

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi publik memegang peranan vital dalam mendukung mobilitas masyarakat dan perekonomian perkotaan. Salah satu moda transportasi yang paling banyak digunakan di kota besar seperti New York adalah *subway* yang dioperasikan oleh *Metropolitan Transportation Authority* (MTA). *Subway* menawarkan berbagai keunggulan seperti kapasitas penumpang yang sangat besar, biaya perjalanan yang relatif terjangkau, serta efisiensi waktu tempuh di tengah padatnya lalu lintas kota. Jumlah pengguna *subway* mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi ekonomi, perubahan pola perjalanan, kebijakan transportasi, hingga dampak pandemi COVID-19 dalam beberapa tahun terakhir (MTA, 2023).

Rata-rata jumlah penumpang *subway* harian mencapai sekitar 3,9 juta orang berdasarkan laporan MTA tahun 2023. Jumlah ini masih lebih rendah dibandingkan dengan tingkat penggunaan sebelum pandemi yang mencapai lebih dari 5 juta orang per hari. Faktor eksternal seperti perkembangan layanan transportasi daring, peningkatan kepemilikan kendaraan pribadi, serta perubahan tren kerja jarak jauh turut memengaruhi minat masyarakat untuk menggunakan *subway*. Tantangan utama yang dihadapi operator adalah kemampuan memprediksi kebutuhan penumpang secara akurat, karena kesalahan prediksi dapat mengakibatkan kelebihan kapasitas (*overcrowding*) atau sebaliknya, sumber daya yang tidak termanfaatkan dengan optimal.

Prediksi akurat jumlah penumpang merupakan hal yang sangat penting. Hal ini mendukung perencanaan operasional, seperti penjadwalan kereta, distribusi armada, hingga pengaturan strategi tiket dan pemasaran. Berbagai masalah, seperti keterlambatan perjalanan, kepadatan berlebih di stasiun, atau bahkan kerugian finansial akibat biaya operasional yang tidak sebanding dengan jumlah penumpang dapat ditimbulkan akibat ketidakakuratan prediksi. Pendekatan analisis dan prediksi yang lebih canggih diperlukan agar operator dapat mengoptimalkan pengelolaan layanan *subway*.

Metode prediksi konvensional regresi linier dan *autoregressive integrated moving average* (ARIMA) sering digunakan untuk memodelkan data deret waktu. Metode tersebut memiliki keterbatasan dalam menangani pola data yang nonlinier dan kompleks, terutama ketika terdapat faktor musiman maupun eksternal. Kondisi cuaca ekstrem, hari libur nasional, hingga fluktuasi harga transportasi lain dapat memengaruhi jumlah penumpang secara signifikan tetapi sulit dimodelkan dengan pendekatan tradisional. Metode berbasis kecerdasan buatan, khususnya *Feedforward Neural Network* (FNN), mulai banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir karena mampu menangani pola data yang lebih kompleks dan dinamis (Zhang *et al.*, 2022).

FNN merupakan salah satu jenis jaringan saraf tiruan yang efektif dalam mempelajari hubungan nonlinier pada data. FNN dapat mengolah masukan yang heterogen dan dinamis dengan fleksibilitas arsitekturnya, sehingga cocok digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang transportasi publik. Sejumlah penelitian telah membuktikan keunggulan metode ini dalam berbagai konteks

transportasi. Xie (2014) menunjukkan bahwa jaringan saraf multilayer perceptron berbasis metode *divide-and-conquer* mampu meramalkan arus penumpang jangka pendek pada sistem kereta berkecepatan tinggi dengan hasil yang andal, sehingga mendukung manajemen operasi secara lebih efektif. Selanjutnya, Wu *et al.* (2023) mengembangkan model *multiple-attention deep neural network* (MADNN) untuk memprediksi aliran penumpang pada jaringan metro, dan membuktikan bahwa integrasi mekanisme atensi serta fitur eksternal dapat meningkatkan akurasi peramalan secara signifikan.

Ayman *et al.* (2022) mengeksplorasi pencarian arsitektur jaringan saraf dan pemilihan fitur (*neural architecture and feature search*) untuk memprediksi jumlah penumpang pada rute transportasi publik, menunjukkan bahwa pemilihan struktur jaringan yang optimal sangat berpengaruh terhadap kinerja model. Temuan-temuan tersebut menggarisbawahi bahwa FNN dan variasi arsitektur turunannya memiliki potensi besar dalam meningkatkan akurasi prediksi permintaan transportasi publik, sehingga dapat menjadi dasar bagi perencanaan dan pengelolaan sistem transportasi yang lebih adaptif dan efisien.

Penentuan arsitektur dan bobot optimal pada FNN masih menjadi tantangan, terutama ketika dihadapkan pada data transportasi yang bersifat kompleks, nonlinier, dan berdimensi tinggi. Algoritma Genetik sebagai metode optimasi berbasis evolusi menawarkan pendekatan yang efektif dalam mencari solusi optimal secara global melalui mekanisme seleksi, crossover, dan mutasi. Integrasi GA dalam proses optimasi FNN memungkinkan penyesuaian parameter jaringan, seperti bobot, bias, maupun struktur tersembunyi, sehingga model yang dihasilkan

lebih adaptif dan mampu meningkatkan kinerja prediksi secara signifikan dibandingkan metode penalaan konvensional.

Penelitian ini membahas untuk mengimplementasikan *Feedforward Neural Network* (FNN) dalam memprediksi jumlah penumpang *subway* di New York. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan model prediksi yang lebih akurat, tetapi juga diharapkan memberikan kontribusi praktis bagi MTA dalam meningkatkan efisiensi operasional serta kualitas layanan. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem prediksi transportasi publik di kota-kota besar lainnya.

Penggunaan *subway* yang optimal tidak hanya membantu mengurangi kemacetan lalu lintas perkotaan, tetapi juga mendukung agenda keberlanjutan lingkungan dengan menekan emisi karbon dari kendaraan pribadi. Upaya untuk meningkatkan penggunaan transportasi publik melalui manajemen berbasis prediksi cerdas merupakan langkah strategis yang perlu terus dikembangkan oleh operator, pemerintah, maupun masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Uraian latar belakang tersebut menjadi dasar perumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana model *Feedforward Neural Network* (FNN) yang paling optimal untuk memprediksi jumlah penumpang *subway* dengan optimasi Algoritma Genetik?

2. Bagaimana akurasi model FNN yang dioptimasi dengan Algoritma Genetik dibandingkan dengan FNN tanpa optimasi?
3. Bagaimana prediksi jumlah penumpang *subway* di New York beberapa periode ke depan dengan model terbaik *Feedforward Neural Network* (FNN) hasil optimasi Algoritma Genetik?

1.3 Batasan Masalah

Uraian latar belakang yang telah dipaparkan melandasi penetapan batasan masalah agar penelitian lebih terarah, yaitu sebagai berikut.

1. Data yang digunakan adalah data jumlah penumpang harian moda transportasi publik yang dikelola oleh *Metropolitan Transportation Authority* (MTA) di New York, Amerika Serikat periode 1 Januari 2021 hingga 9 Januari 2025.
2. Penelitian ini menggunakan *Feedforward Neural Network* sebagai metode prediksi utama dengan batasan node tiap layer maksimal 20, hidden layer maksimal 3 layer.
3. Penelitian menggunakan parameter Algoritma Genetik berupa ukuran populasi 100, elitisme 5, *mutation rate* 0.2, maksimum generasi 200, *function tolerance* $\log e^{-9}$..

1.4 Tujuan Penelitian

Uraian latar belakang menjadi dasar perumusan tujuan penelitian. Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut.

1. Menentukan model Feedforward Neural Network (FNN) yang paling optimal dalam memprediksi jumlah penumpang subway melalui penerapan optimasi Algoritma Genetik.
2. Menganalisis dan membandingkan tingkat akurasi model Feedforward Neural Network (FNN) yang dioptimasi menggunakan Algoritma Genetik dengan model FNN tanpa optimasi.
3. Melakukan prediksi jumlah penumpang subway di New York untuk beberapa periode ke depan menggunakan model Feedforward Neural Network (FNN) terbaik hasil optimasi Algoritma Genetik.