

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi kereta api di Indonesia memegang peranan yang semakin sentral sebagai tulang punggung mobilitas masyarakat, khususnya di pulau Jawa yang memiliki densitas penduduk tinggi [1]. Keunggulan dalam hal kapasitas angkut masal, ketepatan waktu, dan efisiensi biaya menjadikan moda ini pilihan utama untuk perjalanan antarkota [2]. Dalam peta transportasi regional Jawa Timur bagian barat, Stasiun Kediri telah berkembang menjadi simpul transportasi yang vital. Posisi strategis stasiun ini terkonfirmasi oleh data Daerah Operasi (DAOP) 7 Madiun yang dilansir oleh media Bangsaonline, yang menempatkan Stasiun Kediri sebagai stasiun terpadat kedua dalam hal jumlah penumpang naik dan turun di seluruh wilayah operasi tersebut, tepat di bawah Stasiun Madiun [3]. Tingginya aktivitas ini tercermin dari catatan volume penumpang yang signifikan, mencapai angka 38.445 penumpang pada bulan Juli [4]. Fakta ini menegaskan bahwa Stasiun Kediri bukan sekadar titik pemberhentian, melainkan hubungan mobilitas utama yang pergerakan penumpangnya memiliki dampak luas.

Namun, tingginya volume penumpang ini memiliki pergerakan yang tidak stabil dan tidak terduga, yang menjadi tantangan utama bagi kelancaran operasional stasiun. Permintaan masyarakat yang dinamis seringkali menyebabkan lonjakan penumpang yang drastis dan mendadak akibat kejadian tak terduga atau musim liburan. Sebagaimana diungkapkan oleh Wakil Kepala Stasiun Besar C Kediri, Ismanto, melalui Radar Kediri, pada periode libur panjang akhir pekan di bulan September saja, terjadi kenaikan minat penumpang yang signifikan hingga 37 persen, atau bertambah lebih dari 600 orang dalam periode singkat [5]. Karakteristik data dengan lonjakan tajam atau anomali inilah yang menjadikan peramalan menggunakan metode konvensional seringkali tidak akurat karena asumsi kestabilan data yang dilanggar.

Dampak dari volatilitas data yang tinggi ini membawa konsekuensi nyata, baik secara eksternal maupun internal. Di sisi eksternal, lonjakan penumpang

memicu masalah tata kota di sekitar stasiun. Laporan Radar Kediri menyoroti kemacetan kronis pada jalur penghubung vital antara Jalan Dhoho dan Jalan Hayam Wuruk akibat padatnya volume kendaraan pengantar jemput saat jam sibuk, yang memaksa pihak terkait melakukan penataan ulang arus lalu lintas [6]. Di sisi internal, berdasarkan wawancara dengan karyawan stasiun, fluktuasi tak terduga ini menyulitkan antisipasi operasional. Karyawan menekankan adanya kebutuhan mendesak akan mekanisme peramalan yang akurat agar pihak stasiun dapat mengambil langkah-langkah antisipatif dalam berkoordinasi terkait ketersediaan tiket, manajemen kepadatan area bersama pemerintah kota, serta penambahan tenaga kerja di luar karyawan tetap saat terjadi lonjakan.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan perencanaan dan pengambilan keputusan berbasis data, khususnya dalam sektor transportasi, peramalan jumlah penumpang menjadi aspek yang penting untuk diperhatikan. Peramalan yang akurat tidak hanya membantu dalam perencanaan operasional, tetapi juga berperan dalam mendukung perencanaan strategis. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan metodologis yang mampu memodelkan karakteristik data deret waktu secara tepat dan andal. Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk tujuan tersebut adalah *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA), yang dikenal memiliki kemampuan yang baik dalam menangkap pola historis data melalui komponen *autoregresif*, *differencing*, dan *moving average*. Penerapan metode SARIMA dalam peramalan jumlah penumpang kereta api telah dilaporkan dalam penelitian terdahulu, salah satunya pada kasus peramalan jumlah penumpang kereta api di Pulau Sumatera, di mana model ARIMA(1,1,1) menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 12,28% [7].

Namun, penerapan metode standar seringkali menemui kendala jika dihadapkan pada data dengan lonjakan dan penurunan seperti yang terjadi di Stasiun Kediri. Berdasarkan data jumlah penumpang harian, ditemukan perbedaan yang sangat tajam di mana jumlah penumpang terendah tercatat hanya sebesar 101 orang pada 19 Maret 2024, sedangkan lonjakan tertinggi mencapai 2.516 orang pada 28 September 2024. Perbedaan nilai yang ekstrem dan lonjakan mendadak

menunjukkan adanya *outlier*, sehingga asumsi kestabilan data dalam analisis deret waktu tidak terpenuhi. Berdasarkan analisis awal terhadap data penelitian, terdeteksi 6 *Additive Outlier* (AO). Hasil uji signifikansi menunjukkan bahwa 3 di antaranya signifikan sehingga perlu ditangani dalam proses pemodelan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan penanganan *outlier* agar pengaruh nilai ekstrem terhadap hasil peramalan dapat diminimalkan. Oleh karena itu, pendekatan penanganan *outlier* diperlukan untuk meminimalkan pengaruh nilai ekstrem terhadap hasil peramalan. Dalam penelitian terdahulu, penerapan ARIMA dengan *Additive Outlier* (ARIMA-AO) pada data yang mengandung outlier menghasilkan penurunan nilai *Mean Squared Error* (MSE) yang turun dari 569.140 menjadi 242.544 serta *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari 10,05% menjadi 7,37% [8].

Pada penelitian ini, untuk mengoptimalkan parameter ARIMA sehingga menghasilkan akurasi peramalan yang lebih tinggi, digunakan pendekatan optimasi yang tepat. Penelitian terdahulu mengenai optimasi model peramalan data saham (IHSG) menunjukkan bahwa penggunaan algoritma metaheuristik, yaitu *Firefly Algorithm*, memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan model standar. Dalam penelitian tersebut, optimasi menggunakan *Firefly Algorithm* berhasil menurunkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dari 49,72 menjadi 49,48 [9].

Berdasarkan permasalahan fluktuasi data pada Stasiun Kediri serta kebutuhan untuk meningkatkan kinerja model peramalan, penelitian ini mengombinasikan pendekatan penanganan *outlier* dan optimasi parameter. Pendekatan yang diusulkan dalam penelitian ini adalah metode SARIMA *Additive Outlier* yang dioptimasi menggunakan *Firefly Algorithm* (SARIMA-AO-*Firefly*). Metode tersebut dipilih karena mampu menjawab dua permasalahan utama secara simultan. Komponen SARIMA-AO berperan dalam mendeteksi dan mengoreksi pengaruh lonjakan nilai ekstrem pada data, sehingga karakteristik deret waktu dapat dimodelkan secara lebih stabil. Sementara itu, *Firefly Algorithm* digunakan untuk mencari kombinasi parameter SARIMA yang optimal secara otomatis dan efisien, dengan tujuan meningkatkan akurasi peramalan.

Keunggulan utama dari penelitian ini terletak pada penanganan *outlier* dan optimasi parameter, yang diharapkan mampu menghasilkan model peramalan yang tidak hanya tangguh terhadap anomali data, tetapi juga memiliki tingkat akurasi yang lebih baik. Sebagai langkah akhir untuk menjembatani model matematis yang kompleks dengan kebutuhan praktis di lapangan, hasil penelitian ini diimplementasikan ke dalam antarmuka pengguna grafis (*Graphical User Interface/GUI*) berbasis web menggunakan Streamlit. Implementasi ini bertujuan menjadikan model SARIMA-AO-*Firefly* sebagai alat bantu yang aplikatif bagi pihak Stasiun Kediri dalam mendukung pengambilan keputusan strategis secara *realtime*

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi fokus utama pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi pemodelan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) untuk peramalan data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Kediri?
2. Bagaimana implementasi pemodelan SARIMA *Additive Outlier* (SARIMA-AO) dalam menangani data jumlah penumpang yang mengandung *outlier*?
3. Bagaimana hasil evaluasi kinerja model peramalan terbaik antara SARIMA, SARIMA-AO, dan SARIMA-AO-*Firefly* dalam memprediksi jumlah penumpang?
4. Bagaimana implementasi *Graphical User Interface* (GUI) dalam menyajikan hasil peramalan dan evaluasi performa model SARIMA-AO?

1.3. Batasan Masalah

Batasan yang ditetapkan pada masalah yang diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan terbatas pada data historis jumlah penumpang kereta api dalam periode 01 Januari 2024 – 30 September 2025.
2. Jenis *outlier* yang ditangani hanya *Additive Outlier*, tidak mencakup *innovational outlier* atau jenis lain.

3. Metode optimisasi parameter yang digunakan hanya algoritma *Firefly*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab rumusan masalah serta memberikan arahan yang lebih jelas bagi penelitian ini. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan pemodelan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) untuk peramalan data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Kediri.
2. Menerapkan metode SARIMA *Additive Outlier* (SARIMA-AO) untuk menangani data jumlah penumpang yang mengandung anomali (*outlier*) ekstrem.
3. Mengevaluasi kinerja peramalan model terbaik antara SARIMA, SARIMA-AO, dan SARIMA-AO-*Firefly* berdasarkan nilai error terkecil.
4. Mengimplementasikan *Graphical User Interface* (GUI) untuk menyajikan hasil peramalan dan evaluasi performa model SARIMA-AO.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Menambah literatur mengenai penerapan SARIMA dengan penanganan *Additive Outlier* dalam data deret waktu.
 - b. Memberikan kontribusi pada pengembangan metode optimisasi parameter SARIMA menggunakan algoritma *Firefly*.
 - c. Menjadi referensi untuk penelitian lanjutan di bidang peramalan (*forecasting*) transportasi publik berbasis data deret waktu
2. Manfaat Praktis
 - a. Memberikan rekomendasi model peramalan jumlah penumpang yang lebih akurat untuk mendukung perencanaan operasional transportasi.

- b. Membantu perusahaan transportasi dalam mengantisipasi lonjakan atau penurunan jumlah penumpang sehingga strategi kapasitas dan jadwal lebih efisien.
- c. Menawarkan pendekatan praktis yang dapat diadopsi instansi atau operator transportasi untuk meningkatkan akurasi prediksi berbasis data aktual yang mengandung *outlier*.