

Implementation of YOLOv5 for Pest Detection on Chili Plants Using a Web Based Streamlit Framework

[Implementasi Yolo V5 Dalam Deteksi Hama Pada Tanaman Cabai Berbasis Web Menggunakan Framework Streamlit]

Firmansyah Rizki Kusuma¹⁾, Suprianto^{*2)}, Hamzah Setiawan³⁾, Uce Indahyanti⁴⁾

¹⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email Penulis: 191080200175@umsida.ac.id, hamzah@umsida.ac.id, uceindahyanti@umsida.ac.id

*Email Penulis Korespondensi: suprianto@umsida.ac.id,

Abstract. *Chili plants are an important agricultural commodity that are vulnerable to pest attacks such as aphids, whiteflies, thrips, and caterpillars. Pest detection that is still carried out manually is considered inefficient and time-consuming, thus requiring a technology-based solution to improve the efficiency of pest identification. This study aims to implement the YOLOv5 algorithm for detecting pests on chili plants and to develop a web-based application using the Streamlit framework. The dataset consists of 1,609 images containing four pest classes, namely aphids, whiteflies, thrips, and caterpillars, which were annotated using bounding boxes. The model was trained using Google Colab and evaluated using precision, recall, and mAP@0.5 metrics. The results show that the YOLOv5 model achieved a mAP@0.5 of 0.720, with the highest performance obtained for the caterpillar class with a mAP@0.5 of 0.777. The developed model was successfully implemented into a web-based application that allows users to upload chili plant images and obtain pest detection results automatically. Therefore, the developed system can serve as a technological solution to assist in identifying pests on chili plants.*

Keywords – YOLOv5, pest detection, chili plants, computer vision, Streamlit.

Abstrak *Tanaman cabai merupakan komoditas penting di sektor pertanian yang rentan terhadap serangan hama seperti kutu daun, kutu kebul, thrips, dan ulat. Deteksi hama yang masih dilakukan secara manual dinilai kurang efisien dan memerlukan waktu, sehingga diperlukan solusi berbasis teknologi untuk membantu meningkatkan efisiensi proses identifikasi hama. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma YOLOv5 dalam mendeteksi hama pada tanaman cabai serta mengembangkan aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.609 gambar dengan empat kelas hama, yaitu kutu daun, kutu kebul, thrips, dan ulat yang telah dianotasi menggunakan bounding box. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan Google Colab, kemudian model dievaluasi berdasarkan nilai precision, recall, dan mAP@0.5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv5 memperoleh nilai mAP@0.5 sebesar 0,720, dengan performa tertinggi pada kelas ulat sebesar 0,777. Model yang telah dilatih berhasil diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web yang memungkinkan pengguna mengunggah gambar tanaman cabai dan memperoleh hasil deteksi hama secara otomatis. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi berbasis teknologi untuk membantu proses identifikasi hama pada tanaman cabai.*

Kata Kunci - YOLOv5, deteksi hama, tanaman cabai, computer vision, Streamlit.

I. PENDAHULUAN

Cabai adalah komoditas pertanian penting di Indonesia [1], dengan peran vital dalam berbagai masakan khas [2]. Tanaman cabai merupakan salah satu komoditas penting dalam sektor pertanian di banyak negara, termasuk Indonesia. Cabai tidak hanya penting secara ekonomis tetapi juga memiliki peran penting dalam keanekaragaman pangan [3]. Namun, budidaya cabai sering kali terhambat oleh serangan hama yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas panen.

Hama merupakan salah satu tantangan utama dalam budidaya cabai [4]. Berbagai jenis hama, seperti kutu daun, ulat buah, dan tungau, dapat menyebabkan kerusakan serius pada tanaman cabai [5]. Deteksi dini dan pengelolaan hama yang efektif menjadi kunci untuk menjaga kualitas dan jumlah produksi [6]. Tradisionalnya, deteksi hama dilakukan secara manual oleh petani, yang sering kali tidak efisien dan memakan waktu.

Dengan kemajuan teknologi, terutama di bidang pengolahan citra dan kecerdasan buatan, terdapat peluang besar untuk meningkatkan efisiensi deteksi dan pengelolaan hama [3]. Penggunaan teknologi pengolahan citra, seperti YOLO v5 (*You Only Look Once version 5*), dapat memungkinkan deteksi hama yang lebih cepat, akurat, dan otomatis [7].

YOLO v5 adalah model kecerdasan buatan canggih yang telah terbukti efektif dalam berbagai tugas pengolahan citra, termasuk deteksi objek [8]. Implementasi YOLO v5 untuk deteksi hama pada tanaman cabai dapat memberikan solusi inovatif yang mampu mengidentifikasi berbagai jenis hama dengan akurasi tinggi[9].

Menyadari keterbatasan akses terhadap teknologi canggih di kalangan petani, penting untuk menyediakan solusi yang mudah diakses dan digunakan. Pengembangan aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit memungkinkan petani untuk dengan mudah mengakses alat deteksi hama ini. Streamlit adalah alat yang inovatif dan mudah digunakan untuk membuat website interaktif dengan bahasa pemrograman Python [10]. Aplikasi web dapat diakses melalui perangkat mobile atau komputer, memberikan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem deteksi hama pada tanaman cabai yang efisien, akurat, dan mudah diakses melalui aplikasi web. Implementasi YOLO v5 dan penggunaan Streamlit sebagai framework akan diuji untuk menilai efektivitasnya dalam mengatasi masalah deteksi hama pada tanaman cabai [11].

Dengan menerapkan teknologi canggih ini, skripsi ini berupaya memberikan solusi yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian cabai dan membantu petani dalam mengelola hama dengan cara yang lebih efektif dan efisien.

II. METODE

A. Bahan dan Alat Penelitian

Dalam penelitian ini, bahan dan alat digunakan untuk mendukung proses pelatihan model deteksi objek menggunakan algoritma YOLOv5 serta implementasinya ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit. Adapun bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian merupakan komponen utama yang digunakan dalam proses pelatihan model dan pengembangan sistem.

a. Dataset Hama pada Tanaman Cabai

Dataset merupakan bahan utama yang digunakan untuk melatih model YOLOv5 agar dapat mengenali dan mendeteksi hama pada tanaman cabai. Dataset diperoleh dari platform Roboflow dan diekspor dalam format YOLOv5 [12]. Spesifikasi dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Jumlah total gambar: 1609 gambar
- Format dataset: YOLOv5
- Jenis anotasi: Bounding box
- Jumlah kelas: 4 kelas hama, yaitu:
 - Kutu daun
 - Kutu kebul
 - Thrips
 - Ulat

Dataset ini terdiri dari gambar tanaman cabai yang telah diberi anotasi berupa kotak pembatas (*bounding box*) pada setiap objek hama. Dataset ini digunakan pada tahap pelatihan (*training*), validasi (*validation*), dan pengujian (*testing*) model. Fungsi dataset dalam penelitian ini adalah:

- Melatih model YOLOv5 agar dapat mengenali objek hama
- Menguji kemampuan model dalam mendeteksi objek
- Mengevaluasi tingkat akurasi model

b. Framework Streamlit

Streamlit merupakan framework berbasis Python yang digunakan untuk membangun aplikasi web.

2. Alat Penelitian

Alat penelitian merupakan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung proses pelatihan model dan pengembangan sistem.

a. Laptop

Laptop digunakan sebagai perangkat utama untuk menjalankan seluruh proses penelitian, termasuk:

- Mengakses Google Colab
- Mengembangkan aplikasi menggunakan Visual Studio Code
- Menjalankan aplikasi Streamlit
- Mengelola file dataset dan model

Spesifikasi laptop yang digunakan:

- Prosesor: Intel Core i3
- RAM: minimal 4 GB
- Sistem operasi: Windows 10

b. Google Colab

Google Colab merupakan platform berbasis cloud yang digunakan untuk menjalankan kode Python. Google Colab digunakan dalam penelitian ini untuk [13]:

- Melatih model YOLOv5
- Menginstal dependencies yang diperlukan

c. Visual Studio Code

Visual Studio Code merupakan text editor yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan menjalankan kode program [14].

d. Bahasa Pemrograman Python

Python merupakan bahasa pemrograman utama yang digunakan dalam penelitian ini karena memiliki banyak library yang mendukung pengembangan *artificial intelligence* dan aplikasi web.

B. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan proses memperoleh dataset yang akan digunakan untuk melatih dan menguji model YOLOv5 dalam mendeteksi hama pada tanaman cabai. Dataset diperoleh melalui platform Roboflow yang menyediakan berbagai dataset untuk keperluan computer vision. Tahapan pengumpulan data dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut [15]:



Gambar 1. Tahapan Pengumpulan Data

1. Registrasi dan Login ke Platform Roboflow

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengakses website Roboflow melalui browser pada alamat <https://roboflow.com> [16]. Selanjutnya, peneliti melakukan registrasi akun dengan mengisi informasi yang diperlukan seperti email dan password. Setelah proses registrasi selesai, peneliti melakukan login ke akun Roboflow untuk mengakses fitur dataset yang tersedia. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan akses ke dataset serta fitur export dataset dalam format yang sesuai dengan kebutuhan model YOLOv5.

2. Pencarian dan Pemilihan Dataset

Setelah berhasil login, peneliti melakukan pencarian dataset yang berhubungan dengan hama pada tanaman cabai menggunakan fitur pencarian pada Roboflow. Dataset yang dipilih adalah dataset yang memiliki anotasi objek hama menggunakan bounding box. Kriteria dataset yang dipilih dalam penelitian ini meliputi:

- Dataset berisi gambar tanaman cabai
- Dataset memiliki anotasi objek hama
- Dataset memiliki format yang kompatibel dengan YOLOv5
- Dataset memiliki jumlah gambar yang cukup untuk pelatihan model

Dataset yang digunakan terdiri dari total 1609 gambar dengan 4 kelas objek, yaitu:

- Kutu daun
- Kutu kebul
- Thrips
- Ulat

3. Export Dataset dalam Format YOLOv5

Setelah dataset dikonfigurasi, langkah selanjutnya adalah mengekspor dataset dengan memilih format YOLOv5 pada menu export yang tersedia di Roboflow.

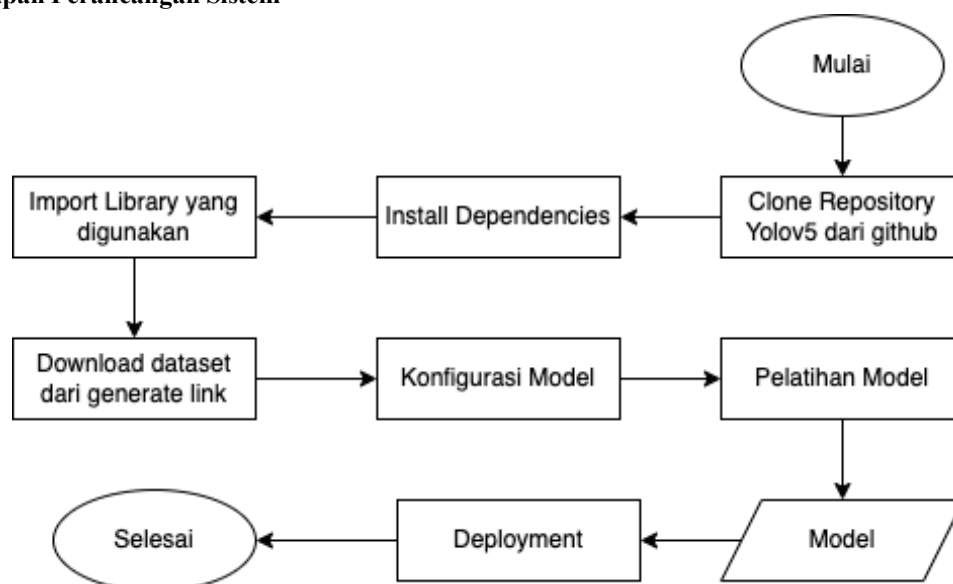
Format YOLOv5 dipilih karena format ini sesuai dengan struktur yang dibutuhkan oleh model YOLOv5, yang terdiri dari:

- Folder images yang berisi gambar
 - Folder labels yang berisi file anotasi
 - File data.yaml yang berisi konfigurasi dataset
- File data.yaml berisi informasi seperti:
- Path dataset
 - Nama kelas
 - Jumlah kelas

4. Generate API Key dan Link Download Dataset

Setelah memilih format YOLOv5, Roboflow akan menyediakan API key dan kode program yang digunakan untuk mengunduh dataset secara otomatis.

C. Tahapan Perancangan Sistem



Gambar 2.Tahap Analisis

Gambar 2 merupakan tahapan analisis. Proses dimulai dari langkah import library yang digunakan. Setelah itu, dilakukan instalasi dependencies atau pustaka yang dibutuhkan oleh YOLOv5. Langkah berikutnya adalah clone repository YOLOv5 dari GitHub. Selanjutnya, dataset diunduh melalui generate link dari Roboflow, kemudian dikonfigurasi pada file data.yaml. Proses dilanjutkan dengan pelatihan model YOLOv5 menggunakan dataset yang telah disiapkan. Pada tahap pelatihan, model menggunakan arsitektur YOLOv5s dengan ukuran citra 640×640 piksel,

batch size 8, dan sebanyak 50 epochs. Pelatihan menggunakan bobot awal (pretrained weights) yolov5s.pt untuk membantu model mempelajari karakteristik objek hama. Model hasil pelatihan kemudian digunakan pada tahap deployment untuk diimplementasikan ke dalam sistem deteksi hama berbasis web.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Metode

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dari proses pelatihan model YOLOv5, implementasi model ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit, serta pengujian terhadap fungsionalitas sistem. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi hama pada tanaman cabai serta mengevaluasi kinerja sistem yang telah dikembangkan.

Setelah proses persiapan dataset dan konfigurasi model selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah pelatihan model YOLOv5 menggunakan dataset hama pada tanaman cabai. Proses pelatihan ini bertujuan untuk memperoleh model dengan performa deteksi yang optimal melalui proses pembelajaran terhadap karakteristik setiap kelas hama. Hasil pelatihan kemudian dievaluasi menggunakan beberapa metrik, yaitu Precision, Recall, mean Average Precision (mAP@0.5), dan mAP@0.5:0.95 untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi dan menentukan lokasi objek hama.

Untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi setiap jenis hama, hasil evaluasi berdasarkan masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Evaluasi Model YOLOv5

Kelas Hama	Precision	Recall	mAP@0.5	mAP@0.5:0.95
Kutu daun	0,776	0,727	0,729	0,292
Kutu kebul	0,751	0,552	0,627	0,197
Thrips	0,633	0,784	0,748	0,224
Ulat	0,561	0,817	0,777	0,277

Berdasarkan Tabel 1, kelas ulat memperoleh nilai mAP@0.5 tertinggi sebesar 0,777, diikuti oleh thrips sebesar 0,748 dan kutu daun sebesar 0,729. Sementara itu, kutu kebul memperoleh nilai mAP@0.5 sebesar 0,627 sehingga menjadi kelas dengan nilai mAP@0.5 terendah.

Berdasarkan nilai recall, kelas ulat juga memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,817, yang menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi sebagian besar objek ulat yang terdapat pada data validasi. Kelas thrips memiliki nilai recall sebesar 0,784, diikuti oleh kutu daun sebesar 0,727. Sementara itu, kutu kebul memperoleh nilai recall sebesar 0,552. Nilai recall yang lebih rendah pada kelas kutu kebul menunjukkan bahwa masih terdapat objek pada kelas tersebut yang belum berhasil terdeteksi oleh model.

Perbedaan nilai precision, recall, dan mAP@0.5 pada setiap kelas menunjukkan bahwa kemampuan model dalam mendeteksi masing-masing jenis hama tidak sepenuhnya sama. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik visual hama, ukuran objek, posisi objek pada gambar, serta variasi data yang digunakan dalam proses pelatihan. Meskipun terdapat perbedaan performa antar kelas, model mampu mendeteksi keempat kelas hama dengan nilai mAP@0.5 di atas 0,60.

B. Pengujian Sistem

Model YOLOv5 yang telah melalui proses pelatihan kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit. Implementasi ini bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam melakukan deteksi hama pada tanaman cabai melalui antarmuka yang sederhana dan mudah diakses. Pengguna dapat mengunggah gambar tanaman cabai, kemudian sistem secara otomatis melakukan proses deteksi menggunakan model yang telah dilatih dan menampilkan hasil identifikasi beserta informasi pendukung.



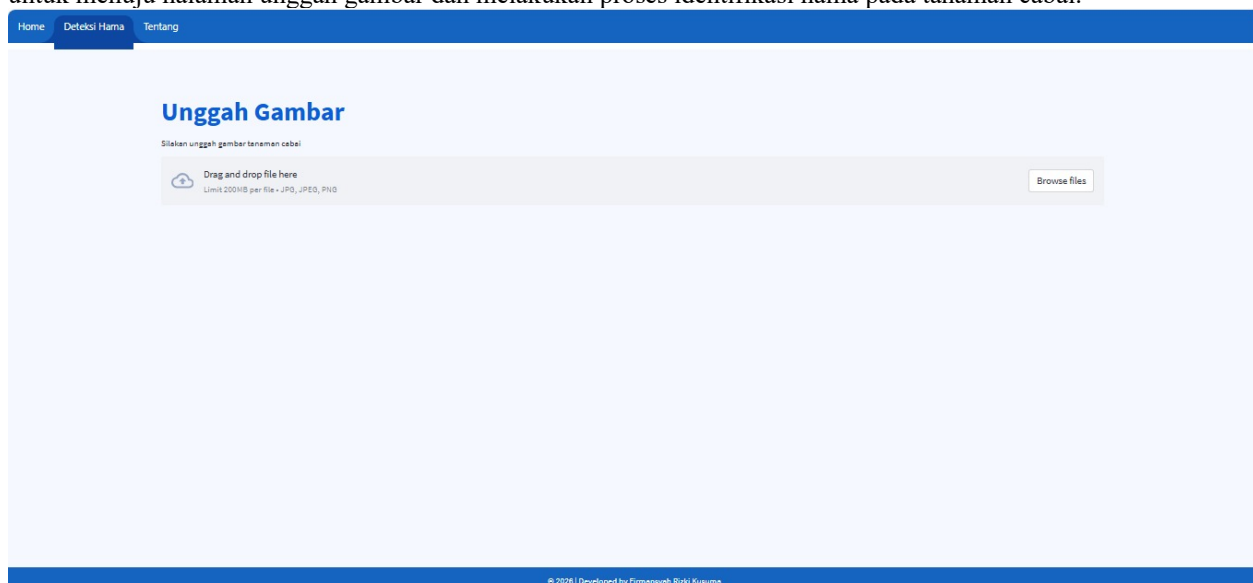
Gambar 5 Halaman Home

Halaman Home merupakan halaman utama yang pertama kali ditampilkan ketika aplikasi dijalankan. Pada bagian atas halaman terdapat navigation bar yang menyediakan beberapa menu, yaitu Home, Deteksi Hama, dan Tentang. Navigation bar tersebut digunakan untuk memudahkan pengguna berpindah dari halaman utama menuju halaman deteksi maupun halaman informasi aplikasi.

Pada bagian utama halaman, sistem menampilkan judul “Sistem Deteksi Hama Tanaman Cabai” yang memberikan informasi mengenai fungsi utama aplikasi. Di bawah judul terdapat deskripsi singkat mengenai sistem yang menjelaskan bahwa aplikasi dikembangkan untuk membantu proses deteksi hama pada tanaman cabai menggunakan algoritma YOLOv5. Selain informasi berupa teks, halaman Home juga dilengkapi dengan gambar tanaman cabai sebagai elemen visual pendukung.

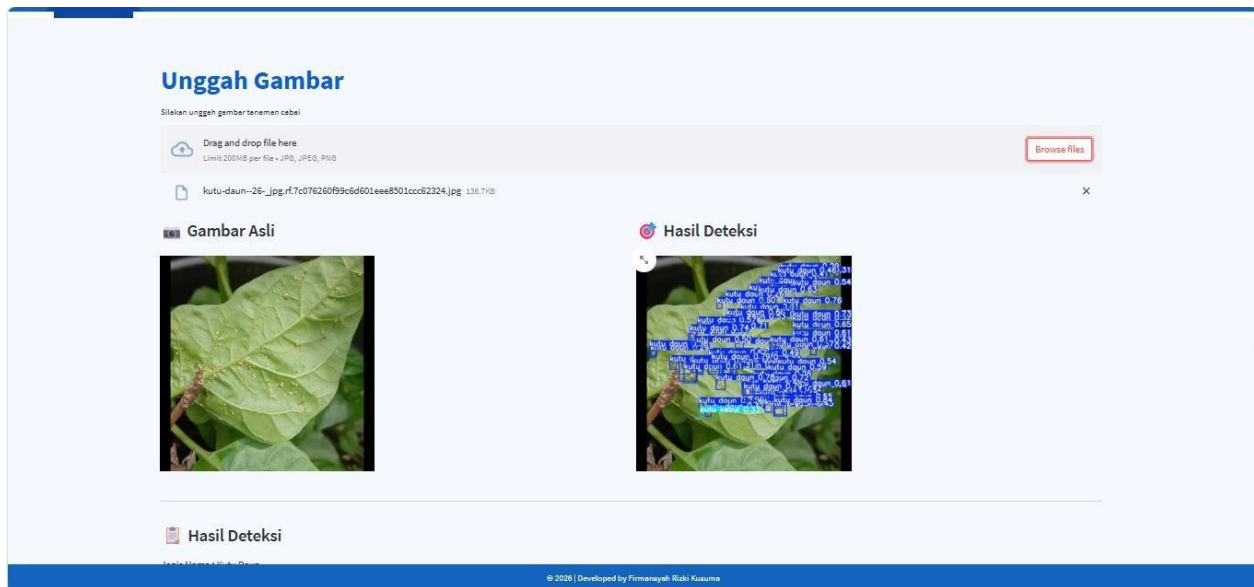
Tampilan halaman dirancang secara sederhana dengan menempatkan informasi utama pada bagian kiri dan gambar tanaman cabai pada bagian kanan. Penyusunan tersebut bertujuan agar informasi mengenai aplikasi dapat dipahami pengguna dengan mudah tanpa tampilan yang terlalu kompleks. Pada bagian bawah halaman juga terdapat footer yang memuat informasi pendukung mengenai aplikasi.

Dengan adanya halaman Home, pengguna dapat memperoleh gambaran awal mengenai tujuan dan fungsi sistem sebelum melakukan proses deteksi. Selanjutnya, pengguna dapat memilih menu Deteksi Hama pada navigation bar untuk menuju halaman unggah gambar dan melakukan proses identifikasi hama pada tanaman cabai.



Gambar 6.Halaman Unggah Gambar

Halaman unggah gambar berfungsi sebagai media input bagi pengguna untuk memasukkan citra tanaman cabai yang akan dianalisis oleh sistem. Pengguna dapat memilih gambar melalui tombol Browse Files maupun menggunakan metode drag and drop. Setelah gambar berhasil diunggah, sistem menampilkan citra yang dipilih sebagai Gambar Asli sebelum dilakukan proses deteksi. Selanjutnya, citra tersebut diproses menggunakan model YOLOv5 untuk mengidentifikasi objek hama yang terdapat pada tanaman cabai. Halaman ini menjadi tahap awal dalam proses deteksi, yaitu menghubungkan citra masukan dari pengguna dengan proses analisis yang dilakukan oleh model.

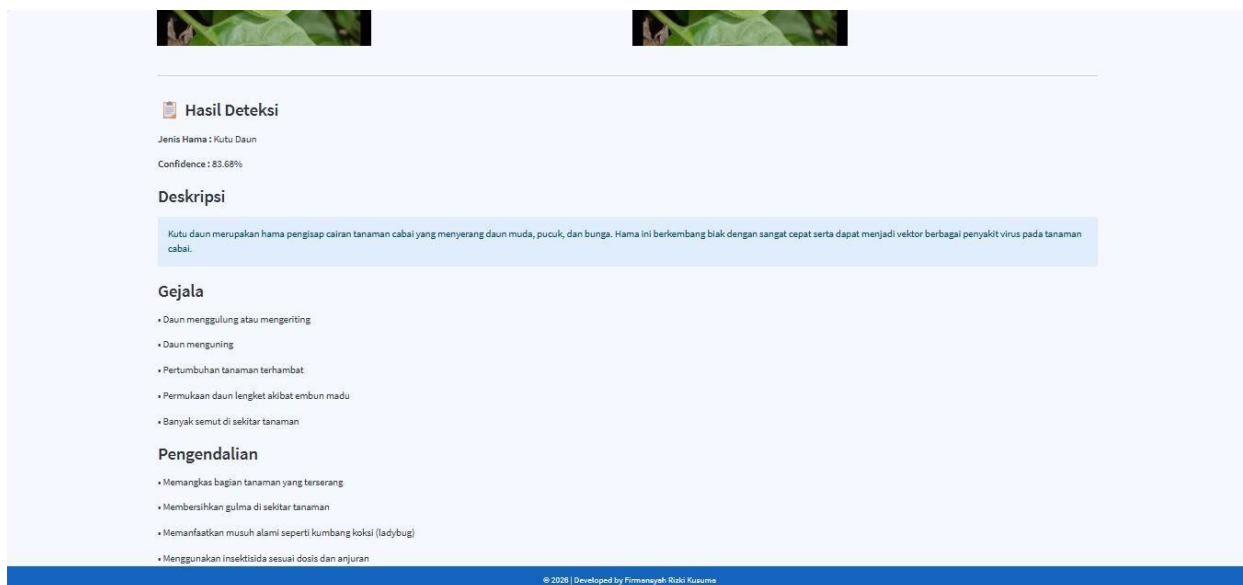


Gambar 7. Output

Gambar 7 menunjukkan halaman Deteksi Hama yang digunakan untuk melakukan proses identifikasi hama pada tanaman cabai. Pada bagian atas halaman tersedia fitur Unggah Gambar yang memungkinkan pengguna memasukkan citra tanaman cabai melalui tombol Browse Files. Setelah gambar berhasil diunggah, sistem menampilkan citra masukan pada bagian Gambar Asli sebagai pembandingan sebelum dilakukan proses deteksi.

Selanjutnya, sistem memproses gambar yang telah diunggah menggunakan model YOLOv5 yang telah dilatih sebelumnya. Hasil proses deteksi ditampilkan pada bagian Hasil Deteksi dalam bentuk gambar yang telah diberikan bounding box dan label pada objek yang berhasil dikenali. Label tersebut menunjukkan kelas hama yang terdeteksi sekaligus nilai confidence dari hasil prediksi model. Pada contoh yang ditampilkan, sistem memberikan beberapa penanda pada area objek hama yang teridentifikasi pada citra tanaman cabai.

Penyajian gambar asli dan hasil deteksi secara berdampingan memungkinkan pengguna untuk membandingkan kondisi citra sebelum dan sesudah proses deteksi. Dengan demikian, pengguna dapat melihat secara langsung lokasi objek yang berhasil dikenali oleh model serta mengetahui jenis hama yang diprediksi oleh sistem. Hasil visual tersebut menjadi keluaran utama dari proses deteksi berbasis YOLOv5 pada aplikasi.

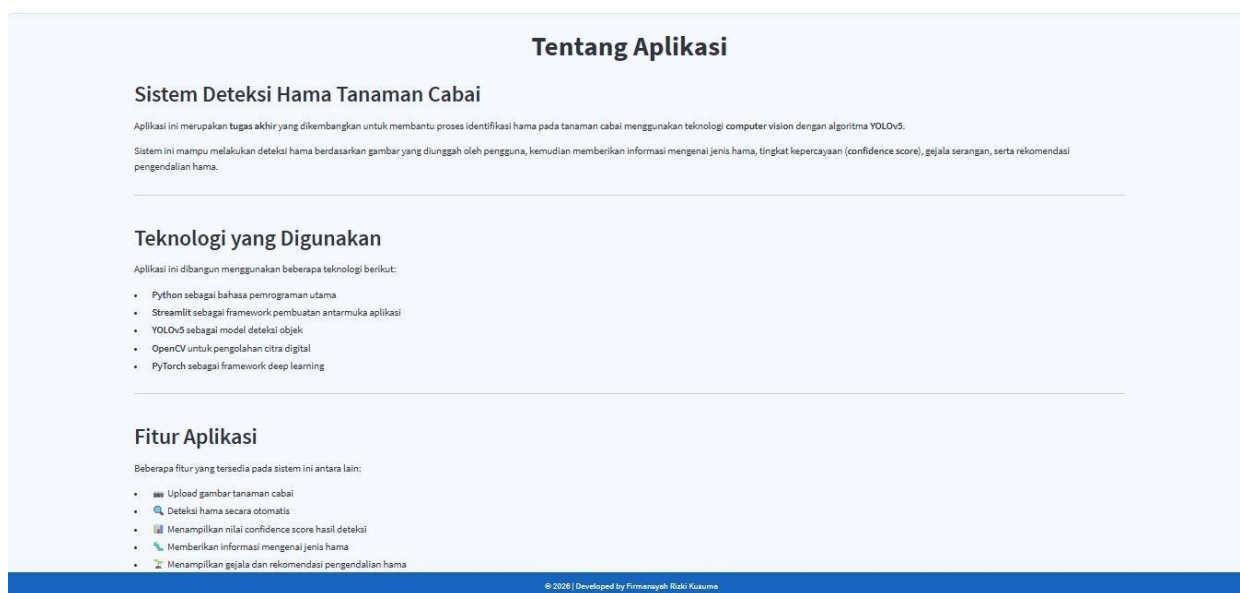


Gambar 8 Deskripsi Output

Gambar 8 menunjukkan bagian lanjutan dari halaman Deteksi Hama yang menyajikan informasi lebih rinci mengenai hasil identifikasi. Pada bagian Hasil Deteksi, sistem menampilkan informasi mengenai jenis hama yang terdeteksi beserta nilai confidence. Informasi tersebut memberikan gambaran mengenai hasil prediksi yang dihasilkan oleh model YOLOv5 setelah melakukan analisis terhadap citra yang diunggah pengguna.

Selain hasil prediksi, sistem juga menyediakan beberapa informasi pendukung yang terdiri atas Deskripsi, Gejala, dan Pengendalian. Bagian Deskripsi memberikan penjelasan mengenai karakteristik hama yang terdeteksi. Selanjutnya, bagian Gejala menjelaskan tanda-tanda atau kondisi yang dapat diamati pada tanaman cabai akibat serangan hama tersebut. Sementara itu, bagian Pengendalian memberikan informasi mengenai tindakan yang dapat dilakukan untuk membantu menangani serangan hama.

Penyajian informasi tersebut membuat keluaran sistem tidak hanya terbatas pada identifikasi jenis hama, tetapi juga memberikan informasi yang relevan setelah proses deteksi dilakukan. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh informasi mengenai hama yang terdeteksi, tingkat keyakinan model, karakteristik serangan, serta langkah pengendalian dalam satu halaman. Fitur ini mendukung fungsi aplikasi sebagai sistem deteksi sekaligus media informasi yang dapat membantu pengguna memahami hasil identifikasi hama pada tanaman cabai.



Gambar 9 Halaman Tentang Aplikasi

Halaman Tentang Aplikasi berisi informasi mengenai sistem deteksi hama pada tanaman cabai yang telah dikembangkan. Pada halaman ini, pengguna dapat memperoleh penjelasan mengenai tujuan pengembangan aplikasi, teknologi yang digunakan, serta fitur-fitur yang tersedia dalam sistem. Informasi tersebut membantu pengguna memahami fungsi dan cara kerja aplikasi secara umum. Selain itu, halaman ini menjadi bagian pendukung yang memberikan gambaran mengenai sistem sebelum pengguna menggunakan fitur deteksi hama pada tanaman cabai.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No.	Fitur Pengujian	Kondisi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1.	Memilih upload gambar dari lokal sistem	Petani memilih untuk mengunggah gambar dari penyimpanan lokal	Sistem mampu membuka jendela dialog untuk memilih gambar dari penyimpanan lokal	Berhasil
2.	Memilih upload gambar dari alamat gambar (<i>image address</i>)	Petani memilih untuk mengunggah gambar dari alamat gambar	Sistem mampu menampilkan kotak input yang memungkinkan petani untuk memasukkan URL	Berhasil
3.	Menampilkan gambar asli	Sistem berhasil memproses gambar yang diunggah dan menampilkannya pada antarmuka pengguna	Gambar asli yang diunggah oleh pengguna ditampilkan tanpa perubahan	Berhasil
4.	Menampilkan gambar hasil deteksi	Sistem berhasil mendeteksi hama pada gambar yang diunggah dan menampilkannya pada antarmuka pengguna	Sistem menampilkan gambar yang telah diproses dengan penandaan atau kotak deteksi untuk setiap hama yang terdeteksi	Berhasil

Tabel 2 merupakan hasil pengujian dengan metode blackbox testing. Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa semua test case yang diuji telah berhasil memperoleh hasil pengujian "berhasil". Hal ini menunjukkan bahwa fungsionalitas sistem telah diuji dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem deteksi hama pada tanaman cabai berbasis web menggunakan model You Only Look Once (YOLOv5) dan framework Streamlit. Model yang dikembangkan mampu mendeteksi empat kelas hama, yaitu kutu daun, kutu kebul, thrips, dan ulat pada citra tanaman cabai.

Berdasarkan hasil evaluasi, model memperoleh nilai mAP@0.5 sebesar 0,720. Berdasarkan masing-masing kelas, nilai mAP@0.5 tertinggi diperoleh kelas ulat sebesar 0,777, diikuti thrips sebesar 0,748, kutu daun sebesar 0,729, dan kutu kebul sebesar 0,627. Dari sisi recall, kelas ulat memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,817, sedangkan kelas kutu kebul memperoleh nilai terendah sebesar 0,552. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi keempat kelas hama, meskipun terdapat perbedaan tingkat performa pada setiap kelas.

Model yang telah dilatih kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit. Sistem memungkinkan pengguna mengunggah gambar tanaman cabai dan memperoleh hasil deteksi berupa jenis hama, nilai confidence, serta informasi mengenai hama yang terdeteksi, gejala, dan cara pengendaliannya. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi salah satu solusi pendukung dalam membantu proses identifikasi hama pada tanaman cabai.

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan performa model, khususnya pada kelas dengan nilai evaluasi yang lebih rendah seperti kutu kebul. Peningkatan dapat dilakukan melalui penambahan dan penyeimbangan dataset, peningkatan kualitas anotasi, serta pengoptimalan parameter pelatihan. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan penambahan fitur dan pengujian pada kondisi citra yang lebih beragam agar dapat digunakan secara lebih luas dalam mendukung deteksi hama tanaman.

REFERENSI

- [1] D. R. Amalia And W. Ziaulhaq, "Pelaksanaan Budidaya Cabai Rawit Sebagai Kebutuhan Pangan Masyarakat Implementation Of Cayenne Pepper Cultivation As Community Food Needs," Vol. 1, No. 1, Pp. 27–36, 2022.

- [2] P. Di *Et Al.*, “Sukasari Kecamatan Air Periukan Kabupaten Seluma Provinsi Bengkulu,” 2022.
- [3] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, And T. Informatika, “Rancang Bangun Alat Perangkap Hama Pada Tanaman Cabai (*Capsicum Annuum* L) Menggunakan Mikrokontroller Arduino Uno Dan Sensor Pir Berbasis Android,” Pp. 141–147, 2022.
- [4] K. Melak, U. L. U. Kecamatan, M. Kabupaten, And K. Barat, “Pengendalian Hama Tanaman Cabai Pada Kelompok Tani Sukakarya Kelurahan Melak Ulu Kecamatan Melak Kabupaten Kutai Barat,” Vol. 1, No. 2, Pp. 674–680, 2024.
- [5] H. I. Sumayanti And K. Serang, “Teknik Pengendalian Hama Dan Penyakit Tanaman Cabai Merah Di Kecamatan Walantaka Kota Serang Provinsi Banten Pest And Disease Control Techniques Of Red Chillies In Walantaka District , City Of Serang Banten Province,” Vol. 5, No. 1, Pp. 339–346, 2023.
- [6] E. Lombok, “Keragaman Serangga Hama Dan Musuh Alami Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens* L .) Di Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur Diversity Of Insects , Pests And Natural Enemies On Cayenne Chili Plants (*Capsicum Frutescens* L .) In Labuhan Haji District , East Lombok,” Vol. 2, No. 3, Pp. 349–361, 2023.
- [7] Y. Fang, X. Guo, K. Chen, Z. Zhou, And Q. Ye, “Accurate And Automated Detection Of Surface Knots On Sawn Timbers Using Yolo-V5 Model,” Vol. 16, No. 2017, Pp. 5390–5406, 2021.
- [8] B. Wu, C. Pang, And X. Zeng, “Applied Sciences Me-Yolo : Improved Yolov5 For Detecting Medical Personal Protective Equipment,” 2022.
- [9] K. Muchtar, S. Member, Y. Hafifah, And A. Febriana, “Edge Ai-Based Detection For Defective Coffee Beans Using Deep Learning And Streamlit Framework,” *Ieee Access*, Vol. 13, No. March, Pp. 67977–67992, 2025, Doi: 10.1109/Access.2025.3561189.
- [10] R. Hanson, “Stmol : A Component For Building Interactive Molecular Visualizations Within Streamlit Web-Applications,” No. September, Pp. 1–10, 2022, Doi: 10.3389/Fmolb.2022.990846.
- [11] Y. Zhang, Z. Guo, J. Wu, Y. Tian, H. Tang, And X. Guo, “Real-Time Vehicle Detection Based On Improved Yolo V5,” 2022.
- [12] O. E. Olorunshola, M. E. Irhebhude, And A. Eseoghene, “A Comparative Study Of Yolov5 And Yolov7 Object Detection Algorithms,” Vol. 2, No. 1, Pp. 1–12, 2023.
- [13] S. Georgeon *Et Al.*, “Computational Design Of Soluble And Functional Membrane Protein Analogues,” Vol. 631, No. July, 2024, Doi: 10.1038/S41586-024-07601-Y.
- [14] N. Carolina, *Visual Studio Code In Introductory Computer Science Course : An Experience Report*, Vol. 1, No. 1. Association For Computing Machinery.
- [15] Q. Lin, G. Ye, J. Wang, And H. Liu, “Roboflow : A Data-Centric Workflow Management System For Developing Ai-Enhanced Robots,” No. Corl, 2021.
- [16] F. Ciaglia, F. S. Zuppichini, P. Guerrie, M. Mcquade, And J. Solawetz, “Roboflow 100: A Rich, Multi-Domain Object Detection Benchmark,” 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.