

PENERAPAN BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK DALAM MERAMALKAN PRODUKSI KOPI DI INDONESIA**Meylani Baringbing***Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
e-mail: meylanibaringbing92078@gmail.com**Ulya Nabilla**Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
e-mail: ulya.nabilla@unsam.ac.id**Riezky Purnama Sari**Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
e-mail: riezkypurnamasari@unsam.ac.id**Abstrak**

Kopi merupakan salah satu komoditas agraris yang sangat berharga di pasar global yang menempati urutan ke-4 di antara sepuluh negara produsen kopi terbesar di dunia. Selain itu, kopi memiliki potensi untuk mendorong pertumbuhan ekonomi negara melalui ekspor yang dapat berkontribusi pada peningkatan devisa nasional. Selama periode sepuluh tahun dari 2014 hingga 2023 pertumbuhan produksi kopi tercatat lebih rendah dengan rata-rata kenaikan sekitar 1,63% per tahun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil peramalan produksi kopi di Indonesia pada tahun 2025 sampai 2029 dengan Backpropagation Neural Network dan keakuratan metode dalam meramalkan produksi Kopi di Indonesia. Data diambil dari Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode backpropagation neural network dengan memakai 4 model data latih dan data uji yaitu 50:50, 60:40, 70:30, dan 80:20. Backpropagation Neural Network adalah metode jaringan syaraf tiruan multilayer yang bekerja secara terawasi yang dapat digunakan untuk klasifikasi dan antisipasi. Hasil penelitian ini menunjukkan model 80:20 model terbaik karena MAPE yang diperoleh sebesar 7,672% dengan hasil peramalan produksi kopi di Indonesia pada tahun 2025 sampai 2029 adalah 698.979; 697.202; 696.081; 695.292; 694.700 (ton). Nilai ini menunjukkan bahwa metode ini sangat baik dalam melakukan peramalan produksi kopi di Indonesia.

Kata Kunci : Kopi, Backpropagation Neural Network, MAPE, Data Latih-Uji**Abstract**

Coffee is one of the most valuable agricultural commodities in the global market, ranking 4th among the ten largest coffee-producing countries in the world. In addition, coffee has the potential to drive the country's economic growth through exports, which can contribute to an increase in national foreign exchange. During the ten-year period from 2014 to 2023, the growth of coffee production was recorded to be lower, with an average increase of about 1.63% per year. The purpose of this research is to determine the forecast of coffee production in Indonesia from 2025 to 2029 using the Backpropagation Neural Network and the accuracy of the method in forecasting coffee production in Indonesia. Data was taken from the Secretariat of the Directorate General of Estates. The method used in this research is the backpropagation neural network method using 4 models of training and testing data, namely 50:50, 60:40, 70:30, and 80:20. Backpropagation Neural Network is a multilayer artificial neural network method that operates in a supervised manner and can be used for classification and forecasting. The results of this study show that the 80:20 model is the best model because the MAPE obtained is 7.672%, with the coffee production forecast in Indonesia for the years 2025 to 2029 being 698,979; 697,202; 696,081; 695,292; 694,700 (tons). With an accuracy level of 7.672%. This value indicates that this method is very good at forecasting coffee production in Indonesian.

Keywords: Coffee, Backpropagation Neural Network, MAPE, Training-Test Data

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas agraris yang sangat berharga di pasar global. Nilai produksi yang mencapai miliaran dolar, kopi menjadi salah satu minuman yang paling disukai di seluruh dunia membentuk ekosistem industri yang luas dari tahap produksi hingga konsumsi (International Coffee Organization ICO 2024). Selain itu, kopi memiliki potensi untuk mendorong pertumbuhan ekonomi negara melalui ekspor yang dapat berkontribusi pada peningkatan devisa nasional (Nopriyandi, Syofya 2023). Salah satu dari sepuluh negara produsen kopi terbesar di dunia adalah Indonesia dengan urutan ke -4 (Ibnu and Rosanti 2022).

Kopi adalah salah satu komoditas pertanian yang paling popular di Indonesia, selain kayu dan karet dan dianggap menarik karena banyak negara meminatiinya (Cen and Faisal 2021). Pada tahun 2022, Kopi berada di posisi kelima dalam daftar komoditas ekspor terbesar di Indonesia, setelah kelapa sawit, karet, kakao, dan kelapa. Nilai ekspor kopi mencapai 1,15 miliar USD dengan total volume sebesar 497,97 ribu ton (Statistik 2023). Pada tahun 2023 terjadi penurunan produksi kopi sebesar 0,65% dibandingkan tahun sebelumnya. Selama periode sepuluh tahun dari 2014 hingga 2023 pertumbuhan produksi kopi tercatat lebih rendah dengan rata-rata kenaikan sekitar 1,63% per tahun. Produksi kopi di Indonesia didominasi oleh perkebunan rakyat (PR) yang menyumbang 95,50% dengan rata-rata produksi tahunan mencapai 554,53 ribu ton sementara produksi kopi yang berasal dari kebun milik negara (PBN) dan kebun milik swasta tergolong rendah dengan kontribusi masing-masing sebesar 2,59% dan 1,91% (Darmawan 2023).

Produksi kopi yang meningkat diperlukan untuk memenuhi permintaan kopi yang meningkat. Dalam rangka memenuhi permintaan yang terus meningkat inovasi teknologi di sektor pertanian termasuk metode akurat dalam meramalkan hasil tanaman sangatlah penting. Meskipun demikian sektor ini juga menghadapi berbagai kendala, seperti perubahan iklim, fluktuasi pasar, serta penyebaran hama dan penyakit (Sarvina et al. 2020).

Mayoritas perkebunan kopi di Indonesia diusahakan oleh petani rakyat dengan luas perkebunan yang sempit terutama untuk produk

kopi. Oleh karena itu, kebijakan pemerintah sangat penting (Wibowo A 2019). Peramalan produksi kopi membantu pemerintah mengambil tindakan yang mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan pertumbuhan industri hilir yang memberi dampak positif pada kesejahteraan masyarakat, ekonomi, dan lingkungan. Terdapat berbagai metode peramalan yang dapat dipilih sesuai dengan karakteristik data dan kebutuhan khusus dari masalah yang dihadapi. Beberapa metode peramalan yang umum digunakan meliputi Simple Moving Average, Eksponensial Smoothing, ARIMA, SARIMA, serta *Backpropagation Neural Network*, dan lainnya (Gunaryati, Fauziah, and Andryana 2018).

KAJIAN TEORI

Neural network (jaringan saraf tiruan) merupakan sistem yang menyerupai jaringan neuron dalam otak manusia yang menghubungkan lapisan input dan output. Ini merupakan teknik pemodelan yang sangat maju dan mampu menangani fungsi yang kompleks (Galih, Luthfi, and Farhan 2022). Memanfaatkan jaringan saraf tiruan kita dapat meramalkan kejadian di masa depan dan mengklasifikasikan data ke dalam kelompok sehingga memungkinkan pengambilan keputusan dengan menggunakan mesin yang cerdas secara *artificial*. Seperti manusia jaringan saraf tiruan dilatih oleh pengawas sesuai dengan metode pembelajaran terawasi (Pracoyo and Prasetyo 2023).

Lapisan-lapisan yang membentuk neural network terdapat beberapa lapisan yaitu (22):

1. Input layer, yang terdiri dari sejumlah neuron yang berfungsi sebagai penerima data untuk diproses dalam jaringan.
2. Hidden layer, yang terdiri dari beberapa neuron yang mengolah dan memberikan respons terhadap masukan.
3. Output layer, yang terdiri dari sekumpulan neuron yang menghasilkan solusi berdasarkan data yang diterima.

Nilai keluaran (output) didasarkan pada nilai input (total) pada neuron. Ini dikenal sebagai fungsi aktivasi juga dikenal sebagai batas ambang atau ambang. Ada beberapa fungsi aktivasi yang digunakan dalam neural network antara lain (26):

1. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi ini digunakan pada neural network yang dilatih melalui metode backpropagation. Fungsi ini

sering digunakan oleh neural network yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 hingga 1 tetapi juga dapat digunakan oleh neural network dengan nilai output 0 atau 1.

Backpropagation Neural Network

Metode JST (Jaringan syaraf tiruan) multilayer yang bekerja secara terawasi, backpropagation dapat digunakan untuk klasifikasi dan antisipasi. Metode ini biasanya digunakan oleh jaringan berlapis berlebih untuk mengubah bobot yang terhubung dengan neuron yang ada pada hidden layer (27). Tingkat akurasi Backpropagation neural network dapat dipengaruhi dengan menambahkan lebih banyak layer hasil yang diperoleh menjadi lebih baik tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama. Secara umum dikatakan bahwa backpropagation neural network cukup baik untuk memPeramalan rangkaian waktu (28).

Ada 3 tahap yang harus dilakukan dalam penelitian jaringan yaitu (29):

1. Feedforward (tahap maju): fase ini adalah proses pengolahan input atau masukan pada input layer hingga respon yang dihasilkan dikirim ke output layer.

2. Backpropagation (propagasi balik): fase backpropagation yang dimaksud adalah bahwa output layer akan dibandingkan dengan target output dan kemudian dihitung nilai error (δ).

3. Update bobot dan bias: Jika output yang diharapkan tidak sesuai, langkah ini dilakukan. Jaringan akan melakukan perbaruan bobot dan bias pada seluruh lapisan dengan bergerak dari input layer ke hidden layer dan kembali ke output layer.

Normalisasi dan Denormalisasi Data

Data dinormalisasi sebelum proses dengan mengubah dataset ke rentang 0-1.Tujuan normalisasi min-max adalah untuk membuat nilai pada setiap data sebanding dalam pemrosesan dengan mengubah nilai ke dalam rentang 0 hingga 1.

Persamaan berikut menunjukkan normalisasi min-max (32) .

$$x_i = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Hasil dari proses Peramalan yang dilakukan pada tahap pengujian masih berada dalam rentang 0 hingga 1. Untuk menentukan jumlah produksi kopi yang dihasilkan oleh Peramalan jaringan syaraf tiruan backpropagation, perlu dilakukan denormalisasi data, yang bertujuan untuk mengubah data Peramalan kembali ke bentuk aslinya. Persamaan untuk denormalisasi dapat dilihat di bawah ini:

$$x_i = y \cdot [(x_{max} - x_{min})] + x_{min}$$

Jenis-Jenis Data Backpropagation Neural Network

Jenis-jenis data yang digunakan pada Algoritma Backpropagation Nueral Network adalah :

1. Data Latih

Data latih adalah data yang digunakan untuk melatih dan membangun model dimana proses ini bertujuan agar model dapat belajar dari informasi yang tersedia sehingga mampu mengenali pola dan membuat Peramalan yang lebih akurat berdasarkan data yang telah diberikan (34).

2. Data Uji

Data uji adalah data yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model ini. Melalui proses pengujian ini dapat diukur seberapa baik model mampu membuat Peramalan berdasarkan data yang belum pernah dilihat sebelumnya sehingga memberikan gambaran tentang keandalannya dalam aplikasi nyata (35).

Pembagian data latih dan data uji sebagai berikut (36).

- a. 50 % data latih dan 50 % data uji
- b. 60 % data latih dan 40 % data uji
- c. 70 % data latih dan 30 % data uji
- d. 80 % data latih dan 20 % data uji

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. Data sekunder adalah data primer yang telah diolah lebih lanjut oleh pihak lain (38). Data yang diperoleh merupakan data tahunan yaitu dari tahun 1981-2024 yaitu data produksi kopi di Indonesia. Data ini diambil berdasarkan jenis perkebunan yaitu perkebunan rakyat, perkebunan besar swasta dan juga perkebunan besar negara.

Penelitian ini menggunakan metode backpropagation neural network untuk mempelajari literatur te

ntang peramalan produksi kopi menggunakan metode backpropagation neural network. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan observasi data tentang produksi kopi di Indonesia dari tahun 1981-2024.

2. Data dikumpulkan dan diformat sesuai dengan jenis data ke excel.

3. Mendefinisikan data input atau masukan yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder produksi kopi di indonesia pada tahun 1981-2024

4. Melakukan normalisasi data dengan data yang akan dinormalisasikan diambil dari data yang sudah didefinisikan sesuai dengan pola input dan target menggunakan persamaan {20}.

5. Menentukan arsitektur neural network untuk menentukan hubungan antar sel saraf buatan yang terdiri dari tiga lapisan unit, yaitu unit input, unit hidden, dan unit output.

6. Menjalankan algoritma backpropagation sesuai dengan Langkah-langkah pelatihan yang ada point 2.6

- a. Menginisialisasi bobot dan parameter yang terlibat didalamnya, yaitu Tingkat pembelajaran, momentum, iterasi maksimal, MSE dan jumlah unit hidden.

- b. Mendistribusikan unit input ke hidden layer.

- c. Menghitung unit di hidden layer dan menjumlahkan bobot pada persamaan {5}. Kemudian, menggunakan persamaan {6} dengan fungsi aktivasi.

- d. Menghitung unit di output layer dan menjumlahkan bobot pada persamaan {7}. Kemudian, menggunakan persamaan {8} dengan fungsi aktivasi, menghitung nilai output.

- e. Kemudian, tentukan apakah nilai MSE yang diperoleh kurang atau sama dengan nilai MSE target, jika nilai MSE masih lebih besar dari target, proses akan dilanjutkan. Namun, jika tidak Langkah-langkah berikut akan diambil:

1. Menggunakan persamaan {9} untuk menghitung nilai kesalahan output dari output layer.

2. Menggunakan persamaan {10} dan {11} untuk menghitung koreksi bobot dan bias untuk menghasilkan bobot dan bias baru dari unit hidden ke unit output .

3. Menjumlahkan input delta dari unit pada output layer menggunakan persamaan {12} dan

menghitung nilai kesalahan output di unit hidden dengan persamaan {13}.

4. Menghitung koreksi bobot dan bias untuk menghitung bobot dan bias baru dari unit input ke unit hidden dengan persamaan {14} dan {15}.

5. Menghitung nilai bobot dan bias baru dari unit hidden ke unit output layer dengan persamaan {16} dan {17}.

6. Menghitung nilai bobot dan bias baru dari unit input ke unit hidden layer dengan persamaan {18} dan {19}.

7. Selanjutnya, dapat menggunakan bobot baru dan melakukan Langkah yang sama dari tahap menghitung nilai input.

Langkah-langkah pengujian yaitu:

- a. Nilai input dapat dihitung menggunakan persamaan {5} dengan nilai bobot hasil pelatihan. Langkah berikutnya adalah menghitung nilai output menggunakan persamaan {6}, di mana fungsi aktivasi adalah fungsi sigmoid biner {1}.

- b. Nilai input untuk setiap unit output dapat dihitung menggunakan persamaan {7}. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai output menggunakan persamaan {8}, di mana fungsi aktivasi sigmoid biner digunakan pada persamaan {1}.

7. Melakukan denormalisasi data menggunakan persamaan {21}.

8. Mendapatkan hasil peramalan produksi kopi di Indonesia.

9. Menghitung keakuratan peramalan menggunakan MAPE menggunakan persamaan {22}.

10. Kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pembagian Data Masukan dan Data Tujuan

Data dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Dalam studi ini, metode pembagian data pelatihan dan pengujian terdiri dari 4 model sebagai berikut:

1. Model 1 (50%:50%)

2. Model 2 (60%:40%)

3. Model 3 (70%:30%)

4. Model 4 (80%:20%)

b. Normalisasi Data

Dalam data produksi kopi di Indonesia, nilai dan angka diketahui. Berikut adalah perhitungan normalisasi menggunakan persamaan {20}:

$$\begin{aligned}
 \text{Tahun 1981} &= (1981-1982)/(2021-1982) = (314.899-281.251)/(786.191-281.251) = 0,066 \\
 \text{Tahun 1982} &= (1982-1982)/(2021-1982) = (281.251-281.251)/(786.191-281.251) = 0 \\
 \text{Tahun 1983} &= (1983-1982)/(2021-1982) = (305.648-281.251)/(786.191-281.251) = 0,048 \\
 \text{Tahun 1984} &= (1984-1982)/(2021-1982) = (315.489-281.251)/(786.191-281.251) = 0,066 \\
 &\vdots \\
 \text{Tahun 2024} &= (2024-1982)/(2021-1982) = (775.950-281.251)/(786.191-281.251) = 0,979
 \end{aligned}$$

a. Pelatihan

Pelatihan dilakukan dengan memanfaatkan program yang ada dalam Lampiran 3 poin 1. Adapun tahapan pelatihan yang diterapkan menggunakan metode backpropagation neural network adalah sebagai berikut:

Inisialisasi bobot, bias, dan parameter: Pada tahap ini dilakukan inisialisasi terhadap bobot, bias, learning rate, target MSE, momentum, fungsi aktivasi, jumlah hidden layer, serta jumlah maksimum iterasi. Bobot dan bias ditentukan secara acak menggunakan angka kecil dengan bantuan program Matlab. Dalam pelatihan ini, learning rate yang digunakan adalah 0,1 dengan momentum sebesar 0,95, serta target error ditetapkan pada 0,01. Struktur jaringan terdiri dari 1 neuron pada input layer, 10 neuron pada hidden layer, dan 1 neuron pada output layer. Fungsi aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi sigmoid biner dengan jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan sebanyak 1000. Selanjutnya dijelaskan perhitungan manual untuk iterasi pertama dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia. Perhitungan manual ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai proses peramalan menggunakan backpropagation neural network cara ini dipakai juga untuk setiap model yaitu model 1,2,3 dan 4.

b. Pengujian

Setelah menyelesaikan tahap pelatihan langkah berikutnya adalah melakukan pengujian. Pengujian jaringan ini bertujuan untuk menentukan arsitektur yang paling sesuai dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia. Data yang digunakan dalam tahap ini

merupakan data yang tidak termasuk dalam proses pelatihan. Pengujian dilakukan menggunakan metode feed forward dengan bantuan program yang tercantum dalam Lampiran 3 poin 3 cara ini digunakan juga pada Model 2, 3 dan 4.

c. Peramalan

Peramalan dilakukan dengan memanfaatkan program yang terdapat dalam Lampiran 3 poin 4. Peramalan produksi kopi di Indonesia dilakukan menggunakan metode *feed forward*. Arsitektur yang diterapkan dalam proses peramalan mengacu pada arsitektur hasil pengujian data. Sementara itu bobot dan bias yang digunakan dalam pengujian diambil dari bobot dan bias yang diperoleh pada tahap pelatihan selanjutnya ini dilakukan pada model berikutnya yaitu model 2, 3, dan 4.

d. Keakuratan hasil peramalan

Keakuratan peramalan menggunakan metode *backpropagation neural network* dievaluasi dengan melihat nilai MAPE. Metode ini bertujuan untuk memperoleh hasil peramalan yang lebih akurat di mana perhitungannya dilakukan menggunakan persamaan {22} untuk model berikutnya dapat dilakukan juga menggunakan rumus ini.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - F_t}{x_t} \right|}{n} \times 100\%$$

1. Model 1 (50%:50%)

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} = & \\
 & \left(\frac{647.386 - 598.795}{647.386} + \frac{640.365 - 564.834}{640.365} + \dots + \frac{698.016 - 605.954}{698.016} \right) / 5 \\
 & \times 100\% = 12,300\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan MAPE diatas diperoleh tingkat keakuratan peramalan menggunakan metode Backpropagation Neural Network pada model 1 sebesar 12,300%. Hal ini menunjukkan bahwa metode tersebut baik dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia karena memiliki nilai error yang rendah.

2. Model 2 (60%:40%)

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} = & \\
 & \left(\frac{698.016 - 463.600}{698.016} + \frac{682.690 - 449.553}{682.690} + \dots + \frac{691.163 - 468.523}{691.163} \right) / 5 \times 100 \\
 & \% = 32,408\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan MAPE diatas diperoleh tingkat keakuratan peramalan menggunakan metode Backpropagation Neural Network pada model 2 sebesar 32,408%. Hal ini menunjukkan bahwa metode tersebut cukup baik dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia karena memiliki nilai error yang rendah.

3. Model 3 (70%:30%)

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{675.881 - 463.615}{675.881} + \frac{643.857 - 449.539}{643.857} + \dots + \frac{717.962 - 468.532}{717.962} \right)}{5} \times 100 \\ \% = 31,206\%$$

Berdasarkan perhitungan MAPE diatas diperoleh tingkat keakuratan peramalan menggunakan metode Backpropagation Neural Network pada model 3 sebesar 31,206%. Hal ini menunjukkan bahwa metode tersebut cukup baik dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia karena memiliki nilai error yang rendah.

4. Model 4 (80%:20%)

$$\text{MAPE} = \frac{\left(\frac{717.962 - 698.979}{717.962} + \frac{756.051 - 697.202}{756.051} + \dots + \frac{786.191 - 694.700}{786.191} \right)}{5} \times 100 \\ \% = 7,672\%$$

Berdasarkan perhitungan MAPE diatas diperoleh tingkat keakuratan peramalan menggunakan metode Backpropagation Neural Network pada model 4 sebesar 7,672%. Hal ini menunjukkan bahwa metode tersebut Sangat baik dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia karena memiliki nilai error yang rendah.

Berdasarkan hasil pengolahan data, telah diperoleh hasil peramalan produksi kopi di Indonesia untuk tahun 2025 sampai 2029. Proses pengolahan data diawali dengan mengumpulkan data produksi kopi dari Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. Data yang diperoleh kemudian dinormalisasi menggunakan persamaan {20} agar dapat digunakan dalam program Matlab serta untuk menentukan batasan interval. Hasil normalisasi data

menunjukkan bahwa fungsi aktivasi yang paling sesuai untuk peramalan ini adalah fungsi aktivasi sigmoid biner dengan interval nilai antara 0 hingga 1. Dalam implementasi metode backpropagation neural network, parameter yang digunakan dalam program Matlab meliputi nilai $\alpha = 0,1$, learning rate = 0,1, target error = 0,01, jumlah epoch maksimum = 1000, serta momentum sebesar 0,95. Selanjutnya data dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih dan data uji dengan empat model pembagian yang diuji yakni 50:50, 60:40, 70:30, dan 80:20. Data latih digunakan untuk melatih jaringan dengan algoritma backpropagation agar memperoleh nilai error terkecil dalam batas jumlah epoch yang telah ditentukan. Proses pelatihan dilakukan dengan metode feedforward di mana jaringan menggunakan bobot dan bias yang telah dioptimalkan selama tahap pelatihan.

Dari hasil pelatihan diketahui bahwa metode backpropagation akan berhenti secara otomatis ketika mencapai batas toleransi error yang telah ditentukan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai Mean Squared Error (MSE) pada 4 model tersebut yaitu yang diperoleh untuk model 1 adalah 0,0098 dengan iterasi berhenti pada epoch ke-152, model 2 adalah 0,0099 dengan iterasi berhenti pada epoch ke-123, model 3 adalah 0,0095 dengan iterasi berhenti pada epoch ke-133, model 4 adalah 0,0094 dengan iterasi berhenti pada epoch ke-135. Setelah tahap pelatihan selesai jaringan yang telah terbentuk kemudian digunakan dalam proses pengujian menggunakan metode feedforward untuk melakukan peramalan produksi kopi di Indonesia pada tahun 2025 sampai 2029.

Dari empat model pembagian data yang diuji model dengan proporsi data latih dan uji sebesar 80:20 menunjukkan hasil peramalan terbaik untuk tahun 2025 sampai dengan 2029. Model ini memberikan nilai error yang lebih kecil dibandingkan model lainnya karena jumlah data latih yang lebih besar memungkinkan jaringan *neural network* mempelajari pola dengan lebih baik. Setelah hasil peramalan diperoleh dalam bentuk interval dilakukan proses denormalisasi menggunakan persamaan {21} agar data kembali ke bentuk aktual. Hasil peramalan produksi kopi di Indonesia untuk tahun 2025 sampai 2029 menunjukkan bahwa produksi mengalami peningkatan signifikan pada tahun 2025 sedangkan penurunan produksi terjadi

pada tahun 2029. Model 80:20 dengan metode *backpropagation neural network* dapat digunakan sebagai pendekatan terbaik dalam meramalkan produksi kopi di Indonesia sehingga dapat membantu perencanaan strategis di sektor pertanian dan industri kopi di Indonesia.

Pemerintah dapat memanfaatkan model prediksi ini untuk menganalisis tren produksi mengantisipasi kemungkinan penurunan hasil serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Strategi tersebut meliputi peningkatan akses petani terhadap pupuk berkualitas penguatan program penyuluhan berbasis teknologi pertanian digital serta perbaikan infrastruktur irigasi. Selain itu, pemerintah juga dapat mendorong riset lanjutan di bidang kecerdasan buatan guna meningkatkan keakuratan prediksi. Dengan demikian kebijakan yang diterapkan dapat lebih optimal dalam menjaga stabilitas produksi serta meningkatkan kesejahteraan petani kopi di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Ibu Ulya Nabilla, S.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing I dan Ibu Riezky Purnama Sari, S.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing II atas bimbingan serta arahan yang sangat membantu dalam penyelesaian penelitian ini

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peramalan produksi kopi di Indonesia menggunakan metode *backpropagation neural network* telah diuji dengan empat model pembagian data, yaitu 50:50, 60:40, 70:30, dan 80:20. Dari keempat model tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Dari empat model pembagian data yang diuji model dengan proporsi 80:20 menghasilkan peramalan terbaik dengan tingkat akurasi tertinggi. Hasil peramalan produksi kopi di Indonesia pada model ini pada tahun 2025-2029 berturut-turut dalam ton yaitu 698.979; 697.202; 696.081; 695.292; 694.700.
2. Tingkat keakuratan metode *backpropagation neural network* dalam peramalan produksi kopi di Indonesia diukur menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dengan hasil terbaik pada model dengan proporsi 80:20 sebesar 7,672%. Nilai

ini menunjukkan bahwa metode ini sangat baik dalam melakukan peramalan produksi kopi di Indonesia.

SARAN

1. Hasil peramalan ini dapat dijadikan referensi bagi petani, pelaku industri, dan pemerintah dalam merencanakan produksi dan distribusi kopi sehingga dapat mengoptimalkan pasokan dan menjaga stabilitas harga di pasar.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi optimasi parameter pada algoritma *backpropagation neural network* atau membandingkannya dengan metode lain seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) guna meningkatkan akurasi dan efisiensi peramalan produksi kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cen, Cia Cai, and Erwin Nuryana Faisal. 2021. "Permintaan Kopi Indonesia: Studi Terhadap Dua Negara Tujuan Utama Ekspor." *Jurnal Riset Ilmu Ekonomi* 1(3):108-19.
- Darmawan, Roby. 2023. "Buku Outlook Komoditas Perkebunan Kopi." *Portal Epublikasi Pertanian* 2:90.
- Galih, David, Muhammad Luthfi, and Muhammad Farhan. 2022. "Klasifikasi Penyakit Jantung Menggunakan Metode Artificial Neural Network." *Journal of Data and Science(IJODAS)* 3(2):55-60.
- Gunaryati, Aris, Fauziah Fauziah, and Septi Andryana. 2018. "Perbandingan Metode-Metode Peramalan Statistika Untuk Data Indeks Harga Pangan." *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)* 2(3):241. doi: 10.30998/string.v2i3.2200.
- Ibnu, Muhammad, and Novi Rosanti. 2022. "Tren Produksi Dan Perdagangan Negara-Negara Produsen Kopi Terbesar Di Dunia Dan Implikasinya Bagi Indonesia." *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan* 16(2):145-66. doi: 10.55981/bilp.2022.5.
- International Coffee Organization ICO. 2024. "CDR Overview 2024 Beyond Coffee Towards a Circular Coffee Economy." 1-32.

Nopriyandi, Syofya, Heppi. 2023. "Analisis Ekspor Kopi Indonesia." *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia* 8(8):6050–61. doi: 10.36418/syntax-literate.v8i8.13407.

Pracoyo, Yohanes, and Widi Prasetyo. 2023. "Simulasi Jaringan Saraf Tiruan Dengan Neural Network Fitting Tool." *Jurnal Teknologi Terapan* 7(4):1722–31.

Sarvina, Yeli, Tania June, Elza Surmaini, Rita Nurmalina, and Sutjahjo Surjono Hadi. 2020. "Strategi Peningkatan Produktivitas Kopi Serta Adaptasi Terhadap Variabilitas Dan Perubahan Iklim Melalui Kalender Budidaya." *Jurnal Sumberdaya Lahan* 14(2):65. doi: 10.21082/jsdl.v14n2.2020.65-78.

Statistik, badan pusat statistik indonesia. 2023. "Statistik Kopi Indonesia." *Statistik Kopi Indonesia* 7(2):91.

Wibowo A. 2019. "Potensi Dan Tantangan Kopi Di Era Milenial." *Warta Pusat Peneliti Kopi Kakao Indonesia* 31(2)(August):16–23.