

BAB I PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Mobilitas orang dan barang berperan penting dalam mendukung kegiatan ekonomi, sosial, pariwisata, dan distribusi logistik antardaerah. Peningkatan kebutuhan perjalanan menuntut sistem transportasi yang aman, lancar, dan efisien. Dalam jaringan transportasi darat, jalan tol berfungsi sebagai koridor utama dengan kapasitas relatif tinggi, pengendalian akses, dan hambatan samping rendah sehingga mampu melayani kendaraan dengan kecepatan operasional dan waktu perjalanan yang lebih baik dibandingkan jalan umum lainnya (Son et al., 2025; Stanković, 2021). Kinerja jalan tol bergantung pada keseimbangan antara permintaan lalu lintas dan kapasitas. Ketika volume mendekati atau melebihi kapasitas, ruang gerak kendaraan berkurang, kecepatan menurun, kepadatan meningkat, waktu tempuh bertambah, dan gangguan dapat berkembang menjadi antrean serta bottleneck pada ruas di bagian hulu (Chen & Ahn, 2018).

Permasalahan tersebut sering terjadi pada periode arus mudik dan arus balik Lebaran. Pada periode ini, volume kendaraan meningkat dalam waktu singkat dan terkonsentrasi pada arah perjalanan tertentu. Data operasional Gerbang Tol Kalikangkung menunjukkan bahwa volume puncak harian selama Lebaran berfluktuasi, yaitu 45.075 kendaraan pada 2021, 86.849 kendaraan pada 2022, 77.269 kendaraan pada 2023, 77.989 kendaraan pada 2024, 76.563 kendaraan pada 2025, dan 75.541 kendaraan pada 2026. Meskipun volume tahun 2026 tidak menjadi yang tertinggi, volume puncak selama 2023 sampai 2026 tetap berada pada kisaran 75.000 sampai 78.000 kendaraan per hari. Data Maret 2026 juga menunjukkan konsentrasi arus sebesar 3.338 sampai 3.929 kendaraan per jam pada periode puncak. Kondisi tersebut menegaskan bahwa evaluasi kinerja perlu memperhatikan volume jam puncak, arah dominan, dan distribusi kendaraan, bukan hanya volume harian (Data operasional pengelola jalan tol, 2021–2026).

Tol Semarang ABC merupakan jaringan strategis yang melayani pergerakan kendaraan menuju, dari, dan melintasi Kota Semarang serta mendukung perjalanan pada koridor Trans-Jawa. Pada periode Lebaran, arus kendaraan dari arah barat menuju Semarang dapat memberikan tekanan pada segmen yang menerima pergerakan dari Gerbang Tol Kalikangkung dan jaringan yang

terhubung. Tingginya arus pada arah dominan berpotensi menurunkan kecepatan, meningkatkan waktu tempuh, dan membentuk antrean pada area penggabungan, pemisahan, serta perubahan konfigurasi lajur. Perubahan distribusi arus juga dapat memengaruhi kinerja gerbang tol karena jumlah kendaraan yang masuk atau keluar melalui setiap gardu berubah. Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan kinerja ruas jalan tol sebagai fokus utama, sedangkan antrean dan tundaan pada Gerbang Tol Kalikangkung digunakan sebagai analisis pendukung.

Pada kondisi aktual arus Lebaran Maret 2026, karakteristik lalu lintas di Gerbang Tol Kalikangkung menunjukkan perubahan yang sangat dinamis baik dari sisi besarnya volume maupun arah pergerakan dominan. Pada awal periode pengamatan, total volume harian masih berada pada kisaran yang relatif lebih rendah dan cenderung seimbang, misalnya pada 1 Maret 2026 tercatat 22.146 kendaraan per hari dengan arus masuk 11.272 kendaraan dan arus keluar 10.874 kendaraan. Namun memasuki periode mudik, volume meningkat tajam disertai ketimpangan arah lalu lintas yang semakin besar. Pada 14–17 Maret 2026 total volume harian telah meningkat menjadi 47.560–56.737 kendaraan per hari dengan dominasi arus keluar sebesar 31.302–42.708 kendaraan per hari. Ketimpangan ini mencapai kondisi yang sangat ekstrem pada 18–19 Maret 2026, ketika total volume harian tercatat 67.823 dan 66.258 kendaraan per hari, dengan arus hampir seluruhnya didominasi kendaraan keluar, sedangkan arus masuk sangat kecil. Pada periode tersebut volume jam puncak juga mencapai kisaran 3.338–3.929 kendaraan per jam, yang menunjukkan bahwa tekanan operasional tidak hanya tinggi secara harian tetapi juga sangat terkonsentrasi pada jam-jam tertentu. Selanjutnya, pada fase arus balik arah dominan berubah, ditunjukkan antara lain pada 24 Maret 2026 ketika arus masuk mencapai 66.003 kendaraan per hari sedangkan arus keluar hanya 1.572 kendaraan per hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan operasional di lokasi penelitian tidak hanya dipengaruhi oleh tingginya volume lalu lintas, tetapi juga oleh perubahan arah dominan yang menyebabkan kebutuhan pengaturan lajur dan pelayanan gerbang tol menjadi sangat berbeda antarperiode. Oleh karena itu, evaluasi kondisi aktual pada ruas Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung perlu dilakukan dengan mempertimbangkan konfigurasi lajur saat one way diterapkan, distribusi kendaraan pada gardu, serta potensi antrean dan tundaan yang timbul akibat konsentrasi arus pada satu arah.

Penggunaan *one way* sebagai kondisi eksisting tidak berarti bahwa pengaturan tersebut langsung ditetapkan sebagai pilihan terbaik. Kinerjanya perlu dibandingkan dengan skenario *contra flow* dan kondisi normal tanpa rekayasa. *One way* mengarahkan seluruh atau sebagian besar kapasitas jalan untuk melayani satu arah, sedangkan *contra flow* menggunakan satu atau beberapa lajur dari arah berlawanan untuk menambah kapasitas pada arah dominan. Kondisi normal mempertahankan pembagian lajur sesuai arah operasi awal. Ketiga kondisi tersebut dapat menghasilkan perbedaan kapasitas efektif, pola perpindahan lajur, konflik kendaraan, waktu tempuh, tingkat pelayanan, antrean, dan tundaan. Agar perbandingan tetap setara, volume, komposisi kendaraan, durasi simulasi, dan parameter perilaku pengemudi dibuat sama pada setiap kondisi.

Peningkatan kapasitas melalui pelebaran jalan atau pembangunan infrastruktur baru membutuhkan biaya, lahan, dan waktu pelaksanaan yang panjang. Pendekatan tersebut juga kurang fleksibel untuk menangani peningkatan volume yang hanya terjadi pada periode tertentu. Rekayasa lalu lintas menjadi alternatif yang lebih adaptif karena memanfaatkan kapasitas yang tersedia. Namun, pengujian langsung di lapangan dapat mengganggu operasional dan menimbulkan risiko apabila konfigurasi yang diterapkan tidak sesuai dengan pola arus. Oleh karena itu, simulasi lalu lintas digunakan untuk menguji beberapa skenario pada kondisi permintaan yang sama tanpa mengganggu operasional jalan tol.

PTV VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi mikroskopik yang mampu memodelkan pergerakan setiap kendaraan dan interaksi antarkendaraan dalam jaringan jalan. VISSIM dapat merepresentasikan perilaku mengikuti kendaraan, perpindahan lajur, pemilihan rute, distribusi kecepatan, serta interaksi pada area penggabungan dan pemisahan arus. Perangkat lunak ini juga memungkinkan penyesuaian volume, komposisi kendaraan, geometri jaringan, dan perilaku pengemudi sesuai dengan kondisi lokasi penelitian (Abdelhalim et al., 2022; Al-Msari et al., 2024). Sebelum digunakan untuk mengevaluasi skenario, model perlu dikalibrasi dan divalidasi dengan membandingkan keluaran simulasi terhadap data volume, antrean, dan tundaan kondisi aktual.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengaturan arah dan penggunaan lajur dapat memengaruhi kapasitas serta kinerja lalu lintas. Ampountolas, dos Santos (2020) mengkaji penyesuaian arah lajur terhadap ketidakseimbangan arus

antararah. Cafiso (2022) menunjukkan bahwa pengelolaan lajur dapat meningkatkan penggunaan kapasitas dan kinerja arus. Radiansyah (2024) menggunakan simulasi mikroskopik untuk mengevaluasi pengaturan lalu lintas pada gerbang tol selama periode Lebaran. Namun, sebagian penelitian hanya mengevaluasi satu bentuk rekayasa, berfokus pada simpul gerbang tol, atau dilakukan pada karakteristik jaringan yang berbeda. Kajian yang membandingkan kondisi aktual *one way*, *contra flow*, dan kondisi normal menggunakan volume puncak Lebaran yang sama serta memprioritaskan kinerja ruas masih diperlukan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja beberapa skenario rekayasa lalu lintas pada Tol Semarang ABC menggunakan simulasi PTV VISSIM. Kondisi aktual *one way* digunakan sebagai model eksisting yang dikalibrasi dan divalidasi berdasarkan data Maret 2026. Model tersebut kemudian digunakan untuk membandingkan kondisi *one way*, *contra flow*, dan kondisi normal. Analisis utama diarahkan pada waktu tempuh dan *Level of Service* ruas jalan tol, sedangkan panjang antrean dan tundaan gerbang tol digunakan sebagai indikator pendukung. Atas dasar tersebut, penelitian ini mengambil judul "Evaluasi Kinerja Operasional One Way, *Contra flow*, dan Kondisi Normal pada Tol Semarang ABC Menggunakan Simulasi Mikroskopik PTV VISSIM".

I. 2 Rumusan Masalah

Dari identifikasi permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja operasional ruas Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung pada kondisi aktual penerapan sistem *one way* berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM?
2. Bagaimana perubahan kinerja operasional ruas Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung pada skenario *contra flow* dan kondisi normal dibandingkan dengan kondisi aktual *one way*?
3. Skenario rekayasa lalu lintas manakah yang menghasilkan kinerja operasional terbaik berdasarkan indikator kinerja yang dianalisis?

I. 3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dilakukan agar memudahkan dalam pengumpulan data, analisis, dan pengolahan data. Ruang lingkup dalam penulisan ini sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada segmen Tol Semarang ABC yang terhubung dengan Gerbang Tol Kalikangkung dan mengalami permasalahan operasional pada periode Lebaran 2026.
2. Kondisi eksisting yang digunakan adalah kondisi aktual penerapan sistem *one way* pada Maret 2026.
3. Skenario yang dibandingkan meliputi kondisi *one way*, *contra flow*, dan kondisi normal tanpa rekayasa lalu lintas.
4. Volume lalu lintas, komposisi kendaraan, distribusi kecepatan, durasi simulasi, dan parameter perilaku pengemudi dibuat sama pada setiap skenario.
5. Analisis utama difokuskan pada kinerja ruas jalan tol, sedangkan kinerja Gerbang Tol Kalikangkung digunakan sebagai analisis tambahan.
6. Pemodelan dilakukan menggunakan PTV VISSIM dengan model perilaku pengemudi Wiedemann 99.
7. Analisis dilakukan secara deskriptif komparatif tanpa pengujian statistik inferensial serta tidak mencakup aspek biaya, emisi, dan keselamatan lalu lintas secara kuantitatif.

I. 4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis kinerja operasional ruas Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung pada kondisi aktual penerapan sistem *one way* menggunakan simulasi PTV VISSIM.
2. Menganalisis perubahan kinerja operasional ruas Tol Semarang ABC dan Gerbang Tol Kalikangkung pada skenario *contra flow* dan kondisi normal dibandingkan dengan kondisi aktual *one way*.
3. Menentukan skenario rekayasa lalu lintas yang menghasilkan kinerja operasional terbaik berdasarkan indikator kinerja yang dianalisis.

I. 5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Manfaat Akademis
 1. Menambah referensi ilmiah mengenai evaluasi rekayasa lalu lintas berbasis simulasi mikroskopik pada jalan tol.
 2. Memberikan contoh penerapan metode multiskenario.
 3. Menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan terkait optimasi operasi jalan tol.

2. Manfaat Praktis bagi Pengelola Jalan Tol

1. Menyediakan informasi berbasis data untuk membantu pengelola Tol Semarang ABC dalam memilih strategi rekayasa lalu lintas yang paling efektif.
2. Memberikan alternatif solusi teknis yang dapat meningkatkan kelancaran arus, mengurangi antrian, dan memperbaiki *Level of Service*.
3. Membantu pengambilan keputusan tanpa harus melakukan percobaan langsung di lapangan yang berisiko mengganggu lalu lintas.

I. 6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini membahas tentang latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dapat dijadikan pedoman dalam penelitian. Teori-teori ini dapat bersumber dari jurnal penelitian terdahulu, buku dan peraturan-peraturan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini membahas tentang beberapa hal yang berkaitan dengan metode pengumpulan data, Lokasi penelitian, bagan alir penelitian, alat penelitian, Teknik analisis data dan jadwal penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV merupakan pemecahan masalah terhadap permasalahan yang terdapat dalam perumusan masalah berdasarkan pengolahan data yang telah terkumpul. Kemudian memberikan hasil dan rekomendasi dalam mengatasi permasalahan yang ada.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini berisi pustaka yang dijadikan sebagai acuan bahan referensi pada penelitian.

LAMPIRAN

Pada bab ini berisi proses pengolahan data menggunakan software, perhitungan, dan dokumentasi kegiatan.