

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Perubahan iklim yang dipicu oleh pemanasan global telah menjadi isu mendesak karena dampaknya dirasakan langsung, baik terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer erat kaitannya dengan aktivitas pembakaran dari berbagai sektor, termasuk sektor transportasi yang menghasilkan polutan udara berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NOx) yang secara langsung mengancam kualitas udara (Machmud, 2021). World Resources Institute (WRI) mencatat bahwa emisi GRK global meningkat sebesar 51% dalam rentang waktu 1990 hingga 2021, dengan sektor transportasi sebagai penyumbang sebesar 13,7% dari total emisi sektor energi dunia.

Di Indonesia, sektor transportasi, khususnya kendaraan bermotor menjadi penyumbang utama emisi gas buang yang berkontribusi terhadap meningkatnya polusi udara dan penurunan kualitas lingkungan. Badan Pusat Statistik bahwa pada tahun 2024 jumlah kendaraan bermotor mencapai 166.465.914 unit dan didominasi oleh sepeda motor sebanyak 139.450.013 unit. Angka ini mencerminkan betapa luasnya aktivitas lalu lintas jalan di Indonesia sekaligus besarnya potensi emisi gas buang yang ditimbulkannya. WRI Indonesia menyatakan bahwa sektor transportasi menyumbang sekitar 27% dari total emisi GRK energi nasional, dan sekitar 90% di antaranya berasal dari subsektor transportasi jalan raya (Aritenang, 2024) Dengan demikian, kendaraan bermotor menjadi kontributor dominan pencemaran udara perkotaan di Indonesia (Ismiyati et al., 2014).

Besaran emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh kondisi kinerja lalu lintas di lapangan. Kemacetan, panjang antrian, dan durasi tundaan yang tinggi memaksa kendaraan untuk berulang kali masuk ke mode idle dan melakukan pola berhenti jalan (stop and go) secara terus-menerus. Pola tersebut menciptakan fluktuasi kecepatan yang tinggi dan pembakaran bahan bakar yang tidak stabil, sehingga pengeluaran emisi CO dan NOx meningkat berlipat ganda

dibandingkan saat kendaraan bergerak dengan kecepatan konstan (Marzoug et al., 2022; Rakha et al., 2004). Pada simpang perkotaan, optimasi waktu siklus sinyal telah terbukti mampu mereduksi tundaan sekaligus menekan besaran emisi yang dihasilkan (Flamarz Al-Arkawazi, 2018). Evaluasi terhadap berbagai skenario optimasi kinerja lalu lintas beserta korelasinya dengan emisi gas buang dapat dilakukan secara presisi menggunakan perangkat lunak mikrosimulasi seperti PTV VISSIM. Meskipun penelitian terdahulu oleh Putu dan Anggayeni (2024) telah menggunakan VISSIM untuk mengkaji optimalisasi simpang bersinyal di Makassar, masih terdapat celah penelitian berupa belum dikajinya secara sistematis berbagai skenario rekayasa lalu lintas secara komprehensif beserta dampaknya terhadap emisi CO dan NOx. Kondisi simpang yang tidak terkoordinasi dengan baik menyebabkan waktu sinyal antarsinyal tidak sinkron, sehingga gelombang hijau tidak terbentuk secara optimal. Akibatnya, kendaraan yang meninggalkan satu simpang kerap menghadapi fase merah pada simpang berikutnya, yang berujung pada peningkatan tundaan, panjang antrian, dan intensitas stop and go, yang pada akhirnya mendorong peningkatan konsumsi bahan bakar sekaligus emisi gas buang kendaraan.

Secara makro, Kabupaten Lumajang memiliki kualitas udara yang sangat baik, sebagaimana ditunjukkan oleh Indeks Kualitas Udara (IKU) tahun 2024 yang tercatat sebesar 92,07 meningkat dari angka 85,24 pada tahun sebelumnya. Meskipun demikian, capaian agregat tersebut tidak selalu merepresentasikan kondisi kualitas udara secara mikro di titik-titik simpul lalu lintas yang padat, terutama pada jam puncak. Jumlah kendaraan bermotor di Lumajang pada tahun 2025 tercatat mencapai 187 ribu unit (Andika, 2025), namun transisi menuju kendaraan rendah emisi masih sangat terbatas, yakni hanya sekitar 1.920 unit atau 1,1% dari total kendaraan yang menggunakan kendaraan listrik pada tahun 2024 (Rancangan Peraturan Daerah, 2021). Kondisi ini mengindikasikan bahwa upaya pengendalian polusi udara di Kabupaten Lumajang saat ini masih sangat bergantung pada efektivitas manajemen operasi lalu lintas di jalan raya.

Persoalan tersebut semakin diperburuk oleh adanya perubahan dinamika infrastruktur transportasi di wilayah Lumajang. Penyempitan jalan pada kawasan Simpang Tiga Tukum di Jalur Lingkar Timur (JLT) memaksa kendaraan berat seperti truk besar dialihkan ke jalan utama perkotaan (Adeapryanis, 2025), Sebagian besar kendaraan berat yang dialihkan tersebut merupakan truk pengangkut pasir berkualitas tinggi hasil endapan abu vulkanik Gunung Semeru yang banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan konstruksi (Shidiiqi, 2023). Rute pengalihan itu kini menjadi jalur utama angkutan berat dari arah Yosowilangun dan Labruk menuju Probolinggo, yang melintasi dua persimpangan bersinyal yang saling berdekatan, yaitu Simpang SMA 2 Lumajang dan Simpang Sukodono. Lonjakan volume kendaraan berat pada kedua simpang tersebut menyebabkan kepadatan dan tundaan meningkat drastis, khususnya pada jam sibuk. Intensitas stop-and-go yang tinggi di kedua lokasi ini tidak hanya memperburuk kinerja lalu lintas secara keseluruhan, tetapi juga berpotensi mendorong peningkatan emisi gas buang kendaraan di kawasan perkotaan Kabupaten Lumajang.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan sebuah pendekatan berbasis mikrosimulasi yang mampu mengaitkan secara kuantitatif perubahan kinerja simpang dengan besaran emisi gas buang kendaraan pada berbagai skenario pengaturan sinyal. Penelitian ini berjudul **"ESTIMASI GAS BUANG KENDARAAN PADA SIMPANG KOORDINASI (Studi Kasus Simpang SMA 2 Lumajang dan Simpang Sukodono)"**. Penelitian ini bertujuan mengkaji bagaimana perubahan kinerja simpang akibat beberapa skenario pengaturan dan koordinasi sinyal berdampak pada peningkatan atau penurunan emisi gas buang kendaraan bermotor. Melalui perangkat lunak PTV VISSIM, berbagai skenario lalu lintas disimulasikan untuk menilai perubahan tundaan, panjang antrian, volume kendaraan, serta dampaknya terhadap besaran emisi CO dan NOx yang dihasilkan.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting di Simpang SMA 2 Lumajang dan Simpang Sukodono berdasarkan simulasi PTV VISSIM 2025?
2. Bagaimana besaran emisi gas buang kendaraan (CO dan NO<sub>x</sub>) pada kondisi eksisting di Simpang SMA 2 Lumajang dan Simpang Sukodono berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM yang telah tervalidasi melalui model regresi linier sederhana antara variabel kinerja lalu lintas dengan emisi?
3. Bagaimana perubahan estimasi emisi gas buang kendaraan (CO dan NO<sub>x</sub>) berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM pada tiga skenario rekayasa lalu lintas?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting di Simpang SMA Lumajang dan Simpang Sukodono berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM 2025.
2. Mengestimasi emisi CO dan NO<sub>x</sub> pada kondisi eksisting berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM.
3. Menganalisis perubahan emisi CO dan NO<sub>x</sub> berdasarkan hasil simulasi PTV VISSIM pada tiga skenario rekayasa lalu lintas.

### **I.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, khususnya dalam penerapan simulasi mikroskopik menggunakan PTV VISSIM untuk menganalisis hubungan antara kinerja simpang dan tingkat emisi gas buang kendaraan bermotor. Sebagai bahan pertimbangan bagi Pemerintah Kabupaten Lumajang, terutama Dinas Perhubungan, dalam membuat kebijakan pengelolaan lalu lintas dan strategi dalam pengendalian emisi kendaraan bermotor guna menciptakan sistem transportasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dan diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya efisiensi pergerakan lalu lintas dalam menekan tingkat polusi udara, dan mendorong

penerapan konsep transportasi berkelanjutan di kawasan perkotaan Kabupaten Lumajang.

### **I.5 Batasan Masalah**

Untuk menghindari penyimpangan dari judul yang diangkat dan memaksimalkan hasil yang diperoleh dari penulisan, penulis membatasi ruang lingkup kajian sebagai berikut:

1. Wilayah yang dikaji hanya 2 simpang bersinyal yang berdekatan di Kabupaten Lumajang yaitu simpang SMA 2 Lumajang dan Simpang Sukodono
2. Analisis yang digunakan yaitu pemodelan dengan software PTV VISSIM 2025
3. Emisi gas buang kendaraan diperoleh dari keluaran mikrosimulasi yang dihitung secara otomatis oleh modul Emissions bawaan PTV VISSIM 2025 pada menu Evaluation, sehingga nilai emisi CO dan NO<sub>x</sub> dapat diperoleh pada hasil Node Evaluation di tiap simpang.
4. Kendaraan yang diinput ke dalam aplikasi pemodelan PTV VISSIM berupa jenis kendaraan yaitu sepeda motor (SM), kendaraan sedang (KS), mobil penumpang (MP)
5. Analisis ini menggunakan volume dari survei gerakan membelok pada jam puncak dengan jumlah volume kendaraan tertinggi selama 1 jam, yaitu pada jam puncak sore pukul 15.00 – 16.00 WIB yang ditentukan berdasarkan hasil survei pada hari kerja.
6. Parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja adalah panjang antrian, tundaan, dan emisi gas buang kendaraan (CO dan NO<sub>x</sub>)
7. Validasi output VISSIM dilakukan dengan menggunakan uji statistik GEH dan MAPE dengan melakukan pengaturan Driving Behaviour hingga volume dan panjang antrian keluaran dari pemodelan mendekati kondisi eksisting
8. Emisi CO dan NO<sub>x</sub> dihitung dalam satuan g/s atau g/jam per pendekat berdasarkan keluaran modul Emissions bawaan PTV VISSIM 2025.

### **I.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan tugas akhir, pendekatan yang digunakan yaitu:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bagian ini membahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, atas penelitian, tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian ini, batasan masalah serta keaslian penelitian dan sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bagian ini menjelaskan teori-teori yang dimasukkan dalam penelitian yang berasal dari beberapa literatur meliputi aspek legalitas, landasan teori serta kerangka pikir.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bagian ini membahas tentang metode yang digunakan untuk melakukan penelitian ini mulai dari bagan alir penelitian, lokasi penelitian, jenis penelitian dan metode penelitian, jenis data, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan jadwal kegiatan.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini menampilkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan berdasarkan teori-teori yang disampaikan sebelumnya.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bagian ini merupakan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang telah dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Pada bagian ini berisi sumber-sumber atau referensi yang digunakan oleh penulis untuk mendukung pelaksanaan penyusunan ini yang bisa berupa buku (media cetak) ataupun e-book (media elektronik) ataupun website (situs) pendukung lainnya.

## **LAMPIRAN**

Berisi instrument-instrument penelitian yang digunakan dalam penyusunan ini seperti formulir survei, tabel-tabel pendukung, gambar-gambar pendukung, serta dokumentasi kegiatan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian.