

Implementasi Backpropagation Neural Network pada Prediksi Jumlah Penjualan Toyota Avanza di Indonesia

Nur Fatin Mufinnun*, Hairur Rahman, M. Nafie Jauhari

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

nurfatin874@gmail.com*, hairur@math.uin-malang.ac.id, nafie.jauhari@uin-malang.ac.id

Abstrak

Prediksi merupakan cabang ilmu yang digunakan untuk memperkirakan kejadian yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan kejadian lampau. Salah satu metode prediksi yang berkembang, *Backpropagation Neural Network*, metode yang memiliki tingkat efektifitas yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model dan keakuratan model dalam memprediksi jumlah penjualan Toyota Avanza serta mengetahui hasil prediksi penjualan selama 12 bulan kedepan dengan menganalisis jumlah penjualan pada Januari 2010 hingga Oktober 2021. Diperoleh model prediksi jumlah penjualan Toyota Avanza dengan menggunakan *Backpropagation Neural Network* yaitu 12-13-1, dimana terdapat 12 variabel pada lapisan masukan, 13 variabel pada lapisan tersembunyi dan 1 variabel pada lapisan keluaran dengan nilai *learning rate* 0,5 serta momentum 0. Dihasilkan prediksi jumlah penjualan Toyota Avanza selama 12 bulan yang berada pada rata-rata batas atas 6215 dan rata-rata batas bawah 3415 dengan nilai MAPE 9,39135%, sehingga model tersebut dapat dikatakan sangat baik.

Kata kunci: *Backpropagation Neural Network*; Prediksi; Akurasi; *Learning Rate*; Momentum

Abstract

Prediction is a branch of science that is used to predict events that may occur in the future based on past events. One of the developed prediction methods, *Backpropagation Neural Network*, a method that has a good level of effectiveness. This study aims to determine the model and the accuracy of the model in predicting the total sales of the Toyota Avanza and to find out the results of sales predictions for the next 12 months by analyzing the number of sales in January 2010 to October 2021. The prediction model for the number of Toyota Avanza sales using the *Backpropagation Neural Network* is 12-13-1, where there are 12 variables in the input layer, 13 variables in the hidden layer and 1 variable in the output layer with a learning rate value of 0.5 and momentum 0. The predictions for the number of Toyota Avanza sales for 12 months are at an average upper limit of 6215 and an average lower limit of 3415 with a MAPE value of 9,39135%, so that the model can be said to be very good.

Keywords: *Backpropagation Neural Network*; Prediction; Accuracy; *Learning Rate*; Momentum

PENDAHULUAN

Penjualan mobil dalam negeri di Indonesia mengalami ketidakstabilan dan penurunan. Toyota Avanza yang sering memimpin jumlah penjualan tertinggi dibandingkan jenis mobil lain juga mengalami hal tersebut. Berdasarkan data dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia dan Toyota Astra Motor, Jumlah penjualan bulan Mei merupakan jumlah penjualan paling sedikit sepanjang histori penjualan Avanza sejak 2010. Penjualan hanya mencapai 1,46% jika dibandingkan dengan jumlah produksi mobil pada bulan sebelumnya [1].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi adalah *neural network*. *Neural network* dapat memberikan hasil yang akurat untuk prediksi, penentuan pola, klasifikasi dan berbagai penelitian lainnya [2]. *Neural network* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode lainnya, yakni mampu memberikan hasil yang dapat mengenali pola-pola dengan baik dan

mudah dikembangkan menjadi bermacam-macam variasi sesuai dengan permasalahan maupun parameter yang ada. *Backpropagation neural network* merupakan algoritma pembelajarannya dapat mengubah nilai bobot kearah mundur (*backward*) sehingga dapat menurunkan kesalahan dari hasil keluaran.

Penelitian terkait *backpropagation neural network* sebelumnya merupakan penelitian tentang prediksi jumlah volume penggunaan air PDAM. Hasil akhir dari penelitian adalah metode *backpropagation neural network* dapat memprediksi penggunaan konsumsi air untuk satu tahun kedepan dengan baik [3]. Penelitian terkait metode ini juga pernah dilakukan oleh Helmiyah[4], Sandy[5], Sovia[6], Santoso[7], Triyono[8] dan Melladia[9].

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah penjualan Toyota Avanza selama satu tahun kedepan, sehingga hasil prediksi tersebut dapat digunakan dalam menentukan jumlah produksi dan juga dapat digunakan untuk menentukan kebijakan lain dalam penjualan mobil tersebut, misalnya kebijakan dalam menentukan harga.

METODE

Tahapan-tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Mendapatkan data penelitian
2. Melakukan normalisasi data

Normalisasi data dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut[10]:

$$x = \frac{x' - a}{b - a} \quad (1)$$

3. Membagi data
4. Pelatihan (pengenalan pola)

Pelatihan menggunakan algoritma *backpropagation neural network*[11]–[15].

Feedforward:

- a. Menginisialisasi bobot dan parameter diantaranya yaitu *learning rate*, momentum, iterasi maksimal, MSE dan jumlah unit tersembunyi.
- b. Menggunakan nilai bobot dapat dihitung nilai masukannya menggunakan persamaan:

$$Z_{in_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^p x_i v_{ij} \quad (2)$$

Selanjutnya menghitung nilai keluaran menggunakan persamaan fungsi aktivasi *sigmoid bipolar*:

$$z_j = f(Z_{in_j}) = \frac{1}{1 - e^{-Z_{in_j}}} + e^{-Z_{in_j}} \quad (3)$$

- c. Menghitung nilai masukan pada setiap keluaran dari unit tersembunyi menggunakan persamaan:

$$Y_{in_k} = w_{0k} + \sum_{j=1}^q z_j w_{jk}$$

Langkah selanjutnya yakni menghitung nilai keluaran menggunakan persamaan fungsi *sigmoid biner*:

$$y = f(Y_{in_k}) = \frac{1}{1 + e^{-(Y_{in_k})}} \quad (5)$$

- d. Selanjutnya menghitung nilai MSE menggunakan persamaan:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (t_k - y)^2 \quad (6)$$

- e. Menentukan apakah nilai MSE yang diperoleh kurang atau sama dengan nilai MSE target, jika nilai MSE masih lebih dari target maka proses akan berhenti.

Backpropagation:

- a. Tiap unit keluaran(y) menerima target pola yang berkaitan dengan pola masukan pelatihan, menghitung nilai kesalahan dengan persamaan:

$$\delta_k = (t_k - y)f'(y_{ink}) = (t_k - y)y(1 - y) \quad (7)$$

Menghitung koreksi bobot dan bias dengan persamaan:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (8)$$

- b. Tiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, q$) menjumlahkan delta masukan dari unit lapisan keluaran untuk mengetahui nilai kesalahan dengan persamaan:

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^q \delta_k w_{jk} \quad (9)$$

Mengetahui nilai kesalahan dengan menurunkan fungsi aktivasi:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{inj}) = \delta_{in_j} z_j (1 - z_j) \quad (10)$$

Menggunakan nilai kesalahan untuk mengetahui koreksi bobot dan bias dengan persamaan:

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (11)$$

- c. Menghitung bobot dan bias baru di antara lapisan tersembunyi dan keluaran dengan persamaan:

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (12)$$

Menghitung bobot dan bias baru di antara lapisan masukan dan tersembunyi dengan persamaan:

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (13)$$

Tes kondisi berhenti

5. Pengujian

Pengujian menggunakan algoritma *feedforward*:

6. Validasi silang

Untuk mengukur nilai akurasi menggunakan MSE dan MAPE. Berikut persamaan MAPE:

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^n |t_k - ky|}{\sum_{k=1}^n t_k} \times 100\% \quad (14)$$

Berikut Analisa tentang nilai MAPE:

| Nilai MAPE | Arti Nilai |
|------------|--------------------------------------|
| <10% | Kemampuan model prediksi sangat baik |

| | |
|---------|--------------------------------|
| 10%-20% | Kemampuan model prediksi baik |
| 20%-50% | Kemampuan model prediksi layak |
| >50% | Kemampuan model prediksi buruk |

7. Melakukan denormalisasi

Denormalisasi dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$x' = x(b - a) + a \tag{15}$$

8. Prediksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Backpropagation Neural Network

1. Data

Penelitian ini menggunakan data penjualan Toyota Avanza setiap bulan yang bersumber dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia dan Toyota Astra Motor sejak Januari 2010 hingga Oktober 2021.

2. Normalisasi Data

Data dinormalisasi dengan menggunakan persamaan (1) sehingga nilai data bersifat konsisten berada pada rentang [0,1].

3. Pembagian Data

Data dibagi menjadi data latih dan data uji. Data latih terdiri atas 75% dan data uji terdiri atas 25%.

4. Pelatihan

Pelatihan menggunakan algoritma *backpropagation neural network*. Proses perhitungan manual untuk iterasi pertama prediksi jumlah penjualan pada Januari 2011. Perhitungan ini sebagai gambaran untuk menunjukkan dan memberi pemahaman bagaimana proses perhitungan prediksi menggunakan *backpropagation neural network*.

Feedforward:

- a. Menginisialisasi bobot dan parameter diantaranya yaitu *learning rate* 0,1, momentum 0, iterasi maksimal 90000, MSE 0,001 dan jumlah unit tersembunyi 12.
- b. Menggunakan nilai bobot dapat dihitung nilai masukannya menggunakan persamaan (2), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Hasil perhitungan z_{inj} | | | |
|-----------------------------|---------|---------------------------|---------|
| $zin1$ | -0,6828 | $zin7$ | 1,5018 |
| $zin2$ | 0,72912 | $zin8$ | -4,7053 |
| $zin3$ | -0,012 | $zin9$ | 3,07876 |
| $zin4$ | 3,47345 | $zin10$ | 1,7571 |
| $zin5$ | -0,161 | $zin11$ | 2,04165 |
| $zin6$ | -2,6369 | $zin12$ | -2,1973 |

Selanjutnya menghitung nilai keluaran menggunakan persamaan fungsi aktivasi *sigmoid bipolar* (3), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Hasil perhitungan z_j | | | |
|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| z_1 | -0,3287 | z_7 | 0,63568 |
| z_2 | 0,34922 | z_8 | -0,9821 |
| z_3 | -0,006 | z_9 | 0,91202 |

| | | | |
|-------|---------|----------|---------|
| z_4 | 0,93985 | z_{10} | 0,70569 |
| z_5 | -0,0803 | z_{11} | 0,7702 |
| z_6 | -0,8664 | z_{12} | -0,8 |

- c. Menghitung nilai masukan pada setiap keluaran dari unit tersembunyi menggunakan persamaan (4), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\mathbb{Z}_{11} = -0,3974$$

Langkah selanjutnya yakni menghitung nilai keluaran menggunakan persamaan fungsi *sigmoid biner* (5), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(-0,2005)}} = 0,402$$

- d. Selanjutnya menghitung nilai MSE menggunakan persamaan (6).
 e. Menentukan apakah nilai MSE yang diperoleh kurang atau sama dengan nilai MSE target, jika nilai MSE masih lebih dari target maka proses akan berhenti.

Backpropagation:

- a. Tiap unit keluaran (y) menerima target pola yang berkaitan dengan pola masukan pelatihan, menghitung nilai kesalahan dengan persamaan (7):

$$\mathbb{Z}_1 = 0,0763$$

Menghitung koreksi bobot dan bias dengan persamaan (8), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Hasil perhitungan Δw_{jk} | | | |
|-----------------------------------|---------|-------------------|---------|
| $\Delta w_{1,1}$ | -0,0025 | $\Delta w_{1,7}$ | 0,0048 |
| $\Delta w_{1,2}$ | 0,0027 | $\Delta w_{1,8}$ | -0,0075 |
| $\Delta w_{1,3}$ | -0,0001 | $\Delta w_{1,9}$ | 0,007 |
| $\Delta w_{1,4}$ | 0,0072 | $\Delta w_{1,10}$ | 0,0054 |
| Hasil perhitungan Δw_{jk} | | | |
| $\Delta w_{1,5}$ | -0,0006 | $\Delta w_{1,11}$ | 0,0059 |
| $\Delta w_{1,6}$ | -0,0066 | $\Delta w_{1,12}$ | -0,0061 |

- b. Tiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1,2,3, \dots, q$) menjumlahkan delta masukan dari unit lapisan keluaran untuk mengetahui nilai kesalahan dengan persamaan (9), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Hasil perhitungan δ_{inj} | | | |
|----------------------------------|---------|-----------------|---------|
| δ_{in1} | 0,06058 | δ_{in7} | 0,01992 |
| δ_{in2} | -0,0662 | δ_{in8} | 0,01158 |
| δ_{in3} | 0,03499 | δ_{in9} | 0,03975 |
| δ_{in4} | 0,01967 | δ_{in10} | -0,063 |
| δ_{in5} | 0,04353 | δ_{in11} | 0,02544 |
| δ_{in6} | -0,0319 | δ_{in12} | 0,05299 |

Mengetahui nilai kesalahan dengan menurunkan fungsi aktivasi menggunakan persamaan (10), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Hasil perhitungan δ_j | | | |
|------------------------------|----------|------------|----------|
| δ_1 | -0,02646 | δ_7 | 0,004613 |
| δ_2 | -0,01503 | δ_8 | -0,02255 |
| δ_3 | -0,00021 | δ_9 | 0,00319 |

| | | | |
|------------|----------|---------------|----------|
| δ_4 | 0,001112 | δ_{10} | -0,01309 |
| δ_5 | -0,00378 | δ_{11} | 0,004502 |
| δ_6 | 0,051663 | δ_{12} | -0,07632 |

Menggunakan nilai kesalahan untuk mengetahui koreksi bobot dan bias dengan persamaan (11), diperoleh hasil sebagai berikut:

| | Δv_1 | Δv_2 | Δv_3 | Δv_4 | Δv_5 | Δv_{12} |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| X1 | -0.0013 | -0.0013 | -0.0017 | -0.0015 | -0.0013 | -0.0015 |
| X2 | -0.0007 | -0.0008 | -0.0010 | -0.0009 | -0.0007 | -0.0008 |
| X3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | ... |
| X4 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| X5 | -0.0002 | -0.0002 | -0.0002 | -0.0002 | -0.0002 | -0.0002 |
| | | | ⋮ | | | ⋮ |
| X12 | -0.0036 | -0.0038 | -0.0050 | -0.0044 | -0.0037 | -0.0043 |

c. Menghitung bobot dan bias baru di antara lapisan tersembunyi dan keluaran dengan persamaan (12), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Bobot baru | Y | Bobot baru | Y |
|-------------|---------|-------------|--------|
| W1 | 0,792 | W7 | 0,266 |
| W2 | -0,8649 | W8 | 0,1444 |
| W3 | 0,4589 | W9 | 0,5283 |
| W4 | 0,2651 | W10 | -0,821 |
| Bobot baru | Y | Bobot baru | Y |
| W5 | 0,5703 | W11 | 0,3395 |
| W6 | -0,4256 | W12 | 0,6889 |
| bias | | bias | 0,763 |

Menghitung bobot dan bias baru di antara lapisan masukan dan tersembunyi dengan persamaan (13), diperoleh hasil sebagai berikut:

| Bobot baru | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Z12 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| V1 | -0.7944 | 1.7346 | 1.0343 | 0.6565 | 0.8405 | -1.4561 |
| V2 | -0.9090 | 0.5304 | 1.0029 | -1.5234 | 1.4176 | 0.6851 |
| V3 | 1.3196 | 1.4213 | -0.3939 | -0.8459 | 0.7023 | ... |
| V4 | -1.0778 | 0.2969 | 0.4570 | -1.7370 | 1.7939 | -1.7191 |
| V5 | 0.4272 | 1.3934 | 1.0129 | 1.4869 | -0.7920 | 1.2567 |
| | | | ⋮ | | | ⋮ |
| V12 | 1.0937 | -0.9623 | 1.0022 | 1.2614 | 1.3377 | 1.2926 |
| bias | -0,7452 | -0,3216 | -1,3956 | 3,0525 | -3,9043 | -3,4024 |

Tes kondisi berhenti

5. Membangun Model

Selanjutnya adalah mendapatkan model terbaik yakni model dengan nilai MSE terkecil, dengan mengubah banyaknya unit tersembunyi serta learning rate. Pola yang diuji pada tahap ini adalah 12-11-1, 12-12-1, 12-13-1, 12-14-1, 12-15-1 dan 12-17-1. Sedangkan

nilai learning rate yang diuji adalah 0,1-0,9 dengan kelipatan 0,1. Diperoleh hasil sebagai berikut:

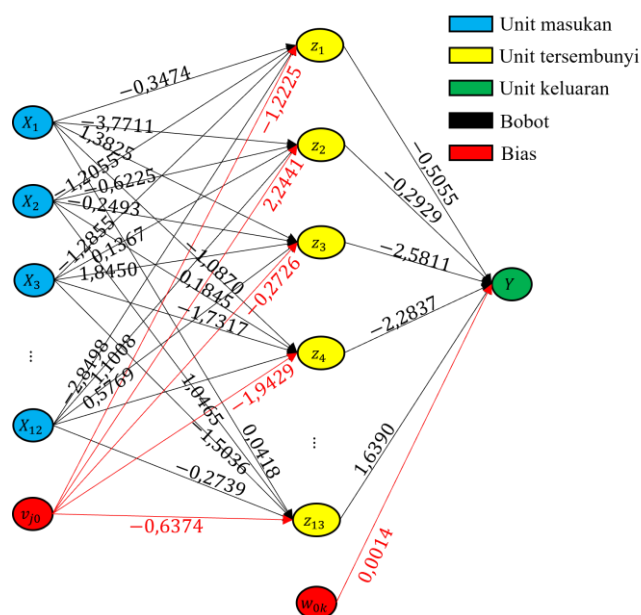
| Pola | Learning rate | Iterasi | MSE Pelatihan | Pola | Learning rate | Iterasi | MSE Pelatihan |
|-------------|----------------------|----------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------------|
| 12-11-1 | 0,1 | 71251 | 0,00099968 | 12-14-1 | 0,1 | 77701 | 0,00099956 |
| | 0,2 | 71120 | 0,00099989 | | 0,2 | 82193 | 0,00099983 |
| | 0,3 | 71237 | 0,00099909 | | 0,3 | 73617 | 0,00099938 |
| | 0,4 | 71177 | 0,00099981 | | 0,4 | 75015 | 0,00099955 |
| | 0,5 | 71089 | 0,00099961 | | 0,5 | 88194 | 0,00099996 |
| | 0,6 | 71202 | 0,00099957 | | 0,6 | 89148 | 0,00099961 |
| | 0,7 | 71047 | 0,00099996 | | 0,7 | 88999 | 0,00099948 |
| | 0,8 | 71079 | 0,00099976 | | 0,8 | 89036 | 0,00099999 |
| | 0,9 | 71120 | 0,00099909 | | 0,9 | 89321 | 0,00099919 |
| 12-12-1 | 0,1 | 72964 | 0,00099997 | 12-15-1 | 0,1 | 43875 | 0,00099943 |
| | 0,2 | 73101 | 0,00099998 | | 0,2 | 43839 | 0,00099939 |
| | 0,3 | 72042 | 0,00099965 | | 0,3 | 43820 | 0,00099997 |
| | 0,4 | 72406 | 0,00099975 | | 0,4 | 43853 | 0,00099997 |
| | 0,5 | 72344 | 0,00099979 | | 0,5 | 43860 | 0,00099993 |
| | 0,6 | 72002 | 0,00099942 | | 0,6 | 43884 | 0,00099988 |
| | 0,7 | 72181 | 0,00099936 | | 0,7 | 43920 | 0,00099951 |
| | 0,8 | 72264 | 0,00099981 | | 0,8 | 43956 | 0,00099999 |
| | 0,9 | 72490 | 0,00099949 | | 0,9 | 43974 | 0,00099999 |
| 12-13-1 | 0,1 | 58843 | 0,00099917 | 12-17-1 | 0,1 | 50823 | 0,00099949 |
| Pola | Learning rate | Iterasi | MSE Pelatihan | Pola | Learning rate | Iterasi | MSE Pelatihan |
| | 0,2 | 58957 | 0,00099982 | | 0,2 | 50620 | 0,00099978 |
| | 0,3 | 59044 | 0,00099992 | | 0,3 | 50536 | 0,00099957 |
| | 0,4 | 59186 | 0,00099977 | | 0,4 | 50340 | 0,00099962 |
| | 0,5 | 59315 | 0,0009999 | | 0,5 | 50292 | 0,00099998 |
| | 0,6 | 59454 | 0,00099944 | | 0,6 | 50374 | 0,00099991 |
| | 0,7 | 59612 | 0,00099977 | | 0,7 | 50205 | 0,00099936 |
| | 0,8 | 59717 | 0,00099999 | | 0,8 | 50110 | 0,00099962 |
| | 0,9 | 59937 | 0,00099975 | | 0,9 | 50157 | 0,00099979 |

Diperoleh pola dan nilai learning rate dengan nilai MSE terkecil, yaitu 12-13-1 dan 0,5 dengan MSE pelatihan 0,000999. Selanjutnya akan dicari nilai momentum yang dapat menghasilkan nilai MSE terkecil. Nilai momentum yang diuji adalah 0-0,9 dengan kelipatan 0,1. Diperoleh hasil sebagai berikut:

| Momentum | Iterasi | MSE Pelatihan |
|-----------------|----------------|----------------------|
| 0 | 59315 | 0,000999 |
| 0,1 | 49219 | 0,00099964 |
| 0,2 | 42806 | 0,00099999 |
| 0,3 | 38895 | 0,00099962 |

| | | |
|-----|-------|------------|
| 0,4 | 38235 | 0,00099996 |
| 0,5 | 33698 | 0,00099997 |
| 0,6 | 33160 | 0,00099954 |
| 0,7 | 32154 | 0,00099996 |
| 0,8 | 31797 | 0,00099984 |
| 0,9 | 28349 | 0,00099985 |

Berdasarkan pelatihan di atas, maka model yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model neural network dengan 13 unit tersembunyi serta nilai learning rate dan momentum yang digunakan adalah 0,5 dan 0. Berikut gambar arsitektur neural network yang akan digunakan:



Berikut model matematis keluaran *neural network* yang didapatkan:

$$y = f \left(\sum_{j=1}^{13} (z_j w_{jk} + w_{j0}) \right)$$

$$y = f \left((-0,5055) * z_1 + (-0,2929) * z_2 + (-2,5811) * z_3 + (-2,2837) * z_4 + \dots + (-1,6390) * z_{13} + 0,0014 \right)$$

6. Pengujian

Selanjutnya dengan menggunakan model diatas, dilakukan proses pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tahap *feedforward*. Dengan menggunakan persamaan (2.20) dan (2.21), diperoleh nilai MSE pengujian 0,041461 dan nilai MAPE 9,39135%.

Keakuratan Model Backpropagation Neural Network

Selanjutnya akan dilakukan validasi silang. Validasi yang digunakan adalah *4-fold cross validation*, diperoleh hasil sebagai berikut:

| Validasi silang | MSE pengujian |
|-----------------|---------------|
| 1-fold | 0,058828 |
| 2-fold | 0,048949 |

| | |
|--------|----------|
| 3-fold | 0,049101 |
| 4-fold | 0,041461 |

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa *4-fold* memiliki nilai MSE terkecil, maka yang akan digunakan adalah *4-fold* dengan nilai MSE 0,041461 dan nilai MAPE 9,39135%. Sehingga model tersebut dapat dikatakan sangat baik.

HASIL PREDIKSI

Jumlah penjualan untuk satu tahun kedepan diprediksi dengan tahap *feedforward* menggunakan model terbaik. Pada tahap ini juga dihitung selang kepercayaan dari hasil prediksi, diperoleh hasil sebagai berikut:

| Bulan | Hasil Prediksi | Batas Bawah | Batas Atas |
|------------------|----------------|-------------|-------------|
| November 2021 | 7359 | 5967 | 8751 |
| Desember 2021 | 3775 | 2381 | 5168 |
| Januari 2022 | 4371 | 2976 | 5766 |
| Februari 2022 | 4039 | 2643 | 5436 |
| Maret 2022 | 1480 | 82 | 2878 |
| April 2022 | 4249 | 2849 | 5648 |
| Mei 2022 | 2871 | 1470 | 4271 |
| Juni 2022 | 8849 | 7447 | 10251 |
| Juli 2022 | 4007 | 2604 | 5411 |
| Agustus 2022 | 8872 | 7467 | 10277 |
| September 2022 | 5673 | 4267 | 7080 |
| Bulan | Hasil Prediksi | Batas Bawah | Batas Atas |
| Oktober 2022 | 2238 | 830 | 3646 |
| Rata-rata | | 3415 | 6215 |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian ini, model terbaik dari metode *backpropagation neural network* untuk memprediksi jumlah penjualan Toyota Avanza adalah model dengan 13 unit tersembunyi serta nilai learning rate 0,5 dan momentum 0. Model *backpropagation neural network* yang digunakan memiliki keakuratan dengan nilai MAPE 9,39135%, sehingga model tersebut dapat dikatakan sangat baik. Model menghasilkan Rata-rata hasil prediksi dari penjualan Toyota Avanza selama 12 bulan kedepan tidak akan lebih dari 6215 dan tidak akan kurang dari 3415.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] GAIKINDO, "Indonesian Automobile Industry Data," 2021.

- <https://www.gaikindo.or.id/indonesian-automobile-industry-data/> (accessed Nov. 26, 2021).
- [2] M. Yanto, L. Mayola, and M. Hafizh, "Neural Network Backpropagation Identifikasi Pola Harga Saham Jakarta Islamic Index (JII)," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, pp. 90–94, 2018.
- [3] B. Satria, "Prediksi Volume Penggunaan Air PDAM Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 2, no. 3, pp. 674–684, 2018, doi: 10.29207/resti.v2i3.575.
- [4] S. Helmiyah and S. 'Uyun, "Perbandingan Kinerja Jaringan Syaraf Tiruan Dan Fuzzy Inference System Untuk Prediksi Prestasi Peserta Didik," *Jatisi*, vol. 4, pp. 20–34, 2017.
- [5] S. P. Siregar and A. Wanto, "Analysis Accuracy of Artificial Neural Network Using Backpropagation Algorithm In Predicting Process (Forecasting)," *Int. J. Inf. Syst. Technol.*, vol. 1, pp. 34–42, 2017.
- [6] R. Sovia, M. Yanto, R. L. Gema, and R. Fernando, "Bank Indonesia Interest Rate Prediction and Forecast With Backpropagation Neural Network," *EEE*, pp. 429–435, 2018.
- [7] A. Santoso and S. Hansun, "Prediksi IHSG dengan Backpropagation Neural Network," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 2, pp. 313–318, 2019, doi: 10.29207/resti.v3i2.887.
- [8] A. Triyono, A. J. Santoso, and Pranowo, "Penerapan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Meramalkan Harga Saham (IHSG)," *J. Sist. Dan Inform.*, vol. 11, pp. 165–172, 2016, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/129675-ID-penerapan-metodejaringan-syaraf-tiruan.pdf>.
- [9] M. Melladia and I. R. Mardani, "Implementasi Algoritma Backpropagation Prediksi Kegagalan Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 2, no. 3, pp. 753–759, 2018, doi: 10.29207/resti.v2i3.588.
- [10] D. T. Larose and C. D. Larose, *Discovering Knowledge in Data : in Introduction to Data Mining*, Second edi. Canada: John Wiley & Sons, 2014.
- [11] Herdianto, "Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Tesis Oleh Herdianto Fakultas Teknik," (*Tesis*). *Fak. Tek. Univ. Sumatera Utara, Medan*, 2013.
- [12] W. M. N. Admiyanto, "Decision Rules Pada Status Tingkat Kesejahteraan Angkatan Kerja di Kabupaten Sleman Tahun 2015 dengan Metode If-Then Dari Rough Set Theory," Universitas Islam Indonesia, 2017.
- [13] M. J. A. Berry and L. G.S, *Data Mining Technique for Marketing, Sales, Customer Relationship Management*. Canada: Wiley Publishing, Inc, 2004.
- [14] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New York: Wiley, 2008.
- [15] J. J. Siang, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI, 2009.