

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan pada skripsi ini yang berjudul Implementasi YOLOv8 dan *ByteTrack* untuk Deteksi dan Penghitungan Kendaraan pada Sistem Pengawasan Lalu Lintas Kota Semarang.

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan volume kendaraan di kota-kota besar Indonesia, termasuk Kota Semarang, menghadirkan tantangan kompleks dalam manajemen lalu lintas. Peningkatan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas jalan menyebabkan kemacetan yang sulit terurai. Saat ini, pemantauan lalu lintas melalui *Adaptive Traffic Control System* (ATCS) di Kota Semarang sebagian besar masih mengandalkan pengamatan visual operator CCTV secara manual. Metode ini dinilai memiliki keterbatasan signifikan, terutama dalam hal konsistensi pengawasan jangka panjang dan ketidakmampuan menyajikan data kuantitatif secara *real-time*. Pada kasus ketika CCTV tidak dipantau secara manual lagi, melainkan dengan bantuan AI dari vendor CCTV, *edge AI* dari vendor ini bersifat *proprietary* atau tertutup dan tidak dapat diadaptasikan secara optimal dengan *environment* Kota Semarang.

Dalam paradigma *Smart City*, dibutuhkan sebuah *Intelligent Traffic Monitoring System* (ITMS) yang mampu mengotomatisasi ekstraksi informasi dari video lalu lintas. Komponen inti dari sistem ini adalah deteksi objek berbasis *Computer Vision*. Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) telah menjadi standar *state-of-the-art* dalam industri karena arsitekturnya yang mampu menyeimbangkan kecepatan dan akurasi. YOLOv8 menawarkan peningkatan pada arsitektur *backbone* dan *decoupled head* yang memungkinkan mendeteksi objek kecil dengan presisi lebih tinggi dibandingkan versi sebelumnya (Jocher dkk., 2023). Karakteristik ini menjadikan YOLOv8 kandidat ideal untuk mendeteksi kendaraan dari sudut pandang CCTV yang tinggi dan jauh.

Tantangan terbesar dalam digitalisasi data lalu lintas bukan sekadar mendeteksi keberadaan kendaraan, melainkan menghitung jumlah kendaraannya secara akurat di tengah kondisi lalu lintas padat. Permasalahan utama yang sering muncul adalah oklusi, yaitu ketika

satu kendaraan menutupi sebagian atau seluruh kendaraan lain dari pandangan CCTV. Metode pelacakan konvensional sering kali gagal mempertahankan identitas objek (*ID Switching*) ketika sebuah kendaraan tertutup sebagian oleh kendaraan lain, karena algoritma cenderung membuang deteksi dengan *confidence score* rendah (Zhang dkk., 2022). Kegagalan ini menyebabkan satu kendaraan dapat terhitung dua kali atau lebih, sehingga data volume lalu lintas menjadi tidak valid.

Penelitian ini menerapkan algoritma *ByteTrack* untuk mengatasi permasalahan tersebut. *ByteTrack* menggunakan strategi asosiasi dua tahap yang memanfaatkan seluruh kotak deteksi, termasuk yang memiliki skor rendah, untuk memulihkan jejak objek yang mengalami oklusi (Zhang dkk., 2022). Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk menjaga kontinuitas pelacakan kendaraan meskipun dalam kondisi padat merayap.

Penerapan YOLOv8 secara langsung yang menggunakan model *pre-trained* pada *dataset* umum seperti COCO *Dataset* sering kali tidak optimal saat dihadapkan pada kasus spesifik (Chen dkk., 2018). Karakteristik *angle* CCTV ATCS Semarang yang *top-down*, variasi pencahayaan, serta ragam jenis kendaraan lokal membutuhkan penyesuaian domain atau *domain adaptation*. Penelitian ini berfokus pada pembangunan sistem yang dilatih menggunakan *dataset custom* yang diambil langsung dari lingkungan operasional sesungguhnya. Langkah ini diambil untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun benar-benar *robust* dan mampu menghasilkan data penghitungan yang presisi untuk kebutuhan rekayasa lalu lintas.

Penelitian ini mengangkat judul "Implementasi YOLOv8 dan *ByteTrack* untuk Deteksi dan Penghitungan Jumlah Kendaraan pada CCTV Lalu Lintas Kota Semarang" sebagai respons terhadap urgensi kebutuhan data lalu lintas kuantitatif yang akurat. Penelitian ini diharapkan menghasilkan solusi praktis yang tervalidasi, yang mampu mengubah rekaman video pasif menjadi data numerik yang berharga bagi pengambilan keputusan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang dikaji dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana performa deteksi kendaraan menggunakan arsitektur YOLOv8 yang diterapkan menggunakan teknik *transfer learning* pada *dataset custom* CCTV lalu lintas Kota Semarang?

2. Bagaimana tingkat akurasi sistem penghitungan volume kendaraan yang mengintegrasikan YOLOv8, algoritma *ByteTrack*, dan metode *virtual line crossing* apabila divalidasi dengan penghitungan manual (*ground truth*)?
3. Bagaimana sistem deteksi dan penghitungan kendaraan berbasis *open-source* dapat dikembangkan sebagai solusi transparan dan *hardware-agnostic* yang memanfaatkan infrastruktur CCTV yang telah ada?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang dapat diambil dari Penelitian ini adalah:

1. Membangun model deteksi kendaraan berbasis YOLOv8 yang diadaptasikan dengan karakteristik visual CCTV lalu lintas Kota Semarang.
2. Mengimplementasikan dan mengevaluasi tingkat akurasi algoritma *ByteTrack* dan logika *virtual line crossing* sebagai alternatif sistem penghitungan kendaraan komersial/tertutup (*Edge AI*).
3. Menghasilkan sistem pengawasan lalu lintas cerdas yang transparan (*open-source architecture*) dan *hardware-agnostic*, yang dapat beroperasi secara independen dari sistem *Edge AI* bawaan vendor kamera komersial

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Terciptanya model deteksi dan penghitungan kendaraan yang mengintegrasikan YOLOv8 dan *ByteTrack* yang dapat diimplementasikan di sistem pengawasan lalu lintas Kota Semarang dan bersifat *hardware-agnostic*.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek agar pembahasan lebih terarah dan meluas di luar topik yang telah ditentukan. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data video yang digunakan bersumber dari layanan streaming CCTV ATCS Kota Semarang, mencakup variasi kondisi pencahayaan siang dan malam hari, kondisi cuaca cerah dan hujan, serta variasi kualitas resolusi kamera dan tingkat kepadatan lalu lintas, guna memastikan ketahanan model terhadap kondisi lapangan yang beragam.

2. Objek deteksi dalam penelitian ini dibatasi pada dua kategori kelas kendaraan utama, yaitu sepeda motor dan mobil. Kategori mobil mencakup seluruh kendaraan roda empat atau lebih, termasuk bus dan truk, yang dikelompokkan menjadi satu label kelas untuk efisiensi analisis arus lalu lintas.
3. Algoritma deteksi yang digunakan adalah YOLOv8 yang diterapkan melalui teknik *transfer learning* pada *dataset custom*, yang kemudian diintegrasikan dengan algoritma *ByteTrack*.
4. Mekanisme penghitungan jumlah kendaraan dilakukan menggunakan metode garis lintas virtual (*virtual line crossing*) yang berbasis pada prinsip geometri vektor.
5. Seluruh tahapan pengembangan sistem, mulai dari akuisisi data, pelabelan data semi-otomatis, pelatihan model, hingga pengujian inferensi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan *library* OpenCV, PyTorch, dan Ultralytics. Proses komputasi dijalankan pada manajemen *environment* Conda.
6. Evaluasi kinerja sistem menggunakan dua parameter utama, yaitu performa deteksi model menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP), dan akurasi penghitungan jumlah kendaraan yang divalidasi melalui perbandingan dengan penghitungan manual.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan suatu gambaran yang urut, runtut, dan jelas mengenai pembahasan penyusunan laporan penelitian dengan judul “Implementasi YOLOv8 dan *ByteTrack* untuk Deteksi dan Penghitungan Kendaraan pada Sistem Pengawasan Lalu Lintas Kota Semarang”, maka dibuatlah sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, serta sistematika penulisan pada skripsi yang berjudul “Implementasi YOLOv8 dan *ByteTrack* untuk Deteksi dan Penghitungan Kendaraan pada Sistem Pengawasan Lalu Lintas Kota Semarang”.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan teori dan konsep yang mendasari penelitian, mencakup sistem pengawasan lalu lintas cerdas, pengolahan citra digital, *deep learning*,

Convolutional Neural Network (CNN), arsitektur YOLOv8, *Multi-Object Tracking (MOT)*, algoritma *ByteTrack*, metode *virtual line crossing*, serta metrik evaluasi yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian mulai dari pengumpulan data video CCTV, pembangunan *dataset custom*, pra-pemrosesan data, pelatihan model YOLOv8, integrasi *ByteTrack* untuk *multi-object tracking*, implementasi logika penghitungan kendaraan dengan *virtual line crossing*, hingga evaluasi kinerja sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang lingkungan dan perangkat yang digunakan dalam penelitian, serta menyajikan hasil dan analisis pengujian sistem deteksi kendaraan menggunakan YOLOv8 dan penghitungan kendaraan menggunakan *ByteTrack* dan *virtual line crossing* pada rekaman CCTV lalu lintas Kota Semarang.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan seluruh pembahasan yang telah dijabarkan di bab-bab sebelumnya, serta adanya beberapa saran untuk pengembangan penelitian kedepannya.