

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

PT Kereta Api Indonesia (KAI), sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) utama yang mengoperasikan jaringan kereta api di Indonesia, menyediakan layanan *commuter line* untuk mendukung mobilitas di wilayah perkotaan dan sekitarnya. Layanan ini menawarkan frekuensi keberangkatan yang tinggi dan tarif terjangkau dibandingkan kereta antar kota, menjadikannya pilihan populer bagi masyarakat. Salah satu wilayah dengan penggunaan *commuter line* yang tinggi adalah *Commuter Line* Wilayah II Bandung, yang memprediksi 1,127,139 penumpang selama masa cuti bersama Idul Fitri 2024 (KAI Commuter, 2024a). Dengan tingginya volume penumpang setiap tahun, penting bagi KAI untuk memastikan operasional yang efisien dan andal.

Sistem kereta perkotaan yang efisien dan andal bergantung pada pelacakan lokasi kereta yang akurat dan tepat waktu, karena data *real-time* mengenai posisi kereta mendukung segala hal mulai dari manajemen jadwal hingga keselamatan penumpang (Lapamonpinyo dkk., 2022)(Tiong dkk., 2023). Dengan meningkatnya permintaan pada jaringan transportasi perkotaan, keterlambatan kecil dapat menyebar dengan cepat ke seluruh sistem, yang mempengaruhi ketepatan waktu dan kualitas layanan secara keseluruhan (D. Zhang dkk., 2023). Informasi lokasi juga penting untuk menjaga jarak aman antar kereta, terutama di lintasan yang padat, untuk mencegah kemacetan dan mengurangi risiko tabrakan (Mozaffari dkk., 2022). Namun, terlepas dari peran penting data lokasi, operator kereta api sering kali menghadapi keterbatasan dalam memelihara keakuratan dan kontinuitas pembaruan ini.

Tantangan-tantangan ini berasal dari sistem kereta api yang masih bergantung pada pengumpulan data berkala melalui sensor yang dipasang di sepanjang rel atau di dalam kereta (Tiong dkk., 2023). Sensor ini dirancang untuk menangkap *snapshot* posisi kereta secara berkala, tetapi faktor-faktor seperti gangguan sinyal, kerusakan *hardware*, dan *delay* pada transmisi data dapat menyebabkan ketidakakuratan dan kesenjangan data yang signifikan. Kesenjangan data pada sistem sensor juga menjadi tantangan di *Commuter Line* Wilayah II Bandung, di

mana ketidakteraturan interval pembacaan sensor sering kali terjadi, menciptakan celah waktu yang signifikan antara pembaruan dari posisi kereta.

Dengan kemajuan teknologi informasi, *machine learning* dan *deep learning* semakin banyak diterapkan untuk memprediksi data *time-series* yang berkaitan dengan operasi kendaraan, seperti dalam prediksi keterlambatan kedatangan dan keberangkatan kereta (Tiong dkk., 2023), prediksi lintasan (He dkk., 2022), dan analisis mobilitas (Aljeri & Boukerche, 2020). Pendekatan *deep learning*, terutama yang menggunakan model *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM), telah menunjukkan keberhasilan dalam menangkap ketergantungan temporal dari data berbasis lokasi, sehingga banyak digunakan untuk memprediksi posisi masa depan objek bergerak dengan belajar dari data historis dan mengekstraksi pola pergerakan (He dkk., 2022)(Ran dkk., 2019).

Namun, pendekatan *machine learning* dan *deep learning* saat ini untuk prediksi lokasi memiliki dua kelemahan utama. Pertama, sebagian besar penelitian lebih berfokus pada konteks jalan raya dan maritim, yang memiliki fleksibilitas pergerakan lebih besar, sehingga belum sepenuhnya menjawab kebutuhan spesifik sistem kereta api dengan lintasan tetap dan pengaturan waktu yang ketat. Kedua, beberapa prediksi lokasi kereta bergantung pada data sensor yang mungkin memiliki jeda waktu signifikan antar pembaruan, sehingga informasi historis dapat kehilangan relevansi terhadap posisi saat ini dan mengurangi akurasi model. Akibatnya, relevansi informasi historis terhadap posisi saat ini dapat menurun, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan akurasi model.

Penelitian ini menawarkan solusi untuk mengatasi kendala tersebut dengan menggunakan metode interpolasi dalam *data pre-processing* untuk mengisi kesenjangan yang disebabkan oleh pembaruan data sensor yang tidak konsisten, untuk memastikan *input* kontinu dan dapat diandalkan. Dengan memanfaatkan jaringan *deep learning* yang telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian untuk prediksi data berbasis lokasi, pendekatan ini mampu menangkap ketergantungan temporal secara efektif. Selain itu, dengan mengintegrasikan tahapan *data pre-processing* yang tepat, model ini tidak hanya mengoptimalkan penggunaan pola temporal dari data historis tetapi juga memprioritaskan observasi

masa lalu yang relevan. Pendekatan gabungan ini bekerja sama untuk meningkatkan akurasi prediksi dan memungkinkan prediksi *near real-time*, bahkan dengan adanya kesenjangan data yang signifikan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah yang mendasari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengolahan data sensor dengan jeda waktu yang tidak konsisten untuk menghasilkan data yang kontinu dan akurat dalam mendukung prediksi lokasi kereta api?
2. Bagaimana pengembangan pendekatan terbaik untuk membangun model prediksi dengan tujuan memprediksi lokasi kereta dalam sistem perkeretapiian yang bergantung pada data sensornya?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, maka tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan metode pengolahan data sensor yang memiliki jeda waktu yang tidak konsisten untuk menghasilkan data yang kontinu dan akurat, guna mendukung prediksi lokasi kereta api secara efektif.
2. Mengembangkan dan mengoptimalkan pendekatan pembangunan model prediksi lokasi kereta api yang dapat mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh ketergantungan pada data sensor.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini bermanfaat untuk terlibat dalam proyek penelitian di bidang *deep learning* yang sesuai dengan kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi oleh PT KAI.
2. Bagi Telkom University, penelitian ini bermanfaat untuk memperluas kerjasama dengan industri atau institusi terkait yang tertarik dalam pengembangan solusi teknologi berbasis data untuk transportasi atau logistik.

3. Bagi PT KAI, penelitian ini bermanfaat untuk membantu industri transportasi dalam meningkatkan efisiensi operasional melalui prediksi lokasi yang akurat, yang dapat mengoptimalkan pengaturan rute, penjadwalan, dan estimasi waktu kedatangan.
4. Bagi keilmuan SI, penelitian ini mendorong penelitian lebih lanjut dalam bidang pemodelan prediktif dan optimasi menggunakan teknik *machine learning*, yang dapat diterapkan dalam berbagai konteks aplikasi sistem informasi lainnya.

I.5 Batasan dan Asumsi Tugas Akhir

Tugas akhir ini fokus kepada pengolahan data pergerakan kereta api *Commuter Line* Wilayah II Bandung yang bersumber dari *sensor log* yang berisi waktu rekam, koordinat geospasial, dan kecepatan yang dapat digunakan untuk memprediksi posisi kereta api pada waktu tertentu.

I.6 Sistematika Laporan

Laporan ini ditulis dengan pembagian subbab sebagai berikut.

1. Pendahuluan: Membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, serta batasan dan asumsi tugas akhir.
2. Tinjauan Pustaka: Membahas literatur terkait topik yang relevan dengan area penelitian, *state of the art*, dan pemilihan algoritma untuk pemodelan.
3. Metode Penyelesaian Masalah: Membahas pengembangan model secara konseptual, metode penyelesaian masalah, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, dan metode evaluasi.
4. Penyelesaian Permasalahan: Menjelaskan proses penyelesaian masalah sesuai dengan langkah-langkah pada metode yang didefinisikan di Bab III secara berurutan.
5. Validasi, Analisis, Hasil, dan Implikasi: Menyajikan hasil dari pengujian model pada beberapa skenario, evaluasi hasil dengan metode evaluasi yang dipilih, analisis dari hasil, serta implikasinya di dunia nyata.
6. Kesimpulan dan Saran: Merangkum hasil penelitian dan memberikan rekomendasi untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut.