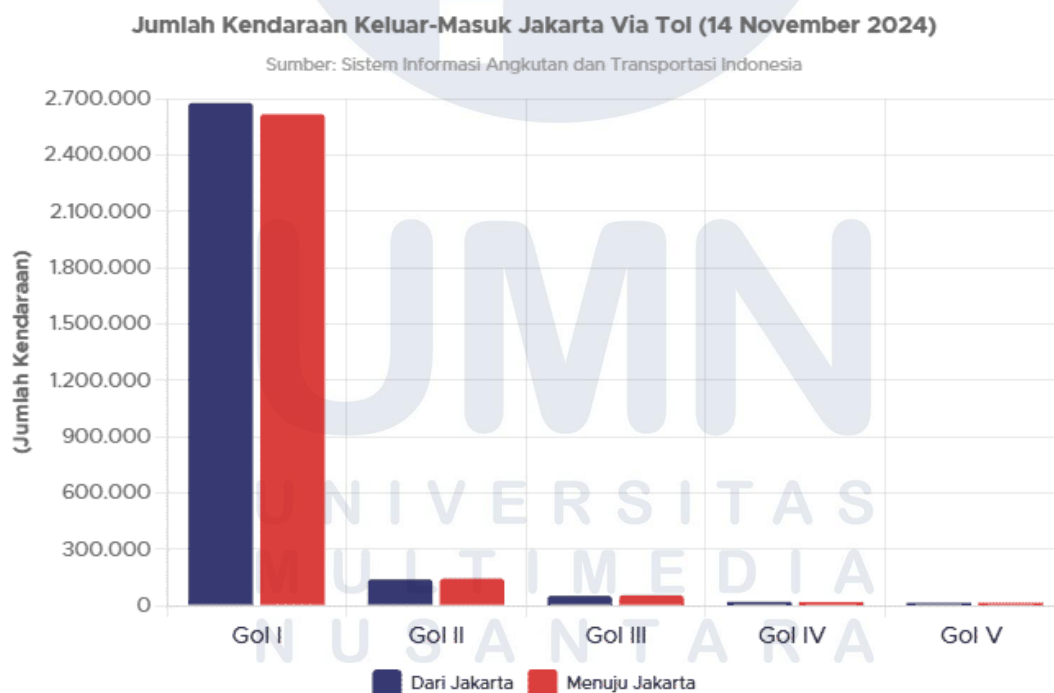


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan transportasi di Indonesia, khususnya di wilayah perkotaan seperti Jakarta terus mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir [1]. Hal ini dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah penduduk, meningkatnya aktivitas ekonomi, serta tingginya kebutuhan mobilitas masyarakat [2]. Jalan tol menjadi salah satu infrastruktur utama yang memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran arus lalu lintas, baik untuk kendaraan pribadi maupun kendaraan logistik. Namun, pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan kapasitas jalan yang memadai menyebabkan terjadinya kepadatan lalu lintas yang berdampak pada kemacetan, peningkatan waktu tempuh, serta menurunnya efisiensi transportasi secara keseluruhan [3]



Gambar 1.1 Jumlah Kendaraan Keluar-Masuk Jakarta via Tol Tahun 2024

Berdasarkan data statistik dari “Sistem Informasi Angkutan dan Transportasi Indonesia” yang dipublikasikan melalui *GoodStats*, jumlah kendaraan yang keluar

dan masuk Jakarta melalui jalan tol mencapai jutaan kendaraan dalam satu periode tertentu pada tahun 2024, dengan angka mendekati 2,7 juta kendaraan pada beberapa gerbang tol utama. Data tersebut menunjukkan bahwa volume kendaraan yang sangat tinggi terpusat pada titik-titik tertentu, sehingga menyebabkan ketidakseimbangan distribusi lalu lintas [4]. Kondisi ini memperlihatkan bahwa pemantauan lalu lintas yang akurat dan *real-time* menjadi sangat penting untuk memantau kondisi arus kendaraan dan membantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan transportasi.

Pada kondisi saat ini, pemantauan lalu lintas di jalan tol umumnya dilakukan melalui kamera *Closed-Circuit Television* (CCTV) yang telah terpasang di berbagai titik strategis. Meskipun demikian, sistem yang ada sebagian besar masih bersifat pasif, yaitu hanya menampilkan visual kondisi lalu lintas tanpa adanya analisis otomatis. Informasi yang diperoleh dari CCTV tersebut masih memerlukan interpretasi manual oleh operator, sehingga proses pemantauan menjadi kurang efisien dan berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam penyampaian informasi kepada pengguna jalan maupun pihak pengelola [5]. Selain itu, keterbatasan sumber daya manusia serta banyaknya jumlah kamera yang harus dipantau secara bersamaan menjadi tantangan tersendiri dalam sistem *monitoring* konvensional [6].

Seiring dengan perkembangan teknologi, konsep *Intelligent Transportation System* (ITS) mulai banyak diterapkan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan lalu lintas. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam ITS adalah computer vision. Teknologi ini memungkinkan komputer untuk mengenali, memahami, dan menganalisis objek yang terdapat pada gambar maupun video secara otomatis [7]. Dalam konteks lalu lintas, teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan jenisnya, seperti mobil, truk, dan bus, serta menghitung jumlah kendaraan yang melintas pada suatu titik tertentu.

Dalam penelitian sebelumnya, beberapa penelitian telah menerapkan pendekatan berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk melakukan klasifikasi kendaraan [8]. Namun, metode ini memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan karena proses deteksi dilakukan secara bertahap. Selanjutnya, metode

berbasis region seperti *R-CNN*, *Fast R-CNN*, dan *Faster R-CNN* mampu meningkatkan akurasi deteksi objek, tetapi masih memiliki kelemahan dalam kecepatan pemrosesan sehingga kurang optimal untuk implementasi sistem secara *real-time* [9]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan algoritma deteksi objek berbasis one-stage detection, yaitu YOLO (*You Only Look Once*), yang mampu melakukan deteksi objek secara langsung dalam satu tahap proses sehingga mampu melakukan deteksi objek secara lebih cepat dibandingkan metode sebelumnya [10].

Perkembangan algoritma YOLO terus mengalami peningkatan dari YOLOv3, YOLOv4, hingga YOLOv5, YOLOv7, YOLOv8, YOLO11, hingga YOLOv12, dengan berbagai penyempurnaan pada aspek arsitektur, akurasi deteksi, efisiensi komputasi, dan kecepatan inferensi [11], [12]. Meskipun telah tersedia versi YOLO yang lebih baru, penelitian ini menggunakan YOLOv8 karena model tersebut menawarkan keseimbangan antara akurasi deteksi dan kecepatan inferensi melalui penggunaan pendekatan *anchor-free* dan arsitektur *C2f backbone*. Selain itu, YOLOv8 memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi objek dengan ukuran yang bervariasi, termasuk kendaraan berukuran kecil yang sering muncul pada citra CCTV jalan tol, sehingga sesuai untuk implementasi sistem *monitoring* kendaraan secara *real-time*[13].

Beberapa penelitian terkini menunjukkan bahwa penerapan algoritma YOLO dalam sistem *monitoring* lalu lintas mampu memberikan hasil yang cukup baik dalam mendeteksi kendaraan secara *real-time*. Selain itu, pendekatan berbasis *deep learning* juga telah digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan serta mengestimasi tingkat kepadatan lalu lintas pada suatu ruas jalan [14], [15]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada proses deteksi objek tanpa mengintegrasikan hasil analisis ke dalam sistem *monitoring* yang interaktif dan mudah diakses oleh pengguna, seperti platform berbasis *website*.

Di sisi lain, kebutuhan akan sistem *monitoring* lalu lintas yang dapat diakses secara luas dan *real-time* semakin meningkat. Dengan adanya sistem berbasis *website*, pengguna dapat dengan mudah memantau kondisi lalu lintas dari berbagai

titik CCTV tanpa harus mengakses sumber yang terpisah-pisah. Integrasi antara teknologi *Computer vision* dan platform web memungkinkan penyajian informasi yang lebih informatif, seperti jumlah kendaraan, jenis kendaraan, serta visualisasi kondisi lalu lintas secara *real-time* melalui dashboard berbasis web [16], [17].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan *monitoring* kondisi lalu lintas secara otomatis dengan memanfaatkan data dari CCTV. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* lalu lintas berbasis *website* sederhana menggunakan *Streamlit* dan algoritma YOLOv8. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kendaraan seperti mobil, truk, dan bus secara *real-time* dan menghitung jumlah kendaraan.

Selain itu, sistem ini juga menampilkan visualisasi hasil deteksi dalam bentuk tampilan CCTV asli dan hasil deteksi YOLOv8m, serta dashboard statistik yang memudahkan pengguna dalam memahami kondisi lalu lintas pada berbagai titik pengamatan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat memberikan membantu proses *monitoring* lalu lintas secara *real-time* melalui visualisasi hasil deteksi kendaraan dan informasi jumlah kendaraan yang sederhana, informatif, serta mudah diakses, sehingga dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem *monitoring* yang lebih komprehensif pada penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pengembangan sistem *monitoring* lalu lintas berbasis *website* menggunakan *Streamlit* dan CCTV *real-time* pada ruas jalan tol?
2. Bagaimana performa algoritma YOLOv8m dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan, seperti mobil, truk, dan bus, dari tampilan CCTV jalan tol secara *real-time*?
3. Bagaimana efektifitas sistem dalam menghitung jumlah kendaraan yang terdeteksi pada video CCTV secara *real-time*?

4. Bagaimana menampilkan hasil deteksi YOLOv8 dalam bentuk visualisasi berbasis *website*, seperti tampilan CCTV asli, hasil deteksi dengan *bounding box*, jumlah kendaraan, FPS, dan dashboard statistik?
5. Bagaimana performa model YOLOv8m dalam mendeteksi kendaraan pada CCTV *real-time* serta faktor-faktor yang memengaruhi hasil deteksi, seperti kualitas video, pencahayaan, sudut pandang kamera, dan jarak objek?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan jelas dari tujuan yang telah ditentukan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan data visual yang diperoleh dari kamera CCTV jalan tol yang diakses melalui video streaming secara *real-time*. Data yang dianalisis terbatas pada objek kendaraan yang terlihat setiap frame video, yaitu mobil, bus, dan truk, serta tidak melibatkan data lain seperti sensor lalu lintas, GPS, maupun data historis kendaraan.
2. Video CCTV yang digunakan berasal dari kamera statis (*fixed camera*) dengan area pengamatan jalan tol yang telah tersedia. Penelitian ini tidak menganalisis pengaruh variasi sudut pandang kamera (*camera view angle*), ketinggian pemasangan kamera, maupun cakupan area pengamatan (*camera coverage*) terhadap performa deteksi kendaraan.
3. Pengujian model dilakukan menggunakan sumber video CCTV yang tersedia secara publik dengan kondisi lingkungan yang bervariasi, seperti perbedaan pencahayaan, kualitas video, dan variasi jumlah kendaraan. Penelitian ini tidak melakukan pengambilan data secara langsung di lapangan maupun pemasangan kamera tambahan, sehingga hasil penelitian bergantung pada karakteristik video CCTV yang digunakan.
4. Penelitian ini menggunakan algoritma YOLOv8 sebagai metode utama dalam proses deteksi kendaraan pada video CCTV. Penelitian ini tidak menerapkan metode pendukung, seperti *multi-object tracking*, estimasi

kecepatan kendaraan, sensor IoT, maupun metode lain yang dapat meningkatkan proses analisis kendaraan.

5. Penelitian ini difokuskan pada proses deteksi kendaraan dan perhitungan jumlah kendaraan secara real-time. Penelitian ini tidak mencakup analisis lalu lintas yang lebih kompleks, seperti prediksi (*forecasting*) volume kendaraan, analisis pola lalu lintas, maupun integrasi dengan sistem pengendalian lalu lintas otomatis sebagai bagian dari *Intelligent Transportation System* (ITS).
6. Sistem yang dikembangkan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis web sederhana menggunakan *Streamlit* sebagai media visualisasi hasil deteksi kendaraan. Sumber data yang digunakan berasal dari CCTV yang tersedia secara publik dan tidak melibatkan kerja sama langsung dengan pihak pengelola jalan tol, sehingga penelitian ini memiliki keterbatasan dalam akses terhadap data operasional maupun data resmi yang lebih lengkap.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem *monitoring* kepadatan lalu lintas berbasis *website* sederhana menggunakan *Streamlit* dengan memanfaatkan video CCTV jalan tol secara *real-time*.
2. Mengimplementasikan algoritma YOLOv8m untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan, seperti mobil, truk, dan bus, pada video CCTV jalan tol secara *real-time*.
3. Mengembangkan sistem yang mampu menghitung jumlah kendaraan secara otomatis.

4. Menyajikan hasil deteksi kendaraan dalam bentuk visualisasi *website* yang informatif, meliputi tampilan CCTV asli, hasil deteksi dengan *bounding box*, jumlah kendaraan, FPS, dan dashboard statistik.
5. Mengevaluasi performa model YOLOv8m dalam mendeteksi kendaraan pada CCTV *real-time* serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi hasil deteksi kendaraan.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan peneliti dalam menerapkan teknologi *Computer vision* dan *Deep learning*, khususnya algoritma YOLOv8m, dalam pengolahan data video secara *real-time*. Selain itu, penelitian ini juga menjadi sarana untuk mengimplementasikan teori yang telah dipelajari ke dalam bentuk sistem yang nyata dan aplikatif.
2. Sistem yang dikembangkan dapat memberikan informasi hasil deteksi kendaraan dan jumlah kendaraan secara *real-time* melalui tampilan berbasis *website* yang sederhana dan mudah diakses. Informasi ini diharapkan dapat membantu pengguna jalan dalam melakukan pemantauan kondisi lalu lintas secara lebih efektif.
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penerapan *Computer vision*, khususnya dalam bidang transportasi dan sistem *monitoring* berbasis CCTV. Selain itu, penelitian ini juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan fitur, metode, maupun integrasi sistem yang lebih kompleks.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Pada bab ini dibahas permasalahan *monitoring* lalu lintas jalan tol yang masih dilakukan secara manual melalui pengamatan CCTV sehingga diperlukan sistem *monitoring*

otomatis berbasis *computer vision* dan *deep learning*. Selain itu, bab ini juga menjelaskan alasan pemilihan algoritma YOLOv8 dalam pengembangan sistem *monitoring* lalu lintas berbasis CCTV secara *real-time*.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian, seperti konsep *computer vision*, *deep learning*, *object detection*, algoritma YOLO, YOLOv5, YOLOv8, YOLO11, YOLOv12 *OpenCV*, serta framework *Streamlit*. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan deteksi kendaraan dan *monitoring* lalu lintas berbasis CCTV menggunakan algoritma YOLO. Bab ini digunakan sebagai dasar teori dalam proses pengembangan sistem dan analisis hasil penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan sistem *monitoring* lalu lintas berbasis CCTV. Metodologi penelitian meliputi tahapan *Business Understanding*, *Data Understanding*, *Data Preparation*, *Modeling*, *Evaluation*, dan *Deployment* menggunakan pendekatan CRISP-DM. Selain itu, dijelaskan juga mengenai proses pengumpulan data CCTV, penggunaan *dataset* kendaraan dari *Roboflow*, proses pelatihan model YOLO, metode evaluasi model, serta implementasi sistem *monitoring* berbasis web menggunakan *Streamlit*.

BAB 4 ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas hasil implementasi sistem *monitoring* lalu lintas berbasis CCTV menggunakan YOLOv8m serta hasil evaluasi performa model. Pada bab ini dijelaskan proses pelatihan model, hasil pengujian menggunakan metrik *Precision*, *Recall*, *mAP@50*, dan *mAP@50-95*, serta implementasi sistem *monitoring* berbasis web menggunakan *Streamlit*. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap hasil *object detection* kendaraan, hasil *vehicle counting*, visualisasi dashboard *monitoring*, serta perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu.

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Simpulan menjelaskan hasil implementasi sistem *monitoring* lalu lintas berbasis CCTV menggunakan YOLOv8m, sedangkan bagian saran berisi rekomendasi pengembangan sistem agar memiliki performa yang lebih baik dan dapat diimplementasikan secara lebih luas pada sistem *monitoring* lalu lintas di masa mendatang.



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA