

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Semarang menjadi salah satu pusat aktivitas transportasi di Jawa Tengah yang memiliki peran penting dalam pergerakan kendaraan antarwilayah. Keberadaan ruas Tol Trans Jawa yang melintasi wilayah ini menjadikan Semarang sebagai jalur utama distribusi lalu lintas, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan angkutan barang. Seiring dengan meningkatnya mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi, volume kendaraan yang melintas di jalan tol terus mengalami peningkatan, terutama pada periode tertentu seperti saat musim liburan. Berdasarkan data dari PT Trans Marga Jateng (TMJ), selama periode libur Natal dan Tahun Baru 2025/2026 tercatat sebanyak 529.614 kendaraan melintas melalui Gerbang Tol Banyumanik menuju ke arah Solo dan Surabaya, jumlah tersebut naik sebesar 45,5% dibandingkan lalu lintas normal. Sementara itu, kendaraan yang melintas ke arah Jakarta mencapai 430.181 unit, meningkat 46,1% dari kondisi normal (Trans Marga Jateng, 2025)

Menurut Li dkk. (2022), data volume atau jumlah kendaraan merupakan salah satu parameter utama dalam sistem transportasi cerdas atau ITS (*Intelligent Transportation Systems*) yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja jalan, menganalisis tingkat kepadatan lalu lintas, serta mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan dalam rekayasa lalu lintas. Peningkatan volume kendaraan yang signifikan pada ruas jalan tol menuntut adanya sistem pemantauan lalu lintas yang mampu menyediakan data secara akurat, *real-time*, dan berkelanjutan. Selain itu, Ke dkk. (2022) menegaskan bahwa sistem pemantauan lalu lintas modern sangat bergantung pada ketersediaan data lalu lintas berbasis citra dan video yang diproses secara *real-time* untuk menjaga efisiensi, skalabilitas, serta responsivitas sistem ITS. Oleh karena itu, akurasi dan kecepatan dalam proses penghitungan kendaraan menjadi faktor krusial dalam mendukung pengelolaan lalu lintas jalan tol secara efektif dan berkelanjutan.

Pada praktiknya, penghitungan kendaraan di Indonesia telah mulai beralih dari metode konvensional menuju sistem berbasis kecerdasan buatan. Salah satu implementasi yang dilakukan oleh PT Jasa Marga (Persero) Tbk yaitu peluncuran *Advanced Traffic Management System (ATMS)* pada *platform Jasamarga Integrated Digitalmap (JID)* yang diperkenalkan menjelang periode Lebaran 2024. Sistem ini mengintegrasikan lebih dari 2.000 unit CCTV, 150 unit *traffic counting*, dan teknologi analitik berbasis AI untuk memantau lalu lintas secara *real-time*, termasuk prediksi volume kendaraan serta dukungan pengambilan keputusan dalam rekayasa lalu lintas (Tempo, 2024). Meskipun demikian, sistem tersebut lebih difokuskan pada pemantauan kondisi lalu lintas dan manajemen arus kendaraan, sehingga belum secara spesifik menitikberatkan pada deteksi dan penghitungan kendaraan berbasis video menggunakan model *deep learning*.

Pendekatan berbasis *computer vision* telah menunjukkan potensi besar dalam otomatisasi penghitungan kendaraan. Sejumlah penelitian terdahulu telah memanfaatkan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk mendukung deteksi dan pelacakan kendaraan pada video lalu lintas. Bose dkk. (2022) menerapkan YOLOv3 untuk klasifikasi dan penghitungan kendaraan dengan tingkat akurasi mencapai 93,65% pada kondisi siang hari, namun mengalami penurunan performa pada pencahayaan rendah. Selanjutnya, Naresh dkk. (2023) mengombinasikan YOLOv3 dengan *counter line* untuk penghitungan kendaraan dua arah secara *real-time*, meskipun sistem masih sensitif terhadap kondisi oklusi dan variasi ukuran kendaraan.

Pendekatan deteksi yang dikombinasikan dengan pelacakan objek juga banyak digunakan untuk meningkatkan konsistensi penghitungan kendaraan. Gatelli dkk. (2021) mengintegrasikan YOLOv4 dan DeepSORT untuk mendeteksi, melacak, dan menghitung rute kendaraan pada persimpangan jalan, namun masih menghadapi keterbatasan pada kondisi oklusi berat dan kualitas video rendah. Penelitian lain oleh Stanley & Munir (2021) mengembangkan sistem penghitungan volume kendaraan berbasis YOLO dan segmentasi area jalan menggunakan model warna HSV, yang mampu mencapai performa *real-time*, tetapi bergantung pada kestabilan pencahayaan. Selain itu, Minh dkk. (2023) dan Manoj dkk. (2024) menerapkan YOLOv8 yang dikombinasikan dengan pelacakan berbasis ID untuk menghitung kendaraan secara lebih konsisten, namun masih memiliki keterbatasan pada kondisi oklusi.

Seiring perkembangan teknologi, YOLO12 yang dirilis pada tahun 2025 memperkenalkan arsitektur berbasis *attention-centric design*, *Residual Efficient Layer Aggregation Network* (R-ELAN), serta mekanisme *FlashAttention* yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi komputasi dan kemampuan ekstraksi fitur pada proses deteksi objek. Dibandingkan dengan pendekatan YOLO generasi sebelumnya yang banyak digunakan pada penelitian terdahulu, arsitektur ini mampu memproses informasi *visual* secara lebih efektif sehingga meningkatkan kemampuan model dalam mendeteksi objek pada kondisi yang kompleks, seperti kepadatan lalu lintas dan variasi ukuran kendaraan. Dengan kemampuan tersebut, YOLO12 berpotensi memberikan performa deteksi yang lebih stabil serta efisiensi pemrosesan yang lebih baik pada sistem penghitungan kendaraan berbasis video.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penerapan YOLO12 yang dikombinasikan dengan metode pelacakan objek BoT-SORT untuk melakukan deteksi dan penghitungan jumlah kendaraan di ruas Jalan Tol Semarang. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan konsistensi penghitungan kendaraan dibandingkan dengan metode sebelumnya yang hanya mengandalkan deteksi objek tanpa mekanisme pelacakan yang stabil. Tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi akurasi, konsistensi, dan efisiensi sistem penghitungan kendaraan berbasis video menggunakan YOLO12. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pemantauan lalu lintas berbasis *computer vision* yang lebih andal, efisien, dan aplikatif, serta mendukung penguatan sistem transportasi cerdas yang telah diinisiasi oleh Jasa Marga melalui platform JID.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, permasalahan dalam penelitian ini berfokus pada perlunya sistem deteksi dan penghitungan mobil yang memiliki tingkat akurasi dan efisiensi yang tinggi pada jalan tol. Permasalahan utama yang dikaji yaitu bagaimana merancang serta menerapkan sistem deteksi kendaraan berbasis YOLO12 agar dapat bekerja secara optimal pada rekaman video jalan tol. Selain itu, penelitian ini mengkaji sejauh mana tingkat akurasi dan performa sistem dalam menghitung jumlah kendaraan jika dibandingkan dengan penghitungan secara *manual*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi serta penghitungan kendaraan berbasis YOLO12 di jalan tol. Sistem yang dikembangkan diarahkan untuk mampu mendeteksi kendaraan roda empat atau lebih secara otomatis serta menghitung jumlah kendaraan dengan tingkat akurasi yang baik. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa beberapa varian YOLO12, yaitu YOLO12n, YOLO12s, YOLO12m, YOLO12l, YOLO12x, dengan meninjau aspek akurasi deteksi dan efisiensi pemrosesan.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk menjaga fokus penelitian, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa rekaman video jalan tol dengan kondisi pencahayaan siang hari.
2. Lokasi pengambilan data difokuskan pada ruas jalan tol Semarang-Solo, yaitu kawasan Ungaran.
3. Metode deteksi objek yang digunakan adalah YOLO12 dengan beberapa varian model (n, s, m, l, x) tanpa melakukan perbandingan mendalam dengan algoritma deteksi objek lain di luar keluarga YOLO.
4. Evaluasi performa hanya mencakup akurasi deteksi dan hasil penghitungan kendaraan.

1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun secara sistematis untuk memudahkan pembaca dalam memahami alur penelitian, mulai dari latar belakang hingga kesimpulan akhir. Sistematika penulisan skripsi penelitian ini terdiri dari lima bab, daftar pustaka, dan lampiran, dengan penjelasan sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian yang menjelaskan permasalahan dan urgensi pengembangan sistem deteksi serta penghitungan kendaraan pada ruas jalan tol. Selain itu, bab ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas landasan teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Pembahasan meliputi konsep dasar *computer vision*, *Convolutional Neural Network* (CNN), algoritma YOLO, fungsi-fungsi pendukung seperti aktivasi dan *loss function*, serta metrik evaluasi yang digunakan dalam sistem deteksi objek.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan dan metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan sistem. Pembahasan mencakup alur dan arsitektur sistem, proses pengumpulan dan pembagian data, anotasi data, augmentasi data, pelatihan model YOLO12 dengan beberapa varian, serta metode pengujian dan evaluasi performa sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem deteksi serta penghitungan kendaraan. Hasil eksperimen dari masing-masing varian YOLO12 dianalisis dan dibahas berdasarkan metrik evaluasi yang telah ditentukan. Selain itu, bab ini juga membahas kelebihan, keterbatasan, serta temuan penting selama proses penelitian.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan sistem dan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat seluruh referensi yang digunakan dalam penulisan penelitian, baik berupa buku, jurnal ilmiah, *proceeding* konferensi, maupun sumber lain yang relevan.

LAMPIRAN

Bagian lampiran berisi dokumen pendukung penelitian, seperti contoh penghitungan konvolusi yang mendukung isi penelitian.