

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di wilayah perkotaan, yang sejalan dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat, telah menimbulkan tantangan yang serius dalam manajemen lalu lintas. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2023, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah melampaui 150 juta unit (Badan Pusat Statistik (BPS - Statistics Indonesia), 2024). Banyaknya jumlah kendaraan bermotor yang berlalu lintas di jalan, terkadang tidak sebanding dengan luas jalan yang tersedia, sehingga seringkali terjadi kepadatan. Kepadatan lalu lintas adalah suatu kondisi yang menunjukkan seberapa rapat kendaraan yang dipengaruhi oleh penumpukan *volume* kendaraan yang melewati jalan di daerah dan waktu tertentu. Kepadatan juga mencerminkan distribusi kendaraan di sepanjang suatu ruas jalan (Prasetyo, 2024; Wibisono, 2020). Kepadatan tinggi dapat berujung pada kemacetan lalu lintas yang tidak dapat dihindari (Kurniasari & Jalinus, 2020). Oleh karena itu, diperlukan solusi yang mampu memantau dan menganalisis tingkat kepadatan lalu lintas untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat.

Pemanfaatan teknologi informasi merupakan salah satu pendekatan yang efektif dalam mengatasi masalah ini, seperti yang dilakukan pada penelitian (Gupta et al., 2023) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi informasi dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi manajemen lalu lintas melalui pengumpulan data dan analisis data lalu lintas secara *real-time*. Teknologi informasi juga dapat mendukung upaya ini dengan cara melakukan klasifikasi kepadatan lalu lintas. Klasifikasi adalah proses mengelompokkan data ke dalam kategori atau kelas tertentu (Hafifah et al., 2021). Pada penelitian ini, klasifikasi dilakukan berdasarkan dua pendekatan, yaitu berdasarkan deteksi objek dan segmentasi area. Deteksi objek (*object detection*) adalah proses mengidentifikasi keberadaan objek tertentu dalam citra digital dengan menganalisis fitur dan pola spesifik menggunakan berbagai metode (Mulyana et al., 2022; Nafis Alfarizi et al., 2023). Sedangkan segmentasi dalam konteks pemrosesan citra adalah proses membagi citra menjadi beberapa bagian atau segmen yang lebih kecil,

dengan tujuan untuk memudahkan analisis dan pengolahan lebih lanjut. Dalam segmentasi citra, setiap segmen biasanya mewakili objek atau area tertentu (Nurdinawati et al., 2021). Kedua solusi pendekatan yang telah disebutkan akan menjadi lebih optimal apabila diterapkan dengan *deep learning*.

Deep Learning (DL) merupakan cabang dari *Machine Learning* (ML) yang berfokus pada penggunaan jaringan saraf tiruan yang besar dan kompleks untuk memproses dan menganalisis data (Arruda et al., 2022). Salah satu keunggulan utama *deep learning* adalah kemampuannya untuk mengekstrak fitur dari data mentah secara otomatis. Sehingga memungkinkan klasifikasi dapat dilakukan dengan cara deteksi objek dan segmentasi area tertentu. Pendekatan dengan menggunakan model seperti SegFormer (*Segmenter with Transformer*) untuk melakukan segmentasi semantik dan YOLO (*You Only Look Once*) untuk mendeteksi objek dengan kecepatan tinggi. DL memungkinkan sistem untuk melakukan pengenalan objek secara kompleks. Dalam konteks manajemen lalu lintas, DL memungkinkan sistem untuk mengenali kendaraan hingga kondisi jalan secara kompleks, memberikan informasi yang relevan kepada pihak yang berwenang. Dengan memanfaatkan pendekatan ini, pihak berwenang dapat memperoleh gambaran yang akurat, sehingga memungkinkan mereka untuk merespons lebih cepat terhadap situasi di lapangan.

Penelitian ini mengusulkan pengembangan model *hybrid* dengan algoritma YOLOX dan SegFormer untuk klasifikasi kepadatan lalu lintas. YOLOX adalah algoritma deteksi objek terbaru dari seri YOLO yang menawarkan akurasi tinggi dan kecepatan deteksi mencapai 57.8 FPS. Dengan desain tanpa *anchor*, YOLOX dapat mendeteksi objek dengan ukuran bervariasi dan mengurangi kompleksitas model tanpa mengorbankan akurasi, dengan akurasi yang ditawarkan adalah 98%. Algoritma ini sangat cocok untuk aplikasi di dunia nyata, terutama dalam sistem kendaraan otonom (He et al., 2023). Di sisi lain, SegFormer adalah model segmentasi citra yang berbasis arsitektur Transformer, SegFormer menggabungkan keunggulan dari model Transformer dengan kemampuan untuk mengekstrak fitur dari citra dengan cara yang lebih adaptif dan skalabel dibandingkan dengan jaringan saraf konvolusional lainnya, seperti Deeplabv3+, Unet, FCN, SegNext. (Lin et al., 2023). YOLOX digunakan untuk mendeteksi objek dalam data video lalu lintas, algoritma ini

dapat menentukan lokasi dan jenis objek dengan presisi tinggi. Sedangkan, SegFormer digunakan untuk melakukan segmentasi semantik pada area-area tertentu, misalnya melakukan segmentasi pada area jalan raya. Kombinasi kedua teknologi ini bertujuan untuk memberikan solusi yang mampu menganalisis data video lalu lintas secara otomatis, memungkinkan identifikasi kepadatan lalu lintas dapat dilakukan secara tepat.

Penerapan teknologi YOLOX dan SegFormer dalam klasifikasi kepadatan lalu lintas bertujuan untuk menghasilkan sistem yang mampu mengolah video dari webcam secara otomatis dan efisien guna menyajikan informasi visual mengenai kondisi lalu lintas. Informasi ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara umum untuk memahami situasi kepadatan jalan di suatu area, baik untuk keperluan perencanaan perjalanan, aktivitas harian, maupun peningkatan kesadaran terhadap pola lalu lintas di lingkungan sekitar. Dengan penyajian data yang lebih akurat dan mudah dipahami, sistem ini berpotensi meningkatkan partisipasi masyarakat dalam merespons isu kemacetan secara mandiri serta mendorong perilaku yang lebih bijak dalam menggunakan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada latar belakang yang telah disampaikan, permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengembangkan sistem dan model algoritma YOLOX dan SegFormer untuk melakukan deteksi dan segmentasi pada area tertentu sebagai pendekatan untuk klasifikasi kepadatan lalu lintas dengan akurat?
2. Bagaimana evaluasi kinerja algoritma YOLOX untuk melakukan deteksi objek kendaraan, SegFormer untuk melakukan segmentasi pada area jalan, dan akurasi klasifikasi dalam melakukan analisis kepadatan lalu lintas secara keseluruhan?
3. Bagaimana menerapkan teknologi klasifikasi kepadatan lalu lintas berbasis YOLOX dan SegFormer guna mempermudah akses informasi kondisi lalu lintas serta memvalidasi fungsionalitas sistem menggunakan metode *blackbox testing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dipaparkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem dan model berbasis algoritma YOLOX dan SegFormer yang mampu mendeteksi dan segmentasi area untuk klasifikasi kepadatan lalu lintas secara dengan akurat.
2. Mengevaluasi kinerja algoritma YOLOX untuk melakukan deteksi objek kendaraan, SegFormer untuk melakukan segmentasi pada area jalan, dan akurasi klasifikasi dalam melakukan analisis kepadatan lalu lintas.
3. Menerapkan teknologi klasifikasi kepadatan lalu lintas berbasis YOLOX dan SegFormer guna mempermudah akses informasi kondisi lalu lintas serta memvalidasi fungsionalitas sistem menggunakan metode *blackbox testing*.

1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian

Batasan penelitian yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya menggunakan dataset citra atau video lalu lintas yang diperoleh dari rekaman video CCTV lalu lintas, *dataset* publik dan/atau pengumpulan data secara mandiri dengan merekam dari jembatan penyebrangan orang.
2. Pengumpulan data dilakukan selama 14 hari dengan sudut pengambilan rekaman video adalah 60° dari sisi horizontal, dan diambil pada waktu antara pagi (08.00 WIB), siang (12.30 WIB), atau sore (16.00 WIB) dengan masing-masing waktu pengumpulan data adalah selama 30 hingga 2 menit.
3. Tingkat kepadatan lalu lintas diklasifikasikan berdasarkan perhitungan jumlah kendaraan dan rasio area jalan yang terpakai, kemudian dikategorikan dalam kategori, seperti lengang, lancar, sedang, dan padat.
4. *Input* yang digunakan adalah berupa file rekaman video lalu yang di-*capture* secara langsung menggunakan webcam dan tidak ada integrasi langsung dengan perangkat IoT atau sistem pengelolaan lalu lintas yang ada.

Asumsi penelitian yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data rekaman video CCTV lalu lintas, atau dataset publik lainnya memiliki resolusi yang cukup tinggi untuk. Selain itu, data tersebut menunjukkan tingkat kepadatan lalu lintas yang berbeda di berbagai tempat.
2. Algoritma YOLOX memiliki kemampuan untuk mendeteksi kendaraan dengan presisi yang tinggi, dengan asumsi presisi yang diharapkan sebesar 85%-90%.
3. SegFormer mampu melakukan segmentasi area dengan akurasi, khususnya untuk area jalan yang diharapkan adalah sebesar 95%.
4. Sistem yang dikembangkan mampu memproses data dengan cepat untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat kepadatan lalu lintas ke dalam tiga kategori: lengang, lancar, sedang, dan padat. Selain itu, sistem yang dikembangkan juga mampu menghasilkan akurasi yang memadai dalam mendeteksi dan mengklasifikasi tingkat kepadatan lalu lintas dengan akurasi sekitar lebih dari 85,5%, mAP (*mean Average Precision*) 85-90%, dan IoU (*Intersection over Union*) sekitar 82%.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi visual mengenai kepadatan lalu lintas yang dapat membantu masyarakat dalam merencanakan perjalanan, memilih rute yang lebih lancar, serta menghindari kemacetan.
2. Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kondisi lalu lintas di sekitarnya melalui penyajian data hasil analisis video secara otomatis dan mudah dipahami.
3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pemantauan lalu lintas berbasis teknologi deteksi dan segmentasi citra, yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi publik di masa mendatang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian. Adapun bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bagian Awal

- a. Abstrak
 - b. Daftar Isi
 - c. Daftar Tabel
 - d. Daftar Gambar
 - e. Daftar Istilah
 - f. Daftar Rumus
2. Bagian Isi
- a. Latar Belakang
 - b. Rumusan Masalah
 - c. Tujuan Penelitian
 - d. Batasan dan Asumsi Penelitian
 - e. Manfaat Penelitian
 - f. Literatur Teori Terkait
 - g. Dasar Teori
 - h. Alasan Pemilihan Teori/Model/Kerangka Kerja
 - i. Sistematika Penyelesaian Masalah
 - j. Alat dan Bahan Penelitian
 - k. Prosedur Penelitian
 - l. Jadwal Pelaksanaan
 - m. Pengumpulan Data
 - n. Pengolahan Data
 - o. Verifikasi dan Validasi
 - p. Analisis Hasil
 - q. Kesimpulan
 - r. Saran
3. Bagian Akhir
- a. Daftar Pustaka