

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Keberadaan jalan tol memberikan dampak signifikan terhadap pembangunan ekonomi daerah melalui peningkatan konektivitas dan fasilitasi pergerakan barang dan jasa (Hariyanto et al., 2024). Penggunaan jalan tol mampu menurunkan *Vehicle Operating Cost* (VOC) secara signifikan dibandingkan dengan jalan konvensional, yang berdampak pada efisiensi biaya transportasi dan daya saing ekonomi regional (Cahyono & Wibowo, 2021). Lalu lintas jalan tol memiliki karakteristik dinamis dipengaruhi berbagai faktor temporal seperti waktu, hari, dan momen khusus seperti hari libur nasional. Peningkatan volume kendaraan besar dapat menurunkan kecepatan rata-rata dan meningkatkan derajat kejenuhan hingga mempengaruhi level of service (Subiantoro et al., 2022). Kebijakan transaksi non-tunai mempengaruhi distribusi volume kendaraan dan pola kemacetan di gerbang tol (Hidayati & Rarasati, 2023). Pengelolaan lalu lintas yang tidak optimal berdampak pada penurunan kepuasan pengguna dan efisiensi sistem transportasi.

Estimasi volume kendaraan jam sibuk di hari kerja menunjukkan pola fluktuasi yang signifikan dan menjadi acuan penting dalam analisis kinerja ruas jalan (Syaiful et al., 2025). Volume kendaraan mengalami variasi yang sangat tinggi antara jam sibuk dan non-sibuk dengan periode puncak pada pukul 07.00-09.00 dan 16.00-18.00 (Syaiful et al., 2025). Analisis tingkat pelayanan jalan pada peak pagi di Gerbang Tol Halim menunjukkan volume tinggi mencapai lebih dari 1.700 kendaraan per jam sebagai dasar penting untuk penentuan alokasi jumlah gardu tol aktif (Anggoro & Anas, 2024). Pemahaman mendalam pola volume kendaraan sangat penting untuk perencanaan kapasitas, penjadwalan sumber daya manusia, dan optimasi alokasi gardu tol.

Prediksi volume kendaraan sangat dibutuhkan oleh PT Jasa Marga untuk mendukung pengumpulan data total kendaraan masuk dan keluar serta estimasi pendapatan (Habel et al., 2024) serta menjadi dasar perhitungan jumlah gardu tol optimal untuk meminimalkan waktu antrian (Holiansyah & Mahendra, 2025). Prediksi volume kendaraan merupakan kebutuhan kritis untuk mencegah penurunan tingkat pelayanan gerbang tol (Aprianto et al., 2025). Prediksi *time*

series menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) memiliki keterbatasan menangani pola *non-linear* dan ketergantungan temporal jangka panjang pada data dengan kompleksitas tinggi (Kontopoulou et al., 2023). Prediksi volume kendaraan menggunakan pendekatan *Double Moving Average* dan *Double Exponential Smoothing* memiliki keterbatasan dalam menangkap fluktuasi musiman dan pola jangka panjang yang mengakibatkan akurasi prediksi menurun dengan variasi volume yang tinggi (Habel et al., 2024). Prediksi arus kendaraan menggunakan Kalman Filter mengalami penurunan akurasi dengan data *highly non-stationary* dan *noise* yang tidak terprediksi (Jiang & Zhang, 2022). Metode regresi linear digunakan untuk prediksi *time series* tidak mampu menangkap pola *non-linear* dan fluktuasi kompleks sering terjadi pada data dengan karakteristik dinamis (Al Khairi et al., 2025).

Salah satu koridor jalan tol dengan tingkat utilisasi tinggi adalah Jalan Tol Pandaan-Malang yang menghubungkan Surabaya dengan Kota Malang sebagai pusat ekonomi dan pendidikan di Jawa Timur. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan terhadap model prediksi volume kendaraan yang lebih akurat menjadi semakin mendesak. Ketidakakuratan prediksi dapat berdampak pada tidak optimalnya pengelolaan operasional gerbang tol, seperti penentuan jumlah gardu tol aktif, pengaturan sumber daya manusia, serta perencanaan kapasitas pelayanan. Apabila tidak dilakukan pengembangan metode prediksi yang mampu menangkap pola non-linear dan fluktuasi data secara lebih baik potensi terjadinya antrean panjang dan penurunan tingkat pelayanan di gerbang tol akan semakin besar.

Jalan Tol Pandaan–Malang merupakan salah satu ruas jalan tol yang berperan sebagai akses utama menuju kawasan wisata, pendidikan, dan pusat perekonomian di wilayah Malang Raya. Aktivitas lalu lintas pada ruas tol ini didominasi oleh kendaraan Golongan I yang terdiri atas kendaraan pribadi dan kendaraan penumpang. Berdasarkan hasil observasi selama pelaksanaan magang di PT Jasamarga Pandaan–Malang, volume kendaraan pada setiap gerbang tol menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh hari kerja, akhir pekan, musim libur, serta hari besar nasional. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan volume kendaraan yang cukup signifikan sehingga diperlukan estimasi volume kendaraan yang akurat sebagai dasar perencanaan operasional gerbang tol dan peningkatan kualitas pelayanan kepada pengguna jalan tol.

Penelitian terdahulu mengenai prediksi volume kendaraan pada jalan masih banyak menggunakan metode statistik seperti ARIMA, *Double Moving Average*, dan *Double Exponential Smoothing* yang memiliki keterbatasan dalam menangkap pola nonlinier pada data lalu lintas. Oleh karena itu penelitian ini mengusulkan penggunaan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) karena mampu mempelajari hubungan temporal (*temporal dependency*) dan pola nonlinier pada data *time series*. Karakteristik tersebut sesuai dengan data volume kendaraan di Jalan Tol Pandaan–Malang yang menunjukkan tren, pola musiman, dan fluktuasi akibat perubahan aktivitas masyarakat. Dibandingkan metode statistik konvensional LSTM memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memanfaatkan informasi historis sehingga diharapkan mampu menghasilkan prediksi volume kendaraan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Pemodelan prediksi volume kendaraan pada setiap gerbang tol yang diharapkan dapat menciptakan hasil prediksi yang memiliki peningkatan akurasi lebih baik dibandingkan metode statistik yaitu berupa prediksi volume kendaraan dalam 12 bulan selanjutnya pada setiap gerbang tol. Prediksi volume kendaraan dapat digunakan oleh BUJT (Badan Usaha Jalan Tol) sebagai dasar perencanaan dan evaluasi pengelolaan operasional gerbang tol. Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan menjadi dasar untuk mengambil judul "**PREDIKSI VOLUME KENDARAAN PADA GERBANG TOL MENGGUNAKAN METODE LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM)**".

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana model prediksi volume kendaraan menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM) dapat dibangun dengan tingkat akurasi sebesar 70% sebagai indikator akurasi model prediksi ?
2. Bagaimana hasil prediksi volume kendaraan pada lima gerbang tol Pandaan-Malang selama 12 bulan mendatang?

I.3 Batasan Masalah

1. Penelitian menggunakan data historis total volume kendaraan harian dari lima gerbang Tol Pandaan–Malang pada periode tahun 2023 hingga 2025.

2. Performa model hanya dievaluasi menggunakan empat metrik, yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Coefficient of Determination* (R^2).
3. Gerbang tol yang digunakan sebagai objek prediksi terdiri dari lima gerbang tol di ruas Jalan Tol Pandaan–Malang yaitu Gerbang Tol Purwodadi, Lawang, Pakis, Singosari, dan Malang.
4. Pelatihan model prediksi Long Short-Term Memory (LSTM) hanya dilakukan satu kali karena keterbatasan sumber daya komputasi yang tersedia bagi peneliti.
5. Penelitian tidak mempertimbangkan kecelakaan, variabel cuaca, dan hari besar nasional.
6. Model prediksi yang dihasilkan berupa prediksi bulanan.
7. Penelitian tidak menggunakan data kecepatan dan *occupancy*.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Membangun model prediksi volume kendaraan menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM) dengan tingkat akurasi sebesar 70% .
2. Mengevaluasi hasil prediksi volume kendaraan pada lima gerbang tol ruas Pandaan-Malang selama 12 mendatang.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan (PKTJ)

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi civitas akademika PKTJ dalam pengembangan penelitian di bidang transportasi jalan, khususnya mengenai penerapan metode *machine learning* Long Short-Term Memory (LSTM) untuk prediksi volume kendaraan pada jalan tol.

2. Bagi PT Jasamarga Pandaan Malang

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam memprediksi volume kendaraan sehingga dapat mendukung perencanaan kapasitas operasional gerbang tol, seperti penentuan jumlah gardu tol yang dioperasikan, pengaturan sumber daya manusia, serta peningkatan kualitas pelayanan kepada pengguna jalan tol.

3. Bagi Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT)

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam pengembangan pengelolaan operasional jalan tol melalui penerapan metode prediksi volume kendaraan yang lebih akurat sebagai dasar perencanaan kapasitas dan evaluasi pelayanan jalan tol.

4. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan prediksi volume kendaraan menggunakan metode *machine learning*, khususnya Long Short-Term Memory (LSTM), maupun pengembangan model prediksi dengan menambahkan variabel atau metode lain untuk meningkatkan akurasi.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan Proposal Skripsi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan gambaran umum penelitian yang mencakup latar belakang pemilihan topik, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan yang ditetapkan untuk menjaga fokus kajian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang uraian teori, landasan konseptual dan informasi yang diambil dari literatur yang ada serta menyajikan tentang penelitian yang relevan terkait dengan penelitian ini yang digunakan sebagai bahan referensi untuk mendukung penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci metode yang digunakan untuk mengolah data dalam penelitian yang diteliti atau metode pelaksanaan penelitian yang bersifat deskriptif.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini mempresentasikan hasil penelitian secara lengkap tentang uraian data – data penelitian yang dibutuhkan dan pengolahan data - data yang telah diperoleh untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan yang merangkum seluruh temuan penelitian dan menjawab rumusan masalah. Selain itu, bab ini juga memberikan saran untuk penelitian selanjutnya serta potensi pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dibuat.