

## Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Jabodetabek Menggunakan *Feed Forward Neural Network* dengan Algoritma *Backpropagation*

Rhanie Cynthia Ekaputri\*, Marizsa Herlina

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*rhaniecynthia56@gmail.com, Marizsa.herlina@unisba.ac.id

**Abstract.** Train is one of the land transportation who has quite a lot of interest for public because train's tickets has a relatively cheap price. From year to year, train passengers has increases and may also decrease. The number of passengers is arranged in order time and that number of passengers who arranged in order time named time series. One method for analyzing time series is a feed-forward neural network. This method does not require assumptions in carrying out the analysis and the backpropagation algorithm is a simple algorithm that is most often used with weight adjustments so the models of feed-forward neural network have a small error. Therefore, the time series data on the number of train passengers in the Jabodetabek area in January 2006-October 2023 sourced from BPS has low complexity and is therefore applied for forecasting for the next 6 months using a feed-forward neural network with the backpropagation algorithm. Based on the results, the best neural network model was produced with a learning rate of 0.1 and the optimal model is model 5-10-1. Model 5-10-1 had an MSE value at the training stage is 0.00178 and a MAPE value at the training stage is 19%, which means the model is good for performing forecasting using training data. The optimal model was continued at the testing stage and have a MAPE value 36%, which means the model has a moderate ability to forecast when using testing data. The results of forecasting using the optimal model, each month in the next 6 months will have an increase and 2 times decrease but the decrease is not drastic.

**Keywords:** *Backpropagation, Feed Forward Neural Network, Train, Forecasting.*

**Abstrak.** Salah satu sarana transportasi darat yaitu kereta api memiliki peminat yang cukup banyak di kalangan masyarakat dikarenakan kereta api merupakan transportasi darat yang memiliki harga relatif murah. Tahun ke tahun penumpang kereta api mengalami kenaikan dan bisa juga mengalami penurunan, jumlah penumpang tersebut disusun sesuai urutan kejadiannya dan menjadikan jumlah penumpang tersebut termasuk kedalam data *time series*. Metode dalam menganalisis time series salah satunya adalah *feed forward neural network*. Metode ini tidak membutuhkan asumsi dalam melakukan analisisnya serta algoritma *backpropagation* merupakan algoritma sederhana yang paling sering digunakan dengan penyesuaian bobot sehingga mampu menghasilkan tingkat error yang kecil. Maka dari itu, data time series jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek pada Januari 2006-Oktober 2023 yang bersumber dari BPS memiliki kompleksitas yang kecil maka diterapkan untuk peramalan 6 bulan kedepan menggunakan *feed forward neural network* dengan algoritma *backpropagation*. Berdasarkan hasil yang diperoleh, model terbaik *neural network* dihasilkan dengan *learning rate* sebesar 0,1 yaitu diperoleh model 5-10-1 yang memiliki nilai MSE tahap *training* sebesar 0,00178 serta nilai MAPE pada tahap *training* sebesar 19% yang mengartikan model baik untuk melakukan peramalan menggunakan data *training*. Model optimal yang diperoleh dilanjutkan pada tahap *testing* dan menghasilkan nilai MAPE sebesar 36% yang mengartikan model memiliki kemampuan yang sedang untuk melakukan peramalan jika menggunakan data *testing*. Hasil peramalan menggunakan model optimal, tiap bulan dalam 6 bulan kedepan memiliki kenaikan dan mengalami penurunan sebanyak 2 kali namun penurunan tidak drasits.

**Kata Kunci:** *Backpropagation, Feed Forward Neural Network, Kereta Api, Peramalan.*

## A. Pendahuluan

Kereta api merupakan salah satu transportasi jalur darat yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia termasuk masyarakat dalam wilayah Jabodetabek karena harga perjalanan untuk kereta api relatif murah serta akses untuk memesannya pun cukup mudah.

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS), jumlah penumpang kereta api Jabodetabek pada tahun 2006-2011 memiliki penumpang yang stabil dan terus meningkat hingga tahun 2019. Namun, pada tahun 2020 jumlah penumpang turun drastis karena adanya pandemi COVID-19 yang membatasi kegiatan masyarakat. Pada bulan September 2021 jumlah penumpang mulai meningkat hingga Oktober 2023.

Dari runtutan kejadian tersebut, data penumpang kereta api termasuk kedalam data time series. Data time series dapat dianalisis menggunakan beberapa metode serta dapat diterapkan untuk peramalan di masa yang akan datang. Peramalan atau prediksi telah tercantum pada firman Allah dalam QS. Ash-Shaffaat ayat 147 yang berbunyi:

وَأَرْسَلْنَاهُ إِلَى مِائَةِ أَلْفٍ أَوْ يَزِيدُونَ

Artinya:

Dan Kami utus dia kepada seratus ribu orang atau lebih.

Metode yang dapat digunakan dalam data time series serta diterapkan untuk peramalan salah satunya adalah neural network. Neural network atau jaringan syaraf tiruan merupakan sistem yang memiliki proses informasi mirip dengan jaringan syaraf biologi[1]. Terdapat salah satu jenis neural network yang memiliki cara kerja memproses informasi secara maju dan berurutan dari lapisan input ke lapisan output adalah feed-forward neural network. Feed-forward neural network pada umumnya memiliki 3 lapisan yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan output[1].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Idris (2016) model feed-forward neural network memiliki nilai MSE yang lebih kecil yang mengartikan bahwa model tersebut lebih baik dari metode konvensional ARIMA. Feed-forward neural network tidak terikat asumsi-asumsi seperti pada metode konvensional ARIMA dan yang lainnya serta algoritma sederhana yang biasa digunakan dalam feed-forward neural network yaitu algoritma backpropagation. Algoritma backpropagation merupakan algoritma yang paling sederhana dalam neural network serta mampu menghasilkan tingkat error yang kecil dalam perbedaan hasil yang diperoleh dengan target yang ditentukan[2].

Oleh karena itu, karena data time series jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek Januari 2006-Oktober memiliki kompleksitas yang kecil diterapkan menggunakan feed-forward neural network dengan algoritma backpropagation serta dilakukan peramalan[3].

Sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui hasil peramalan jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek yang dihasilkan oleh model feed-forward neural network dengan algoritma backpropagation dalam waktu 6 bulan kedepan.

## B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data bersifat sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Data yang digunakan merupakan jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek Januari 2006-Oktober 2023 dengan jumlah data observasi sebanyak 214 data observasi. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel 2016 for Windows* dan *R-studio 4.3.2 for Windows*.

### Langkah Analisis Data

Setelah data jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek dari tahun 2006-2023 dikumpulkan dalam rentang bulanan maka dilakukan analisis menggunakan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Menentukan data *input* yang digunakan untuk menentukan banyaknya *neuron* pada lapisan *input* melalui *lag plot* ACF dan *plot* PACF.
2. Melakukan normalisasi data dengan rentang [0, 1] yang dirumuskan dalam persamaan:

$$x' = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} (new\_x_{max} - new\_x_{min}) + new\_x_{min}$$

3. Membagi data kedalam 75% data *training* dan 25% data *testing*.
4. Membentuk model *feed-forward neural network* menggunakan data *training* dengan 1 lapisan *input*, jumlah *neuron* lapisan tersembunyi dilakukan *tuning parameter model* dengan 2-10 *neuron* tersembunyi serta *tuning parameter training* dengan 3 *learning rate* (0,1; 0,01; 0,001) serta maksimum *epoch* sebesar  $10^5$ . Penentuan model yang optimal dilihat dari nilai MSE terkecil.

$$MSE = \frac{\sum (y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}$$

5. Model optimal yang diperoleh pada tahapan *training* diuji menggunakan data *testing* untuk melihat keakuratan model dalam melakukan peramalan. Keakuratan model akan dilihat menggunakan nilai MAPE.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{Y}_i}{y_i} \right| \times 100\%$$

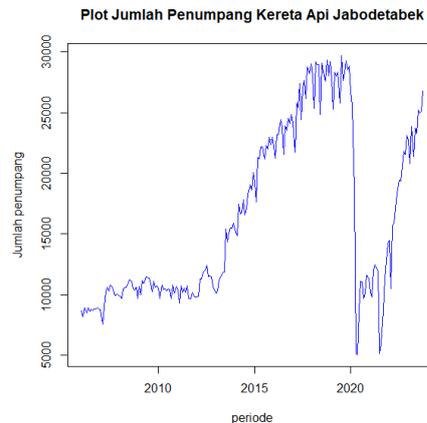
6. Melakukan peramalan 6 bulan kedepan menggunakan model optimal kemudian nilai peramalan yang diperoleh dinormalisasi agar data menjadi seperti awal[2].

$$x = (\hat{y}(x_{max} - x_{min})) + x_{min}$$

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Statistik Deskriptif

Berikut merupakan hasil grafik dari jumlah penumpang kereta api wilayah Jabodetabek Januari 2006-Oktober 2023 dengan total data observasi sebanyak 214 data observasi

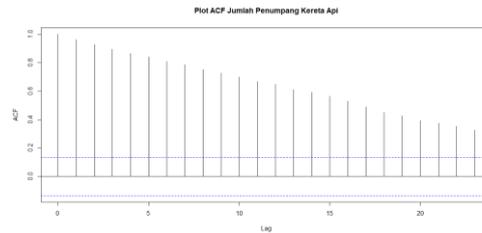


**Gambar 1.** Grafik Jumlah Penumpang Kereta Api Jabodetabek

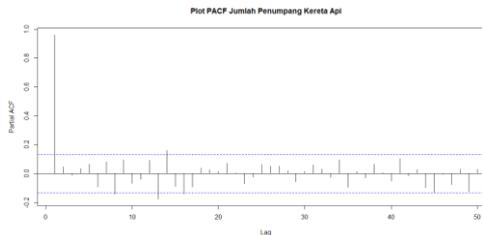
Jumlah penumpang kereta api paling sedikit yaitu sebanyak 5.077 penumpang yang terjadi pada bulan Mei 2020 sedangkan jumlah penumpang terbanyak mencapai 29.714 penumpang yang terjadi pada bulan Juli 2019. Terdapat pula rata-rata jumlah penumpang dari Januari 2006-Oktober 2023 yaitu sebanyak 16.303 penumpang.

#### Penentuan Data Input Jaringan *Neural Network*

Dalam menentukan data input pada jaringan *neural network* terutama pada *feed-forward neural network* dapat menggunakan bantuan plot ACF dan PACF. Karena, pada model *feed-forward neural network* untuk data *time series* menggunakan data input yaitu data masa lalu ( $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$ ) dan targetnya merupakan data masa kini ( $X_t$ )[3].



**Gambar 2.** Plot ACF



**Gambar 3.** Plot PACF

Terlihat pada Gambar 2, bahwa nilai ACF terus menerus menurun secara eksponensial sehingga tidak dapat dimodelkan. Maka, data *input* ditentukan melalui plot PACF terdapat 5 buah *lag* yang melebihi batas signifikan pada Gambar 3 yaitu  $X_{t-1}, X_{t-8}, X_{t-13}, X_{t-14}, X_{t-16}$ . 5 buah *lag* tersebut digunakan untuk data *input* untuk pemodelan jaringan serta  $X_t$  sebagai  $Y_{target}$ . Sehingga, masing-masing data *input* serta  $Y_{target}$  memiliki data observasi sebanyak 198 data.

Terdapat rentang waktu masing-masing data *input* serta  $Y_{target}$  yang digunakan untuk memodelkan *feed forward neural network* disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Rentang Waktu untuk Data yang Digunakan dalam Memodelkan Jaringan

Variabel	Waktu
$Y_{target}$	Mei 2007-Oktober 2023
$X_{t-1}$	April 2007-September 2023
$X_{t-8}$	September 2006-Februari 2023
$X_{t-13}$	April 2004-September 2022
$X_{t-14}$	Maret 2006-Agustus 2022
$X_{t-16}$	Januari 2006-Juni 2022

**Normalisasi Data**

Normalisasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengubah nilai dalam [0,1] serta diperlukan untuk menghitung nilai kesalahan pada jaringan agar nilai tersebut tidak menghasilkan nilai yang besar atau pun nilai *minus*. Tabel 2 merupakan data yang telah dinormalisasi.

**Tabel 2.** Data Hasil Normalisasi

$Y_{target}$	$X_{t-1}$	$X_{t-8}$	$X_{t-13}$	$X_{t-14}$	$X_{t-16}$
0.2245	0.2082	0.1523	0.1374	0.1560	0.1463
0.2124	0.2245	0.1498	0.1551	0.1374	0.1245
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0.8120	0.8078	0.7160	0.5809	0.5841	0.4870
0.8814	0.8120	0.6386	0.6295	0.5809	0.5378

### Pembagian Data

Setelah data dilakukan normalisasi, maka data dibagi kedalam 75% data *training* dan 25% data *testing*. Dari total 198 data yang digunakan, terdapat 148 data *training* dan 50 data *testing*.

### Tahapan *Training Feed-forward Neural Network*

Pada tahapan *training* dengan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk mendapatkan sebuah model yang optimal dilakukan dengan 3 tahap yaitu *feed-forward*, *backpropagation* dan perubahan bobot[4]. Dalam tahapan *training* dengan menggunakan 5 *neuron input* lalu *neuron* optimal pada lapisan tersembunyi dilakukan *tuning parameter model* dengan 2-10 *neuron* dan dipilih melalui nilai MSE terkecil. *Neuron* yang digunakan dalam lapisan *output* sebanyak 1 *neuron*.

Dengan *tuning parameter training* 3 *learning rate* yaitu 0,1; 0,01; 0,001 dengan fungsi aktivasi sigmoid biner serta maksimum iterasi (*stepmax/maximum epoch*) sebesar  $10^5$ , maka diperoleh hasil tahapan *training* sebagai berikut.

**Tabel 3.** Hasil Tuning Parameter Model Tahapan Training

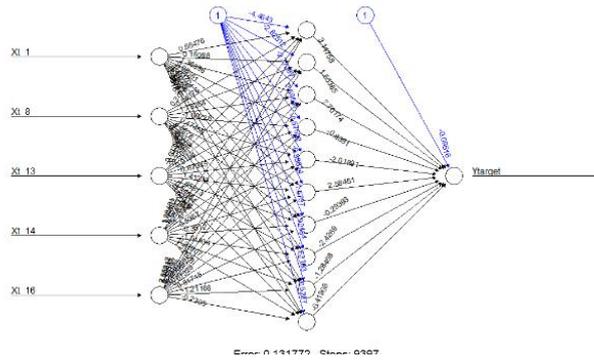
Jumlah Hidden Neuron	0,1*	0,01	0,001
	MSE Training	MSE Training	MSE Training
2	0.00215	0.00246	0.00264
3	0.00256	0.00259	0.00250
4	0.00255	0.00250	-
5	0.00286	0.00241**	0.00277
6	0.00277	0.00283	0.00274
7	0.00252	0.00283	0.00254
8	0.00245	0.00278	0.00239
9	0.00244	0.00257	0.00230**
10	0.00178**	0.00246	0.00262

\*Ket: *learning rate* terbaik ; \*\*Ket: nilai MSE terkecil

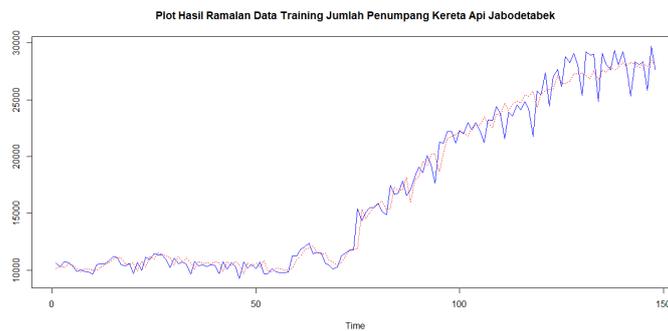
Terlihat pada Tabel 3 bahwa nilai *learning rate* terbaik yaitu *learning rate* 0,1 serta model optimal yang diperoleh yaitu model dengan 10 *neuron* tersembunyi. Oleh karena itu, model optimal yang diperoleh pada tahapan *training* yaitu model dengan 5 *neuron input*, 10 *neuron* tersembunyi, 1 *neuron output* (model 5-10-1) dengan nilai MSE sebesar 0,0178. Terdapat juga nilai MAPE tahapan *training* sebesar 19% sesuai dengan kriteria nilai MAPE[5]. memiliki arti bahwa model apabila dilakukan dengan data *training* memiliki keakuratan model yang baik untuk dilakukan peramalan.

Terdapat model *feed-forward neural network* yang terbentuk dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$X_t = f_k \left\{ w_{0k} + \sum_{j=1}^{10} w_{jk} \cdot f_j \left[ v_{0j} + \sum_{i=1}^5 v_{ij} x_i \right] \right\}$$



**Gambar 4.** Arsitektur Jaringan Feed-forward Neural Network

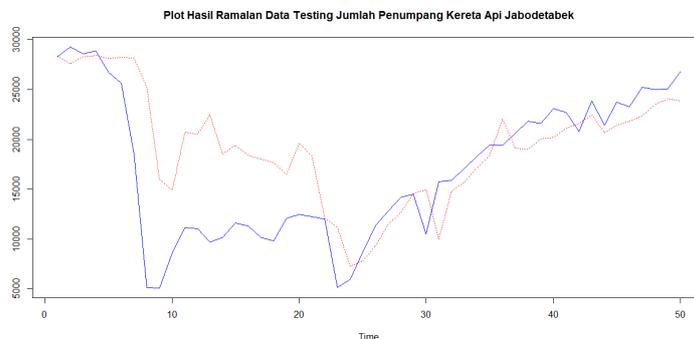


**Gambar 5.** Hasil Peramalan Tahapan Training

Pada Gambar 4 terdapat model arsitektur *feed-forward neural network* dengan model 5-10-1 yang sudah menggunakan bobot optimal dari model tersebut. Terlihat bahwa pada Gambar 5 garis biru adalah nilai aktual dan garis putus-putus merah adalah nilai prediksi, hasil peramalan yang diperoleh tidak berbeda jauh antara nilai aktual dengan nilai prediksi.

**Tahapan Testing Feed-Forward Neural Network**

Setelah tahap *training* telah selesai dilakukan, maka akan dilanjutkan ke tahap *testing*. Pada tahap ini model optimal yang telah diperoleh pada saat tahap *training* akan di *testing* menggunakan data *testing* untuk melihat apakah model sudah cukup baik untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek. Berikut merupakan hasil ramalan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek pada tahap *testing*.



**Gambar 6.** Hasil Peramalan Tahapan Testing

Pada tahapan *testing*, hasil peramalan yang terdapat pada Gambar 6 menunjukkan

bahwa garis biru aktual dengan garis putus-putus merah prediksi tidak jauh berbeda namun ada beberapa fase dimana nilai prediksi menghasilkan nilai yang cermin/berbalik tidak mengikuti atau beriringan dengan nilai aktual. Nilai MSE dalam model 5-10-1 yang diperoleh pada tahapan *testing* ini sebesar 0,07411 serta memiliki nilai MAPE sebesar 39%. Dapat diartikan dengan kriteria MAPE[5], bahwa model apabila dilakukan dengan data *testing* mampu melakukan peramalan dengan keakuratan yang sedang.

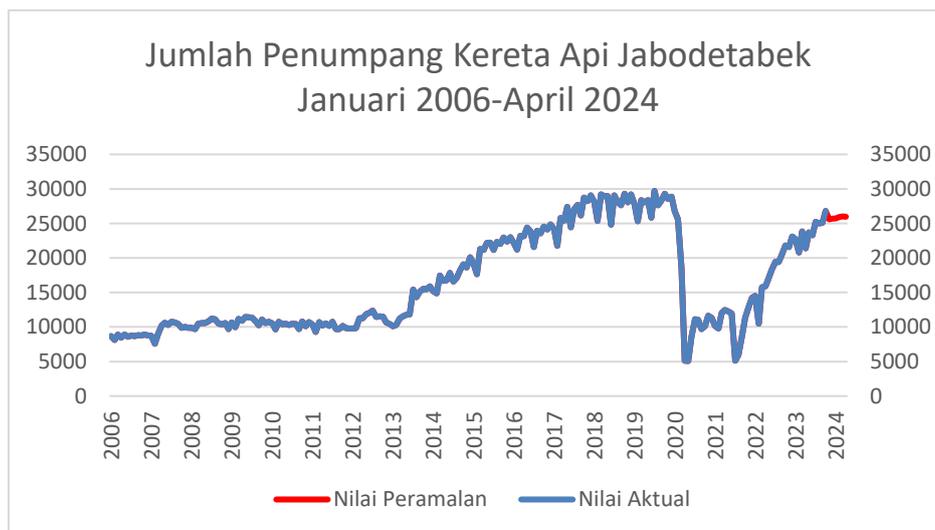
#### Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Jabodetabek Pada Jaringan *Feed-forward Neural Network*

Setelah melakukan proses tahapan *training* dan *testing* yang dibantu dengan menggunakan algoritma *backpropagation* serta *tuning parameter training*, sehingga dihasilkan model jaringan *feed-forward neural network* yang optimal. Maka, tahapan dilanjutkan ke tahap peramalan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek. Berikut hasil peramalan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek untuk 6 bulan kedepan.

**Tabel 4.** Hasil Peramalan Penumpang Kereta Api dalam 6 Bulan Kedepan

Periode	Jumlah Penumpang menggunakan nilai normalisasi	Jumlah Penumpang telah dilakukan Denormalisasi
November 2023	0,6629483	25.613
Desember 2023	0,6798252	25.672
Januari 2024	0,7005622	25.745
Februari 2024	0,7479205	25.910
Maret 2024	0,7714463	25.993
April 2024	0,7608076	25.956

Pada Tabel 4, diperoleh nilai peramalan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek untuk 6 bulan kedepan. Nilai yang diperoleh masih memiliki nilai dalam [0,1] karena sebelumnya dilakukan tahap normalisasi, kemudian data tersebut di denormalisasi agar kembali menjadi nilai awal. Pada Gambar 7 terdapat grafik jumlah penumpang kereta api Jabodetabek Januari 2006-Oktober 2023 serta ditambahkan nilai peramalan yang diperoleh.



**Gambar 7.** Grafik Jumlah Penumpang Kereta Api Jabodetabek Januari 2006-April 2024

Terlihat bahwa pada Tabel 4 serta Gambar 7, hasil peramalan untuk 6 bulan kedepan

penumpang kereta api pada bulan November 2023 diprediksikan memiliki 25.613 penumpang. Jumlah penumpang pada bulan November 2023 diprediksikan sedikit menurun dari data terakhir yaitu bulan Oktober 2023. Selanjutnya pada bulan Desember 2023 ke bulan Januari 2024 mengalami kenaikan. Kenaikan ini terus berlanjut hingga bulan Maret 2024. Namun, pada bulan Maret 2024 mengalami sedikit penurunan namun tidak drastis ke bulan April 2024.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, maka peneliti menyimpulkan bahwa hasil penelitian yang diperoleh:

1. Dari hasil tahap training jaringan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner serta learning rate sebesar 0,1; 0,01; 0,001, stepmax sebesar  $10^5$  diperoleh learning rate terbaik adalah 0,1 serta model optimal yang diperoleh adalah model dengan 5 unit input, 10 unit tersembunyi, dan 1 unit output. Model (5-10-1) memiliki nilai MSE training sebesar 0,00178 dan nilai MAPE training 19% mengartkan jika model menggunakan data *training* keakuratan model dalam melakukan peramalan sudah baik. Diperoleh juga nilai MAPE pada tahap testing sebesar 39% yang artinya jika model menggunakan data *testing* maka keakuratan model dalam melakukan peramalan memiliki keakuratan yang sedang.
2. Peramalan jumlah penumpang kereta api Jabodetabek selama 6 bulan kedepan diprediksikan akan mengalami penurunan dari bulan Oktober 2023 ke bulan November 2023 serta pada bulan berikutnya hingga bulan Maret 2024 setiap bulannya mengalami kenaikan dan mengalami penurunan dari Maret 2024 ke bulan April 2024 namun tidak begitu drastis.

#### Acknowledge

Terima kasih semua pihak yang telah membantu dan memberikan saran dan masukan serta motivasi kepada penulis baik secara langsung atau secara tidak langsung dalam penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Siang, J., J. (2005). Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab. ANDI. Yogyakarta.
- [2] Putri, F.A.Y. (2018). Studi Komparasi Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan Metode Generalized Regression Neural Network dan Feed Forward Neural Network. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [3] Sari, I.P., Wuryandari, T., & Yasin, H. (2014). Prediksi Data Harga Saham Harian Menggunakan Feed Forward Neural Network (FFNN) dengan Pelatihan Algoritma Genetika (Studi Kasus pada Harga Saham Harian PT. XL Axiata Tbk). Jurnal Gaussian, 3(3), 441-450.
- [4] Fausset, L., (1994). Fundamentals of Neural Networks : Architectures, Algorithms, and Applications. Prentice Hall. New Jersey.
- [5] Chang, P., Wang, Y., & Liu, C. (2007). The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. Expert Systems with Applications, Vol. 32, 86-96.
- [6] Muhammad Rizq Nafisyah Alam and Aceng Komarudin Mutaqin, "Pemodelan Distribusi Poisson-Sujatha pada Data Frekuensi Klaim Asuransi Kendaraan Bermotor di Indonesia," *Jurnal Riset Statistika*, pp. 71–78, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrs.v3i1.1944.
- [7] H. N. Khofifah, "Robust Spatial Durbin Model (RSDM) untuk Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Provinsi Jawa Barat," *Jurnal Riset Statistika*, vol. 1, no. 2, pp. 135–142, Feb. 2022, doi: 10.29313/jrs.v1i2.522.
- [8] E. Firdayanti, D. I\*, and N. Hajarisman, "Penanganan Data Hilang pada Pemodelan Persamaan Terstruktur melalui Metode Full Information Maximum Likelihood (FIML)," vol. 1, no. 1, pp. 11–18, 2023, doi: 10.29313/datamath.v1i1.10.