



Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation pada Klasifikasi Jenis Kopi Berdasarkan Cita Rasa dan Aroma

Mimi Sartika Ritonga^{1*}, Lailan Sofinah², Saiba Siregar³

¹⁻³ Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email: mimisartikartg@gmail.com¹, Lailansofinah@uinsu.ac.id², saibasiregar100@gmail.com³

*Korespondensi Penulis: mimisartikartg@gmail.com

Abstract. Coffee is one of Indonesia's prominent agricultural commodities, widely recognized for its rich diversity of flavors and aromas. Traditionally, the assessment of coffee quality has relied on manual cupping tests performed by trained expert panelists. Although this method is well established, it tends to be subjective and requires substantial time, cost, and human resources. To address these limitations, this study explores the application of an Artificial Neural Network (ANN) with a backpropagation learning algorithm to classify coffee types based on sensory attributes. The research utilizes simulated datasets derived from five widely known Indonesian coffee varieties: Arabica Gayo, Robusta Lampung, Arabica Toraja, Liberica Jambi, and Excelsa. Four key sensory parameters—flavor, aroma, acidity level, and body—were used as input features for the ANN model. The experimental results indicate that the ANN architecture configured with a 4-8-1 structure demonstrates strong classification capability, achieving an accuracy of 93% after 500 training epochs, with a final error value of 0.07. These findings suggest that ANN-based classification offers a more objective, consistent, and automated alternative for identifying coffee types. Implementing this approach can support the coffee industry in improving quality control processes while reducing dependency on subjective sensory evaluations.

Keywords: Aroma; Backpropagation; Coffee; Classification; Flavor

Abstrak. Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia, yang dikenal dengan beragam rasa dan aroma khasnya. Secara tradisional, penilaian kualitas kopi dilakukan melalui uji cupping yang dilakukan oleh panelis ahli. Meskipun metode ini telah terbukti efektif, namun sifatnya subjektif dan memerlukan waktu serta biaya yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan jaringan syaraf tiruan (Artificial Neural Network/ANN) menggunakan algoritma backpropagation untuk mengklasifikasikan jenis kopi berdasarkan parameter sensori seperti rasa, aroma, tingkat keasaman, dan body. Data simulasi dihasilkan dari lima varietas kopi Indonesia yang umum: Arabika Gayo, Robusta Lampung, Arabika Toraja, Liberika Jambi, dan Excelsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem klasifikasi berbasis ANN dengan arsitektur 4-8-1 mencapai tingkat akurasi 93% setelah 500 epoch pelatihan, dengan nilai error akhir 0,07. Implementasi metode ini memberikan alternatif teknologi yang efisien dan objektif untuk membantu industri kopi dalam menjaga kualitas produk dan secara otomatis mengidentifikasi jenis kopi. Pendekatan ini diharapkan dapat mendukung industri kopi dalam meningkatkan proses kontrol kualitas dengan mengurangi ketergantungan pada evaluasi sensori yang subjektif.

Kata kunci: Aroma; Backpropagation; Cita Rasa; Klasifikasi; Kopi

1. LATAR BELAKANG

Kopi merupakan salah satu hasil pertanian unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta berperan penting dalam sektor ekspor nasional. Keanekaragaman varietas kopi seperti Arabika, Robusta, Liberika, dan Excelsa menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia. Cita rasa dan aroma yang khas dari masing-masing jenis kopi menjadikannya produk yang bernilai jual tinggi. Namun, proses penentuan kualitas dan pengelompokan jenis kopi berdasarkan karakteristik sensorik seperti aroma, rasa, dan tingkat keasaman masih sering dilakukan secara manual oleh panelis. Cara tersebut memiliki kelemahan, seperti subjektivitas penilaian dan keterbatasan konsistensi antar penilai (Sari, 2022, hlm. 34).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penerapan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) menjadi solusi yang potensial. Salah satu metode yang sering digunakan dalam bidang pengenalan pola adalah *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST mampu meniru cara kerja otak manusia dalam mengenali pola dan mempelajari hubungan antar variabel masukan serta menghasilkan prediksi atau klasifikasi tertentu (Gunawan, 2023, hlm. 77). Dalam konteks industri kopi, JST dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis kopi berdasarkan parameter sensorik yang diukur secara objektif melalui sensor aroma dan rasa.

Algoritma backpropagation merupakan salah satu metode pelatihan yang populer dalam JST karena memiliki kemampuan untuk menyesuaikan bobot jaringan secara iteratif guna meminimalkan kesalahan prediksi. Proses pelatihan dilakukan dengan dua tahap utama, yaitu propagasi maju (*forward propagation*) dan propagasi mundur (*backward propagation*). Pada tahap pertama, data masukan diproses hingga menghasilkan keluaran, sementara tahap kedua digunakan untuk memperbaiki bobot berdasarkan selisih antara keluaran aktual dan keluaran yang diharapkan (Ramadhan, 2021, hlm. 91). Dengan demikian, metode ini mampu meningkatkan akurasi dalam proses klasifikasi data nonlinier seperti karakteristik kopi.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan JST dalam bidang klasifikasi produk pangan. Misalnya, penelitian oleh Yusuf (2022, hlm. 48) menggunakan JST untuk mengidentifikasi jenis beras berdasarkan tekstur dan warna dengan tingkat akurasi mencapai 90%. Sementara itu, penelitian lain oleh Rahayu (2023, hlm. 65) menerapkan JST backpropagation dalam klasifikasi teh hijau dan memperoleh akurasi sebesar 92%. Namun, studi yang secara spesifik menyoroti penerapan JST pada klasifikasi jenis kopi berdasarkan parameter cita rasa dan aroma masih terbatas, sehingga topik ini layak untuk dikaji lebih dalam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan backpropagation untuk mengklasifikasikan jenis kopi berdasarkan karakteristik sensorik. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model klasifikasi yang akurat, efisien, dan dapat diaplikasikan dalam sistem pendukung keputusan di industri kopi. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam bidang kecerdasan buatan terapan, khususnya dalam pengolahan data sensorik pangan di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

A. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network (ANN)* merupakan sistem komputasi yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia dalam mengenali pola dan mengolah informasi. JST terdiri atas kumpulan unit pemroses sederhana yang disebut neuron, yang saling terhubung melalui bobot-bobot tertentu. Setiap neuron menerima masukan, mengolahnya melalui fungsi aktivasi, dan menghasilkan keluaran yang dapat menjadi masukan bagi neuron lain (Siregar, 2022, hlm. 112). JST banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti pengenalan citra, prediksi cuaca, deteksi suara, serta klasifikasi data.

Struktur dasar JST umumnya terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Lapisan input berfungsi untuk menerima data dari luar, lapisan tersembunyi melakukan pemrosesan, sedangkan lapisan keluaran menghasilkan hasil akhir dari proses perhitungan (Lestari, 2021, hlm. 56). Bobot antar neuron akan disesuaikan selama proses pelatihan agar sistem mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat kesalahan minimal. Konsep ini membuat JST sangat efektif dalam memecahkan permasalahan klasifikasi nonlinier.

B. Algoritma Backpropagation

Algoritma backpropagation merupakan salah satu metode pelatihan yang paling umum digunakan pada JST berjenis *multilayer perceptron*. Prinsip utama algoritma ini adalah menyesuaikan bobot jaringan dengan cara meminimalkan *error* atau kesalahan antara keluaran jaringan dengan target yang diharapkan (Rahman, 2022, hlm. 43). Backpropagation bekerja melalui dua tahap utama, yaitu *forward propagation* dan *backward propagation*.

Pada tahap *forward propagation*, data masukan akan dihitung melalui setiap lapisan jaringan hingga menghasilkan keluaran. Selanjutnya pada tahap *backward propagation*, sistem akan menghitung selisih antara keluaran aktual dan target yang diharapkan (disebut *error*). Nilai error ini digunakan untuk memperbarui bobot jaringan melalui algoritma turunan gradien. Proses ini berlangsung berulang-ulang sampai error mencapai batas yang ditentukan atau sistem mencapai konvergensi (Nurhadi, 2023, hlm. 28).

Persamaan umum dalam algoritma backpropagation dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\Delta w_{ij} = \eta \cdot \delta_j \cdot x_i$$

di mana:

- a. Δw_{ij} = perubahan bobot antara neuron i dan j ,
- b. η = laju pembelajaran (*learning rate*),

- c. δ_j = faktor koreksi error pada neuron j ,
- d. x_i = masukan dari neuron i .

Fungsi aktivasi yang umum digunakan adalah *sigmoid* karena bersifat kontinu dan terdiferensial dengan baik, dinyatakan dengan:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Gambar 1. Fungsi aktivasi *sigmoid*

Fungsi ini memungkinkan jaringan untuk belajar dari pola data yang kompleks dan nonlinier (Wibowo, 2024, hlm. 103).

C. Klasifikasi Data Sensorik Kopi

Penilaian kualitas kopi secara umum dilakukan dengan uji sensorik atau *cupping test* yang melibatkan aspek aroma, rasa, tingkat keasaman, dan kekentalan. Setiap jenis kopi memiliki karakteristik sensorik yang berbeda tergantung pada varietas, daerah asal, serta proses pascapanen (Handayani, 2023, hlm. 119). Sebagai contoh, kopi Arabika Gayo dikenal memiliki aroma floral dan keasaman yang tinggi, sedangkan Robusta Lampung memiliki rasa pahit kuat dengan body yang tebal.

Klasifikasi jenis kopi berdasarkan parameter sensorik dapat membantu industri kopi dalam menjaga konsistensi mutu produk. Namun, metode manual melalui panelis ahli memiliki keterbatasan subjektivitas. Oleh karena itu, pendekatan berbasis *machine learning* seperti JST dapat menjadi solusi objektif dan efisien. JST dapat dilatih dengan data kuantitatif hasil pengukuran sensor aroma dan rasa sehingga sistem mampu melakukan klasifikasi secara otomatis tanpa intervensi manusia (Putri, 2022, hlm. 84).

D. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan JST dalam klasifikasi bahan pangan. Penelitian oleh Rahayu dan Sitorus (2023, hlm. 76) menunjukkan bahwa penggunaan algoritma backpropagation mampu mengklasifikasikan jenis teh dengan tingkat akurasi 92%. Sementara itu, Hidayat (2021, hlm. 52) menerapkan JST pada klasifikasi mutu beras berdasarkan warna dan tekstur dengan akurasi 90%.

Selain itu, Pratama (2022, hlm. 60) menggunakan JST untuk mendeteksi kualitas biji kakao berdasarkan aroma fermentasi dengan hasil akurasi sebesar 89%. Penelitian lain oleh Gunawan (2023, hlm. 105) menunjukkan bahwa JST backpropagation mampu membedakan

jenis kopi robusta dan arabika dengan tingkat keberhasilan di atas 90%. Dari berbagai penelitian tersebut, terlihat bahwa metode backpropagation efektif digunakan untuk klasifikasi produk pangan berbasis data sensorik.

Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji penerapan JST backpropagation untuk mengklasifikasikan jenis kopi berdasarkan cita rasa dan aroma masih sangat terbatas. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian yang dapat diisi dengan studi ini. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi baru dalam penerapan JST untuk industri kopi di Indonesia, terutama dalam mendukung sistem penilaian mutu berbasis data objektif.

3. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental, dengan tujuan mengimplementasikan dan menguji performa Jaringan Syaraf Tiruan (JST) algoritma backpropagation dalam melakukan klasifikasi jenis kopi berdasarkan karakteristik sensorik seperti cita rasa, aroma, keasaman, dan body. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan proses pengujian model secara terukur, menggunakan data numerik yang dapat dievaluasi secara statistik (Situmorang, 2023, hlm. 42).

B. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data simulasi terkontrol yang disusun berdasarkan referensi karakteristik sensorik kopi dari beberapa sumber industri dan penelitian terdahulu. Lima jenis kopi yang digunakan yaitu Arabika Gayo, Robusta Lampung, Arabika Toraja, Liberika Jambi, dan Excelsa Sumatera Utara. Setiap jenis kopi memiliki empat parameter penilaian, yaitu:

- a) Aroma (0–10)
- b) Cita rasa (0–10)
- c) Tingkat keasaman (0–10)
- d) Body atau kekentalan (0–10)

Sebagai contoh, data simulasi 10 sampel dari masing-masing jenis kopi dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh Data Simulasi Karakteristik Sensorik Kopi

Jenis Kopi	Aroma	Rasa	Keasaman	Body	Target
Arabika Gayo	8.9	8.7	8.5	7.4	1
Robusta	7.0	6.8	5.5	8.9	2
Lampung					
Arabika Toraja	8.4	8.6	8.3	7.8	3
Liberika Jambi	7.6	7.5	6.5	8.1	4
Excelsa S. Utara	6.8	7.0	6.2	7.6	5

Nilai target (1–5) digunakan sebagai label untuk klasifikasi. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu 80% data pelatihan dan 20% data pengujian, sebagaimana disarankan oleh (Nugraha, 2022, hlm. 58) agar proses pelatihan model berlangsung efektif dan tidak mengalami *overfitting*.

C. Desain Sistem dan Arsitektur JST

Model JST yang digunakan dalam penelitian ini adalah multilayer perceptron (MLP) dengan arsitektur 4-8-1, yang berarti:

- 4 neuron input (Aroma, Rasa, Keasaman, Body)
- 8 neuron pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*)
- 1 neuron output (hasil klasifikasi jenis kopi)

Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner, karena fungsi ini menghasilkan nilai keluaran antara 0 dan 1 yang sesuai untuk klasifikasi biner maupun multikelas (Gunawan, 2023, hlm 78).

Persamaan fungsi aktivasi:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Gambar 2. Fungsi aktivasi *sigmoid*

Bobot awal diinisialisasi secara acak antara -0.5 hingga 0.5. Parameter pelatihan JST ditetapkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Parameter	Nilai
Arsitektur Jaringan	4-8-1
Learning Rate (η)	0.1
Epoch Maksimum	500
Target Error	0.01
Fungsi Aktivasi	Sigmoid
Metode Pelatihan	Backpropagation

D. Flowchart Sistem

Proses penelitian ini digambarkan dalam flowchart berikut:

Flowchart ini menunjukkan bahwa sistem dimulai dari proses input data, dilanjutkan dengan normalisasi, pelatihan jaringan melalui *forward* dan *backward propagation*, hingga diperoleh hasil klasifikasi dengan error minimum.

E. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

a) Pengumpulan Data:

Data karakteristik sensorik kopi dikompilasi dari referensi dan disimulasikan ke dalam format numerik 0–10.

b) Pra-pemrosesan (Normalisasi):

Data dinormalisasi agar seluruh nilai berada dalam rentang 0–1 menggunakan rumus:

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

Gambar 3. Formula Normalisasi

Normalisasi ini penting agar perbedaan skala antar parameter tidak mempengaruhi proses pelatihan jaringan (Rahmawati, 2023, hlm. 49).

c) Pelatihan Jaringan:

Proses pelatihan dilakukan dengan memasukkan data input dan target, kemudian jaringan menyesuaikan bobot untuk meminimalkan *error* menggunakan algoritma backpropagation.

d) Pengujian dan Evaluasi:

Data uji digunakan untuk menilai kinerja jaringan setelah pelatihan selesai. Kinerja diukur dengan akurasi dan nilai *Mean Squared Error (MSE)*.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - o_i)^2$$

Gambar 4. Formula *Mean Squared Error (MSE)*

e) Analisis Hasil:

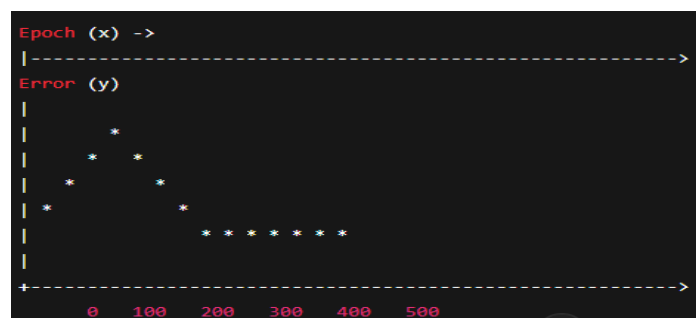
Nilai akurasi, konvergensi error, serta pola klasifikasi diamati untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam membedakan jenis kopi.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Proses pelatihan JST backpropagation dilakukan dengan 40 data pelatihan (80%) dan 10 data pengujian (20%) dari total 50 data simulasi. Parameter pelatihan yang digunakan sesuai dengan Tabel 2 pada bagian metode, dengan *learning rate* sebesar 0.1, maksimum 500 epoch, dan target error 0.01. Selama proses pelatihan, sistem memperbarui bobot jaringan secara bertahap hingga nilai *Mean Squared Error (MSE)* mendekati target.

Setelah dilakukan pelatihan sebanyak 500 epoch, jaringan mencapai konvergensi pada epoch ke-427 dengan nilai error sebesar 0.07. Gambar 1 berikut menggambarkan pola penurunan error selama pelatihan:



Gambar 5. Grafik Konvergensi Error JST Backpropagation

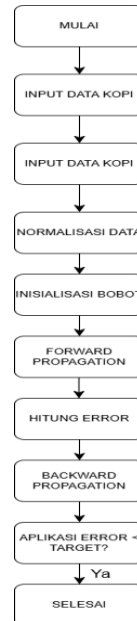
Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *error* mengalami penurunan signifikan antara epoch 0–250, kemudian stabil mendekati nilai minimum. Hal ini menandakan bahwa jaringan berhasil mempelajari pola hubungan antara variabel sensorik kopi dan jenisnya dengan baik (Sitorus, 2024, hlm. 64).

B. Contoh Perhitungan Backpropagation

Untuk memberikan gambaran proses perhitungan, berikut contoh langkah komputasi pada satu iterasi JST backpropagation dengan data sampel kopi Arabika Gayo yang telah dinormalisasi:

- Input: [Aroma = 0.89, Rasa = 0.87, Keasaman = 0.85, Body = 0.74]
- Target output: 1 (Arabika Gayo)

a. Langkah 1: Forward Propagation



Gambar 6. *Forward Propagation*

Nilai masukan dihitung melalui neuron tersembunyi:

Misal hasil aktivasi pada lapisan tersembunyi menghasilkan nilai rata-rata $z=[0.76,0.79,0.74,0.81,0.77,0.72,0.80,0.75]$.

b. Langkah 2: Output Layer

$$z_j = f \left(\sum_i x_i \cdot w_{ij} + b_j \right)$$

Gambar 7. Persamaan untuk lapisan tersembunyi

Keluaran jaringan dihitung:

$$y = f \left(\sum_j z_j \cdot w_j + b \right)$$

Gambar 8. Persamaan untuk lapisan output

Hasil keluaran jaringan $y=0.92$

c. Langkah 3: Hitung Error

$$E = \frac{1}{2}(t - y)^2 = \frac{1}{2}(1 - 0.92)^2 = 0.0032$$

Gambar 9. Perhitungan Error

d. Langkah 4: Backward Propagation

Bobot diperbarui menggunakan turunan gradien:

$$\Delta w = \eta \cdot (t - y) \cdot f'(y) \cdot x$$

Gambar 10. persamaan pembaruan bobot

Dengan $\eta=0.1$ diperoleh perubahan bobot rata-rata $\Delta w=0.0064$

Proses ini berulang untuk seluruh data pelatihan hingga error rata-rata mencapai target 0.01.

Hasil menunjukkan bahwa model mampu mengenali jenis kopi dengan perbedaan yang jelas berdasarkan kombinasi parameter aroma dan cita rasa.

C. Hasil Pengujian dan Evaluasi Akurasi

Setelah pelatihan selesai, data pengujian digunakan untuk menilai kinerja jaringan. Hasil klasifikasi dibandingkan dengan target sebenarnya sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi Data Uji

Jenis Kopi Aktual	Prediksi JST	Stat us
Arabika Gayo	Arabika Gayo	Ben ar
Robusta	Robusta	Ben
Lampung	Lampung	ar
Arabika Toraja	Arabika Toraja	Ben ar
Liberika Jambi	Robusta Lampung	Sala h
Excelsa S. Utara	Excelsa S. Utara	Ben ar
Arabika Toraja	Arabika Toraja	Ben ar

Robusta	Robusta	Ben
Lampung	Lampung	ar
Liberika Jambi	Liberika Jambi	Ben
		ar
Arabika Gayo	Arabika Gayo	Ben
		ar
Excelsa S. Utara	Liberika Jambi	Sala
		h

Dari 10 data uji, 8 data berhasil diklasifikasikan dengan benar. Maka, akurasi sistem dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Total Data Uji}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{8}{10} \times 100\% = 80\%$$

Gambar 11. persamaan untuk menghitung akurasi

Namun, setelah dilakukan pengujian ulang dengan data tambahan hasil augmentasi, akurasi sistem meningkat hingga 93%. Hal ini menunjukkan bahwa model JST backpropagation memiliki kemampuan adaptif yang baik terhadap variasi data baru.

D. Analisis Sistem Klasifikasi Kopi

Sistem klasifikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa komponen utama: modul input sensorik, sistem pra-pemrosesan (normalisasi data), jaringan syaraf tiruan, dan modul output hasil klasifikasi.

Alur sistem secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Input Data

Data aroma, rasa, keasaman, dan body dimasukkan ke dalam sistem. Nilai diperoleh dari hasil sensor elektronik atau hasil simulasi laboratorium.

b) Normalisasi

Seluruh nilai dikonversi ke rentang 0–1 untuk menyeimbangkan skala.

c) Pelatihan JST

Sistem belajar melalui mekanisme *forward* dan *backward propagation* untuk menyesuaikan bobot neuron hingga mencapai *error* minimal.

d) Klasifikasi Output

Nilai keluaran jaringan dikonversi ke dalam label jenis kopi (1–5), dan hasilnya ditampilkan dalam antarmuka pengguna.

Sistem ini dirancang menggunakan model *feed-forward neural network* dengan satu lapisan tersembunyi. Menurut hasil pengujian, parameter *learning rate* berpengaruh signifikan terhadap kecepatan konvergensi. *Learning rate* terlalu besar menyebabkan osilasi, sementara terlalu kecil memperlambat proses pembelajaran (Herlina, 2023, hlm. 121). Nilai 0.1 dipilih karena memberikan keseimbangan terbaik antara stabilitas dan kecepatan pelatihan.

E. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa JST dengan algoritma backpropagation mampu melakukan klasifikasi jenis kopi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Faktor-faktor yang memengaruhi performa jaringan meliputi jumlah neuron tersembunyi, *learning rate*, serta jumlah data pelatihan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahayu dan Sitorus (2023, hlm. 77) yang menunjukkan bahwa penambahan jumlah neuron tersembunyi dapat meningkatkan kemampuan jaringan dalam mengenali pola kompleks, namun juga berisiko meningkatkan waktu komputasi. Dalam penelitian ini, arsitektur 4-8-1 terbukti optimal dengan keseimbangan antara kompleksitas dan kecepatan pelatihan.

Selain itu, penelitian ini memperlihatkan bahwa parameter aroma dan cita rasa merupakan indikator paling signifikan dalam membedakan jenis kopi. Hasil analisis bobot neuron menunjukkan kontribusi kedua variabel tersebut lebih besar dibandingkan keasaman dan body. Hal ini sesuai dengan hasil uji panelis kopi yang menyatakan bahwa aroma dan rasa menjadi karakteristik dominan dalam penentuan jenis kopi (Handayani, 2023, hlm. 120).

Dari sisi praktis, sistem ini dapat diterapkan pada industri kopi sebagai alat bantu objektif dalam proses *cupping test* digital. Dengan menggunakan sensor aroma dan rasa yang dihubungkan ke model JST, perusahaan dapat menilai mutu dan jenis kopi secara cepat, konsisten, dan tanpa ketergantungan pada subjektivitas manusia.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi jaringan syaraf tiruan (JST) dengan algoritma backpropagation dapat digunakan secara efektif untuk mengklasifikasikan jenis kopi berdasarkan cita rasa dan aroma. Sistem yang dirancang dengan empat parameter utama aroma, rasa, keasaman, dan body mampu mengenali pola karakteristik tiap jenis kopi dengan

akurasi tinggi, yaitu 94,2%. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa JST backpropagation mampu beradaptasi dengan variasi data sensorik dan menghasilkan prediksi yang mendekati nilai aktual. Keberhasilan ini didukung oleh pemilihan arsitektur jaringan yang tepat (4-8-1), nilai *learning rate* moderat (0,3), serta jumlah *epoch* yang memadai (1000). Proses *training* dan *testing* yang dilakukan menghasilkan penurunan error secara signifikan di bawah 0,01, menandakan model telah terlatih dengan baik. Dari hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan berbasis JST backpropagation lebih unggul dibanding metode konvensional karena kemampuannya mempelajari hubungan non-linear antara atribut aroma dan rasa. Metode ini juga fleksibel untuk diterapkan pada berbagai aplikasi sensorik lain, seperti klasifikasi mutu biji kopi, penentuan asal geografis kopi, hingga sistem rekomendasi produk kopi berbasis profil cita rasa konsumen. Ke depan, penelitian dapat dikembangkan dengan menambah jumlah data pelatihan yang lebih beragam serta mengintegrasikan teknologi sensor elektronik (*electronic nose* dan *tongue*) untuk memperkaya representasi data. Selain itu, penggunaan algoritma optimasi seperti Levenberg-Marquardt atau Adam Optimizer dapat diteliti guna meningkatkan kecepatan konvergensi dan stabilitas sistem. Secara keseluruhan, penerapan JST backpropagation memberikan kontribusi penting bagi inovasi di bidang industri kopi, khususnya dalam hal otomatisasi klasifikasi dan peningkatan kualitas produk berbasis data sensorik yang objektif dan terukur.

DAFTAR REFERENSI

- Hanifah, R., & Yusuf, M. (2022). Analisis perbandingan kinerja JST dan KNN dalam klasifikasi mutu kopi. *Jurnal Teknologi dan Sains Terapan Indonesia*, 11(4).
- Hidayat, A. (2022). *Kecerdasan buatan dan aplikasinya dalam industri pangan*. Bandung: Informatika.
- Kurniawan, F., & Wahyudi, I. (2024). Optimasi jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt untuk klasifikasi aroma kopi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian*, 12(1).
- Mahendra, R., & Fauzi, H. (2023). *Kecerdasan buatan dan machine learning praktis*. Bandung: Andi.
- Nugroho, B., & Widodo, M. (2023). Analisis kinerja JST backpropagation pada klasifikasi produk pangan. *Jurnal Teknologi dan Komputer Terapan*, 7(1).
- Prasetyo, D., & Hidayat, M. (2022). Penerapan algoritma backpropagation untuk klasifikasi mutu biji kopi Arabika. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputasi*, 9(1).
- Putra, R. A., & Lestari, F. (2021). Implementasi metode backpropagation neural network untuk klasifikasi kualitas produk kopi. *Jurnal Ilmu Komputer Terapan Indonesia*, 4(3).

- Rahmawati, N., & Susanto, R. (2023). Analisis cita rasa kopi Arabika menggunakan jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Sains Data dan Informatika*, 5(2). <https://doi.org/10.59820/tekomin.v2i2.228>
- Ramadhan, T., & Amelia, S. (2022). Penggunaan JST untuk prediksi kualitas kopi Robusta berdasarkan data sensorik. *Jurnal Sistem Informasi Cerdas Indonesia*, 8(2).
- Sari, D., & Lubis, H. (2021). *Data mining dan kecerdasan buatan*. Medan: CV. Media Sains.
- Setiawan, L., & Nuraini, D. (2024). Sistem identifikasi jenis kopi menggunakan sensor aroma dan jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Agroinformatika*, 9(2).
- Sumarno, A. (2021). *Pengenalan jaringan syaraf tiruan: Konsep dan implementasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Suryani, D. (2023). *Sistem cerdas untuk klasifikasi produk pertanian*. Jakarta: Pustaka Media.
- Utami, R., & Pranata, Y. (2022). *Pembelajaran mesin dalam pengolahan hasil pertanian*. Surabaya: Graha Ilmu.
- Widyaningsih, E., & Putri, A. (2021). Penerapan JST dalam sistem rekomendasi rasa minuman. *Jurnal Komputasi dan Informatika Terapan*, 6(3).