untuk mengukur kepadatan kendaraan di sepanjang rute kritis dari pintu keluar tol Karawaci menuju area parkir UPH [10]. Data yang diperoleh dari CCTV berupa snapshot kendaraan yang diambil pada interval waktu tertentu, yang kemudian dinormalisasi untuk menghitung jumlah kendaraan per kilometer [11]. Sementara itu, aplikasi Geo Tracker digunakan untuk mengukur kecepatan, jarak tempuh, dan waktu perjalanan kendaraan secara *real-time*. Data yang dikumpulkan melalui Geo Tracker memberikan informasi rinci tentang dinamika kendaraan. Data dari kedua sumber ini diintegrasikan untuk memanfaatkan CTM dalam simulasi aliran lalu lintas dengan akurasi yang lebih tinggi. CTM memungkinkan penggunaan data kepadatan dan kecepatan secara simultan untuk memprediksi waktu perjalanan dan jarak tempuh [7].

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan aliran lalu lintas pada rute dari pintu keluar tol Karawaci ke area parkir UPH menggunakan CTM, serta mengidentifikasi titik kritis yang berpotensi menyebabkan keterlambatan waktu perjalanan yang signifikan. Dengan menggunakan data historis dari CCTV dan Geo Tracker, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi akses ke kampus UPH dan mengurangi dampak kemacetan.

1.2 Identifikasi Permasalahan

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Rute dari pintu keluar tol Karawaci menuju Universitas Pelita Harapan (UPH) memiliki beberapa titik kritis yang berpotensi menjadi sumber utama kemacetan, terutama selama jam sibuk pagi hari. Titik-titik ini terjadi di segmen-segmen jalan tertentu dengan kepadatan kendaraan tinggi, yang menyebabkan waktu perjalanan menjadi lebih lama dan menciptakan hilangnya waktu yang signifikan bagi pengguna jalan [5], [6].
- b. Minimnya pemahaman tentang titik kritis dan dampaknya terhadap waktu perjalanan. Titik kritis yang menjadi sumber utama kemacetan sering kali tidak diidentifikasi dengan baik, sehingga strategi manajemen lalu lintas yang diterapkan kurang optimal. Pemahaman yang mendalam tentang bagaimana titik-titik kritis ini memengaruhi waktu perjalanan secara kuantitatif sangat diperlukan. Pendekatan yang mampu menggabungkan analisis kepadatan, kecepatan, dan arus kendaraan di setiap segmen jalan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat untuk merancang strategi pengelolaan lalu lintas yang efektif [9], [12].
- c. Tantangan dalam pengumpulan data real-time untuk analisis lalu lintas. Ketiadaan akses langsung ke data lalu lintas yang dikelola oleh otoritas tertentu menjadi hambatan dalam mengidentifikasi pola kemacetan dan titik kritis secara tepat waktu. Hal ini menyebabkan tidak adanya identifikasi pola lalu lintas dan kemacetan yang dinamis dan titik kritis di sepanjang rute. Data dinamis yang melibatkan kecepatan, kepadatan,

dan waktu tempuh sangat dibutuhkan untuk membuat akurasi prediksi [1], [13].

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

a. Rute Penelitian

Rute yang menjadi fokus penelitian adalah sepanjang jalan dari Exit Toll 21 hingga Gerbang Parkir 2 Universitas Pelita Harapan (UPH), dengan panjang total 1 kilometer.

b. Jenis Kendaraan

Kendaraan yang dihitung dalam penelitian ini adalah kendaraan roda empat atau lebih, sehingga kendaraan roda dua seperti sepeda motor tidak termasuk dalam analisis.

c. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan September 2024 dan akan berakhir pada Desember 2024 pada hari kerja, yaitu Senin hingga Jumat, dengan rentang waktu yang digunakan untuk menggambarkan pola lalu lintas berdasarkan waktu paling awal dan waktu paling akhir dari data yang dikumpulkan oleh para relawan.

d. Sumber Data

Data lalu lintas dikumpulkan menggunakan dua alat utama, yaitu CCTV untuk mengukur kepadatan kendaraan dan aplikasi Geo Tracker untuk mencatat kecepatan, waktu tempuh, dan jarak perjalanan kendaraan. Data ini dianalisis untuk menggambarkan dinamika lalu lintas secara komprehensif.

1.4 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana mengidentifikasi titik-titik kritis yang menjadi sumber utama kemacetan pada rute dari Exit Toll 21 menuju Gerbang Parkir 2 Universitas Pelita Harapan (UPH), terutama selama jam sibuk pagi hari.
- b. Bagaimana menganalisis hubungan antara kepadatan kendaraan, kecepatan, dan waktu perjalanan pada segmen-segmen jalan tertentu untuk memahami pola kemacetan yang terjadi.
- c. Bagaimana memanfaatkan data dari CCTV dan Geo Tracker untuk menganalisis dan menggambarkan pola kemacetan di sepanjang rute penelitian menggunakan pendekatan berbasis Cell Transmission Model (CTM).
- d. Bagaimana hasil simulasi menggunakan CTM dapat memberikan rekomendasi untuk mengurangi kehilangan waktu perjalanan dan meningkatkan efisiensi arus lalu lintas di sepanjang rute penelitian.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi berbasis data untuk mengatasi kemacetan lalu lintas di rute penelitian. Tujuan-tujuan spesifik yang hendak dicapai meliputi:

- a. Identifikasi Titik Kritis

Menentukan titik-titik kemacetan yang paling signifikan berdasarkan analisis kuantitatif terhadap kepadatan kendaraan, kecepatan, dan waktu tempuh.

b. Analisis Hubungan Parameter Lalu Lintas

Menganalisis hubungan antara kepadatan, kecepatan, dan waktu tempuh di setiap segmen jalan untuk memahami dinamika lalu lintas.

c. Pengembangan Model Simulasi Lalu Lintas

Menggunakan data *real-time* dari CCTV dan Geo Tracker untuk membangun model lalu lintas berbasis CTM, yang dapat memprediksi pola kemacetan secara akurat.

d. Rekomendasi Strategis

Menghasilkan rekomendasi berbasis hasil simulasi untuk mengurangi kehilangan waktu perjalanan dan meningkatkan efisiensi lalu lintas pada rute penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan dalam penelitian ini terbagi dalam lima bab, dimana setiap bab mempunyai bahasan mengenai tujuan dan isi yang berbeda-beda. Adapun sistematikanya sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan. Bab ini membahas tentang gambaran secara singkat mengenai latar belakang masalah mengapa penelitian ini dilakukan sampai pada tujuan penelitian

Bab II Kajian Teori. Bab ini membahas tentang teori-teori yang akan digunakan atau penelitian yang sudah dilakukan terkait dengan rumusan

permasalahan yang dibicarakan pada Bab 1. Bagian ini merupakan bagian kunci untuk menentukan metoda yang akan dipakai pada bagian selanjutnya.

Bab III Metodologi Penelitian. Bab ini berisi tentang rancangan penelitian dan atau rancangan pengujian

Bab IV Hasil dan Pembahasan. Menguraikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan melakukan argumentasi atas apa yang dihasilkan dengan melampirkan *paper* atau karya ilmiah yang sudah atau akan dipublikasi.

Bab V Kesimpulan dan Saran. Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan berdasarkan hasil dari penelitian yang diperoleh, serta saran-saran konstruktif yang perlu dikembangkan untuk penelitian berikutnya sehingga penelitian berikutnya menjadi lebih baik.

Di bagian akhir dari penulisan ini dilampirkan daftar Pustaka, lampiran-lampiran serta daftar riwayat hidup peneliti.

