

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah kendaraan bermotor semakin bertambah setiap tahunnya. Meningkatnya jumlah kendaraan roda dua dan roda empat menjadi salah satu penyebab utama padatnya arus lalu lintas, karena tidak adanya pembatasan kepemilikan kendaraan pribadi. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2022 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia tercatat lebih dari 148 juta unit, dan angka tersebut terus meningkat hingga melampaui 150 juta unit pada tahun 2023 (Indonesia, 2024). Lonjakan jumlah kendaraan ini tidak hanya memperumit pengelolaan sistem transportasi di berbagai kota, tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap meningkatnya kepadatan lalu lintas, yang menjadi salah satu indikator penting terjadinya permasalahan arus kendaraan di jalan raya.

Kepadatan lalu lintas adalah jumlah atau volume kendaraan yang berada di jalan dalam jarak tertentu, biasanya diukur dalam kendaraan per kilometer atau per meter (Prasetyo, 2024). Kepadatan ini menunjukkan seberapa ramai jalan pada waktu tertentu dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti lebar jalan, jumlah kendaraan, kecepatan rata-rata, dan waktu, terutama saat jam sibuk (Wibisono, 2020). Kepadatan yang tinggi dapat memengaruhi arus lalu lintas, baik di jalan satu arah maupun dua arah, sehingga dapat menyebabkan kemacetan, waktu tempuh yang lebih lama, serta menurunnya kenyamanan pengguna jalan. Tingginya kepadatan lalu lintas akibat meningkatnya jumlah kendaraan memerlukan solusi yang inovatif. Salah satu pendekatan efektif untuk mengatasi masalah ini adalah pemanfaatan teknologi informasi, yang dapat digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data lalu lintas, sehingga meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan arus kendaraan.

Salah satu cara untuk mendukung upaya ini bisa dilakukan dengan cara peramalan kepadatan lalu lintas. Peramalan merupakan hal yang penting dalam proses pengambilan keputusan, karena memungkinkan prediksi kondisi lalu lintas di masa depan, yang sangat berguna untuk perencanaan dan pengelolaan arus lalu lintas.

Biasanya, peramalan dilakukan dengan melihat data dimasa lalu, yang kemudian dianalisis dengan menggunakan metode tertentu. Data ini dikumpulkan, dipelajari, dan dianalisis untuk melihat hubungannya dari waktu ke waktu. Karena ada unsur waktu, maka hasil analisis ini dapat digunakan untuk meramalkan apa yang akan terjadi di masa depan (Mulyani et al., 2021).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *deep learning* yang saat ini mulai populer di berbagai aplikasi berbasis *big data*. *Deep learning* memungkinkan pemrosesan data kompleks yang sulit dicapai oleh metode tradisional (Afandizadeh et al., 2024). Dalam konteks peramalan arus lalu lintas, *deep learning* dapat mengidentifikasi pola arus lalu lintas berdasarkan faktor utamanya yaitu volume jumlah kendaraan dan *timestamp*. Salah satu algoritma *deep learning* yang telah terbukti efektif dalam aplikasi ini adalah *Long Short-Term Memory* (LSTM), yang merupakan jenis *Recurrent Neural Network* (RNN). LSTM memiliki kemampuan untuk mengatasi tantangan dalam memprediksi data *time series* dengan menangkap hubungan jangka pendek maupun jangka panjang dalam data. Sebagai algoritma *deep learning*, LSTM unggul dalam memodelkan data dengan pola yang kompleks dan juga sering digunakan untuk peramalan variabel tunggal, termasuk di bidang transportasi. Dengan keunggulan ini, LSTM telah diterapkan secara efektif dalam berbagai peramalan, menjadikannya salah satu algoritma yang andal untuk analisis data *time series*.

Salah satu tantangan terbesar dalam meramalkan arus lalu lintas adalah mengumpulkan data yang akurat dan tepat waktu. Untuk itu, pada penelitian ini memanfaatkan teknologi YOLOX (You Only Look Once X), merupakan sebuah deteksi objek berbasis *deep learning* yang dirancang untuk mendeteksi kendaraan dalam video secara langsung (Liu et al., 2023). YOLOX digunakan karena keunggulannya dalam mendeteksi kendaraan dari video dengan akurasi tinggi dan efisiensi optimal. Sebagai pengembangan dari YOLOv3, YOLOv4, dan YOLOv5, YOLOX memiliki struktur yang mampu mengatasi Tantangan dalam mendeteksi objek pada gambar mencakup identifikasi target berukuran kecil, latar belakang yang kompleks, serta objek yang saling tumpang tindih (oklusi) dalam satu adegan.

Algoritma ini juga dapat mengekstraksi data seperti jumlah kendaraan, kepadatan, dan kecepatan dari rekaman CCTV, didukung inovasi seperti *attention modul* dan strategi pelatihan yang lebih efektif, menjadikannya pilihan unggul untuk pemantauan lalu lintas yang kompleks (Azan et al., 2023).

Setelah berhasil mengekstraksi data kendaraan menggunakan YOLOX, maka data tersebut diolah dan digunakan untuk meramalkan arus lalu lintas menggunakan algoritma LSTM. Metode ini dapat secara efektif memproses data *time series* dan menangkap ketergantungan jangka panjang maupun jangka pendek pada data, sehingga diharapkan dapat memberikan peramalan arus lalu lintas yang lebih akurat. Proses ini memungkinkan model untuk meramalkan kondisi arus lalu lintas di masa depan dengan mempertimbangkan data historis dan beberapa faktor lainnya yang memengaruhi hal tersebut.

Dengan mempertimbangkan tantangan dalam pengumpulan data langsung yang sesuai dan keunggulan LSTM dalam menganalisis pola data secara efisien, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan lalu lintas berbasis kombinasi YOLOX dan LSTM. Dengan memanfaatkan YOLOX untuk ekstraksi data visual secara langsung dan LSTM untuk melakukan peramalan data *time series* jangka pendek atau jangka panjang. Oleh karena itu, model yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi pengelolaan lalu lintas yang cepat dan praktis, termasuk perencanaan transportasi yang lebih responsif terhadap perubahan kondisi.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan merujuk 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 LSTM untuk melakukan deteksi kendaraan berbasis video sebagai pendekatan untuk meramalkan kepadatan lalu lintas dengan efektif dan akurat?

2. Bagaimana evaluasi kinerja algoritma YOLOX untuk melakukan deteksi objek kendaraan, dan LSTM untuk peramalan kepadatan arus lalu lintas secara keseluruhan?
3. Bagaimana penerapan teknologi peramalan kepadatan lalu lintas menggunakan YOLOX dan LSTM dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data dalam pengelolaan lalu lintas perkotaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan, tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem dan model algoritma YOLOX dan LSTM untuk melakukan deteksi kendaraan berbasis video sebagai pendekatan dalam meramalkan kepadatan lalu lintas dengan lebih efektif dan akurat.
2. Mengevaluasi kinerja algoritma YOLOX dalam mendeteksi objek kendaraan secara akurat dan efisien, serta menganalisis kemampuan LSTM dalam memprediksi kepadatan arus lalu lintas secara keseluruhan.
3. Menerapkan teknologi peramalan kepadatan lalu lintas berbasis YOLOX dan LSTM untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih responsif dan berbasis data dalam pengelolaan lalu lintas perkotaan.

1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian

Batasan yang ada dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya menggunakan dataset berupa rekaman video lalu lintas yang diambil dari dataset publik lain yang relevan, dan pengumpulan data secara mandiri dengan merekam dari jembatan di jalan raya Wonokromo, Kota Surabaya dengan kondisi pencahayaan siang hari.
2. Data dikumpulkan selama 14 hari dengan sudut kamera rekaman video adalah 60° dari sisi horizontal pada waktu pagi hingga siang (07.00-12.00).
3. Penelitian ini tidak mencakup koneksi atau sinkronisasi dengan sistem lalu lintas otomatis atau perangkat keras tambahan seperti sensor jalan.

Asumsi penelitian yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini mengasumsikan bahwa dataset video lalu lintas yang digunakan memiliki kualitas yang cukup baik dan representatif untuk mendeteksi kendaraan serta memprediksi kepadatan lalu lintas secara akurat. Dataset yang digunakan berasal dari rekaman dataset publik lainnya yang relevan dengan konteks lalu lintas perkotaan.
2. Penelitian ini mengasumsikan bahwa algoritma YOLOX dan LSTM dapat diintegrasikan dengan baik untuk mendeteksi kendaraan dalam video dan meramalkan kepadatan lalu lintas, dengan tingkat akurasi yang memadai.
3. Penelitian ini mengasumsikan bahwa prediksi yang dihasilkan oleh sistem dapat memberikan gambaran yang cukup akurat mengenai tingkat kepadatan lalu lintas untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengelolaan lalu lintas. Selain itu, sistem yang dikembangkan juga mampu menghasilkan akurasi yang memadai dalam mendeteksi dan meramalkan tingkat kepadatan lalu lintas.
4. Penelitian ini mengasumsikan bahwa video lalu lintas yang digunakan dalam penelitian cukup mewakili berbagai kondisi lalu lintas yang terjadi, seperti kondisi lancar, padat, atau macet, untuk validasi model.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Otoritas Transportasi

Penelitian ini menawarkan solusi berbasis data untuk otoritas transportasi dalam perencanaan dan pengelolaan lalu lintas. Dengan mengintegrasikan teknologi YOLOX untuk ekstraksi data kendaraan dan algoritma LSTM untuk peramalan arus lalu lintas, otoritas dapat memperoleh informasi lebih akurat mengenai volume kendaraan dan kepadatan lalu lintas. Hal ini memungkinkan perencanaan kebijakan yang lebih strategis, seperti pengaturan jalur, pengelolaan volume kendaraan, dan perencanaan infrastruktur yang dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi transportasi di berbagai titik rawan kemacetan.

2. Bagi Masyarakat

Bagi masyarakat umum, implementasi model peramalan dalam sistem informasi berbasis YOLOX dan LSTM memberikan manfaat berupa peningkatan efisiensi transportasi melalui informasi lalu lintas yang akurat. Hal ini berdampak pada pengurangan waktu tempuh dan perencanaan perjalanan yang lebih baik, sehingga meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

3. Bagi Peneliti/Akademisi

Bagi peneliti, penelitian ini akan memperkaya literatur di bidang teknologi informasi dan transportasi, khususnya pada penerapan kombinasi algoritma YOLOX untuk ekstraksi data visual dan LSTM untuk peramalan data *time series*. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi untuk mengembangkan model peramalan lalu lintas yang lebih kompleks, membuka peluang penerapan *deep learning* di berbagai bidang lainnya.

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. Kata Pengantar
- c. Daftar Isi
- d. Daftar Tabel
- e. Daftar Gambar
- f. Daftar Rumus
- g. Daftar Lampiran
- h. Daftar Istilah

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
- k. Prosedur Penelitian
- l. Jadwal Pelaksanaan
- m. Pengumpulan Data
- n. Pengolahan Data
- o. Verifikasi dan Validasi
- p. Analisis Hasil
- q. Kesimpulan dan Saran

3. Bagian Akhir

- a. Daftar Pustaka
- b. Lampiran