



Metode Neural Network Dalam Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api Berbasis Web

Bina Sukma Adicahya*, Sri Wulandari, Donny Avianto

Fakultas Sains & Teknologi, Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta
Jl. Siliwangi, Jombor Lor, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia
Email: ¹*binasukmaadicahya@gmail.com, ²sri.wulandari@staff.uty.ac.id, ³donny@uty.ac.id

Email Penulis Korespondensi: binasukmaadicahya@gmail.com

Submitted: 01/10/2024; Accepted: 09/10/2024; Published: 19/10/2024

Abstrak—Permintaan akan transportasi kereta api di Pulau Jawa mengalami peningkatan bersamaan dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan kebutuhan mobilitas yang semakin kompleks. Kereta api menjadi salah satu moda transportasi utama karena efisiensi dan keandalannya dalam perjalanan jarak menengah dan jauh. Namun, terdapat ketidakseimbangan yang signifikan antara permintaan tiket dan ketersediaan kapasitas kereta api, terutama pada musim liburan, hari-hari besar, dan akhir pekan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan simulasi untuk memprediksi jumlah penumpang di masa depan dengan menggunakan metode Neural Network Backpropagation. Implementasi sistem ini menghasilkan tingkat akurasi prediksi sebesar 80,33%, yang memberikan PT. Kereta Api Indonesia alat penting untuk mengelola jadwal dan kapasitas dengan lebih baik. Harapan adanya penelitian ini mampu memberikan kontribusi yang signifikan bagi peningkatan efisiensi operasional perusahaan, sekaligus memberikan pengalaman yang lebih baik bagi penumpang. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam bagi para pemangku kepentingan mengenai dinamika permintaan transportasi di Pulau Jawa, serta membantu perumusan kebijakan yang lebih efektif untuk mendukung pertumbuhan sektor transportasi publik. Dengan adanya hasil penelitian ini, PT. Kereta Api Indonesia diharapkan dapat menyusun strategi yang optimal dalam menyesuaikan kapasitas kereta dengan jumlah permintaan penumpang yang tidak stabil, sementara pemerintah daerah dapat memanfaatkan informasi ini untuk merancang kebijakan yang mendukung keberlanjutan layanan transportasi di Pulau Jawa.

Kata Kunci: Simulasi; Backpropagation; Jumlah Penumpang; Prediksi; PT. Kereta Api Indonesia

Abstract—The demand for railway transport in Java has increased along with the increasing population growth and increasingly complex mobility needs. Trains have become one of the main modes of transport due to their efficiency and reliability in travelling medium and long distances. However, there is a significant imbalance between ticket demand and train capacity availability, especially during holiday seasons, holidays, and weekends. To solve this problem, a simulation is needed to predict the number of passengers in the future using the Neural Network Backpropagation method. The implementation of this system resulted in a prediction accuracy rate of 80.33%, which provides PT Kereta Api Indonesia with an important tool to better manage schedules and capacity. It is hoped that this research can make a significant contribution to improving the company's operational efficiency, while providing a better experience for passengers. In addition, this research is also expected to provide stakeholders with greater insight into the dynamics of transport demand in Java, and help formulate more effective policies to support the growth of the public transport sector. With the results of this study, PT Kereta Api Indonesia is expected to develop optimal strategies in adjusting train capacity to the unstable passenger demand, while local governments can utilise this information to design policies that support the sustainability of transport services in Java.

Keywords: Simulation; Backpropagation; Number of Passengers; Prediction; PT. Kereta Api Indonesia

1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu transportasi darat yang terdiri dari rangkaian gerbong atau kereta yang dihubungkan satu sama lain dan berjalan di atas jalur rel. Kereta ini digerakkan oleh lokomotif yang dapat menggunakan berbagai sumber energi, seperti tenaga uap, listrik, atau diesel. Kereta api ini digunakan sebagai alat pengangkut penumpang dan barang [1]. Kereta api menjadi sarana transportasi yang efisien untuk perjalanan jarak menengah hingga jauh, terutama di kawasan-kawasan yang memiliki infrastruktur rel yang baik. Kereta api bekerja dengan cara memanfaatkan rel sebagai lintasan tetap, yang memungkinkan perjalanan lebih stabil dan aman karena minim hambatan. Saat ini, perusahaan yang mengelola kereta api di Indonesia adalah PT. Kereta Api Indonesia (KAI). PT. Kereta Api Indonesia ini merupakan perusahaan milik negara yang menyediakan jasa angkutan kereta api untuk penumpang dan barang yang ada di Indonesia. Layanan yang ditawarkan oleh PT. Kereta Api Indonesia mencakup berbagai kelas, mulai dari ekonomi, bisnis, eksekutif, prioritas, hingga luxury. Dengan adanya pembagian kelas kereta api ini bertujuan untuk mengoptimalkan kenyamanan dan kebutuhan penumpang selama perjalanan. Ditengah banyaknya pilihan transportasi di Indonesia seperti bus kota, taksi, dan pesawat, kereta api tetap menjadi pilihan utama masyarakat, terutama untuk perjalanan jarak menengah dan jauh di Pulau Jawa. Faktor utama yang membuat kereta api diminati adalah harga tiket yang beraneka ragam sesuai dengan fasilitas yang ditawarkan, hal ini yang memberikan kenyamanan bagi para penumpang kereta api.

Tingginya minat masyarakat terhadap layanan kereta api ini tidak akan lepas dengan adanya permasalahan yang terjadi, salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah terbatasnya ketersediaan tiket yang sering tidak sebanding dengan permintaan pelanggan. Hal ini menunjukkan bahwa PT. Kereta Api Indonesia perlu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan jadwal dan kapasitas kereta api. Salah satu upaya oleh perusahaan dalam menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan melakukan memprediksi jumlah penumpang

secara akurat. Prediksi yang akurat dapat membantu perusahaan dalam mengambil suatu kebijakan yang lebih baik terkait penyesuaian jumlah perjalanan dan kapasitas kereta, sehingga dapat memenuhi permintaan dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode Neural Network Backpropagation untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api. Metode ini dipilih karena algoritma Neural Network (NN) Backpropagation merupakan salah satu algoritma machine learning yang memiliki daya tarik tersendiri dan sering digunakan untuk membantu menyelesaikan berbagai masalah di berbagai bidang. Popularitasnya dalam dunia penelitian berasal dari kemampuannya dalam mengenali pola yang kompleks dan memberikan solusi yang efektif dalam berbagai aplikasi.

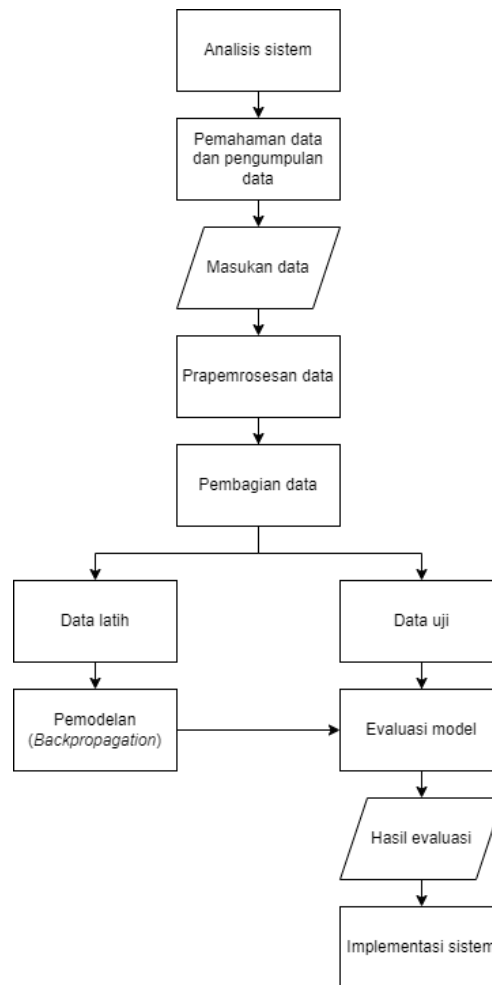
Penelitian ini melibatkan tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik dan isi penelitian yang tengah dilakukan oleh penulis. Penelitian oleh Auladina dkk., tahun 2021. Penelitian ini membahas tentang bagaimana melakukan prediksi dalam memprediksi jumlah pengguna kereta api khususnya di Pulau Sumatra. Hasil dari penelitian ini diperoleh akurasi prediksi sebesar 92%. Akurasi tersebut diperoleh menggunakan model terbaik dengan arsitektur jaringan 3-3-1 [2]. Penelitian oleh Muhazir tahun 2022. Penelitian ini membahas bagaimana cara dalam melakukan prediksi jumlah penumpang di Pulau Sumatra menggunakan metode Monte Carlo. Tujuan penelitian ini adalah perusahaan dapat memprediksi jumlah penumpang dengan cepat sehingga penelitian ini diharapkan dapat membantu PT.KAI untuk mengambil keputusan di waktu yang akan datang. Hasil dari penelitian ini diperoleh akurasi prediksi sebesar 98% [3]. Penelitian oleh Saherti dkk., tahun 2022. Dalam penelitiannya membahas tentang penelitiannya menggunakan ANN dengan Backpropagation untuk peramalan jumlah penumpang kereta api pada Divisi Regional I beberapa periode yang akan datang. Pada jaringan arsitekturnya menggunakan masing-masing satu setiap lapisannya dengan model yang digunakan adalah (2-3-1). Data di bagi menjadi 60% untuk proses training dan 40% untuk proses testing menggunakan epoch sebesar 100000 dan learning rate 0,01. Diperoleh nilai MSE pada testing sebesar 0,0051 [4]. Penelitian oleh Harahap dkk., pada tahun 2021. Penelitian tersebut membahas bagaimana melakukan prediksi calon pendaftar haji di masa yang akan datang dengan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation. Data yang digunakan merupakan data jumlah pendaftar haji dari bulan Januari 2008 sampai dengan data jumlah pendaftar haji bulan Juni 2021. Model arsitektur jaringan yang terbaik adalah 12-12-1 dengan nilai output error terkecil sebesar 0,03264 [5]. Penelitian oleh Syahfitri dkk., pada tahun 2020. Penelitian ini membahas prediksi jumlah pengunjung tamu hotel di Provinsi Sumatra Utara menggunakan algoritma Backpropagation. Penelitian ini dapat berguna sebagai analisa dan memprediksi tingkat pengunjung hotel di masa yang akan datang. Hasil akurasi yang diperoleh sebesar 96% dengan menggunakan model arsitektur jaringan 7-10-1 [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Setyowati pada tahun 2023 berfokus pada prediksi jumlah penumpang pelayaran di Ketapang. Dalam studi ini, peneliti menggunakan algoritma Neural Network Backpropagation untuk melakukan prediksi. Tujuan dari penelitian ini adalah menyediakan informasi yang dapat digunakan oleh pihak manajemen sebagai dasar dalam merancang strategi dan pengambilan keputusan, khususnya dalam menghadapi potensi lonjakan penumpang. Hasil penelitian menunjukkan akurasi prediksi dengan nilai RMSE sebesar 0,246 [7]. Penelitian oleh Priyotriyani dkk., tahun 2002. Penelitian ini berisi tentang prediksi penumpang pesawat di Bandara Internasional Soekarno-Hatta (SHIA). Peneliti menggunakan Neural Network Backpropagation sebagai algoritma yang digunakan dalam melakukan prediksi jumlah penumpang. Tujuan penelitian ini digunakan untuk mengetahui perencanaan dan pengoptimalan operasi bandara dimasa yang akan datang. Hasil dari akurasi error terkecil yang diperoleh sebesar 19,77% dan hasil prediksi jumlah penumpang pada periode selanjutnya sebanyak 1.060.500 penumpang [8]. Penelitian oleh Fauzi dkk., tahun 2024. Penelitian ini berisi tentang prediksi harga telur di Yogyakarta. Peneliti menggunakan algoritma Neural Network Backpropagation sebagai algoritma prediksi harga telur ayam. Tujuan penelitian ini digunakan untuk mengatasi masalah ketidakstabilan harga telur ayam khususnya di Provinsi Yogyakarta. Hasil dari akurasi prediksi harga telur ayam sebesar 85% dengan 209 jumlah data yang digunakan [9]. Penelitian oleh Wahyuni pada tahun 2021. Penelitian ini membahas bagaimana memprediksi kendaraan yang masuk pada pengujian KIR. Peneliti menggunakan Neural Network Backpropagation sebagai algoritma prediksi kendaraan masuk. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelayakan kendaraan barang apakah memenuhi syarat untuk beroperasi di jalan raya, dengan harapan dapat mengurangi jumlah kendaraan barang yang tidak layak dan menekan angka kecelakaan. Dari penelitian ini, didapatkan nilai error sebesar 17,38% dalam melakukan prediksi kelayakan kendaraan [10]. Penelitian oleh Fernando dan Mailoa pada tahun 2024. Penelitian ini membahas bagaimana melakukan prediksi jumlah keberangkatan penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak. Adanya penelitian ini adalah untuk meningkatkan kenyamanan dan efektivitas penumpang di pelabuhan. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai akurasi error sebesar 38,626% [11].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menerapkan metode penelitian bernama waterfall, yang merupakan salah satu metode yang dapat dilakukan dalam merancang sebuah perangkat lunak. Metode ini mengadopsi pendekatan terstruktur dan bertahap, di mana setiap fase, berawal dari tahap analisis, perancangan dan pengembangan, implementasi, pengujian, hingga maintenance, yang dilakukan dengan bertahap dan berurutan. Setiap fase harus diselesaikan

secara menyeluruh sebelum diteruskan ke tahap berikutnya. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap tahapan dalam perancangan perangkat lunak dilakukan dengan maksimal, sehingga proyek dapat dijalankan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik sebelum diteruskan ke tahap selanjutnya. [12]. Perancangan penelitian ini melibatkan beberapa proses yang harus dilalui. Pertama, tahap analisis sistem. Kedua, pengumpulan dan pemahaman data yang akan digunakan. Ketiga, data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam sistem. Keempat, data tersebut diolah melalui proses prapemrosesan. Kelima, data didistribusikan menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Keenam, proses pembelajaran dan pemodelan menggunakan data latih. Ketujuh, data uji digunakan untuk melakukan prediksi berdasarkan model yang dibangun dari data latih. Kedelapan, model dievaluasi untuk menilai kinerjanya. Kesembilan, hasil prediksi diperoleh. Terakhir, sistem diimplementasikan dengan mengembangkan sebuah website.

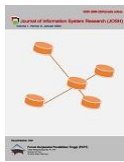


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada gambar 1 menunjukkan alur tahapan penelitian yang menggunakan metode waterfall. Metode waterfall yang diterapkan terdiri dari beberapa langkah dalam pengembangan aplikasi. Tahap pertama adalah Analisis Sistem, di mana dilakukan analisis mengenai penyebab ketidakseimbangan antara permintaan dan ketersediaan tiket kereta api. Tahap kedua melibatkan pemahaman dan pengumpulan data, di mana penulis mengumpulkan data penumpang kereta api dan memahami data yang telah didapat. Tahap ketiga adalah proses memasukkan data yang diperoleh. Tahap keempat, preprocessing data, adalah proses pembersihan data sebelum digunakan pada langkah berikutnya. Tahap kelima adalah pemisahan data menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Tahap keenam mencakup pemodelan menggunakan Neural Network Backpropagation. Tahap ketujuh adalah evaluasi terhadap proses pemodelan dan prediksi yang dilakukan. Tahap kedelapan menghasilkan evaluasi prediksi yang diperoleh. Tahap terakhir adalah implementasi sistem berbasis Website.

2.1.1 Analisis Sistem

Pada tahap ini, peneliti mengevaluasi sistem yang diusulkan untuk mengatasi masalah ketidakseimbangan antara ketersediaan tiket dan permintaan tiket kereta api, serta memastikan kinerja sistem berjalan secara optimal. Dalam tahap ini, peneliti menganalisis penyebab ketidakseimbangan permintaan dan ketersediaan tiket dalam sistem yang sudah berjalan. Tujuan utama dari langkah ini adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan yang dapat digunakan pada sistem yang sedang dilakukan perancangan, sekaligus mengevaluasi kekurangan dari sistem sebelumnya atau



sistem yang saat ini sedang digunakan. Peneliti kemudian menganalisis sistem yang diusulkan dengan melakukan prediksi terhadap jumlah penumpang kereta api. Prediksi ini bertujuan untuk mengurangi ketidakseimbangan antara ketersediaan dan permintaan tiket, sehingga masalah kekurangan tiket dapat diminimalisir. Analisis terhadap sistem baru ini juga bertujuan untuk memperkuat pemahaman dalam penelitian dan meningkatkan sebuah model prediksi jumlah penumpang kereta api. Proses ini mencakup perumusan masalah, penentuan batasan ruang lingkup penelitian, serta penetapan tujuan yang ingin dicapai. Setelah itu, diteruskan dengan pemahaman mendalam terhadap data yang tersedia. Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi isu-isu terkait kualitas data serta menemukan pola atau tren penting yang dapat digunakan untuk merumuskan asumsi mengenai informasi tersembunyi yang relevan.

2.1.2 Pemahaman dan Pengumpulan Data

Tahap ini mencakup proses pemahaman dan pengumpulan data akhir, yang sangat penting dalam pengelolaan data secara keseluruhan. Pada tahap awal ini, data dikumpulkan dan dipelajari secara mendalam untuk memastikan kualitas serta relevansinya dengan tujuan penelitian. Proses ini sering menggunakan metode data mining, yang bertujuan untuk mengekstraksi informasi berharga dari kumpulan data yang ada [13]. Melalui analisis data, berbagai informasi penting dapat diperoleh, termasuk jumlah total record yang ada dalam dataset, variasi jenis data yang digunakan, serta jumlah kolom data yang tersedia. Informasi ini memberikan gambaran awal mengenai struktur dan karakteristik data, yang sangat penting untuk langkah-langkah selanjutnya dalam analisis [14]. Dengan memahami aspek-aspek ini, penulis dapat menentukan metode analisis yang tepat, mengidentifikasi data yang mungkin perlu diperbaiki atau diproses lebih lanjut, serta mempersiapkan data untuk digunakan dalam model atau prediksi yang diinginkan. Penelitian ini memanfaatkan data yang diambil dari situs resmi Badan Pusat Statistik

2.1.3 Prapemrosesan Data

Pada tahap ini merupakan prapemrosesan data. Prapemrosesan data adalah langkah pertama dalam proses data mining yang bertujuan untuk mempersiapkan data secara menyeluruh sebelum dilakukan pengolahan untuk memperoleh informasi yang berharga. Dalam tahap ini, terdapat berbagai metode yang bisa diterapkan, termasuk menghapus data yang tidak relevan, mengintegrasikan data dari berbagai sumber, melakukan reduksi data untuk mengurangi kompleksitas, dan melakukan transformasi data agar lebih sesuai dengan kebutuhan analisis. Salah satu aspek penting dalam prapemrosesan adalah normalisasi data, yang membantu memastikan bahwa semua variabel berada dalam skala yang sama [15]. Pada penelitian ini penulis menggunakan salah satu metode prapemrosesan data yang bernama normalisasi data min-max. Metode normalisasi data adalah proses untuk menyamakan rentang nilai beberapa variabel, sehingga tidak ada variabel yang memiliki nilai yang terlalu besar atau terlalu kecil. Hal ini dilakukan untuk mempermudah analisis statistik, memastikan setiap variabel memiliki pengaruh yang seimbang dalam proses analisis.[16]. Adapun rumus normalisasi min-max sebagai berikut.

$$x^1 = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

Rumus 1 merupakan rumus normalisasi min-max. nilai x merupakan data awal, $x_{\min}$ merupakan nilai minimum dataset, kemudian $x_{\max}$ adalah nilai maximum dataset, dan x^1 merupakan hasil dari normalisasi data min-max.

2.1.4 Pembagian Data atau Distribusi Data

Tahap ini merupakan proses distribusi data. Data didistribusikan menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Data latih akan digunakan untuk pemodelan dan data uji digunakan untuk melakukan prediksi jumlah penumpang kereta api.

2.1.5 Pemodelan

Tahap ini merupakan proses pemodelan dari data latih. Pembuatan model adalah proses yang menyertakan pemilihan teknik dan algoritma yang tepat untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Selain itu, tahap ini juga melibatkan pengembangan model menggunakan data yang telah dipersiapkan sebelumnya. Dalam proses ini, peneliti harus mempertimbangkan karakteristik data serta jenis masalah yang ingin diselesaikan, seperti klasifikasi atau regresi. Setelah model dibangun, penting untuk melakukan pengujian untuk memastikan bahwa model tersebut berfungsi dengan baik dan dapat memberikan hasil yang akurat saat diterapkan pada data baru. Dengan demikian, pembuatan model yang efektif sangat krusial dalam menghasilkan solusi yang dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan yang berbasis data [17]. Data latih akan dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode Artificial Neural Network atau biasa disebut dengan Jaringan Saraf Tiruan. Jaringan Saraf Tiruan (ANN) merupakan model komputasi yang mengambil inspirasi dari cara kerja jaringan saraf biologis pada otak manusia. Model ini dirancang untuk mempelajari, mengenali pola, dan memproses data yang kompleks secara efisien. ANN banyak digunakan dalam berbagai aplikasi kecerdasan buatan karena kemampuannya untuk meniru cara otak manusia memecahkan masalah, seperti dalam klasifikasi data, prediksi, dan pengenalan citra. ANN bekerja dengan melibatkan sejumlah besar "neuron" buatan yang terhubung, membentuk lapisan yang saling berinteraksi untuk

belajar dari data dan melakukan generalisasi pada situasi baru. Berkat kemampuan tersebut, ANN telah menjadi fondasi utama dalam pengembangan sistem yang membutuhkan analisis data besar dan kompleks secara otomatis, seperti pengenalan suara, pemrosesan gambar, dan prediksi tren [18]. Pada penelitian ini algoritma yang digunakan Backpropagation. Metode Backpropagation digunakan untuk melatih jaringan saraf tiruan agar mampu mencapai keseimbangan antara mengenali pola yang diberikan selama pelatihan dan merespons secara akurat terhadap pola input yang mirip, tetapi berbeda dari data pelatihan. Proses ini melibatkan penyesuaian bobot jaringan secara berulang-ulang untuk meminimalkan kesalahan dalam hasil yang dihasilkan. Dengan cara ini, jaringan tidak hanya belajar dari pola yang sudah dikenal, tetapi juga mampu melakukan generalisasi pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya. Hal ini membuat metode Backpropagation sangat efektif dalam meningkatkan kemampuan jaringan saraf untuk memproses data yang kompleks dan memberikan prediksi yang akurat [19].

Didalam algoritma Backpropagation terdapat beberapa proses, pertama perambatan maju (forward pass). Kedua perambatan mundur (backward pass), ketiga perubahan dan pembaruan bobot. Terakhir proses iteratif (epoch). Berikut adalah langkah-langkah dalam proses perhitungan yang terdapat pada algoritma Neural Network Backpropagation.

a. Perambatan maju (forward)

Perambatan maju dimulai dengan menghitung input total yang diterima oleh setiap neuron di lapisan tersembunyi dan lapisan output.

$$z_{in_j} = \sum_{i=0}^n x_i v_{ij} + b_j \quad (2)$$

Rumus ini adalah rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan jumlah nilai input yang diterima neuron yang terdapat pada lapisan tersembunyi (hidden layer). Nilai z_{in_j} atau jumlah nilai input dihasilkan dari penjumlahan bias b_j dengan hasil perkalian antara input x_i dengan bobot v_{ij} . Kemudian hasil sinyal yang diterima pada lapisan tersembunyi (hidden layer) akan dibawa ke lapisan output (y_{in_k}). Perhitungan sinyal dalam proses tersebut terdapat pada rumus 3.

$$y_{in_k} = \sum_{j=0}^n (z_j w_{jk}) + b_k \quad (3)$$

Rumus ini adalah rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan jumlah nilai input yang diterima neuron yang terdapat pada lapisan output. Nilai y_{in_k} dihasilkan dari hasil perkalian antara input z_j dan bobot w_{jk} yang di tambahkan dengan bias b_k .

b. Perambatan mundur (backward)

Setelah output dihasilkan, dilakukan penghitungan kesalahan yang terdapat pada lapisan output dan lapisan tersembunyi

$$\delta_k = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (4)$$

Rumus ini adalah rumus digunakan untuk melakukan perhitungan kesalahan δ_k yang terdapat pada lapisan output. Kesalahan ini diperoleh dari selisih antara nilai target t_k dan output aktual y_k yang telah melewati fungsi aktivasi $y_k(1 - y_k)$. Langkah selanjutnya yaitu perhitungan kesalahan pada lapisan tersembunyi, adapun rumus perhitungannya terdapat pada rumus 4.

$$\delta_k = y_{in_k} = \left(\sum_{k=1}^n (\delta_k w_{jk}) \right) y_k (1 - y_k) \quad (5)$$

Rumus ini digunakan untuk menghitung kesalahan di lapisan tersembunyi (hidden layer) pada algoritma Backpropagation berdasarkan pada kesalahan yang dipropagasikan kembali dari lapisan output. Kesalahan di setiap neuron pada lapisan tersembunyi dihitung dengan mengalikan kesalahan di lapisan output dengan bobot yang menghubungkan neuron lapisan tersembunyi dan output ($\sum_{k=1}^n (\delta_k w_{jk})$) yang telah melewati fungsi aktivasi $y_k(1 - y_k)$.

c. Perubahan dan Pembaruan bobot

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (6)$$

$$new_w_{jk} = old_w_{jk} + \Delta w_{jk} \quad (7)$$

Rumus ini adalah rumus yang digunakan untuk melakukan perubahan dan pembaruan bobot w_{jk} yang menghubungkan neuron antara hidden layer dan lapisan output. Perubahan bobot Δw_{jk} dihasilkan dari perkalian antara learning rate α , kesalahan δ_k dan output yang terdapat pada hidden layer z_j . Dalam melakukan pembaruan bobot yang menghubungkan antara hidden layer dan lapisan input new_v_{ij} , dapat dilakukan perhitungan seperti berikut ini.

$$\delta_{in_k} = \sum_{k=1}^n \delta_k w_{jk} \quad (8)$$

$$\delta_k = z_{in_j} z_j (1 - z_j) \quad (9)$$

Rumus ini adalah rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan kesalahan δ_k yang terdapat pada lapisan tersembunyi. Kesalahan ini dihasilkan dari akumulasi kesalahan yang ada pada lapisan output, kemudian dipropagasikan kembali menuju lapisan tersembunyi.

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (10)$$

$$new_v_{ij} = old_v_{ij} + \Delta v_{ij} \quad (11)$$

Rumus ini adalah rumus yang digunakan untuk melakukan pembaruan bobot v_{ij} yang menghubungkan neuron antara lapisan input dan lapisan tersembunyi. Nilai perubahan bobot Δv_{ij} dihasilkan dari perkalian antara learning rate α , kesalahan δ_j , dan input x_i .

d. Iteratif atau Epoch

Proses tersebut diulang secara berulang (melalui banyak epoch) hingga kesalahan model mencapai tingkat yang dianggap memadai atau sampai jumlah iterasi yang telah ditentukan tercapai.

2.1.6 Evaluasi Model

Evaluasi model adalah tahapan yang digunakan untuk menilai sebuah kinerja model dan akurasi model yang telah dikembangkan, umumnya dalam konteks pembelajaran mesin atau statistik. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memastikan bahwa model dapat melakukan prediksi yang tepat saat diterapkan pada data baru, serta untuk mengidentifikasi potensi kelemahan dalam model tersebut. Evaluasi model data merupakan langkah krusial untuk memastikan bahwa model tidak hanya memiliki tingkat akurasi yang tinggi, tetapi juga dapat diandalkan dan diterapkan dalam suatu kasus tertentu. Dalam melakukan evaluasi model, peneliti menggunakan algoritma dari Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan rata-rata perbedaan yang absolut antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya, yang diwujudkan dengan persentase dari nilai sebenarnya. Penggunaan MAPE dalam evaluasi hasil prediksi untuk mengukur seberapa akurat angka peramalan dibandingkan dengan angka sebenarnya [20]. Berikut persamaan nilai perhitungan error dengan algoritma MAPE.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}}{\hat{y}} \right| \times 100\% \quad (12)$$

$$Akurasi = 100\% - MAPE \quad (13)$$

Rumus 12 adalah rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan kesalahan menggunakan evaluasi model bernama MAPE, dimana y_i adalah nilai prediksi pada periode t , $\hat{y}$ adalah nilai aktual terdapat pada periode t , dan nilai n adalah jumlah periode yang digunakan. MAPE menghitung rata-rata kesalahan prediksi dalam persentase, di mana semakin kecil nilainya, semakin baik performa prediksi. Akurasi diperoleh dengan mengurangi nilai MAPE dari 100%.

2.1.7 Implementasi Sistem

Tahapan terakhir dalam penelitian adalah implementasi sistem. Implementasi sistem adalah proses yang mengubah solusi atau desain yang telah dikembangkan sebelumnya menjadi aplikasi yang berfungsi secara nyata. Dalam tahap ini, dilakukan pengkodean dan pengembangan sistem dilakukan berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan pada tahap perancangan, serta pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang telah ditentukan. Selain itu, Implementasi juga melibatkan penggunaan berbagai teknologi, alat, dan prosedur yang dibutuhkan untuk memastikan sistem dapat berjalan dengan optimal. Tahap ini sangat penting dalam sebuah penelitian karena berfungsi untuk mengkonversi ide dan rancangan menjadi produk atau solusi praktis yang dapat digunakan oleh pengguna. Dengan implementasi yang berhasil, diharapkan sistem dapat memberikan manfaat yang nyata dan memenuhi ekspektasi yang telah dirumuskan. Sehingga, keberhasilan tahap implementasi menjadi kunci dalam memastikan bahwa hasil penelitian dapat diterapkan dengan baik di dunia nyata. Pada tahap implementasi sistem ini, penulis menggunakan implementasi sistem berbasis website. Website adalah sekumpulan informasi atau halaman yang dapat diakses melalui internet. Siapa saja, di mana pun dan kapan pun, dapat menggunakan website selama terhubung dengan jaringan internet. Secara teknis, website terdiri dari berbagai halaman yang terintegrasi dalam satu domain atau subdomain tertentu [21].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Sistem

Sistem yang saat ini masih beroperasi masih memiliki risiko terkait ketersediaan tiket penumpang kereta api. Risiko ini muncul karena tidak adanya proses prediksi jumlah penumpang di masa mendatang, sehingga menyebabkan calon penumpang merasa kecewa akibat tiket kereta api yang habis. Sistem yang berjalan saat ini berawal dari admin memberikan jumlah penumpang dimasa lalu kepada perusahaan kereta api, kemudian perusahaan memberikan kebijakan jumlah tiket penumpang kereta api tanpa melakukan analisis dan prediksi. Kemudian calon penumpang membeli tiket yang telah disediakan. Karena tidak dilakukan prediksi, maka terjadi

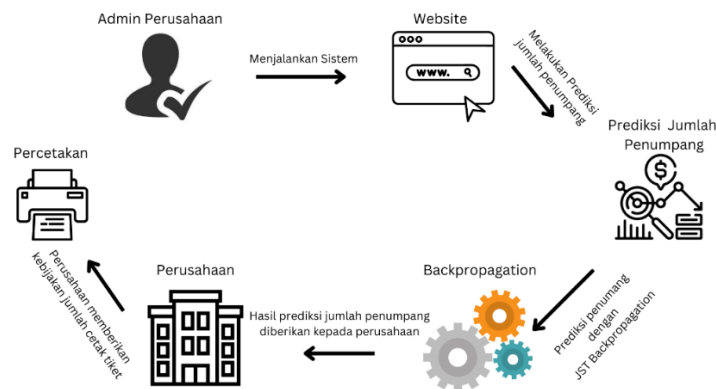
permintaan dan ketersediaan tiket yang tidak sesuai. Rangkaian sistem yang telah beroperasi saat ini sebagai berikut.



Gambar 2. Sistem yang masih yang beroperasi

Gambar 2 merupakan rangkaian sistem yang telah beroperasi saat ini. Rangkaian sistem dimulai dengan admin memberikan data jumlah penumpang dimasa lalu kepada perusahaan. Berdasarkan data tersebut, perusahaan memberikan kebijakan jumlah cetak tiket penumpang kereta api tanpa melakukan prediksi. Kemudian calon penumpang akan membeli tiket yang telah disediakan oleh perusahaan. Karena tidak adanya prediksi pada jumlah penumpang kereta api dimasa yang akan datang, maka terjadi ketidakseimbangan antara permintaan tiket dan ketersediaan tiket yang dicetak oleh perusahaan.

Untuk mengatasi masalah ketidakseimbangan yang terjadi, peneliti telah merancang sebuah sistem yang memungkinkan semua pemangku kepentingan perusahaan, seperti manajemen, operator, dan tim penjualan, untuk memprediksi jumlah penumpang di masa mendatang. Sistem ini tidak hanya memproyeksikan jumlah penumpang secara lebih akurat, tetapi juga memfasilitasi proses penyesuaian permintaan tiket berdasarkan prediksi tersebut. Dengan adanya prediksi yang lebih tepat, perusahaan dapat lebih efisien dalam mengelola jadwal perjalanan dan kapasitas kereta, sehingga dapat mengurangi risiko ketidaktersediaan tiket. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kepuasan pelanggan, mengurangi tingkat kekecewaan calon penumpang, dan meningkatkan efektivitas operasional perusahaan dalam jangka panjang. Alur sistem yang dirancang sebagai berikut.

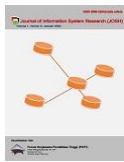


Gambar 3. Alur sistem yang dirancang penulis

Gambar 3 menggambarkan alur kerja sistem yang telah dirancang oleh penulis. Proses dimulai dengan admin yang mengoperasikan sistem berbasis web. Sistem ini bertugas untuk melakukan prediksi jumlah penumpang sesuai dengan data historis yang telah diberikan oleh admin perusahaan. Prediksi ini dilakukan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation, yang dikenal efektif dalam menangani data kompleks dan menghasilkan prediksi yang akurat. Setelah proses prediksi selesai, hasilnya disampaikan kepada perusahaan sebagai dasar untuk menetapkan kebijakan terkait jumlah tiket yang akan dicetak. Dengan demikian, perusahaan dapat menyesuaikan produksi tiket dengan lebih efisien. Selanjutnya, kebijakan tersebut diteruskan kepada tim percetakan tiket untuk pelaksanaan final. Sistem ini bertujuan untuk mengoptimalkan ketersediaan tiket dan meminimalkan risiko kekurangan tiket di masa mendatang.

3.2 Pemahaman dan Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa. Pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh informasi dari situs web resmi Badan Pusat Statistik (BPS), yang menyediakan data resmi terkait berbagai sektor, termasuk transportasi. Data yang diambil mencakup jumlah penumpang kereta



api dari berbagai periode waktu, yang kemudian digunakan untuk melakukan analisis dan prediksi. Berikut ini adalah contoh data yang digunakan dalam penelitian untuk memodelkan dan memprediksi jumlah penumpang di masa mendatang. Data ini menjadi dasar dalam penerapan metode prediksi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation untuk menghasilkan output yang akurat dan terpercaya.

Tabel 1. Sampel data yang digunakan

Bulan/ Tahun	2020	2021
Januari	33.472	11.631
Februari	31.679	11.223
Maret	22.949	13.995
April	5.813	14.590
Mei	5.476	14.627
Juni	9.272	14.313
Juli	12.205	5.646
Agustus	12.679	6.479
September	11.295	9.510
Oktober	11.768	13.139
November	13.523	15.161
Desember	13.262	17.207

Tabel 1 menunjukkan beberapa sampel data yang akan digunakan dalam proses analisis. Data yang diperoleh dari sumber resmi, seperti Badan Pusat Statistik, memastikan bahwa informasi yang digunakan dalam pemodelan bersifat akurat dan terpercaya. Data ini memberikan representasi yang komprehensif tentang jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa, sesuai dengan bulan dan tahun tertentu. Setiap baris dalam data tersebut mencatat jumlah penumpang berdasarkan periode waktu tertentu, yang akan menjadi dasar untuk melakukan prediksi dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation. Dengan menggunakan data yang valid, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan prediksi yang tepat, membantu perusahaan dalam pengelolaan tiket dan perencanaan kapasitas kereta api yang lebih efektif.

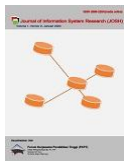
3.3 Prapemrosesan Data

Tahap preprocessing merupakan tahapan yang penting dalam mempersiapkan data sebelum dilakukan analisis atau pemodelan. Proses ini mencakup berbagai aktivitas, seperti pembersihan data, yang bertujuan untuk menghilangkan atau mengubah data yang kosong atau rusak. Selain itu, normalisasi dilakukan untuk menyelaraskan skala data sehingga setiap variabel memiliki rentang nilai yang serupa. Transformasi juga dilakukan untuk menggantikan format aturan data yang sesuai dengan kebutuhan analisis. Ekstraksi fitur bertujuan untuk mengidentifikasi dan memilih variabel-variabel penting dari data yang akan digunakan dalam analisis. Tujuan utama dari tahap prapemrosesan adalah memastikan bahwa data berada dalam keadaan yang optimal, sehingga proses model algoritma analisis atau machine learning dapat berjalan dengan lebih efisien dan tepat. Dalam penelitian ini, dilakukan satu proses normalisasi, yaitu normalisasi min-max, di mana data diubah ke dalam rentang nilai antara 0 hingga 1. Normalisasi ini dilakukan untuk menghindari perbedaan skala antar variabel yang dapat memengaruhi kinerja model yang akan diterapkan. Contoh normalisasi yang dilakukan sebagai berikut.

Tabel 2. Contoh data setelah dinormalisasi

Bulan/ Tahun	2020	Normalisasi 2020	2021	Normalisasi 2021
Januari	33.472	1	11.631	0,518
Februari	31.679	0,936	11.223	0,482
Maret	22.949	0,624	13.995	0,722
April	5.813	0,012	14.590	0,774
Mei	5.476	0	14.627	0,777
Juni	9.272	0,136	14.313	0,750
Juli	12.205	0,240	5.646	0
Agustus	12.679	0,257	6.479	0,072
September	11.295	0,208	9.510	0,334
Oktober	11.768	0,225	13.139	0,648
November	13.523	0,287	15.161	0,823
Desember	13.262	0,278	17.207	1

Tabel 2 adalah beberapa contoh hasil normalisasi data dengan menggunakan metode normalisasi min-max. Tabel tersebut menjelaskan perbedaan nilai antara jumlah penumpang asli dengan jumlah penumpang yang telah dilakukan normalisasi.



3.4 Pembagian Data atau Distribusi Data

Pada tahap ini, data didistribusikan menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Peneliti menggunakan dua strategi pembagian data dalam eksperimen ini. Strategi pertama adalah data didistribusi dengan proporsi 70% untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian, sedangkan strategi kedua menggunakan proporsi 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian. Tujuan utama dari distribusi data ini adalah melatih model agar dapat mengenali pola dari data pelatihan, sekaligus menguji kemampuan model dalam memprediksi data baru yang belum pernah dianalisis. Dengan menerapkan kedua rasio distribusi data yang berbeda, peneliti dapat membandingkan kinerja model dalam berbagai kondisi untuk mengevaluasi kemampuan model dalam melakukan generalisasi. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa model tidak hanya berkinerja baik pada data pelatihan, tetapi juga memiliki akurasi yang dapat diandalkan ketika diterapkan pada data dunia nyata. Pembagian data yang bervariasi ini memberikan pemahaman lebih dalam mengenai stabilitas dan ketangguhan model yang akan digunakan pada tahap berikutnya.

3.5 Pemodelan

Tahap berikutnya adalah proses pemodelan. Algoritma yang digunakan adalah Neural Network Backpropagation, yang berperan dalam melatih jaringan saraf buatan untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api. Algoritma ini memungkinkan model untuk belajar dari data historis dan mengoptimalkan prediksi secara bertahap. Model dikembangkan dengan menggunakan library TensorFlow, sebuah framework komputasi yang sangat populer dalam pengembangan model pembelajaran mesin menggunakan bahasa pemrograman Python. TensorFlow menawarkan berbagai alat dan fungsi yang memudahkan pengguna dalam membangun, melatih, dan menguji model jaringan saraf buatan secara efisien. Framework ini mendukung berbagai tingkat abstraksi, dari pembuatan model yang sederhana hingga jaringan yang lebih kompleks, sehingga sesuai dengan kebutuhan pengguna yang bervariasi, baik pemula maupun ahli. Selain itu, TensorFlow memiliki kemampuan untuk menjalankan komputasi pada beragam platform perangkat keras, seperti CPU, GPU, dan TPU, yang memungkinkan proses pelatihan model dilakukan lebih cepat dan efisien [22]. Kemampuan untuk menjalankan grafik komputasi pada berbagai platform ini menjadikan TensorFlow alat yang sangat fleksibel dan efisien dalam menangani proyek machine learning. Oleh karena itu, TensorFlow telah menjadi pilihan utama bagi penulis di bidang pembelajaran mesin karena kemampuannya dalam mengelola proses pelatihan model secara optimal dan skalabilitasnya yang tinggi dalam berbagai aplikasi.

Alasan penulis memilih menggunakan bahasa pemrograman Python adalah karena Python telah menjadi salah satu bahasa yang populer dalam beberapa tahun terakhir. Popularitasnya tidak hanya karena fleksibilitasnya sebagai bahasa pemrograman, tetapi juga karena kemampuannya yang multifungsi. Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti Machine Learning dan Deep Learning, menjadikannya pilihan ideal dalam pengembangan model kecerdasan buatan. Python dipilih dalam penelitian ini karena memiliki sintaks yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga mempercepat proses pengembangan kode. Python juga didukung oleh komunitas yang besar dan aktif, yang menyediakan berbagai tutorial, dokumentasi, dan pembaruan terus-menerus. Sebagai bahasa open-source, Python memungkinkan peneliti untuk mengakses dan memanfaatkan berbagai sumber daya tanpa biaya, membuatnya sangat ideal untuk penelitian dan pengembangan model yang membutuhkan fleksibilitas serta dukungan ekosistem yang luas [23].

3.7 Evaluasi

Setelah model selesai dilatih, langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi untuk menilai seberapa baik model tersebut dalam memprediksi jumlah penumpang kereta api. Dalam penelitian ini, metode evaluasi yang digunakan adalah Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE mengukur tingkat kesalahan prediksi dengan mengekspresikannya dalam bentuk persentase dari nilai sebenarnya, sehingga memudahkan pemahaman mengenai seberapa jauh prediksi yang dihasilkan oleh model menyimpang dari data yang sebenarnya. Selain menghitung MAPE, akurasi model juga diperoleh dengan mengurangi nilai MAPE dari 100%. Semakin kecil nilai MAPE, semakin tinggi tingkat akurasi model, yang berarti model dapat memberikan prediksi yang lebih tepat. Evaluasi ini sangat penting karena memberikan gambaran konkret mengenai kinerja model, memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan model tersebut. Jika terdapat kekurangan, evaluasi ini bisa menjadi dasar untuk perbaikan lebih lanjut pada model, baik melalui penyesuaian parameter atau metode pelatihan, sehingga model dapat bekerja lebih optimal ketika diterapkan pada data baru di masa mendatang.

Tabel 3. Hasil ujicoba model

Rasio Data		Epoch	Batch Size	Learning Rate	Jumlah Neuron	Fungsi Aktivasi	Fungsi Optimasi	Hasil	
Data Train	Data Test							MAPE	Akurasi
70%	30%	400	25	0,001	100	ReLU	adam	21%	79%
70%	30%	400	50	0,01	100	Sigmoid	adam	25%	75%
70%	30%	100	25	0,001	100	ReLU	RMSprop	28%	72%
80%	20%	400	25	0,001	100	ReLU	adam	20%	80%
80%	20%	400	50	0,01	100	Sigmoid	adam	23%	77%

Rasio Data		Epoch	Batch Size	Learning Rate	Jumlah Neuron	Fungsi Aktivasi	Fungsi Optimasi	Hasil	
Data Train	Data Test							MAPE	Akurasi
80%	20%	100	25	0,001	100	ReLU	RMSprop	30%	70%

Tabel 3 menunjukkan hasil eksperimen yang telah diterapkan oleh penulis. Pada tabel ini, diuraikan berbagai percobaan yang dilakukan untuk menentukan akurasi terbaik. Pertama, penulis menerapkan dua rasio pembagian data, yaitu 70% untuk data pelatihan dan 30% untuk data pengujian, serta 80% untuk data pelatihan dan 20% untuk data pengujian. Kedua, penulis mencoba berbagai jumlah epoch dalam setiap percobaan. Ketiga, terdapat dua pilihan ukuran batch yang digunakan, yaitu 25 dan 50. Keempat, penulis menguji dua nilai learning rate, yakni 0,001 dan 0,01. Selain itu, jumlah neuron yang digunakan adalah 100, dengan fungsi aktivasi yang dipilih adalah ReLU atau Sigmoid, dan fungsi optimasi yang diterapkan adalah Adam atau RMSprop. Dari semua percobaan tersebut, diperoleh akurasi tertinggi sebesar 80%. Dari model tersebut dapat digunakan untuk melakukan proses prediksi jumlah penumpang kereta api dimasa yang akan datang. Berikut adalah hasil prediksi jumlah penumpang dimasa yang akan datang.

Tabel 4. Hasil prediksi jumlah penumpang tahun 2022

Bulan	Jumlah Penumpang 2022
Januari	181588
February	181509
Maret	181307
April	181304
Mei	172651
Juni	168548
July	171892
Agustus	171796
September	172161
Oktober	169873
November	172062
Desember	169479

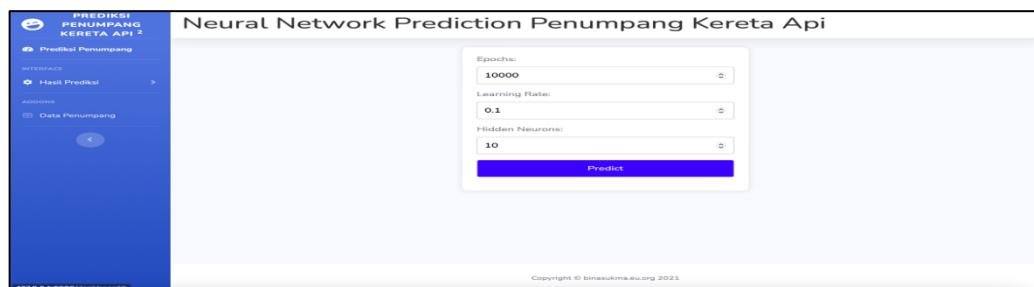
Tabel 4 menyajikan perbandingan antara data asli dan data prediksi jumlah penumpang kereta api yang dihasilkan dengan menggunakan rasio pembagian data 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian, serta menerapkan arsitektur terbaik yang diperoleh dari pengujian sebelumnya. Dari tabel ini, dapat diambil kesimpulan bahwasannya algoritma Neural Network Backpropagation menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam melakukan prediksi data.

3.8 Implementasi Sistem

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah mengimplementasikan sistem prediksi berbasis web. Implementasi ini menggunakan framework Flask. Flask merupakan microframework untuk pengembangan web yang ditulis dalam bahasa pemrograman Python. Sebagai microframework, Flask menawarkan fondasi yang solid untuk membuat aplikasi web, namun tidak dilengkapi dengan banyak fitur bawaan, sehingga memberikan kebebasan lebih kepada pengembang untuk menyesuaikan aplikasi sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Keunggulan Flask terletak pada kemudahan penggunaannya, dokumentasi yang jelas dan terperinci, serta dukungan dari komunitas yang aktif. Flask ideal diterapkan pada berbagai macam proyek, mulai dari aplikasi sederhana hingga yang lebih kompleks.

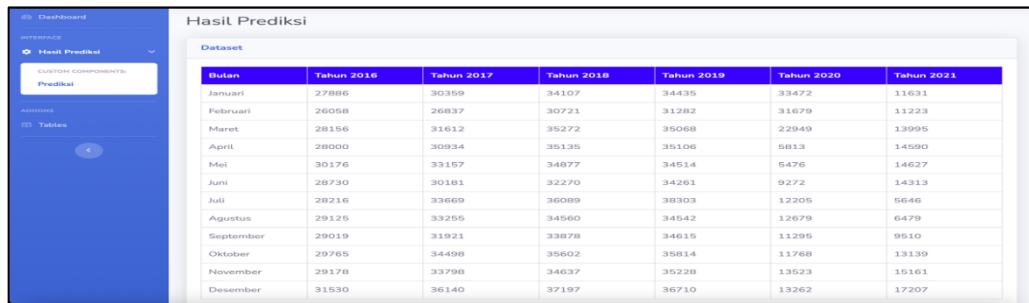
3.8.1 Website Prediksi Jumlah Penumpang

Website ini merupakan sebuah hasil dari implementasi yang dibangun. Tampilan awal website yang telah dibangun sebagai berikut.



Gambar 4. Tampilan awal website

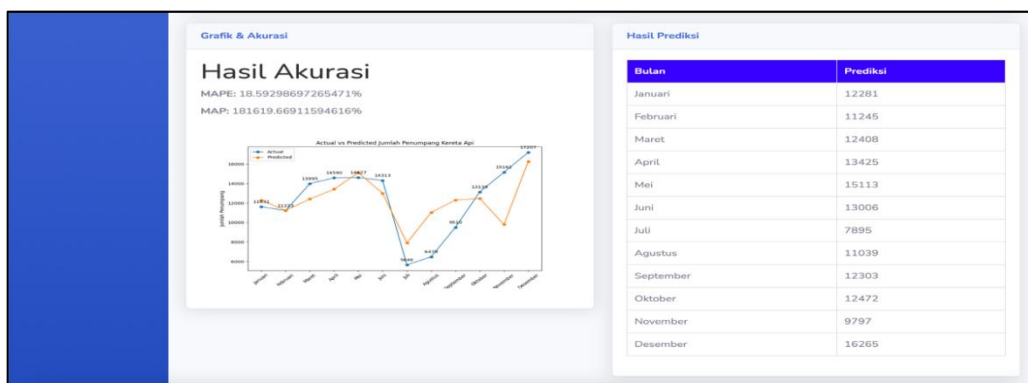
Gambar 4 merupakan tampilan awal website yang telah dibangun. Dalam halaman awal ini pengguna website dapat melakukan pengaturan model prediksi yang akan digunakan. Pengguna dapat mengatur jumlah epoch, learning rate, serta jumlah hidden layer sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Didalam halaman ini juga terdapat beberapa menu, pertama menu prediksi penumpang yang digunakan untuk melakukan prediksi, kedua menu hasil prediksi yang berisi penjelasan hasil prediksi jumlah penumpang. Ketiga menu data jumlah penumpang dimasa lampau. Kemudian, pada halaman ini terdapat button predict yang berguna untuk melakukan prediksi. Setelah berhasil melakukan prediksi, pengguna akan dibawa pada halaman hasil prediksi. Tampilan halaman hasil prediksi sebagai berikut.



Bulan	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Januari	27886	30399	34107	34439	33472	11631
Februari	26058	26837	30721	31282	31679	11223
Maret	28156	31612	35272	35068	22949	13995
April	28000	30934	35135	35106	5813	14580
Mei	30176	33157	34877	34514	5476	14627
Juni	28730	30181	32270	34261	9272	14313
Juli	28216	33669	36089	38303	12205	5646
Agustus	29125	33255	34560	34542	12679	6479
September	29019	31921	33878	34615	11295	9510
Oktober	29765	34498	35602	35814	11768	13139
November	29178	33798	34637	35228	13523	15161
Desember	31530	36140	37197	36710	13262	17207

Gambar 5. Tampilan halaman hasil prediksi

Gambar 5 merupakan tampilan halaman hasil prediksi. Yang pertama pengguna akan ditunjukkan data yang telah digunakan dalam melakukan prediksi. Data jumlah penumpang yang digunakan digambarkan menggunakan sebuah tabel. Setelah ditunjukkan data yang digunakan dalam melakukan prediksi, pengguna akan diarahkan untuk menuju halaman hasil akurasi prediksi. Tampilan halaman hasil akurasi prediksi jumlah penumpang sebagai berikut.

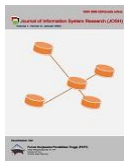


Gambar 6. Tampilan hasil akurasi prediksi

Gambar 6 merupakan tampilan halaman hasil akurasi prediksi jumlah penumpang kereta api. Dalam halaman ini terdapat beberapa informasi yang diberikan. Pertama berupa tabel yang berisi prediksi jumlah penumpang kereta api dimasa yang akan datang. Kedua hasil akurasi model prediksi yang dilakukan yang ditunjukkan dengan nilai akurasi error dengan MAPE. Ketiga ditunjukkan grafik yang berisi perbandingan data uji dengan hasil prediksi yang dilakukan.

4. KESIMPULAN

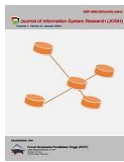
Penelitian ini membuktikan bahwasannya sistem prediksi jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa menggunakan metode Neural Network Backpropagation dapat memberikan hasil yang memadai dan bermanfaat. Melalui serangkaian tahapan yang meliputi analisis sistem, pemahaman dan pengumpulan data, prapemrosesan, pemisahan data, pemodelan, dan evaluasi, penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah model yang dapat memprediksi permintaan tiket secara akurat dan efisien. Penggunaan rasio pembagian data yang berbeda, yaitu 70% untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian serta 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian, bersama dengan pengaturan parameter model seperti learning rate dan jumlah neuron, telah memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja algoritma. Hasil evaluasi menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 80,33%, yang mengindikasikan bahwa model ini efektif dalam memprediksi jumlah penumpang, serta mampu menangkap pola dari data yang ada dengan baik. Implementasi sistem berbasis web menggunakan Flask juga memberikan nilai tambah, karena meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan bagi para pemangku kepentingan, termasuk manajer tiket dan pihak terkait lainnya. Dengan adanya sistem ini, perusahaan dapat merencanakan jumlah tiket yang dicetak dengan lebih tepat, mengurangi risiko ketidaktersediaan tiket yang seringkali



mengakibatkan kekecewaan pada penumpang, dan pada akhirnya meningkatkan kepuasan pelanggan. Selain itu, penelitian ini juga berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem transportasi yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat. Dengan sistem prediksi yang lebih akurat, perusahaan kereta api diharapkan dapat meningkatkan manajemen operasional mereka dan membuat keputusan yang lebih baik dalam perencanaan kapasitas. Di masa depan, penelitian ini dapat diperluas dengan mempertimbangkan variabel tambahan seperti faktor musiman atau perubahan dalam kebijakan transportasi untuk lebih meningkatkan akurasi dan keandalan model. Secara keseluruhan, hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan pengetahuan baru bagi perusahaan kereta api tetapi juga menjadi acuan bagi penelitian lebih lanjut di bidang sistem prediksi dan pengembangan transportasi di Indonesia.

REFERENCES

- [1] R. D. Astuti, “Analisis Ergonomi Kursi Kereta Api: Systematic Literature Review,” *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 12, no. 1, pp. 95–104, Apr. 2023, doi: 10.26593/jrsi.v12i1.6536.95-104.
- [2] V. Aulidina, T. J. Hardinata, and M. Fauzan, “Penerapan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Jumlah Pengguna Kereta Api Di Pulau Sumatera,” *KESATRIA: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer & Manajemen)*, vol. 2, no. 1, pp. 54–61, Jan. 2021, [Online]. Available: <https://bps.go.id/>
- [3] A. Royal, “PENERAPAN METODE MONTE CARLO DALAM MEMPREDIKSI JUMLAH PENUMPANG KERETA API (STUDI KASUS : PT.KAI WILAYAH SUMATRA),” *Journal of Science and Social Research*, no. 1, pp. 151–158, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [4] E. Saherti, J. Suprijadi, and G. Darmawan, “SEMINAR NASIONAL STATISTIKA AKTUARIA I (2022) PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API PADA DIVISI REGIONAL I MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DENGAN BACK PROPAGATION,” *SEMINAR NASIONAL STATISTIKA AKTUARIA I*, 2022, [Online]. Available: <http://prosiding.statistics.unpad.ac.id>
- [5] I. Harahap, E. Budianita, Okfalisa, and I. Afrianty, “Penerapan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Prediksi Jumlah Jamaah Pendaftar Haji Provinsi Riau,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*, Nov. 2021.
- [6] D. Syahfitri, A. Perdana Windarto, and M. Fauzan, “Peningkatan Nilai Akurasi Prediksi Algoritma Backpropagation (Kasus: Jumlah Pengunjung Tamu pada Hotel berbintang di Sumatera Utara),” *Journal of Information Sistem Research*, vol. 2, no. 1, Oct. 2020.
- [7] H. SETYOWATI, “PREDIKSI JUMLAH PENUMPANG PELAYARAN KETAPANG-LEMBAR MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION,” *Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang*, Malang, 2023.
- [8] D. Pitriyani and Y. Permanasari, “Prediksi Jumlah Penumpang Pesawat dengan Backpropagation Neural Network,” *Jurnal Riset Matematika*, pp. 129–136, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i2.1327.
- [9] F. Fauzi, S. Wulandari, and D. Avianto, “Penerapan Metode Neural Network Berbasis Web Dalam Prediksi Harga Telur Ayam,” *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 6, pp. 2686–2697, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i6.1865.
- [10] S. Wahyuni, “Jaringan Syaraf Tiruan Memprediksi Kendaraan Masuk Pada Pengujian Kir Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus : Dinas Perhubungan Kota Binjai),” *Seminar Nasional Informatika (SENATIKA) Prosiding SENATIKA*, 2021.
- [11] Z. Fernando and E. Mailoa, “Implementasi Time Series Dalam Prediksi Jumlah Keberangkatan Penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak,” *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 2024, [Online]. Available: www.bps.go.id
- [12] H. Kurniawan, W. Apriliah, I. Kurniawan, and D. Firmansyah, “Penerapan Metode Waterfall Dalam Perancangan Sistem Informasi Penggajian Pada SMK Bina Karya Karawang,” *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 14, no. 4, pp. 13–23, Jan. 2020, doi: 10.35969/interkom.v14i4.58.
- [13] H. Said, N. Matondang, and H. Nurramdhani Irmanda, “Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor Untuk Memprediksi Kualitas Air Yang Dapat Dikonsumsi Application of K-Nearest Neighbor Algorithm to Predict Consumable Water Quality,” *Techno.COM*, vol. 21, no. 2, pp. 256–267, May 2022, [Online]. Available: <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/technoc/article/view/5901>
- [14] S. Jesika et al., “Implementasi Model Machine Learning dalam Mengklasifikasi Kualitas Air,” *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, vol. 1, no. 6, pp. 382–396, Dec. 2023, doi: 10.54066/jikma.v1i6.1162.
- [15] R. G. Whendasmoro and J. Joseph, “Analisis Penerapan Normalisasi Data Dengan Menggunakan Z-Score Pada Kinerja Algoritma K-NN,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 4, p. 872, Aug. 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i4.4526.
- [16] M. R. Kusnaldi, T. Gulo, and S. Aripin, “Penerapan Normalisasi Data Dalam Mengelompokkan Data Mahasiswa Dengan Menggunakan Metode K-Means Untuk Menentukan Prioritas Bantuan Uang Kuliah Tunggal,” *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 3, no. 4, pp. 330–338, Sep. 2022, doi: 10.47065/josyc.v3i4.2112.
- [17] F. Adams, R. Agsar, D. Anggoro, M. B. Satria, A. W. Oktavia, and N. Chamidah, “Perbandingan Normalisasi Data untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma Naïve Bayes, Decision Tree, dan Support Vector Machine,” *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA) Jakarta-Indonesia*, 2021.
- [18] R. Hartono and A. Zein, “PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DALAM PENJADWALAN MATA KULIAH Studi Kasus : Prodi Sistem Informasi Universitas Pamulang,” *Jurnal Ilmu Komputer JIK*, vol. VI, no. 03, 2023.
- [19] Z. Hasanati, D. Meidelfi, T. Rekayasa, P. Lunak, T. Informasi, and P. N. Padang, “Kajian Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation Untuk Deteksi Bau,” *JOURNAL OF APPLIED COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY (JACOST)*, vol. 1, no. 2, pp. 2723–1453, 2020, [Online]. Available: <http://journal.isas.or.id/index.php/JACOST>



- [20] I. Nabillah and I. Ranggadara, “Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut,” JOINS (Journal of Information System), vol. 5, no. 2, pp. 250–255, Nov. 2020, doi: 10.33633/joins.v5i2.3900.
- [21] A. Winata and Adelia, “Pembuatan Website Jasa Salon Mobil One Autocare di Karawang,” Jurnal Strategi, vol. 5, no. 1, pp. 2443–2229, 2023, [Online]. Available: www.merdeka.com,
- [22] N. Hikmatia and M. I. Zul, “Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia menjadi Suara berbasis Android menggunakan Tensorflow,” Jurnal Komputer Terapan, vol. 7, no. 1, May 2021, doi: 10.35143/jkt.v7i1.4629.
- [23] M. Riziq sirfatullah Alfarizi, M. Zidan Al-farish, M. Taufiqurrahman, G. Ardiansah, and M. Elgar, “PENGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA PEMROGRAMAN UNTUK MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING,” Karimah Tauhid, vol. 2, no. 1, 2023.