

Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Arabika Berdasarkan Nilai *Cupping* Menggunakan *Backpropagation Neural Network*

Classification of Arabica Coffee Bean Quality Based on Cupping Scores Using a Backpropagation Neural Network

Arlan Tri Handika¹, Aditya Widodo^{*2}, Hari Prayudha³, Rayhan Atricha Rambe⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*Penulis Korespondensi

aditya.0702222086@uinsu.ac.id

Abstrak. Penilaian kualitas biji kopi Arabika merupakan proses penting dalam menjaga konsistensi cita rasa dan mutu produk kopi. Metode *cupping* yang umum digunakan masih memiliki tingkat subjektivitas yang tinggi karena dipengaruhi oleh perbedaan pengalaman dan persepsi panelis. Penelitian ini mengusulkan model klasifikasi kualitas biji kopi Arabika menggunakan *Backpropagation Neural Network* untuk menghasilkan penilaian yang lebih objektif dan konsisten. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari *Coffee Quality Institute* (CQI) yang diperoleh melalui *platform Kaggle* dengan total 207 sampel kopi Arabika. Atribut yang digunakan meliputi aroma, *flavor*, *acidity*, *body*, *aftertaste*, *balance*, dan *moisture*. Kualitas biji kopi diklasifikasikan ke dalam tiga kelas, yaitu *Grade A*, *Grade B*, dan *Grade C*, berdasarkan nilai total *cupping points*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model menghasilkan akurasi sebesar 85,7%, dengan nilai *precision* 55,6%, *recall* 60,4%, dan *F1-score* 56,6%. Perbedaan nilai metrik evaluasi tersebut menunjukkan bahwa meskipun model mampu melakukan klasifikasi secara umum dengan baik, kemampuannya dalam mengidentifikasi setiap kelas secara tepat masih dipengaruhi oleh distribusi data, sehingga evaluasi kinerja tidak dapat hanya bergantung pada nilai akurasi. Model yang diusulkan berpotensi membantu proses penilaian kualitas biji kopi dengan menyediakan hasil klasifikasi beserta informasi probabilitas.

Kata kunci: klasifikasi biji kopi, *backpropagation neural network*, *cupping*, *machine learning*

Abstract. The assessment of Arabica coffee bean quality is an important process in maintaining consistency in flavor and overall product quality. The commonly used *cupping* method involves a high degree of subjectivity due to differences in experience and perception among panelists. This study proposes a classification model for Arabica coffee bean quality based on a *Backpropagation Neural Network* to provide a more objective and consistent evaluation. The dataset used is secondary data obtained from the *Coffee Quality Institute* (CQI) through the *Kaggle* platform, consisting of 207 Arabica coffee samples. The input attributes include aroma, *flavor*, *acidity*, *body*, *aftertaste*, *balance*, and *moisture*. Coffee bean quality is classified into three categories, namely *Grade A*, *Grade B*, and *Grade C*, based on total *cupping points*. Experimental results show that the proposed model achieves an accuracy of 85.7%, with *precision*, *recall*, and *F1-score* values of 55.6%, 60.4%, and 56.6%, respectively. The discrepancy among these evaluation metrics indicates that although the model performs well in general classification, its ability to accurately identify each quality grade is influenced by class distribution, which may lead to biased interpretations if performance is evaluated solely based on accuracy. The proposed model demonstrates potential

to support the coffee quality assessment process by providing classification results along with probability information.

Keywords: coffee bean classification, backpropagation neural network, cupping, machine learning

1. Pendahuluan

Kualitas biji kopi merupakan faktor utama yang menentukan cita rasa, nilai jual, serta daya saing produk kopi di industri *coffee shop* (Al-Mahish & Alfayadh, 2024; Banti & Atlaw, 2024). Penilaian kualitas biji kopi umumnya dilakukan melalui proses *cupping* dengan mempertimbangkan beberapa atribut sensorik, seperti aroma, *acidity*, *body*, *aftertaste*, dan *balance* (Debona et al., 2025; Flores et al., 2024). Meskipun demikian, hasil *cupping* sangat dipengaruhi pengalaman, kalibrasi, dan persepsi individu panelis, sehingga masih mengandung unsur subjektivitas dan dapat menimbulkan variasi penilaian terhadap biji kopi yang sama (Nugroho & Basunanda, 2020; Safrizal & Safmila, 2025). Kondisi ini mendorong perlunya pendekatan berbasis komputasi yang mampu memberikan penilaian kualitas biji kopi secara lebih objektif dan konsisten.

Berbagai metode komputasi seperti AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dan teknik machine learning telah digunakan dalam penilaian biji kopi, namun masih memiliki keterbatasan dalam memodelkan pola non-linier yang kompleks pada atribut sensorik. *Backpropagation Neural Network* dipilih karena mampu mempelajari keterkaitan antar variabel secara adaptif, serta menunjukkan performa yang baik dalam tugas klasifikasi berbasis data. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penerapan *Backpropagation Neural Network* sebagai machine learning-based expert system yang mampu mengklasifikasikan kualitas biji kopi Arabika berdasarkan nilai *cupping*. Dataset yang digunakan sepenuhnya berasal dari CQI (*Coffee Quality Institute*) sebagai data sekunder.

Urban Coffee digunakan dalam penelitian ini hanya sebagai studi kasus penerapan sistem guna menggambarkan potensi implementasi dalam lingkungan operasional *coffee shop*. Secara umum, proses evaluasi kualitas biji kopi di *coffee shop* masih dilakukan secara manual tanpa dukungan data historis yang terstruktur sehingga rawan subjektivitas. Sistem klasifikasi yang dikembangkan diharapkan dapat membantu meningkatkan objektivitas dan konsistensi penilaian kualitas biji kopi, sekaligus menunjukkan peluang penerapan model ini dalam mendukung keputusan seleksi biji kopi di Urban Coffee maupun *coffee shop* lainnya.

Machine learning merupakan cabang kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem komputer mempelajari pola dari data dan melakukan prediksi atau klasifikasi secara otomatis tanpa memerlukan aturan yang ditentukan secara eksplisit (Badillo et al., 2020; Sarker, 2021). Salah satu algoritma pembelajaran mesin yang banyak digunakan dalam pemrosesan data non-linier adalah jaringan saraf tiruan (*Neural Network*). *Backpropagation Neural Network* merupakan metode pelatihan dalam jaringan saraf tiruan yang bekerja dengan memperbaiki bobot secara iteratif berdasarkan selisih antara keluaran model dan target yang diharapkan (Alkhairi et al., 2023; Chen et al., 2024). Metode ini efektif dalam mempelajari hubungan kompleks antar variabel karena kemampuan adaptifnya dalam mengoptimalkan bobot melalui proses *feedforward* dan *backward* secara berulang hingga diperoleh performa klasifikasi yang optimal (Zhang & Qu, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem penilaian kualitas biji kopi menggunakan metode *Backpropagation Neural Network*. Sistem yang dikembangkan dirancang untuk

mengklasifikasikan kualitas biji kopi ke dalam tiga kelas, yaitu *Grade A*, *Grade B*, dan *Grade C*, berdasarkan atribut sensorik kopi. Dataset yang digunakan merupakan data sekunder dari CQI yang tersedia secara publik melalui *platform* Kaggle. Pemanfaatan dataset ini memungkinkan simulasi karakteristik biji kopi secara terstandarisasi sebagai dasar pengujian kinerja metode yang diusulkan.

Diharapkan, sistem yang dikembangkan dapat menghasilkan rekomendasi penilaian kualitas biji kopi yang lebih objektif, konsisten, dan efisien, sehingga berpotensi digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam proses seleksi biji kopi di Urban Coffee. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem berbasis *neural network* dalam bidang penilaian kualitas produk pertanian, khususnya kopi, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dengan pendekatan dan *dataset* yang lebih beragam.

2. Metode

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan eksperimental berbasis komputasi. Urban Coffee digunakan sebagai studi kasus penerapan sistem, yaitu sebagai pihak yang memanfaatkan hasil klasifikasi kualitas biji kopi yang dihasilkan. Proses perancangan sistem, pengolahan data, penerapan metode *Backpropagation Neural Network*, serta pengujian dan evaluasi sistem dilakukan pada bulan Oktober 2025.

Penelitian ini tidak melibatkan pengambilan data langsung di lokasi Urban Coffee, melainkan menggunakan data sekunder untuk mensimulasikan proses penilaian kualitas biji kopi yang dapat diterapkan pada lingkungan *coffee shop*.

2.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari dataset *Coffee Quality Institute* (CQI) yang tersedia secara publik melalui *platform* Kaggle. *Dataset* yang digunakan adalah data kopi Arabika dengan total 207 sampel yang telah melalui proses pembersihan data (*cleaned dataset*). *Dataset* ini berisi hasil evaluasi kualitas biji kopi berdasarkan metode *cupping* yang dilakukan oleh panelis bersertifikat CQI menggunakan standar penilaian yang terstruktur.

Dalam penelitian ini, dataset dibagi menjadi data latih dan data uji untuk mengevaluasi kinerja metode *Backpropagation Neural Network* dalam mengklasifikasikan kualitas biji kopi. Pembagian data dilakukan dengan rasio 70% data latih dan 30% data uji, di mana data latih digunakan untuk proses pembelajaran model, sedangkan data uji digunakan untuk mengukur kemampuan generalisasi model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Metode validasi yang digunakan adalah *hold-out validation*, yang umum digunakan pada penelitian klasifikasi berbasis *machine learning* dengan jumlah data terbatas.

Urban Coffee berperan sebagai studi kasus simulasi penerapan sistem, yaitu sebagai pihak yang secara konseptual memanfaatkan hasil klasifikasi kualitas biji kopi yang dihasilkan oleh model. Data yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya berasal dari *dataset* CQI dan bukan merupakan data aktual dari Urban Coffee.

Tidak seluruh atribut dalam dataset digunakan dalam penelitian ini. Pemilihan variabel dilakukan berdasarkan atribut yang berpengaruh langsung terhadap penilaian kualitas sensorik kopi serta mengacu pada standar *cupping* CQI. Variabel yang digunakan terdiri dari variabel *input* dan variabel *output* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Variabel Penelitian

No	Variabel	Keterangan
1.	Aroma	Nilai aroma kopi
2.	Flavor	Nilai cita rasa kopi
3.	Acidity	Tingkat keasaman kopi
4.	Body	Kekentalan atau body kopi
5.	Aftertaste	Rasa yang tertinggal setelah diminum
6.	Balance	Keseimbangan keseluruhan rasa
7.	Moisture	Kadar air pada biji kopi
8.	Grade	Kualitas biji kopi (A, B, atau C)

Variabel *aroma*, *flavor*, *acidity*, *body*, *aftertaste*, *balance*, dan *moisture* digunakan sebagai variabel *input* pada jaringan saraf tiruan, sedangkan variabel *grade* kualitas digunakan sebagai variabel *output* atau label klasifikasi. Penentuan kelas kualitas biji kopi dilakukan berdasarkan total nilai *cupping points* dengan pembagian rentang nilai sebagai berikut: *Grade A* untuk kopi dengan nilai *cupping* ≥ 80 , *Grade B* untuk nilai *cupping* antara 70 hingga < 80 , dan *Grade C* untuk nilai *cupping* < 70 . Pembagian kelas ini mengacu pada standar penilaian kualitas kopi Arabika yang umum digunakan dalam evaluasi *cupping* CQI.

2.3 Metode Backpropagation Neural Network

Backpropagation Neural Network merupakan algoritma pembelajaran terawasi pada jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi dengan menyesuaikan bobot jaringan secara iteratif berdasarkan nilai *error* (Nainggolan et al., 2024; Napitupulu & Safii, 2024; Putri Dewita Sari & Faiz Ahyaningsih, 2024). Pada penelitian ini, metode *Backpropagation Neural Network* diterapkan untuk mengklasifikasikan kualitas biji kopi ke dalam tiga kelas, yaitu *Grade A*, *Grade B*, dan *Grade C*, berdasarkan atribut sensorik kopi. Arsitektur jaringan yang digunakan terdiri dari lapisan input, lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan *output*, di mana lapisan *input* menerima nilai *aroma*, *flavor*, *acidity*, *body*, *aftertaste*, *balance*, dan *moisture*, sedangkan lapisan *output* menghasilkan kelas kualitas biji kopi (Adiwijaya & Sarno, 2024).

Arsitektur jaringan saraf tiruan yang digunakan terdiri dari satu lapisan input, tiga lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan tiga lapisan *output*. Lapisan input memiliki tujuh neuron yang merepresentasikan atribut *aroma*, *flavor*, *acidity*, *body*, *aftertaste*, *balance*, dan *moisture*. Lapisan tersembunyi terdiri dari sepuluh *neuron*, yang dipilih untuk memberikan keseimbangan antara kemampuan jaringan dalam mempelajari pola nonlinier dan menghindari *overfitting* pada dataset dengan jumlah sampel terbatas. Lapisan *output* memiliki tiga *neuron* yang merepresentasikan kelas kualitas biji kopi, yaitu *Grade A*, *Grade B*, dan *Grade C*.

Fungsi aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi sigmoid, yang dirumuskan sebagai berikut:

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

Fungsi ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani nilai *nonlinier* serta menghasilkan keluaran dalam rentang 0 hingga 1, yang sesuai untuk permasalahan klasifikasi multikelas.

Proses pelatihan jaringan dilakukan dengan menggunakan *learning rate* sebesar 0,001, yang dipilih untuk memastikan proses pembelajaran berlangsung secara stabil tanpa menyebabkan perubahan bobot yang terlalu besar. Proses pembelajaran dijalankan selama 1000 *epoch*, di mana nilai tersebut ditentukan untuk memberikan kesempatan yang cukup bagi jaringan dalam meminimalkan *error* tanpa menyebabkan pembelajaran berlebihan (*overtraining*).

Nilai keluaran jaringan pada lapisan output kemudian dibandingkan dengan nilai target untuk menghitung *error*. Perhitungan *error* menggunakan fungsi *Mean Squared Error* (MSE) yang dirumuskan sebagai berikut:

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

dengan t merupakan nilai target dan y merupakan nilai keluaran jaringan.

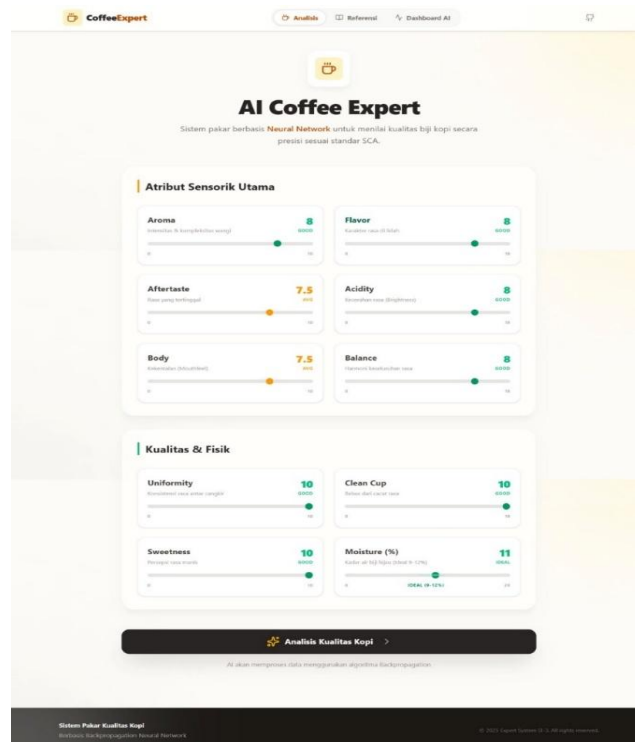
Proses pembaruan bobot jaringan dilakukan menggunakan algoritma *backpropagation* berdasarkan nilai *error* yang diperoleh. Persamaan pembaruan bobot dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta w = \eta \cdot \delta \cdot x$$

di mana η adalah *learning rate*, δ merupakan nilai *error* pada *neuron*, dan x adalah nilai *input*. Proses pembelajaran dilakukan secara iteratif hingga nilai *error* mencapai batas *minimum* atau jumlah *epoch* maksimum terpenuhi.

3. Hasil dan Pembahasan

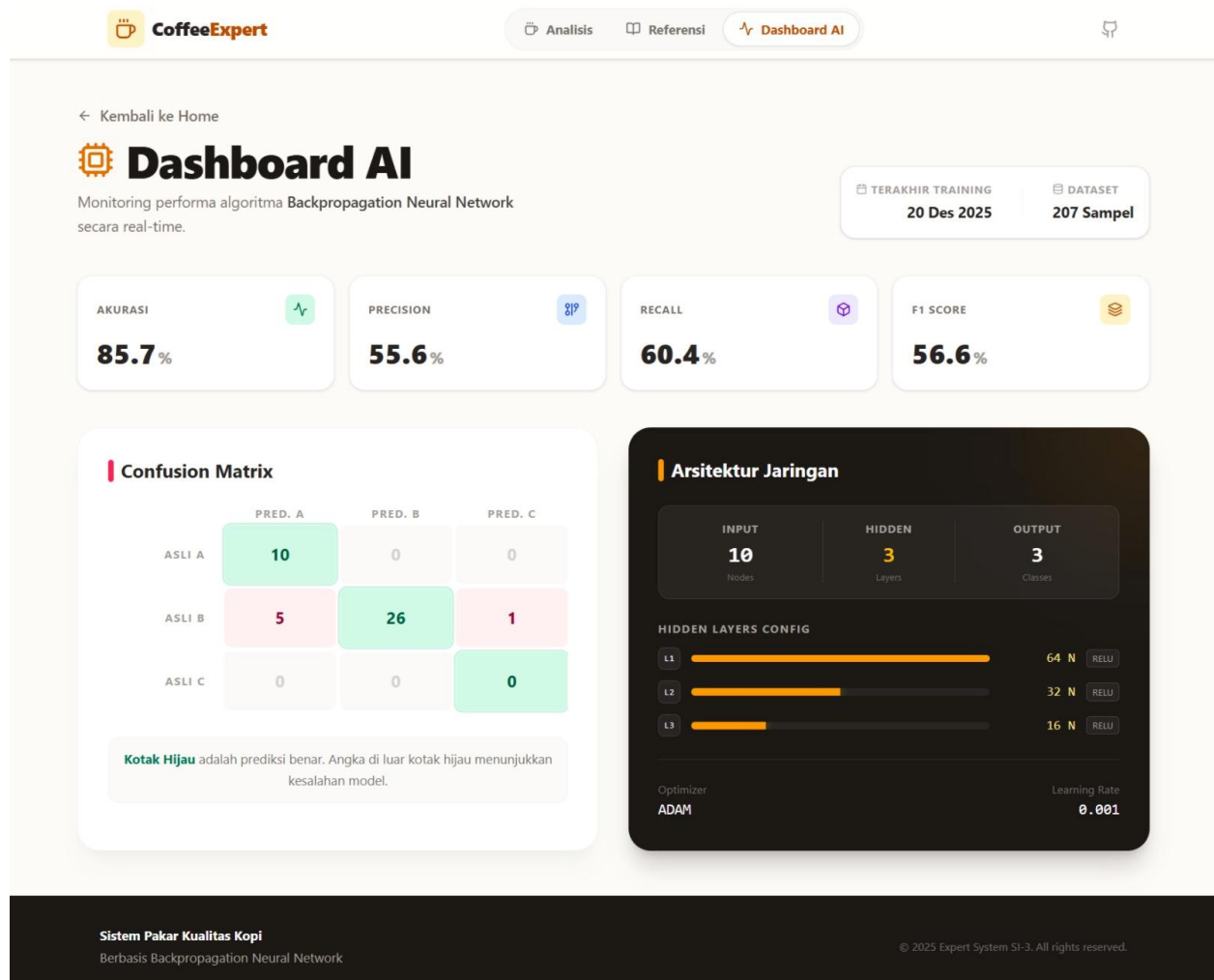
Hasil penelitian ini berupa model klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan metode *Backpropagation Neural Network* yang mampu mengelompokkan kualitas biji kopi berdasarkan atribut sensorik dan fisik kopi. Model yang dikembangkan diintegrasikan ke dalam antarmuka berbasis *web* untuk mendukung proses evaluasi dan pengambilan keputusan dalam operasional *coffee shop*.



Gambar 1. Tampilan Input Pengguna

Fokus utama antarmuka adalah pada modul analisis terlihat pada Gambar 1, di mana pengguna menginputkan atribut sensorik dan fisik sesuai standar SCA (*Specialty Coffee Association*). Berbeda dengan penilaian manual yang sangat subjektif, sistem ini mentransformasikan nilai numerik sensorik menjadi probabilitas kelas kualitas secara instan.

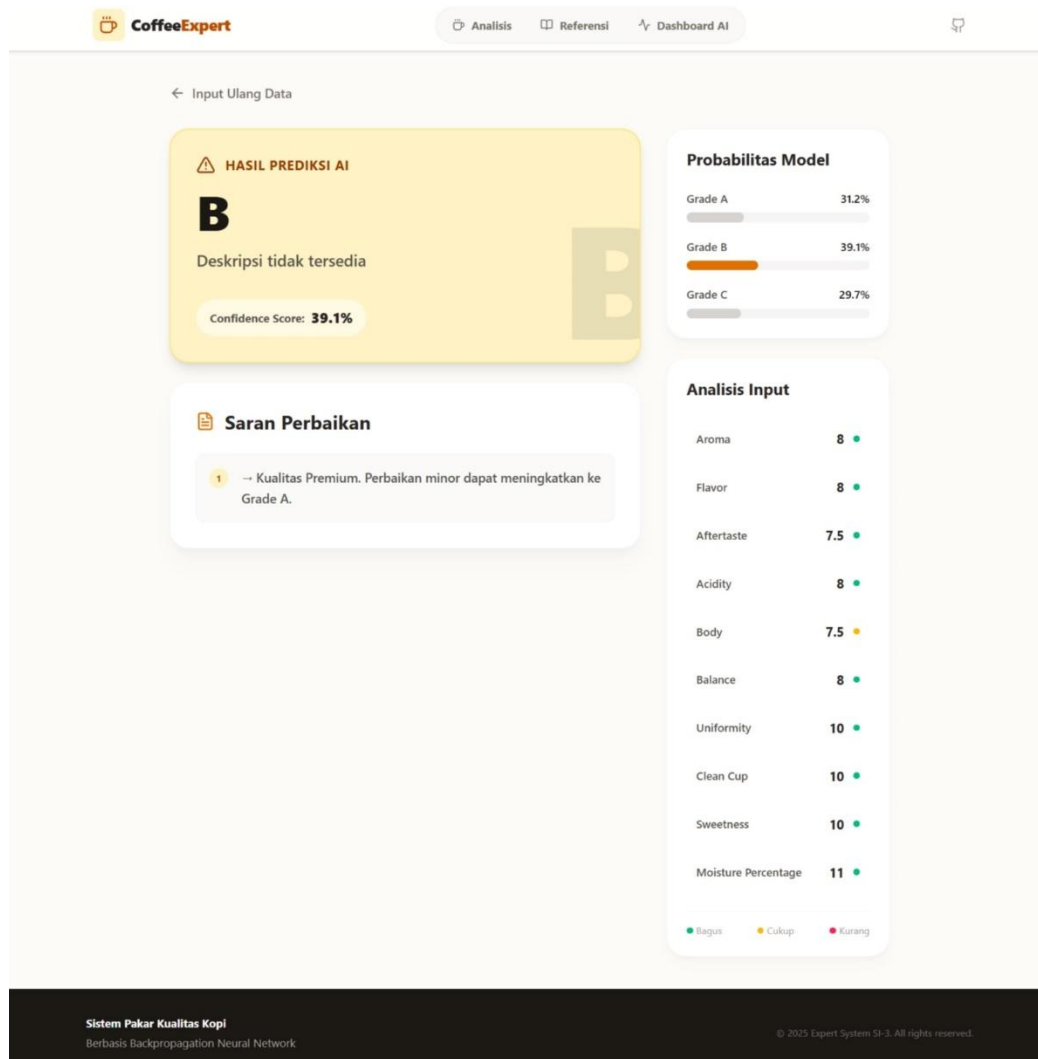
Berdasarkan pengujian terhadap 207 sampel kopi Arabika, model menghasilkan tingkat akurasi sebesar 85,7%. Namun, terdapat perbedaan nilai yang signifikan pada metrik evaluasi lainnya, yaitu nilai *precision* sebesar 55,6%, *recall* 60,4%, dan *F1-score* 56,6%. Perbedaan mencolok antara akurasi yang tinggi dengan nilai *precision* dan *recall* yang rendah ini menunjukkan bahwa evaluasi kinerja sistem tidak dapat hanya bersandar pada nilai akurasi saja.



Gambar 2. Monitoring Performa algoritma *Backpropagation Neural Network*

Rendahnya nilai *precision* dan *recall* dibandingkan akurasi dipengaruhi oleh distribusi data dalam dataset. Pada confusion matrix di Gambar 2, terlihat bahwa kelas yang paling sering salah diklasifikasikan adalah *Grade B* yang diprediksi sebagai *Grade A* (sebanyak 5 sampel). Hal ini disebabkan oleh adanya *overlap* atau tumpang tindih karakteristik antar *grade*. Penentuan kelas didasarkan pada total nilai *cupping points* dengan ambang batas yang sangat berdekatan, misalnya *Grade A* untuk skor ≥ 80 dan *Grade B* untuk skor 70 hingga < 80 . Biji kopi yang memiliki total skor di sekitar angka 80 memiliki profil sensorik yang hampir identik, sehingga algoritma kesulitan menemukan garis pemisah yang tegas di antara kedua kelas tersebut.

Selain menyajikan klasifikasi akhir, sistem ini juga menampilkan probabilitas untuk setiap kelas *Grade A*, *B*, dan *C* guna memberikan transparansi mengenai tingkat keyakinan model. Sebagai contoh, pada Gambar 3, sistem mengklasifikasikan sampel ke dalam *Grade B* dengan *confidence score* 39,1%. Penyertaan informasi probabilitas ini sangat krusial untuk membantu pengguna memahami bahwa meskipun hasil akhir adalah *Grade B*, terdapat kemiripan karakteristik dengan kelas lainnya seperti *Grade A* yang memiliki probabilitas 31,2%, yang mencerminkan sifat non-linier dan kompleksitas atribut sensorik kopi.



Gambar 3. Hasil Prediksi Sistem

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan model klasifikasi kualitas biji kopi Arabika berbasis *Backpropagation Neural Network* yang mampu mengelompokkan kualitas biji kopi ke dalam tiga kelas, yaitu *Grade A*, *Grade B*, dan *Grade C*, berdasarkan atribut sensorik dan fisik kopi yang mengacu pada standar penilaian *cupping Coffee Quality Institute* (CQI). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mencapai tingkat akurasi sebesar 85,7%, yang mengindikasikan kemampuan jaringan dalam mempelajari pola hubungan antara atribut sensorik kopi dan kualitas biji kopi, meskipun nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* masih menunjukkan adanya tantangan dalam membedakan kelas kualitas yang memiliki karakteristik berdekatan. Secara kontribusi,

penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan klasifikasi berbasis *machine learning*, khususnya *Backpropagation Neural Network*, dapat digunakan sebagai alternatif objektif untuk mendukung proses penilaian kualitas kopi yang selama ini bergantung pada penilaian subjektif panelis.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Keterbatasan *dataset* terlihat dari jumlah sampel yang relatif terbatas dan sepenuhnya berasal dari data sekunder CQI, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan variasi kondisi biji kopi di lapangan. Dari sisi metode, penggunaan satu arsitektur jaringan saraf tanpa perbandingan dengan algoritma klasifikasi lain membatasi evaluasi performa model secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan *dataset* yang lebih besar dan beragam, mengintegrasikan data aktual dari *coffee shop*, serta membandingkan performa *Backpropagation Neural Network* dengan metode *machine learning* lain atau pendekatan optimasi parameter guna meningkatkan akurasi dan kemampuan generalisasi model.

Daftar Pustaka

- Adiwijaya, N. O., & Sarno, R. (2024). *Specialty Coffees Classification Utilizes Feature Selection and Machine Learning* (pp. 94–101). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-445-7_11
- Alkhairi, P., Batubara, E. R., Rosnelly, R., Wanayaumini, W., & Tambunan, H. S. (2023). Effect of Gradient Descent With Momentum Backpropagation Training Function in Detecting Alphabet Letters. *Sinkron*, 8(1), 574–583. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i1.12183>
- Al-Mahish, M., & Alfayadh, R. (2024). The impact of coffee quality attributes and ratings on specialty coffee bean prices. *Beverage Plant Research*, 4. <https://doi.org/10.48130/bpr-0024-0029>
- Badillo, S., Banfai, B., Birzele, F., Davydov, I. I., Hutchinson, L., Kam-Thong, T., Siebourg-Polster, J., Steiert, B., & Zhang, J. D. (2020). An Introduction to Machine Learning. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 107(4), 871–885. <https://doi.org/10.1002/cpt.1796>
- Banti, M., & Atlaw, T. (2024). Effect of processing methods on physicochemical and cup quality of coffee at Jimma, Ethiopia. *Heliyon*, 10(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30480>
- Chen, B., Jin, W., & Lu, H. (2024). Using a genetic backpropagation neural network model for credit risk assessment in the micro, small and medium-sized enterprises. *Heliyon*, 10(14), e33516. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33516>
- Debona, D. G., Lyrio, M. V. V., da Luz, J. M. R., Frinhani, R. Q., Araújo, B. Q., Oliveira, E. C. da S., Agnoletti, B. Z., Coura, M. R., Pereira, L. L., & de Castro, E. V. R. (2025). Comprehensive evaluation of volatile compounds and sensory profiles of coffee throughout the roasting process. *Food Chemistry*, 478, 143586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143586>
- Flores, O. R. V., Arriaga, M. R., Berasain, M. D. M., Elías, G. A. V., & Dávila, J. F. R. (2024). Sensory evaluation and color of Coffea arabica coffee from the Central Mexican Highlands. *Coffee Science*, 19. <https://doi.org/10.25186/v19i.2235>
- Nainggolan, N., Ketaren, E., & Seven Adinata, H. (2024). Face Recognition Using Backpropagation Algorithm (Supervised Learning)-Nelson Nainggolan et.al Face Recognition Using Backpropagation Algorithm (Supervised Learning). *Informatika Dan Sains*, 14(04), 2024. <https://doi.org/10.54209/infosains.v14i04>

- Napitupulu, P. N., & Safii, M. (2024). Penerapan Algoritma Backpropogation Dalam Prediksi Jumlah Penduduk Di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Manajemen Informatika Jayakarta*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.52362/jmijayakarta.v4i1.1300>
- Nugroho, D., & Basunanda, P. (2020). Performance of biochemical compounds and cup quality of Arabica coffee Performance of Biochemical Compounds and Cup Quality of Arabica Coffee as Influenced by Genotype and Growing Altitude. *Edition Pelita Perkebunan*, 36(1), 1–23.
- Putri Dewita Sari, & Faiz Ahyaningsih. (2024). Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Prediksi Harga Bahan Pangan di Wilayah Kabupaten Deli Serdang. *Algoritma : Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumian Dan Angkasa*, 2(6), 105–117. <https://doi.org/10.62383/algoritma.v2i6.287>
- Safrizal, S., & Safmila, Y. (2025). Assessment of Robusta Coffee Quality Using Parameters of Specialty Coffee Association by Analytical Hierarchi Process (AHP) Method. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 14(4), 1282–1290. <https://doi.org/10.23960/jtepl.v14i4.1282-1290>
- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(3), 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Zhang, J., & Qu, S. (2021). Optimization of Backpropagation Neural Network under the Adaptive Genetic Algorithm. *Complexity*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/1718234>