E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Implementasi Deep Learning YOLOv11 Untuk Deteksi Kualitas Apel Segar Dan Busuk Berbasis Streamlit

Muhammad Kholish[1], Muhammad Fajar Shodiq[2], Fahreza Danarjati Ahmad[3], Waeisul Bismi[4], Imam Budiawan[5], Nila Hardi[6]
[1]Universitas Bina Sarana Informatika, 15240570@bsi.ac.id
[2]Universitas Bina Sarana Informatika, fajarzman52@gmail.com
[3]Universitas Bina Sarana Informatika, mrassya66@gmail.com
[4]Universitas Bina Sarana Informatika, Waeisul.wbn@bsi.ac.id
[5]Universitas Bina Sarana Informatika, imam.imb@bsi.ac.id
[6]Universitas Bina Sarana Informatika, nila.nad@bsi.ac.id

Abstrak

Kualitas buah apel merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kelayakan konsumsi dan nilai jual produk pertanian. Proses pemeriksaan kualitas apel secara manual sering kali membutuhkan waktu yang lama dan memiliki tingkat subjektivitas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi berbasis Artificial Intelligence (AI) menggunakan metode Deep Learning YOLOv11 untuk mendeteksi kualitas apel segar dan busuk secara otomatis berbasis Streamlit. Dataset penelitian diperoleh dari platform Roboflow dengan jumlah lebih dari 4000 gambar apel segar dan busuk yang telah melalui proses preprocessing data. Model dilatih menggunakan metode object detection berbasis Convolutional Neural Network (CNN) dan diimplementasikan pada aplikasi berbasis Python menggunakan Streamlit dan OpenCV. Sistem mampu melakukan deteksi kualitas apel melalui dua metode, yaitu upload gambar dan realtime detection menggunakan kamera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model memiliki performa yang tinggi berdasarkan nilai Precision, Recall, F1-Score, dan mAP pada proses training model di Roboflow. Aplikasi yang dikembangkan mampu mendeteksi kualitas apel secara realtime dengan tampilan antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan.

Kata Kunci: *Deep Learning, YOLOv11, Convolutional Neural Network, Object Detection, Streamlit*

Abstract

Apple fruit quality is one of the important factors in determining consumption feasibility and the market value of agricultural products. Manual inspection of apple quality often requires a long time and has a high level of subjectivity. This study aims to develop an Artificial Intelligence (AI)-based application using the YOLOv11 Deep Learning method to automatically detect fresh and rotten apples through a Streamlit-based system. The dataset used in this research was obtained from the Roboflow platform, consisting of more than 4000 images of fresh and rotten apples that had undergone preprocessing data. The model was trained using an object detection method based on Convolutional Neural Network (CNN) and implemented in a Python-based application using Streamlit and OpenCV. The system is capable of detecting apple quality through two methods, namely image upload and realtime camera detection. The testing results indicate that the model achieved high performance based on Precision, Recall, F1-Score, and mAP values during the training process in Roboflow. The developed application is capable of detecting apple quality in realtime with an interactive and user-friendly interface.

Keywords: *Deep Learning, YOLOv11, Convolutional Neural Network, Object Detection, Streamlit.*

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Corresponding Author :
Muhammad Kholish

Universitas Bina Sarana Informatika, 15240570@bsi.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada era modern telah memberikan banyak perubahan dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk pada bidang pertanian dan pengolahan hasil pangan. Pemanfaatan teknologi berbasis komputer saat ini tidak hanya digunakan untuk membantu proses administrasi dan pengolahan data, tetapi juga mulai diterapkan dalam proses otomatisasi dan pengambilan keputusan secara cerdas. Salah satu teknologi yang berkembang sangat pesat adalah Artificial Intelligence (AI), yaitu teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk meniru kemampuan manusia dalam mengenali pola, melakukan analisis, dan mengambil keputusan berdasarkan data yang dipelajari. Penerapan Artificial Intelligence telah terbukti secara ilmiah mampu mendorong efisiensi dan keberlanjutan dalam sistem pertanian modern (Maulana & Sari, 2024). Kehadiran teknologi AI memberikan banyak manfaat karena mampu meningkatkan efisiensi kerja, mempercepat proses pengolahan data, serta mengurangi kesalahan manusia dalam berbagai aktivitas.

Salah satu penerapan AI yang saat ini berkembang pesat adalah Computer Vision. Melalui computer vision, sistem komputer dirancang untuk memahami dan menilai informasi layaknya manusia, yang hasil pembelajarannya kemudian digunakan untuk melakukan prediksi secara akurat (Arifin et al., 2021). Teknologi ini memungkinkan komputer untuk mengenali objek melalui citra atau gambar digital sehingga sistem dapat melakukan identifikasi dan analisis objek secara otomatis. Computer Vision banyak diterapkan pada berbagai bidang, seperti keamanan, kesehatan, industri, transportasi, hingga pertanian. Dalam bidang pertanian, teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk membantu proses identifikasi kualitas hasil panen, deteksi penyakit tanaman, proses sortir buah, serta monitoring kondisi tanaman secara otomatis. Dengan adanya teknologi tersebut, proses pemeriksaan yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat dilakukan secara lebih cepat, efisien, dan konsisten.

Buah apel merupakan salah satu jenis buah yang banyak dikonsumsi masyarakat dan memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Kualitas apel menjadi faktor penting yang menentukan tingkat kelayakan konsumsi dan nilai jual produk di pasaran. Masalah lingkungan dapat meningkat akibat banyaknya waktu yang terbuang untuk menyortir buah secara manual serta ketidakmampuan konsumen dalam menentukan kualitas buah yang baik (Agustin et al., 2023). Proses pemeriksaan kualitas apel yang masih dilakukan secara manual memiliki beberapa kelemahan, seperti membutuhkan waktu yang lama, tingkat ketelitian yang berbeda pada setiap individu, serta rentan terhadap kesalahan dalam proses identifikasi kondisi buah. Selain itu, proses sortir manual juga kurang efektif apabila jumlah buah yang diperiksa sangat banyak. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem otomatis yang mampu membantu proses identifikasi kualitas apel secara lebih akurat dan realtime.

Penerapan sistem otomatis dalam proses identifikasi kualitas buah saat ini menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi kerja pada sektor pertanian dan distribusi pangan. Sistem berbasis pengolahan citra digital mampu

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

membantu proses sortir buah secara lebih cepat dibandingkan metode konvensional yang masih mengandalkan pengamatan manusia. Selain dapat menghemat waktu, penggunaan sistem otomatis juga membantu menjaga konsistensi hasil identifikasi karena proses penilaian dilakukan berdasarkan pola visual yang dipelajari oleh model secara langsung.

Perkembangan teknologi Deep Learning memberikan solusi yang efektif dalam proses pengolahan citra digital. Deep Learning merupakan salah satu metode pembelajaran mesin yang mampu mempelajari pola dari data dalam jumlah besar melalui proses pelatihan model. Proses deep learning mengambil gambar objek guna menciptakan dataset pelatihan untuk model pembelajaran mesin (Hakim et al., 2025). Dalam bidang Computer Vision, Deep Learning banyak digunakan untuk proses klasifikasi citra, pengenalan objek, segmentasi gambar, hingga object detection. Salah satu algoritma yang populer digunakan pada object detection adalah YOLO (You Only Look Once). Metode ini mampu mendeteksi objek secara realtime dengan tingkat akurasi yang tinggi serta waktu proses yang cepat sehingga sangat cocok digunakan pada sistem deteksi berbasis kamera. YOLO mendeteksi objek secara real-time dengan menampilkan kotak pembatas beserta skor probabilitas kategori untuk objek yang teridentifikasi (Fachrisyam et al., 2025).

Penggunaan teknologi object detection dalam bidang pertanian saat ini terus mengalami perkembangan karena mampu memberikan hasil deteksi secara realtime dengan tingkat akurasi yang tinggi. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengenali objek tertentu sekaligus menentukan posisi objek pada gambar menggunakan bounding box. Pada proses identifikasi kualitas buah, object detection memiliki keunggulan karena sistem tidak hanya mengenali jenis objek, tetapi juga dapat langsung melakukan proses klasifikasi kondisi buah berdasarkan karakteristik visual yang terdeteksi.

Pada Penelitian ini dikembangkan sebuah aplikasi berbasis Artificial Intelligence menggunakan model YOLOv11 untuk mendeteksi kualitas apel segar dan busuk secara otomatis. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Streamlit untuk menghasilkan tampilan antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan. Selain mendukung proses deteksi melalui upload gambar, aplikasi juga mampu melakukan realtime detection menggunakan kamera secara langsung menggunakan OpenCV. OpenCV adalah pustaka open-source yang menawarkan beragam fungsi dan instrumen untuk keperluan pemrosesan citra serta visi komputer (Anzari et al., 2024). Dengan adanya sistem ini diharapkan proses identifikasi kualitas apel dapat dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan efisien dibandingkan metode manual. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem deteksi kualitas apel segar dan busuk berbasis Deep Learning yang mampu membantu pengguna dalam melakukan identifikasi kualitas apel secara otomatis, cepat, dan realtime.

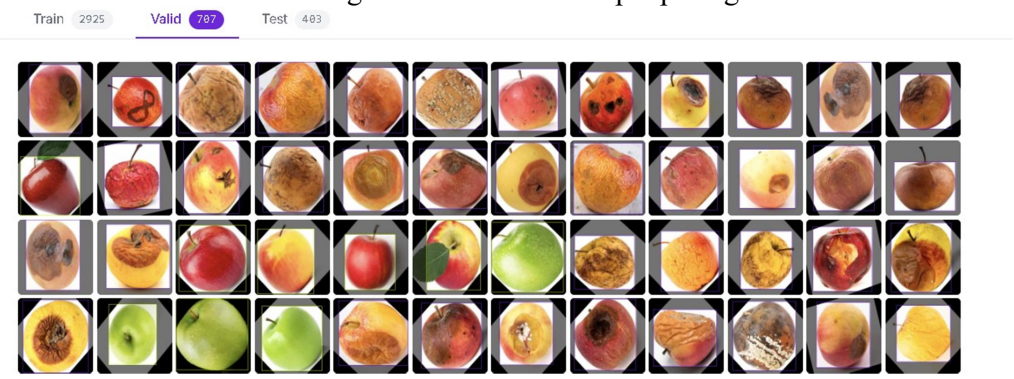
METODE

Untuk mengatasi suatu permasalahan, diperlukan metode penelitian yang berperan sebagai sarana ilmiah dalam mengumpulkan informasi mendalam terkait objek penelitian (Tampubolon, 2023). Penelitian ini menggunakan metode Deep Learning berbasis Computer Vision dengan algoritma YOLOv11 untuk melakukan object detection kualitas apel segar dan busuk. Metode penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pengumpulan dataset, preprocessing data, training model, arsitektur sistem, serta alur sistem.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Dataset

Untuk mempermudah analisis data, dilakukan penelaahan terhadap seluruh atribut (fitur) yang diawali dengan proses pembacaan dataset (Isa & Elfaladonna, 2022). Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari platform Roboflow dan terdiri dari lebih dari 4000 gambar apel segar dan busuk. Dataset telah diberi label menggunakan metode bounding box annotation untuk mendukung proses object detection. Dataset dibagi menjadi tiga bagian, yaitu training set, validation set, dan testing set menggunakan teknik random sampling. Pembagian dataset dilakukan secara otomatis oleh Roboflow. Berikut adalah gambar dataset buah apel pada gambar 1.

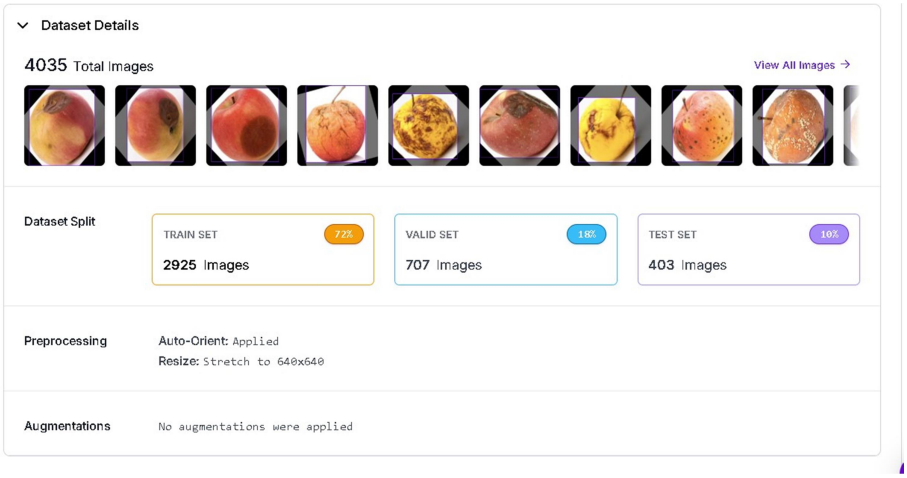


Gambar 1. Dataset Apel Segar dan Busuk

Preprocessing Data

Sebelum proses training dilakukan, dataset terlebih dahulu melalui tahap preprocessing data pada platform Roboflow. Tahapan ini dilakukan guna memperbaiki defisiensi pada data mentah, termasuk menangani missing values serta menstandarisasi format data yang tidak teratur (Bahari & Latifa, 2023). Preprocessing data memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas dataset sehingga model Deep Learning dapat mempelajari pola objek secara lebih optimal dan menghasilkan performa deteksi yang lebih akurat. Proses preprocessing dilakukan secara otomatis menggunakan fitur yang tersedia pada platform Roboflow, meliputi resize gambar, auto orientation, normalization, serta labeling objek menggunakan bounding box annotation. Resize gambar dilakukan untuk menyeragamkan ukuran citra menjadi 640x640 pixel agar proses training berjalan lebih konsisten dan efisien, sedangkan auto orientation digunakan untuk menyesuaikan orientasi gambar secara otomatis berdasarkan metadata citra. Selain itu, normalization membantu model dalam proses pembelajaran fitur visual objek, sementara proses labeling dilakukan untuk memberikan penanda pada objek apel segar dan apel busuk menggunakan bounding box sebagai acuan object detection. Seluruh tahapan preprocessing dilakukan sebelum dataset digunakan pada proses training model YOLOv11 dan dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



Gambar 2. Preprocessing Data

Berdasarkan gambar 2, hasil preprocessing pada platform Roboflow, dataset terdiri dari 4035 gambar yang dibagi menjadi tiga bagian, yaitu training set sebanyak 2925 gambar, validation set sebanyak 707 gambar, dan testing set sebanyak 403 gambar. Pembagian dataset dilakukan secara otomatis oleh sistem Roboflow untuk membantu proses pelatihan dan evaluasi model secara lebih terstruktur. Hasil preprocessing menunjukkan bahwa seluruh dataset telah berhasil dipersiapkan dengan format yang sesuai untuk proses training model Deep Learning berbasis YOLOv11.

Training Model YOLOv11

Pada penelitian ini, proses pelatihan model dilakukan menggunakan metode Deep Learning berbasis object detection dengan algoritma YOLOv11 pada platform Roboflow. Pelatihan model dilakukan menggunakan dataset citra apel segar dan apel busuk yang telah melalui tahap preprocessing sebelumnya. Proses training bertujuan agar model mampu mempelajari karakteristik visual objek berdasarkan pola warna, tekstur, bentuk, serta kondisi permukaan apel pada setiap gambar dataset. Dalam proses pengolahan citra digital, model Deep Learning memiliki kemampuan untuk mengenali pola visual secara otomatis melalui proses pembelajaran berulang menggunakan data training. Dibandingkan dengan arsitektur jaringan saraf lainnya, Convolutional Neural Network (CNN) terbukti sebagai metode yang paling efektif untuk klasifikasi data citra digital (Imaduddin & Suharsono, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan model YOLOv11 yang dibangun berdasarkan pendekatan CNN untuk membantu proses deteksi kualitas apel secara realtime dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain memiliki performa yang baik dalam object detection, metode YOLO juga dikenal mampu melakukan proses inferensi secara cepat sehingga cocok diterapkan pada aplikasi berbasis realtime detection menggunakan kamera. Berikut training model pada gambar 3.



Gambar 3. Training Model YOLOv11

Berdasarkan pada gambar 3, hasil training summary pada platform Roboflow, model YOLOv11 dilatih menggunakan total 4035 gambar dataset yang terdiri dari 2925

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

data training, 707 data validation, dan 403 data testing. Pembagian dataset tersebut dilakukan untuk membantu proses pembelajaran model, validasi performa selama training, serta pengujian akhir terhadap kemampuan model dalam mendeteksi objek yang belum pernah dikenali sebelumnya. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan YOLOv11 Small dengan ukuran citra 640x640 pixel dan total 300 epochs. Selain itu, dataset juga melalui dua tahapan preprocessing sebelum digunakan pada proses training model. Penggunaan jumlah epoch yang cukup besar bertujuan agar model dapat mempelajari pola visual objek secara lebih optimal dan menghasilkan performa deteksi yang stabil. Selama proses training, model melakukan pembelajaran terhadap karakteristik objek apel segar dan busuk menggunakan bounding box annotation sebagai acuan object detection. Hasil konfigurasi training tersebut digunakan untuk meningkatkan kemampuan model dalam melakukan deteksi objek secara otomatis, cepat, dan realtime pada aplikasi yang dikembangkan.

Arsitektur Sistem

Aplikasi dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Streamlit sebagai antarmuka pengguna. Streamlit digunakan karena memiliki kemampuan membangun aplikasi AI interaktif dengan implementasi yang sederhana dan cepat. Streamlit memudahkan pengembang dalam merancang antarmuka yang sederhana guna mengoperasikan model AI serta menampilkan output prediksinya dengan lebih praktis (Syafarina & Zaenuddin, 2023). Selain itu, aplikasi menggunakan beberapa library pendukung seperti:

a. OpenCV untuk realtime camera detection.
b. Pandas untuk pengolahan data CSV.
c. Requests untuk komunikasi API dengan Roboflow.
d. Plotly untuk visualisasi data.
e. OS dan Platform untuk pengelolaan sistem.

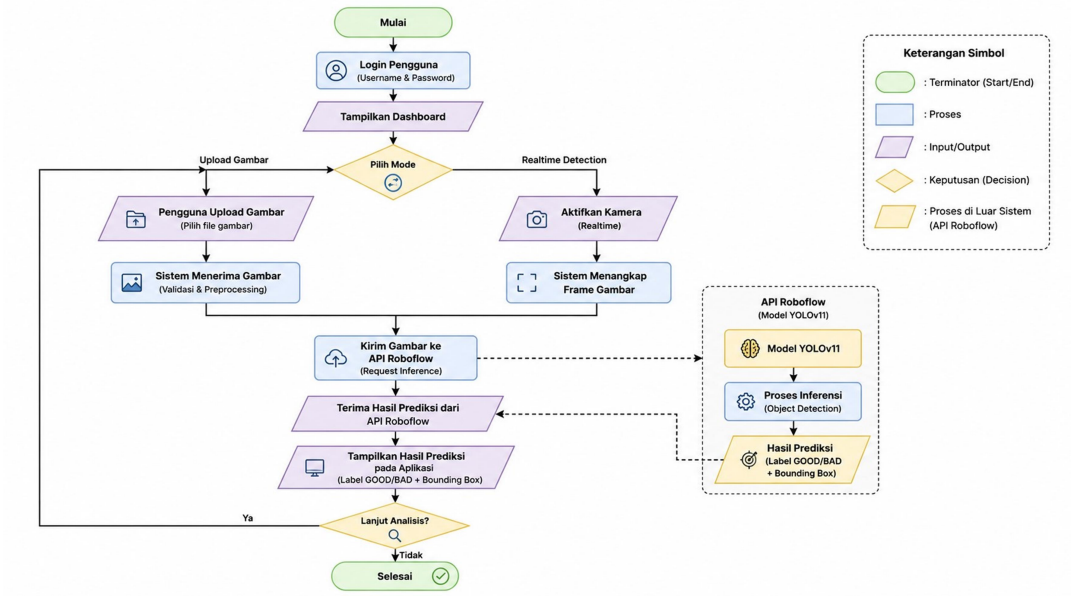
Aplikasi memiliki beberapa fitur utama, yaitu:

a. Login dan registrasi pengguna.
b. Hak akses user dan administrator
c. Prediksi melalui upload gambar.
d. Realtime detection menggunakan kamera.
e. Riwayat prediksi pengguna.
f. Dashboard informasi apel.
g. Panel admin.

Alur Sistem

Alur kerja sistem dimulai ketika pengguna melakukan login ke dalam aplikasi menggunakan username dan password yang telah terdaftar. Setelah berhasil masuk ke dashboard utama, pengguna dapat memilih metode deteksi yang tersedia, yaitu upload gambar atau realtime detection menggunakan kamera. Pada metode upload gambar, pengguna dapat mengunggah citra apel dari perangkat komputer untuk dilakukan proses identifikasi kualitas secara otomatis. Sedangkan pada metode realtime detection, sistem akan mengaktifkan kamera untuk menangkap objek apel secara langsung. Gambar yang diterima sistem kemudian dikirim ke model YOLOv11 melalui API Roboflow untuk dilakukan proses inferensi object detection. Hasil prediksi selanjutnya ditampilkan dalam bentuk label kategori apel segar atau apel busuk beserta bounding box pada objek yang berhasil terdeteksi, dan berikut adalah gambar 4.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



Gambar 4. Alur Sistem

Berdasarkan alur sistem pada gambar 4, proses dimulai dari pengguna melakukan login ke aplikasi dan memilih metode deteksi, yaitu upload gambar atau realtime detection menggunakan kamera. Gambar yang diterima sistem kemudian dikirim ke model YOLOv11 melalui API Roboflow untuk dilakukan proses inferensi object detection. Selanjutnya, hasil prediksi ditampilkan dalam bentuk label kategori apel segar atau apel busuk beserta bounding box pada objek yang terdeteksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Deep Learning YOLOv11 mampu melakukan proses deteksi kualitas apel segar & busuk dengan tingkat akurasi yang baik. Pengujian dilakukan menggunakan dataset citra apel yang telah melalui tahap preprocessing dan training pada platform Roboflow. Evaluasi model dilakukan menggunakan beberapa parameter pengujian seperti Precision, Recall, F1-Score, Mean Average Precision (mAP), Confusion Matrix, & Vector Analysis untuk mengetahui tingkat performa model dalam mengenali objek apel berdasarkan citra digital. Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan implementasi aplikasi berbasis Streamlit yang dapat melakukan deteksi kualitas apel melalui metode upload gambar maupun realtime detection menggunakan kamera. Melalui pembagian citra menjadi beberapa grid, YOLO mampu mendeteksi objek dengan mengandalkan setiap sel untuk mengestimasi bounding box serta skor klasifikasi objek tersebut (Oktapian & Giri, 2025).

Hasil Training dan Evaluasi Model

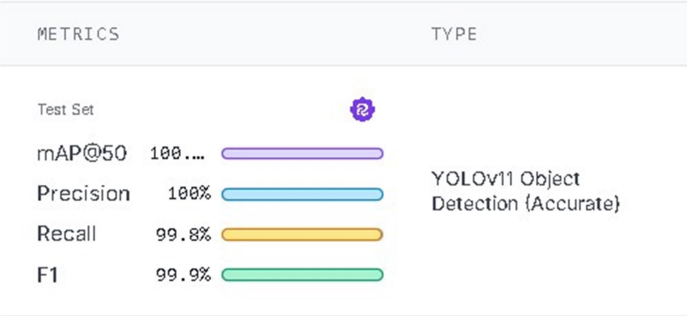
Tahap evaluasi model dilakukan setelah proses training selesai dilakukan pada platform Roboflow menggunakan algoritma YOLOv11 berbasis Convolutional Neural Network (CNN). Evaluasi model bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengenali objek apel segar dan busuk berdasarkan hasil pembelajaran dataset yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian performa model dilakukan menggunakan beberapa parameter evaluasi object detection, yaitu:

a. Precision
b. Recall
c. F1-Score
d. Mean Average Precision (mAP)

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

e. Confusion Matrix
f. Vector Analysis

Penggunaan parameter evaluasi tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat ketepatan, kestabilan, serta kemampuan model dalam melakukan klasifikasi objek secara otomatis. Evaluasi berbasis metrik performa dilakukan terhadap model ini untuk memvalidasi tingkat akurasi serta sejauh mana sistem dapat diterapkan pada kondisi nyata (Ploysungvan & Evans, 2025). Adapun hasil metrics evaluasi pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hasil Metrics Evaluasi Model YOLOv11

Berdasarkan gambar 5, hasil evaluasi model pada test set, model YOLOv11 memperoleh nilai:

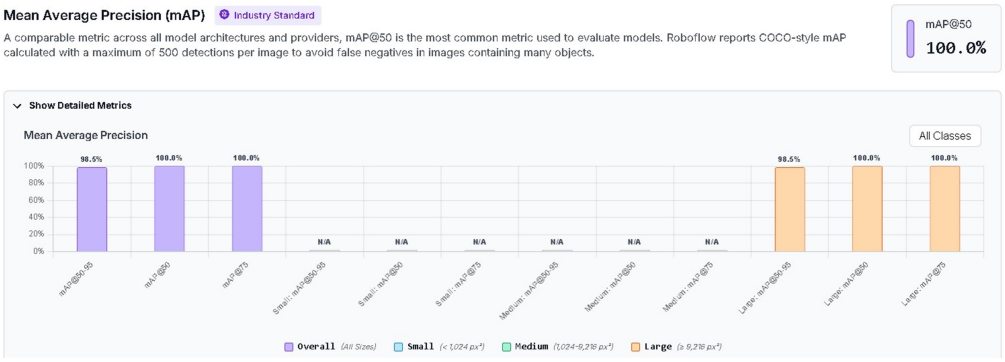
a. mAP@50 sebesar 100%
b. Precision sebesar 100%
c. Recall sebesar 99,8%
d. F1-Score sebesar 99,9%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendeteksi kualitas apel berdasarkan citra digital. Nilai Precision yang tinggi menunjukkan bahwa model mampu melakukan prediksi objek dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah. Selain itu, nilai Recall menunjukkan bahwa hampir seluruh objek apel berhasil dikenali oleh sistem tanpa banyak kehilangan data deteksi. Sedangkan nilai F1-Score menunjukkan keseimbangan performa antara Precision dan Recall sehingga model dapat dikatakan stabil dalam proses klasifikasi objek. Model YOLOv11 pada penelitian ini mampu menghasilkan performa deteksi yang sangat baik karena proses training dilakukan menggunakan dataset yang cukup besar dan telah melalui tahap preprocessing sebelumnya.

Analisis Mean Average Precision (mAP)

Mean Average Precision (mAP) merupakan salah satu parameter utama dalam pengujian object detection yang digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam mendeteksi objek berdasarkan bounding box dan klasifikasi objek. Nilai mAP yang tinggi menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan deteksi objek yang baik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Pada penelitian ini, pengujian mAP dilakukan menggunakan standar evaluasi object detection pada platform Roboflow dan dapat dilihat pada gambar 6.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



Gambar 6. Grafik Mean Average Precision (mAP) Model

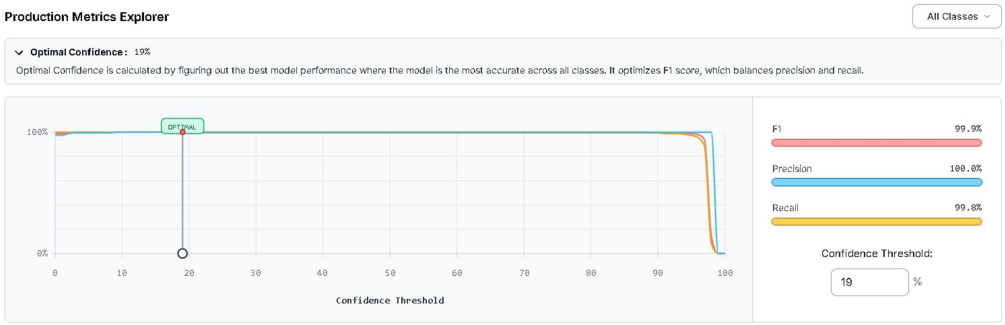
Berdasarkan hasil pengujian mAP pada gambar 6, model YOLOv11 memperoleh nilai mAP@50 sebesar 100%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengenali objek apel dengan sangat baik pada berbagai kondisi citra. Selain itu, grafik evaluasi memperlihatkan bahwa sebagian besar kelas objek memiliki performa deteksi yang stabil dengan tingkat akurasi tinggi. Adapun hasil pengujian mAP menunjukkan bahwa:

a. Model mampu mengenali objek apel segar dan busuk secara konsisten.
b. Tingkat kesalahan deteksi objek sangat rendah.
c. Bounding box yang dihasilkan model memiliki tingkat akurasi yang baik.
d. Model mampu bekerja secara optimal pada proses inferensi realtime.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode YOLO memiliki performa tinggi dalam proses object detection realtime karena mampu melakukan klasifikasi dan localization objek secara bersamaan (Fachrisyam et al., 2025).

Analisis Production Metrics Explorer

Production Metrics Explorer digunakan untuk menganalisis kestabilan performa model berdasarkan confidence threshold terhadap nilai Precision, Recall, dan F1-Score. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik model bekerja ketika digunakan pada kondisi realtime dan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Production Metrics Explorer Model

Berdasarkan hasil Production Metrics Explorer pada gambar 7, model memperoleh nilai optimal pada confidence threshold sebesar 19% dengan hasil sebagai berikut:

a. Precision sebesar 100%
b. Recall sebesar 99,8%
c. F1-Score sebesar 99,9%

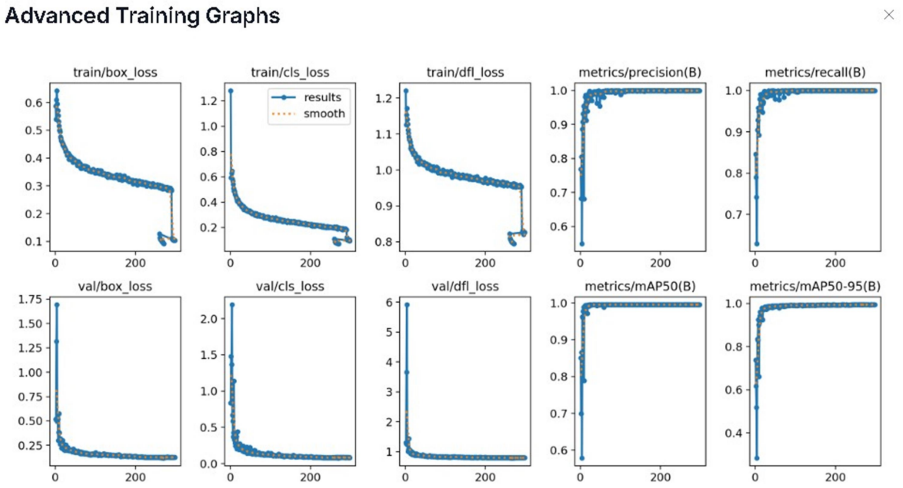
Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mempertahankan performa deteksi yang sangat baik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Grafik evaluasi juga menunjukkan bahwa model tetap stabil pada berbagai nilai threshold sebelum

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

mengalami penurunan performa mendekati batas maksimum. Selain itu, penggunaan confidence threshold pada object detection sangat penting untuk mengurangi kesalahan prediksi objek dan meningkatkan kualitas hasil inferensi secara realtime (Megantara & Utami, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan threshold tertentu agar hasil prediksi yang ditampilkan hanya berasal dari objek dengan tingkat keyakinan tinggi.

Analisis Training Graphs

Grafik training digunakan untuk mengetahui perkembangan performa model selama proses training berlangsung. Melalui grafik ini dapat diketahui perubahan nilai loss dan peningkatan performa model pada setiap epoch training. Berikut gambar analisis training graphs pada gambar 8.



Gambar 8. Advanced Training Graphs Model

Berdasarkan dari gambar 8, hasil training graphs, nilai train loss dan validation loss mengalami penurunan secara bertahap selama proses training berlangsung. Penurunan nilai loss menunjukkan bahwa model berhasil mempelajari pola objek apel dengan baik dari dataset training. Selain itu, grafik juga menunjukkan bahwa:

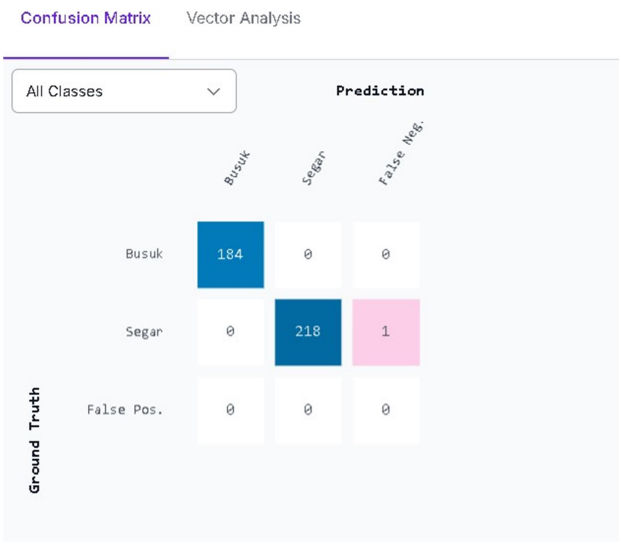
a. Nilai Precision mengalami peningkatan hingga mendekati 100%.
b. Nilai Recall meningkat secara stabil selama proses training.
c. Nilai mAP meningkat hingga mencapai performa optimal.
d. Tidak ditemukan indikasi overfitting yang signifikan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kestabilan yang baik selama proses pembelajaran data. Deep Learning berbasis CNN mampu mempelajari fitur visual objek secara otomatis melalui proses training berulang menggunakan dataset citra digital (Imaduddin & Suharsono, 2023).

Pengujian Confusion Matrix dan Vector Analysis

Pengujian Confusion Matrix dan Vector Analysis dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan data serta menganalisis distribusi fitur visual yang dipelajari model selama proses training. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa model mampu membedakan karakteristik apel segar dan apel busuk secara efektif. Adapun confusion matrix dapat dilihat pada gambar 9.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

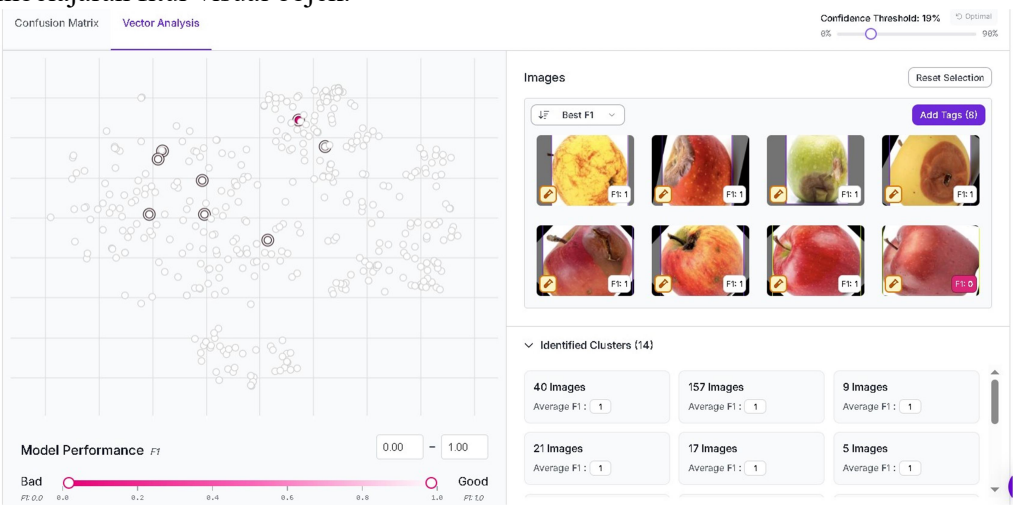


Gambar 9. Hasil Confusion Matrix

Hasil confusion matrix pada gambar 9 menunjukkan, bahwa model mampu mengklasifikasikan sebagian besar data dengan benar. Melalui Confusion Matrix, ketepatan sistem dalam mengolah data diuji dengan memetakan hasil aktual terhadap seluruh input, yang pada akhirnya akan menunjukkan persentase akurasi model (Kurniawan et al., 2023). Berdasarkan hasil pengujian:

a. Kelas apel busuk berhasil terdeteksi sebanyak 184 data.
b. Kelas apel segar berhasil terdeteksi sebanyak 218 data.
c. Hanya terdapat 1 kesalahan prediksi pada data apel segar.
d. Tidak ditemukan false positive yang signifikan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki tingkat error yang sangat rendah dan mampu melakukan klasifikasi objek secara akurat. Penggunaan dataset yang baik dan proses preprocessing yang tepat membantu model dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fitur visual objek.



Gambar 10. Hasil Vector Analysis

Berdasarkan hasil Vector Analysis pada gambar 10, distribusi data menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil dikelompokkan dengan baik oleh model. Cluster yang terbentuk memperlihatkan bahwa model mampu membedakan karakteristik apel segar dan busuk berdasarkan fitur visual yang dipelajari selama proses training. Selain itu, hasil Vector Analysis menunjukkan bahwa:

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

a. Sebagian besar cluster memiliki nilai F1-Score tinggi.
b. Distribusi data antar kelas terlihat cukup terpisah.
c. Model mampu mengenali pola visual objek secara konsisten.
d. Tingkat overlap antar kelas relatif rendah.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan feature extraction yang baik dalam proses object detection. Computer Vision memungkinkan sistem komputer memahami informasi visual dan melakukan prediksi berdasarkan pola citra yang dipelajari sebelumnya (Arifin et al., 2021).

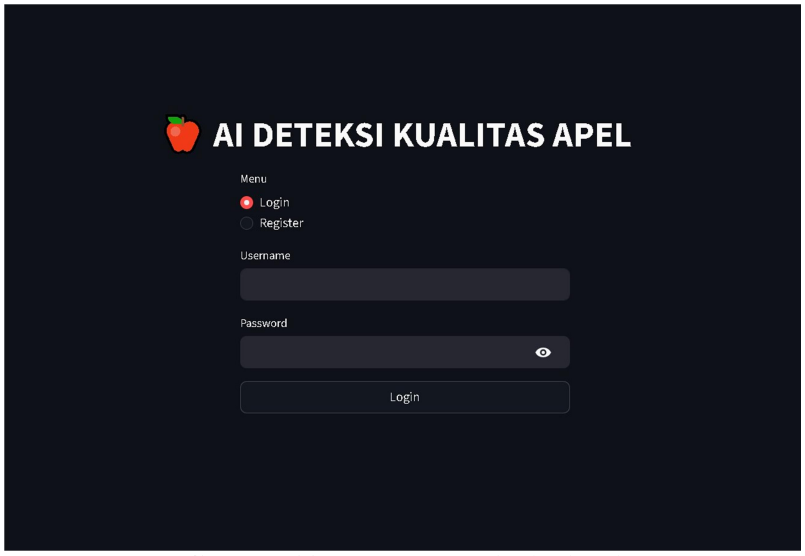
Implementasi Aplikasi

Implementasi aplikasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Streamlit sebagai antarmuka utama sistem. Penggunaan Streamlit bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam mengoperasikan sistem deteksi kualitas apel secara interaktif dan realtime. Pembuatan antarmuka untuk menjalankan model AI dan menampilkan hasil prediksinya kini menjadi lebih praktis bagi para pengembang berkat kemudahan yang ditawarkan oleh Streamlit (Syafarina & Zaenuddin, 2023). Selain itu, aplikasi juga memanfaatkan beberapa teknologi pendukung, yaitu:

a. OpenCV untuk realtime detection menggunakan kamera.
b. Roboflow API untuk proses inferensi model YOLOv11.
c. Pandas untuk pengelolaan data riwayat prediksi.
d. Plotly untuk visualisasi data berbentuk grafik.

Halaman Login Aplikasi

Halaman login digunakan sebagai sistem autentikasi pengguna sebelum mengakses fitur utama aplikasi. Pengguna diwajibkan melakukan login menggunakan username dan password yang telah terdaftar pada sistem. Berikut adalah tampilan halaman login pada gambar 11.



Gambar 11. Halaman Login Aplikasi

Berdasarkan implementasi halaman login pada gambar 11, sistem berhasil menyediakan fitur autentikasi pengguna dengan tampilan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan. Selain fitur login, sistem juga menyediakan menu registrasi bagi pengguna baru yang belum memiliki akun. Fitur login pada aplikasi memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

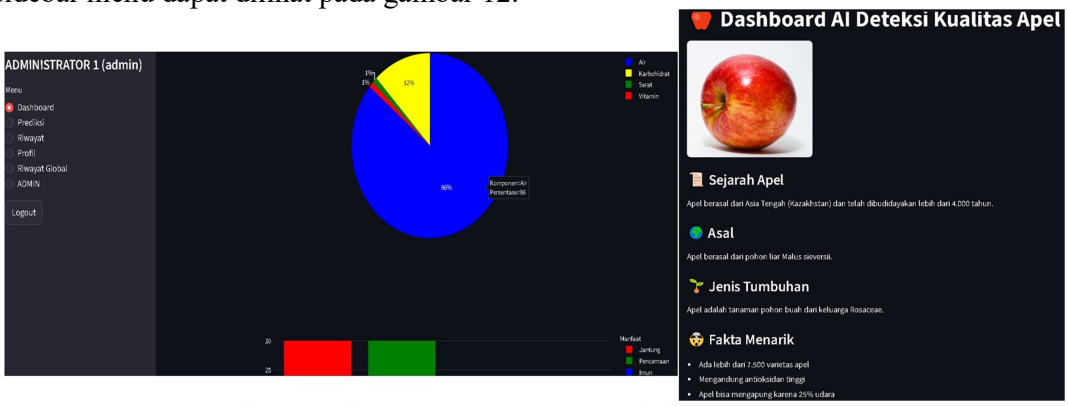
a. Membatasi akses pengguna ke dalam sistem.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

b. Menyimpan riwayat prediksi berdasarkan akun pengguna.
c. Mengelola hak akses antara administrator dan user biasa.
d. Meningkatkan keamanan penggunaan aplikasi.

Halaman Dashboard Sistem & Sidebar Menu

Dashboard merupakan halaman utama aplikasi yang menampilkan informasi umum terkait sistem deteksi kualitas apel. Pada halaman ini pengguna dapat mengakses berbagai menu utama aplikasi melalui sidebar navigasi. Adapun halaman dashboard & sidebar menu dapat dilihat pada gambar 12.



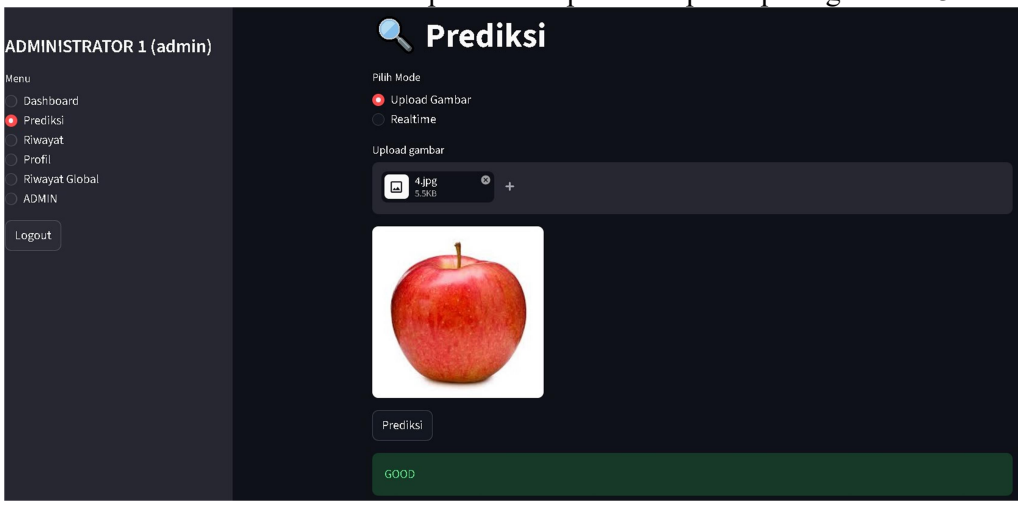
Gambar 12. Halaman Dashboard & Sidebar Menu

Berdasarkan implementasi dashboard pada gambar 12, aplikasi menyediakan tampilan visual berupa grafik dan informasi data yang membantu pengguna dalam memahami hasil penggunaan sistem. Sidebar aplikasi terdiri dari menu dashboard, prediksi, riwayat, profil, riwayat global, dan menu admin. Adapun fungsi dashboard pada aplikasi meliputi:

a. Menampilkan informasi sistem secara umum.
b. Menampilkan visualisasi data berbentuk grafik.
c. Mempermudah navigasi pengguna ke setiap fitur aplikasi.

Implementasi Prediksi Upload Gambar

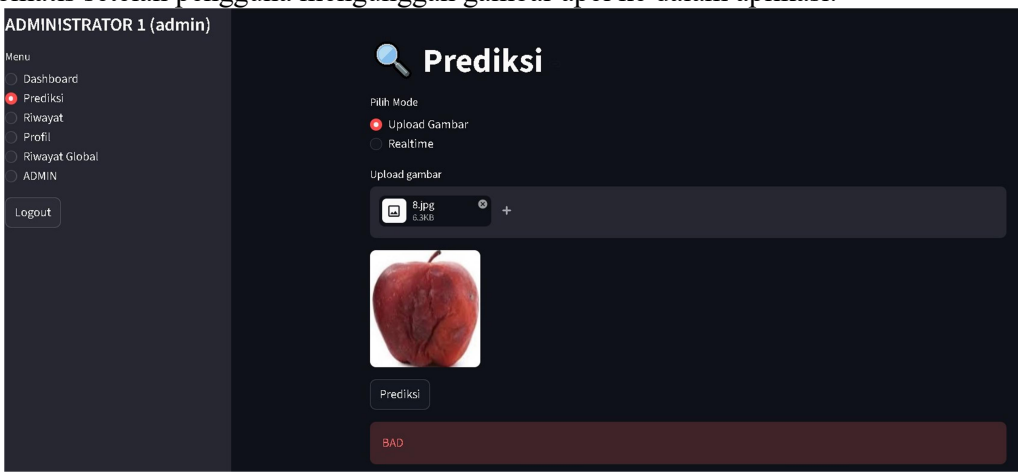
Pengujian upload gambar dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi kualitas apel berdasarkan gambar yang diinput oleh pengguna. Sistem akan melakukan inferensi menggunakan model YOLOv11 dan menampilkan hasil klasifikasi secara otomatis dan berikut adalah implementasi prediksi upload pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil Prediksi Apel Segar

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Berdasarkan hasil pengujian upload gambar pada gambar 13, sistem berhasil mendeteksi apel segar dengan label GOOD. Sistem menampilkan hasil prediksi secara otomatis setelah pengguna mengunggah gambar apel ke dalam aplikasi.



Gambar 14. Hasil Prediksi Apel Busuk

Pada pengujian apel busuk berdasarkan gambar 14, sistem berhasil mengidentifikasi objek apel dengan label BAD berdasarkan kondisi visual apel yang mengalami kerusakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu membedakan karakteristik apel segar dan busuk dengan baik. Hasil pengujian upload gambar menunjukkan bahwa:

a. Sistem mampu melakukan inferensi secara otomatis.
b. Hasil prediksi sesuai dengan kondisi objek sebenarnya.
c. Sistem mampu bekerja dengan baik pada citra upload pengguna.

Implementasi Realtime Detection

Selain pengujian upload gambar, dilakukan juga pengujian realtime detection menggunakan kamera dan OpenCV. Sistem mampu mendeteksi objek apel secara realtime dengan menampilkan bounding box dan label hasil deteksi pada layar. Adapun hasil realtime detection dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil Realtime Detection

Pada implementasi realtime detection pada gambar 15, sistem menggunakan metode tracking CSRT untuk meningkatkan kestabilan deteksi objek dan mengurangi proses pemanggilan API secara terus-menerus. Selain itu, sistem juga menerapkan confidence threshold optimal sebesar 19% berdasarkan hasil evaluasi Production Metrics Explorer agar hasil prediksi yang ditampilkan memiliki tingkat keyakinan yang baik dan

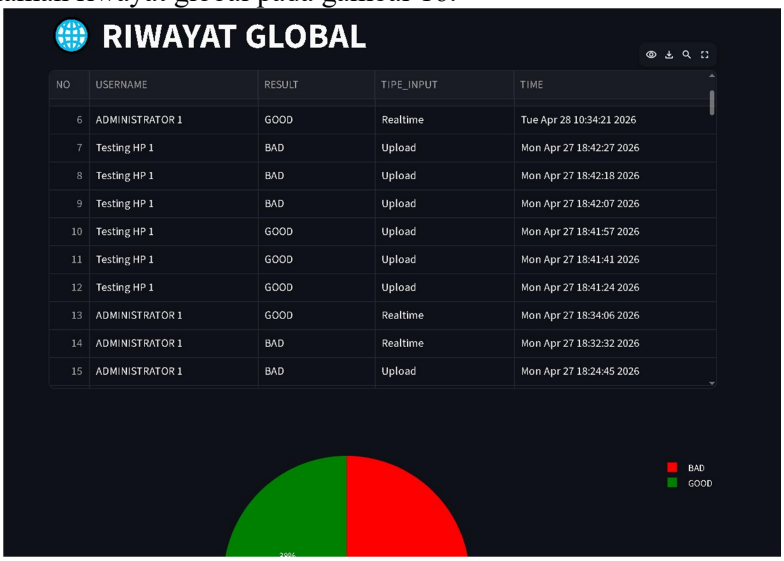
E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

lebih stabil saat proses deteksi realtime dilakukan. Adapun hasil implementasi realtime detection menunjukkan bahwa:

a. Sistem mampu mendeteksi objek secara realtime.
b. Bounding box berhasil mengikuti pergerakan objek.
c. Hasil prediksi dapat ditampilkan secara langsung.
d. Sistem mampu bekerja secara stabil menggunakan kamera.

Halaman Riwayat Global

Halaman riwayat global digunakan untuk menyimpan seluruh data hasil prediksi pengguna baik melalui mode upload gambar maupun realtime detection. Berikut adalah tampilan halaman riwayat global pada gambar 16.



Gambar 16. Halaman Riwayat Global

Berdasarkan implementasi halaman riwayat global pada gambar 16, sistem berhasil menyimpan data hasil prediksi pengguna secara otomatis. Data yang ditampilkan meliputi username, hasil prediksi, tipe input, dan waktu prediksi. Selain itu, halaman riwayat global juga memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

a. Menyimpan histori hasil prediksi pengguna.
b. Menampilkan statistik hasil GOOD dan BAD.
c. Membantu administrator melakukan monitoring penggunaan sistem.
d. Mempermudah proses pengelolaan data hasil deteksi.

Visualisasi data berbentuk grafik pada dashboard dan riwayat global membantu pengguna memahami distribusi hasil prediksi sistem secara lebih interaktif dan informatif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode Deep Learning menggunakan algoritma YOLOv11 mampu diterapkan dengan baik untuk mendeteksi kualitas apel segar dan busuk berbasis aplikasi web menggunakan Streamlit. Sistem berhasil melakukan proses object detection secara otomatis melalui dua metode, yaitu upload gambar dan realtime detection menggunakan kamera. Implementasi model YOLOv11 pada penelitian ini menunjukkan performa yang sangat baik berdasarkan hasil evaluasi menggunakan parameter Precision, Recall, F1-Score, dan Mean Average Precision (mAP). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model memperoleh nilai Precision sebesar 100%, Recall sebesar 99,8%, F1-Score sebesar

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

99,9%, dan mAP@50 sebesar 100%, sehingga model dinilai mampu mengenali objek apel dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

Selain itu, hasil pengujian Confusion Matrix menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan sebagian besar data dengan benar dan hanya menghasilkan tingkat kesalahan yang sangat rendah. Hasil Vector Analysis juga memperlihatkan bahwa distribusi data berhasil dikelompokkan dengan baik berdasarkan fitur visual objek yang dipelajari selama proses training. Hal tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan feature extraction yang baik dalam membedakan karakteristik apel segar dan apel busuk.

Implementasi aplikasi menggunakan framework Streamlit dan OpenCV juga berhasil mendukung proses deteksi secara interaktif dan realtime dengan tampilan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan. Sistem mampu menampilkan hasil deteksi dalam bentuk bounding box dan label kategori objek secara otomatis. Selain itu, aplikasi juga menyediakan fitur riwayat prediksi untuk membantu proses monitoring hasil deteksi pengguna.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu proses identifikasi kualitas apel secara lebih cepat, otomatis, dan efisien dibandingkan metode manual. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan jumlah dataset, memperluas kategori kualitas buah, serta mengembangkan implementasi pada perangkat mobile atau sistem Internet of Things (IoT).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Data Sains Universitas Bina Sarana Informatika yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung proses pengumpulan data, pelatihan model Deep Learning, pengembangan aplikasi berbasis Streamlit, hingga penyusunan penelitian sehingga artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna menjadi bahan evaluasi dan pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, D. C., Rosid, M. A., & Ariyanti, N. (2023). Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Deteksi Kesegaran Pada Apel. *Jurnal Fasilkom*, *13*(02), 145–150. https://doi.org/10.37859/jf.v13i02.5175

Anzari, Y., Novriadi, F., Rahmawati, N., Aktan, R. N., Aminuddin, F. H., & Djauhari, T. (2024). Deteksi Objek Real Time Dengan Yolov4-Tiny Dan Antarmuka Grafis Menggunakan Opencv Python. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, *3*(6), 2711–2727.

Arifin, I., Haidi, R. F., & Dzalhaqi, M. (2021). Penerapan Computer Vision Menggunakan Metode Deep Learning Pada Perspektif Generasi Ulul Albab. *Jurnal Teknologi Terpadu*, *7*(2), 98–107.

Bahari, S. D. P., & Latifa, U. (2023). Klasifikasi Buah Segar Menggunakan Teknik Computer Vision Untuk Pendeteksian Kualitas Dan Kesegaran Buah. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *7*(3), 1567–1573. https://doi.org/10.36040/jati.v7i3.6871

Fachrisyam, M., Indra, D., & Hasnawi, M. (2025). Implementasi Metode YOLO Dalam Mendeteksi Jenis Sampah Berbasis Computer Vision. *LINIER: Literatur Informatika dan Komputer*, *2*(1), 68–76.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Hakim, N. F. A., Ismail, A., Kustiawan, I., Rosanti, D., & Zaidan, T. Y. (2025). Designing and Implementing Real-Time Deep Learning Object Detection in Unmanned Aerial Vehicles. *IIUM Engineering Journal*, *26*(3), 123–137. https://doi.org/10.31436/iiumej.v26i3.3433

Imaduddin, A. R., & Suharsono, T. N. (2023). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Citra Jamur Berbasis Mobile. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, *3*(5), 864–875.

Isa, I. G. T., & Elfaladonna, F. (2022). Penilaian Kinerja Akurasi Metode Klasifikasi dalam Dataset Penerimaan Mahasiswa Baru Universitas XYZ. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika*, *8*(2), 292. https://doi.org/10.26418/jp.v8i2.54316

Kurniawan, R., Martadinata, A. T., & Cahyo, S. D. (2023). Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Sawit Berbasis Deep Learning dengan Menggunakan Arsitektur Yolov5. *Journal of Information System Research (JOSH)*, *5*(1), 302–309. https://doi.org/10.47065/josh.v5i1.4408

Maulana, A., & Sari, N. L. D. M. (2024). Literatur Review Implementasi ArtificiaI Intellegence dalam Pertanian. *Seminar Nasional Informatika UPGRIS*, *2*, 516–530. https://conference.upgris.ac.id/index.php/infest/article/view/6479/4506

Megantara, N. A., & Utami, E. (2025). Object Detection using YOLOv8 : A Systematic Review. *Sistemasi*, *14*(3), 1186. https://doi.org/10.32520/stmsi.v14i3.5081

Oktapian, I. G. L. A., & Giri, G. A. V. M. (2025). Identifikasi Kematangan Buah Apel Menggunakan Algoritma YOLO. *Jurnal Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya*, *4*(1), 143–152. https://ejournal2.unud.ac.id/index.php/jnatia/article/view/19?

Ploysungvan, P., & Evans, W. K. (2025). Defect Detection and Quality Classification of Jinda Chili Peppers Using YOLO with Metric-Oriented Performance Assessment. In *Proceedings of the 2025 8th Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference* (pp. 210–218).

Syafarina, G. A., & Zaenuddin, Z. (2023). Implementasi Framework Streamlit Sebagai Prediksi Harga Jual Rumah Dengan Linear Regresi. *METIK Jurnal*, *7*(2), 121–125.

Tampubolon, M. (2023). *Metode Penelitian*. www.globaleksekutifteknologi.co.id