

Klasifikasi Varietas Biji Kopi Arabika Gayo Berbasis Deteksi Objek Menggunakan Algoritma YOLOv5

Randa Mah Bengi¹, Iqbal², Riyadhul Fajri³

^{1,2,3} Universitas Almuslim

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 27 April 2026

Revised : 06 Mei 2026

Accepted : 07 Mei 2026

Keywords:

yolov5, deep learning, gayo arabica coffee, object detection, image processing



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Kata kunci:

yolov5, deep learning, kopi arabika gayo, deteksi objek, klasifikasi citra

Corresponding Author:

Randa Mah Bengi

Universitas Almuslim

Email:

randamahbengi06@gmail.com

ABSTRACT

[Classification of Gayo Arabica Coffee Bean Varieties Based on Object Detection Using the YOLOv5 Algorithm] Gayo Arabica coffee is one of Indonesia's leading agricultural commodities with high economic value, especially in the export market. However, the process of classifying coffee bean varieties is still mostly performed manually, which can lead to misidentification and inconsistency in quality control. This study aims to develop an automatic classification system for Gayo Arabica coffee bean varieties using a *deep learning* approach based on the *You Only Look Once version 5 (YOLOv5)* model. The dataset consisted of 1,500 images of three main varieties: Tim-tim (Gayo 1), Bor-bor (Gayo 2), and Ateng Super (Gayo 3), with 500 images per class. The images were collected through direct observation and documentation in Aceh Tengah and labeled using *LabelImg*. The model was trained using the Python programming language with the *Ultralytics YOLOv5* library based on *PyTorch*. Model performance was evaluated using *precision*, *recall*, and *mean Average Precision (mAP)* metrics, as well as a *confusion matrix*. The final model achieved an accuracy of 96% with an *mAP50-95* value of 0.99, indicating that the YOLOv5-based system can effectively and consistently classify coffee bean varieties in real-time. The results of this study are expected to assist farmers and coffee industry stakeholders in improving the efficiency and accuracy of post-harvest quality control.

ABSTRAK

Kopi Arabika Gayo merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi, khususnya dalam pasar ekspor. Namun, proses klasifikasi varietas biji kopi masih banyak dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan identifikasi dan ketidakkonsistenan dalam pengendalian mutu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis varietas biji kopi Arabika Gayo menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis model *You Only Look Once version 5 (YOLOv5)*. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.500 citra tiga varietas utama, yaitu Tim-tim (Gayo 1), Bor-bor (Gayo 2), dan Ateng Super (Gayo 3), dengan masing-masing 500 citra per kelas. Data dikumpulkan melalui observasi dan dokumentasi langsung di Aceh Tengah serta diberi label menggunakan *LabelImg*. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka *Ultralytics YOLOv5* berbasis *PyTorch*. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision (mAP)* serta dianalisis melalui *confusion matrix*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mencapai tingkat akurasi sebesar 96% dengan nilai *mAP50-95* sebesar 0,99. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berbasis

YOLOv5 mampu mengklasifikasikan varietas biji kopi secara efektif dan konsisten dalam kondisi *real-time*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dan pelaku industri kopi dalam meningkatkan efisiensi serta ketepatan proses pengendalian mutu pascapanen.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk dalam bidang pertanian dan Perkebunan [1], [2]. Salah satu komoditas unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah kopi, khususnya Kopi Arabika Gayo yang berasal dari Aceh Tengah dan telah dikenal luas di pasar nasional maupun internasional karena kualitas cita rasanya yang khas serta telah memiliki sertifikasi Indikasi Geografis [3], [4], [5]. Dalam proses pascapanen, salah satu tahapan penting yang mempengaruhi kualitas dan nilai jual kopi adalah proses klasifikasi varietas biji kopi. Ketidaktepatan dalam proses klasifikasi dapat berdampak pada menurunnya mutu produk serta menyebabkan kerugian ekonomi bagi petani dan pelaku industri kopi [6].

Berdasarkan hasil observasi di lapangan, proses klasifikasi biji kopi Arabika Gayo masih banyak dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual. Metode ini sangat bergantung pada pengalaman dan ketelitian individu, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan identifikasi, terutama pada varietas yang memiliki kemiripan bentuk, ukuran, dan warna [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Akibatnya, sering terjadi pencampuran antar varietas seperti Tim-tim (Gayo 1), Bor-bor (Gayo 2), dan Ateng Super (Gayo 3), yang berdampak pada ketidakkonsistenan kualitas produk dan menurunnya kepercayaan pasar.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pendekatan *computer vision* dan *deep learning* telah banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan klasifikasi citra dalam bidang pertanian [17]. Model berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) terbukti mampu mengklasifikasikan citra dengan tingkat akurasi yang tinggi [18]. Selain itu, metode deteksi objek seperti *You Only Look Once* (YOLO) juga menunjukkan performa yang sangat baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi [19], [20]. YOLOv5 sebagai salah satu pengembangan terbaru dari keluarga YOLO memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan efisiensi komputasi, sehingga sangat cocok untuk diterapkan dalam sistem klasifikasi berbasis citra di lingkungan nyata [21], [22], [23].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan penerapan metode *deep learning* dalam klasifikasi dan deteksi objek pada komoditas kopi. Penelitian oleh [24] menunjukkan bahwa YOLOv5 mampu digunakan untuk mendeteksi tingkat kematangan kopi secara otomatis. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa metode berbasis CNN dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis biji kopi dengan tingkat akurasi yang cukup baik [25]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada klasifikasi tingkat kematangan atau deteksi cacat biji kopi, bukan pada klasifikasi varietas biji kopi secara spesifik.

Meskipun penggunaan YOLO dalam klasifikasi citra telah menjadi tren dalam *machine learning*, penelitian yang secara khusus mengkaji klasifikasi varietas biji Kopi Arabika Gayo menggunakan pendekatan deteksi objek berbasis YOLOv5 masih terbatas. Selain itu, sebagian penelitian sebelumnya belum menguji performa model dalam kondisi *real-time* dengan variasi pencahayaan dan posisi objek yang beragam [26], [27]. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dalam penerapan model YOLOv5 untuk klasifikasi varietas biji kopi Arabika Gayo secara multi-kelas serta pengujian langsung dalam kondisi nyata di lapangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis varietas biji Kopi Arabika Gayo menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis YOLOv5. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan hasil klasifikasi yang akurat, cepat, dan konsisten, serta dapat diimplementasikan secara *real-time* untuk mendukung proses pengendalian mutu pascapanen. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi klasifikasi citra berbasis *deep learning* pada sektor pertanian, khususnya komoditas kopi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen yang bertujuan untuk menguji kinerja model *deep learning* dalam mengklasifikasikan varietas biji kopi Arabika Gayo secara otomatis. Model yang digunakan adalah YOLOv5, yang merupakan algoritma *object detection* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu melakukan deteksi dan klasifikasi objek secara simultan dalam satu proses komputasi [10]. Tahapan penelitian disusun secara sistematis mulai dari studi literatur hingga evaluasi model.

A. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan analisis berbagai referensi ilmiah yang relevan dengan topik penelitian, seperti jurnal, prosiding, dan buku yang membahas tentang *computer vision*, *deep learning*, serta metode deteksi objek YOLO. Studi literatur bertujuan untuk memahami konsep dasar algoritma YOLOv5 serta penerapannya dalam klasifikasi citra pada bidang pertanian [28], [29], [30].

Selain itu, dilakukan kajian terhadap penelitian terdahulu yang menggunakan metode CNN maupun YOLO dalam klasifikasi biji kopi, baik untuk mendeteksi cacat maupun tingkat kematangan. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan metode yang telah digunakan sebelumnya sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan penelitian ini [27].

B. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra biji kopi Arabika Gayo yang diperoleh melalui observasi langsung di wilayah Aceh Tengah. Proses pengambilan gambar dilakukan menggunakan kamera dengan kondisi pencahayaan yang cukup agar detail objek terlihat dengan jelas.

Dataset yang digunakan terdiri dari tiga varietas utama, yaitu:

1. Tim-tim (Gayo 1)
2. Bor-bor (Gayo 2)
3. Ateng Super (Gayo 3)

Masing-masing kelas terdiri dari 500 citra sehingga total dataset berjumlah 1.500 citra. Setiap citra mengandung satu atau lebih objek biji kopi yang nantinya akan digunakan dalam proses pelatihan model.



Gambar 1. Contoh Dataset Biji Kopi Arabika Gayo

Gambar 1 menunjukkan contoh dataset citra biji kopi Arabika Gayo yang digunakan dalam penelitian. Setiap varietas memiliki karakteristik visual yang berbeda, seperti bentuk, ukuran, warna, dan tekstur permukaan. Variasi ini menjadi dasar bagi model dalam mempelajari pola dan membedakan masing-masing kelas.

C. Anotasi dan Pra-Pemrosesan Data

Sebelum dilakukan pelatihan model, seluruh data citra melalui tahap anotasi menggunakan aplikasi LabelImg. Pada tahap ini, setiap objek biji kopi diberikan *bounding box* serta label sesuai dengan kelasnya. Format anotasi disimpan dalam bentuk file TXT sesuai standar YOLO.

Setelah proses anotasi, dilakukan tahap pra-pemrosesan data yang meliputi:

1. *Resize* citra sesuai ukuran input model
2. Normalisasi piksel ke rentang 0-1
3. Augmentasi data seperti rotasi, flipping, dan perubahan pencahayaan

Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data dan mengurangi risiko *overfitting* selama proses pelatihan model.



Gambar 2. Proses Anotasi Menggunakan LabelImg

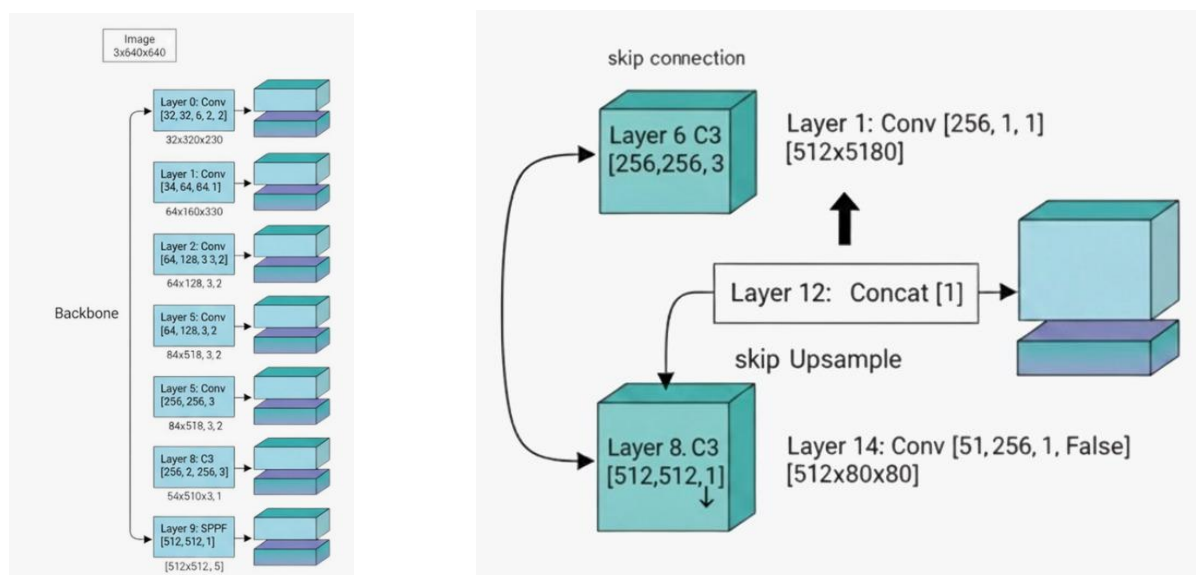
Gambar 2 menunjukkan proses anotasi data menggunakan aplikasi LabelImg. Setiap objek biji kopi diberi *bounding box* dan label sesuai varietasnya. Proses ini sangat penting karena menjadi dasar bagi model dalam mengenali objek selama pelatihan.

D. Perancangan dan Pelatihan Model

Pada tahap ini dilakukan perancangan model menggunakan arsitektur YOLOv5. Model dilatih menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan *framework* PyTorch. Dataset dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

- 70% data training
- 20% data validation
- 10% data testing

Pelatihan dilakukan selama 10 epoch dengan parameter yang telah disesuaikan seperti *learning rate*, *batch size*, dan ukuran input citra. Selama proses pelatihan, model akan mempelajari pola visual dari data berdasarkan label dan *bounding box* yang telah diberikan. Output dari proses ini berupa model terlatih dalam bentuk file *best.pt*.



Gambar 3. Arsitektur Model YOLOv5

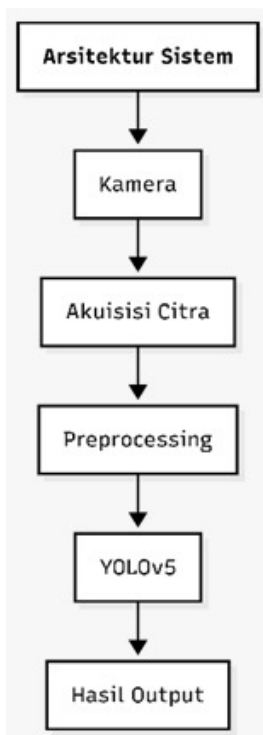
Gambar 3 menunjukkan arsitektur model YOLOv5 yang terdiri dari tiga bagian utama yaitu *backbone*, *neck*, dan *head*. Backbone berfungsi untuk mengekstraksi fitur dari citra, neck untuk menggabungkan fitur dari berbagai skala, dan head untuk melakukan deteksi serta klasifikasi objek.

E. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan data uji yang tidak terlibat dalam proses pelatihan. Beberapa metrik yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Precision
- Recall
- F1-Score
- mean Average Precision (mAP)
- Confusion Matrix

Nilai mAP digunakan sebagai indikator utama untuk mengukur performa model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek. Semakin tinggi nilai mAP, maka semakin baik kinerja model.



Gambar 4. Alur Evaluasi Model

Gambar 4 menunjukkan alur evaluasi model yang dimulai dari input citra, proses deteksi oleh model YOLOv5, hingga menghasilkan output berupa klasifikasi objek. Hasil tersebut kemudian dievaluasi menggunakan metrik seperti precision, recall, dan mAP untuk mengetahui tingkat akurasi model.

F. Rencana Pengujian

Pengujian dilakukan dalam dua skenario, yaitu: Pengujian menggunakan citra statis (single image). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan model dalam kondisi nyata dengan variasi pencahayaan dan posisi objek. Hasil pengujian dianalisis berdasarkan tingkat akurasi serta kestabilan deteksi model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil pelatihan dan pengujian model YOLOv5 dalam mengklasifikasikan varietas biji kopi Arabika Gayo, yaitu Tim-tim, Bor-bor, dan Ateng Super. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *precision*, *recall*, *mean Average Precision (mAP)*, serta analisis *confusion matrix*.

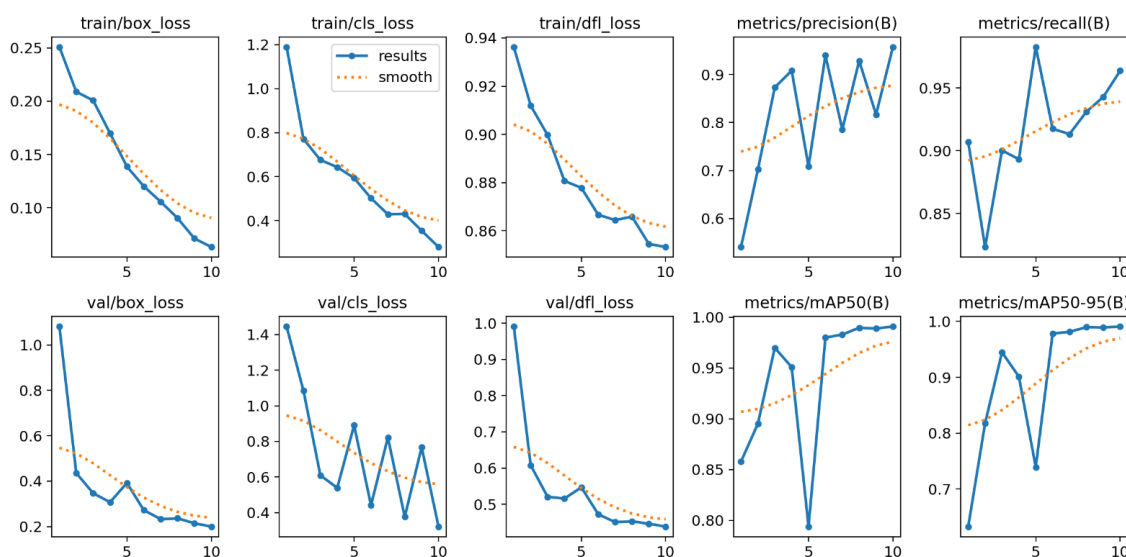
A. Hasil Pelatihan Model

epoch	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_l_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	
0	1	1.0815	1.4443	0.9907	0.5409	0.9069	0.8578	0.6329
1	2	0.4358	1.0836	0.6078	0.7022	0.8234	0.8951	0.8179
2	3	0.3471	0.6103	0.5208	0.8731	0.9003	0.9698	0.9447
3	4	0.3073	0.5396	0.5159	0.9079	0.8932	0.9509	0.9011
4	5	0.3921	0.8907	0.5468	0.7085	0.9826	0.7938	0.7393
5	6	0.2724	0.4419	0.4727	0.9396	0.9175	0.9799	0.9780
6	7	0.2328	0.8227	0.4509	0.7856	0.9132	0.9828	0.9812
7	8	0.2363	0.3772	0.4531	0.9284	0.9310	0.9896	0.9896
8	9	0.2145	0.7675	0.4464	0.8166	0.9428	0.9888	0.9888
9	10	0.2000	0.3230	0.4386	0.9574	0.9636	0.9908	0.9908

Gambar 5. Hasil Training model

Gambar 5 menunjukkan hasil proses pelatihan model YOLOv5 selama 10 epoch. Terlihat bahwa nilai *box loss*, *classification loss*, dan *distribution focal loss* mengalami penurunan yang signifikan pada setiap epoch. Penurunan ini menunjukkan bahwa model semakin mampu mengenali pola visual dan menentukan posisi objek dengan lebih akurat.

Selain itu, nilai *precision* dan *recall* mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai nilai di atas 0,95. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi objek dengan tingkat kesalahan yang rendah serta mampu mengidentifikasi sebagian besar objek yang ada dalam citra.



```

=== Akurasi Final Model YOLOv5 ===
Precision (train): 0.9574
Recall (train): 0.9636
mAP@0.5 (train/val): 0.9908
mAP@0.5:0.95 (train/val): 0.9908
    
```

Gambar 6. Grafik Training model YOLOv5

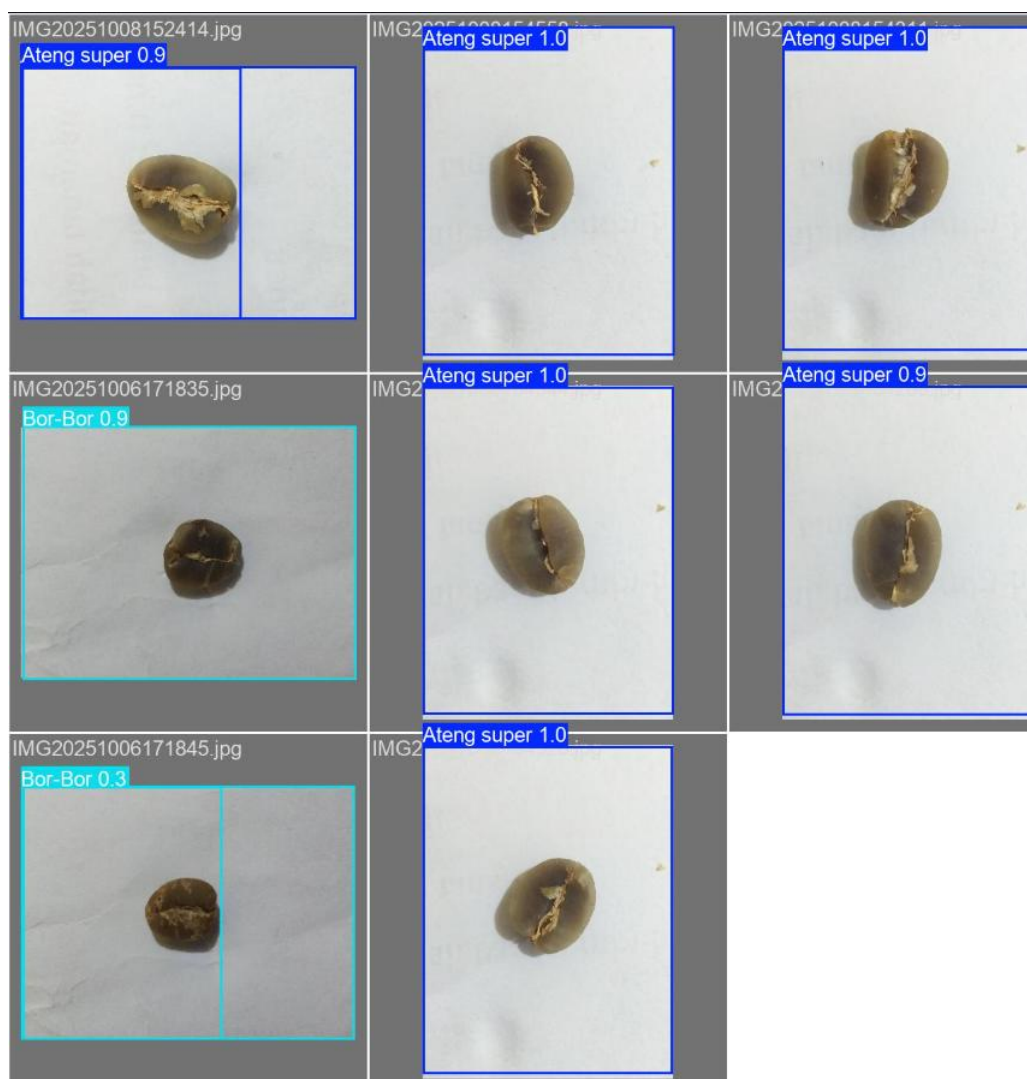
Gambar 6 menampilkan grafik perkembangan metrik evaluasi selama proses pelatihan model. Grafik menunjukkan bahwa nilai *mean Average Precision* (mAP) meningkat secara signifikan hingga mendekati 1, yang menunjukkan bahwa model memiliki performa deteksi yang sangat tinggi.

Peningkatan nilai mAP yang stabil tanpa fluktuasi tajam mengindikasikan bahwa model tidak mengalami *overfitting* secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu melakukan generalisasi dengan baik terhadap data yang digunakan [4].

Dengan demikian, hasil pelatihan ini menunjukkan bahwa arsitektur YOLOv5 efektif dalam mempelajari karakteristik visual biji kopi dari berbagai varietas.

B. Hasil Pengujian Model

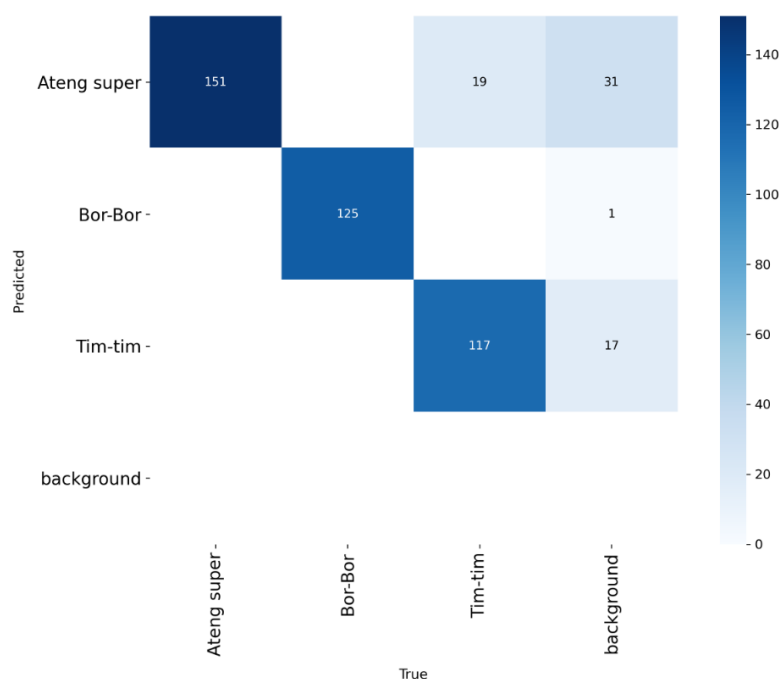
Pengujian dilakukan menggunakan data uji yang tidak terlibat dalam proses pelatihan serta melalui simulasi real-time menggunakan kamera.



Gambar 7. Hasil Deteksi pada Citra Statis

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian model pada citra statis. Model mampu mendeteksi beberapa objek biji kopi dalam satu citra sekaligus serta memberikan label sesuai varietasnya dengan tingkat *confidence score* yang tinggi. Bounding box yang dihasilkan terlihat presisi dalam mengelilingi objek, yang menunjukkan bahwa model tidak hanya mampu mengklasifikasikan, tetapi juga menentukan lokasi objek dengan akurat.

C. Hasil Confusion Matrix



Gambar 8. Confusion Matrix Evaluasi Model

Gambar 8 menunjukkan hasil *confusion matrix* yang digunakan untuk mengevaluasi performa klasifikasi model pada masing-masing kelas. Nilai terbesar berada pada diagonal utama matriks, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil diklasifikasikan dengan benar.

Sebagai contoh, kelas Ateng Super memiliki jumlah prediksi benar yang dominan dibandingkan kesalahan klasifikasi. Namun demikian, masih terdapat beberapa kesalahan prediksi ke kelas lain seperti Tim-tim.

Kesalahan ini disebabkan oleh kemiripan karakteristik visual antar varietas, terutama dari segi warna dan tekstur permukaan biji kopi. Hal ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa objek dengan fitur visual yang mirip cenderung meningkatkan tingkat kesalahan klasifikasi [8].

D. Analisis Akurasi Model

Akurasi model dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah prediksi yang benar dengan total data yang diuji.

$$\frac{(TP)}{(TP + FP + FN)} \tag{1}$$

Dalam konteks deteksi objek multi-kelas, nilai *True Positive* (TP) merupakan jumlah objek yang berhasil dideteksi dan diklasifikasikan dengan benar, sedangkan *False Positive* (FP) dan *False Negative* (FN) menunjukkan kesalahan deteksi.

Berdasarkan hasil evaluasi, model mencapai nilai mAP50 sebesar 0,9908 yang menunjukkan tingkat akurasi deteksi yang sangat tinggi. Nilai ini mengindikasikan bahwa hampir seluruh objek biji kopi berhasil dikenali dengan tepat oleh model.

Tingginya nilai akurasi ini menunjukkan bahwa model YOLOv5 sangat efektif dalam melakukan klasifikasi varietas biji kopi Arabika Gayo.

F. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv5 memiliki performa yang sangat baik dalam mengklasifikasikan varietas biji kopi Arabika Gayo. Nilai *precision*, *recall*, dan *mAP* yang berada di atas 95% menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi dan membedakan objek dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa YOLOv5 memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan akurasi dalam deteksi objek secara real-time. Namun demikian, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan dengan fokus pada klasifikasi varietas biji kopi Arabika Gayo yang memiliki karakteristik visual yang relatif mirip.

Keberhasilan model ini dipengaruhi oleh kualitas dataset yang digunakan, termasuk proses anotasi yang tepat serta variasi data yang cukup beragam. Proses augmentasi data juga berperan penting dalam meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap kondisi yang berbeda.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi yang disebabkan oleh kemiripan visual antar varietas serta faktor eksternal seperti pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Hal ini menunjukkan bahwa performa model masih dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah dataset dan variasi kondisi lingkungan.

Dari sisi implementasi, model YOLOv5 terbukti mampu bekerja secara real-time dengan waktu respons yang cepat, sehingga sangat potensial untuk diterapkan dalam sistem otomatisasi penyortiran biji kopi di lapangan. Hal ini menjadikan penelitian ini tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga memiliki nilai praktis dalam mendukung industri kopi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *deep learning* menggunakan model YOLOv5 mampu mengklasifikasikan varietas biji kopi Arabika Gayo secara otomatis dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Model yang dilatih menggunakan dataset sebanyak 1.500 citra berhasil mencapai nilai *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP) di atas 95%, yang menunjukkan performa deteksi dan klasifikasi yang sangat baik.

Selain itu, hasil pengujian pada citra statis maupun secara *real-time* menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi lebih dari satu objek dalam satu frame dengan hasil yang konsisten dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa model tidak hanya akurat dalam kondisi terkontrol, tetapi juga mampu beradaptasi pada kondisi lingkungan yang bervariasi.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan *object detection* menggunakan YOLOv5 lebih efektif dibandingkan metode klasifikasi citra konvensional dalam menangani objek multi-kelas dalam satu citra. Keunggulan ini menjadikan metode YOLOv5 sangat potensial untuk diterapkan dalam sistem otomatisasi pengolahan hasil pertanian, khususnya dalam proses penyortiran varietas biji kopi Arabika Gayo.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi klasifikasi citra berbasis *deep learning* serta memiliki potensi implementasi praktis dalam meningkatkan efisiensi dan konsistensi kualitas produk kopi di sektor industri.

REFERENCES

- [1] H. B. Santoso, C. Malvin, and R. Delima, "Pengembangan Sistem Informasi Pendataan Petani dan Kelompok Tani," *SESINDO* 9, vol. 2017, 2017.
- [2] F. Akmal, F. Ramdani, and A. Pinandito, "Sistem informasi pengelolaan perkebunan kelapa sawit berbasis web gis," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 5, pp. 1894–1901, 2018.
- [3] M. Mahyuda, S. Amanah, and P. Tjitropranoto, "Tingkat adopsi good agricultural practices budidaya kopi arabika gayo oleh petani di Kabupaten Aceh Tengah," *Jurnal Penyuluhan*, vol. 14, no. 2, p. 267498, 2018.

- [4] U. Zainura, N. Kusnadi, and B. Burhanuddin, "Perilaku kewirausahaan petani kopi arabika gayo di kabupaten bener meriah provinsi aceh," *Jurnal Penyuluhan*, vol. 12, no. 2, pp. 126–143, 2016.
- [5] E. T. Kembaren and M. Muchsin, "Pengelolaan pasca panen kopi arabika Gayo Aceh," *Jurnal Visioner & Strategis*, vol. 10, no. 1, 2021.
- [6] M. C. Dewi, S. F. Maddisila, and R. R. Korompot, "PERAN MEREK DAN INDIKASI GEOGRAFIS DALAM Mendukung Industri Produk Kopi Untuk Mendukung Ekonomi Daerah Yang Berkelanjutan," *Suloh: Jurnal Fakultas Hukum Universitas Malikussaleh*, vol. 12, no. 2, pp. 481–495, 2024.
- [7] Z. Amanda, I. Muslem, and F. Rizani, "Klasifikasi Kematangan Buah Pepaya Menggunakan Algoritma Support Vector Machine," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, vol. 3, no. 1, pp. 96–102, Feb. 2026.
- [8] A. H. Harahap, I. M. B. A. Malik, M. I. N. Imam, M. T. S. Bilhaq, A. A. Nur, and S. L. D. Agustini, "Klasifikasi Diagnosa Penyakit Jantung menggunakan Algoritma Random Forest," *Teknik Informatika UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, vol. 3, 2021.
- [9] B. Laoli, I. Muslem, and F. Rizani, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Menggunakan Algoritma Support Vector Machine," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, vol. 3, no. 1, pp. 142–151, Feb. 2026.
- [10] D. Armiady and I. M. R., "Klasifikasi Kualitas Buah Pisang Berdasarkan Citra Buah Menggunakan Stochastic Gradient Descent," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [11] C. H. H. Jannah, I. Muslem, and D. Azmi, "Klasifikasi Plat Nomor Kendaraan Berdasarkan Wilayah Tertentu Menggunakan Algoritma Optical Character Recognition," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, Oct. 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.fikompublisher.com/ilka/article/view/16>
- [12] R. Melani, S. Sriwinar, D. Azmi, I. Muslem, and M. Amin, "Klasifikasi Kematangan Cabai Berdasarkan Citra Digital Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor," *NOVAKOMPUTA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 30–42, 2026.
- [13] R. Saputra, I. Muslem, and R. Fajri, "Klasifikasi Spesies Ikan Koi Berdasarkan Citra Menggunakan Metode YOLOv3-Tiny Dan OpenCV," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, vol. 3, no. 1, pp. 182–188, Feb. 2026.
- [14] C. H. H. Jannah, I. Muslem, and D. Azmi, "Klasifikasi Plat Nomor Kendaraan Berdasarkan Wilayah Tertentu Menggunakan Algoritma Optical Character Recognition (OCR)," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, vol. 2, no. 3, 2025.
- [15] D. Fahmi, D. Azmi, I. Muslem, and P. B. N. Simangunsong, "Sistem Pendeteksi Dan Klasifikasi Jenis Hewan Ternak Menggunakan Metode You Only Look Once (YOLO)," *NOVAKOMPUTA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 43–51, 2026.
- [16] I. R. Muslem and T. M. Johan, "KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Klasifikasi Citra Ikan Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network dengan Arsitektur VGG-16," *Media Online*, vol. 4, no. 2, pp. 978–985, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1209.
- [17] R. Parlita, F. Ramadhana, I. Muslem, and A. Afriana, "Implementasi Algoritma Linear Regression pada Framework Laravel untuk Prediksi Biaya Asuransi Kesehatan," *NOVAKOMPUTA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2026.
- [18] V. Shakila, I. Muslem, and S. Sriwinar, "Prototipe Kamera Pengawasan Berbasis YOLOv5 untuk Deteksi Benda Tajam Secara Real-Time dengan Notifikasi Telegram," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, vol. 3, no. 1, pp. 90–95, Feb. 2026.
- [19] C. C. Paglinawan, M. Hannah M. Caliolio, and J. B. Frias, "Medicine Classification Using YOLOv4 and Tesseract OCR," in *2023 15th International Conference on Computer and Automation Engineering, ICCAE 2023*, 2023. doi: 10.1109/ICCAE56788.2023.10111387.
- [20] C. Wan, Y. Pang, and S. Lan, "Overview of YOLO Object Detection Algorithm," *International Journal of Computing and Information Technology*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.56028/ijcit.1.2.11.

- [21] Z. Chen *et al.*, "Plant Disease Recognition Model Based on Improved YOLOv5," *Agronomy*, vol. 12, no. 2, 2022, doi: 10.3390/agronomy12020365.
- [22] R. Sushma, M. Rithika Devi, N. Maheshwaram, and D. R. Sreedhar Bhukya, "Automatic License Plate Recognition with YOLOv5 and Easy-OCR method," *International Journal Of Innovative Research In Technology*, vol. 9, no. 1, 2022.
- [23] G. Jocher, "ultralytics/yolov5: v7.0 - YOLOv5 SOTA Realtime Instance Segmentation (v7.0)," <https://Github.Com/Ultralytics/Yolov5/Tree/V7.0>, 2022.
- [24] E. S. Pasinggi, "Deteksi Kematangan Buah Kopi Menggunakan Kombinasi Wiener Filter Dan You Only Look Once (Yolo) V8," *INFINITY: UKI Toraja Journal of Information Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 46-54, 2025.
- [25] G. A. Pratama, E. Y. Puspaningrum, and H. Maulana, "Convolutional Neural Network dan faster region Convolutional Neural Network untuk klasifikasi kualitas biji kopi arabika," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [26] D. A. Nugraha and A. S. Wiguna, "Seleksi Fitur Warna Citra Digital Biji Kopi Menggunakan Metode Principal Component Analysis," *Res. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag*, vol. 3, no. 1, p. 24, 2020.
- [27] D. A. Nugraha and A. S. Wiguna, "Klasifikasi tingkat roasting biji kopi menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation berbasis citra digital," *SMARTICS Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 1-4, 2018.
- [28] I. Muslem R, "Prototype Aplikasi Device Controlling Berbasis Internet of Things," *Jurnal Variasi*, vol. 11, no. 2, pp. 32-35, 2019.
- [29] E. Firliza, I. Muslem, and H. Gustami, "Monitoring Kualitas Tanah pada Tanaman Cabai Rawit Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor pH Tanah Berbasis IoT," *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, vol. 3, no. 1, pp. 67-74, Feb. 2026, doi: 10.51179/ilka.v3i1.28.
- [30] I. Muslem, I. Irvanizam, A. Almuzammil, and F. Johar, "Adaptive Heuristic-Based Ant Colony Optimization for Multi-Constraint University Course Timetabling with Morning Slot Preference for Energy Efficiency," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 6, no. 6, pp. 5930-5943, Jan. 2026, doi: 10.52436/1.jutif.2025.6.6.5588.