



# **Pengembangan Sistem Identifikasi Penyakit Tanaman Anggur Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Algoritma Yolov8 (You Only Look Once)**

**Bonitalia<sup>1</sup>, Eric Alfonsius<sup>2,\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, STMIK Adhi Guna, Palu

Jl. Undata No.3, Lere, Kec. Palu Bar., Kota Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas MIPA, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Sam Ratulangi, Manado

Jalan Kampus, Kleak, Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

Email: <sup>1</sup>liabonita039@gmail.com, <sup>2,\*</sup>ericalfonsius@unsrat.ac.id

Email Penulis Korespondensi: ericalfonsius@unsrat.ac.id

Submitted: 10/11/2024; Accepted: 28/12/2024; Published: 01/01/2025

**Abstrak**—Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem identifikasi penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun menggunakan algoritma YOLO (You Only Look Once). Identifikasi penyakit pada tanaman anggur merupakan tantangan signifikan dalam bidang pertanian karena dampaknya terhadap produktivitas dan kualitas hasil panen. Permasalahan utama dalam identifikasi ini meliputi keterbatasan dataset, ketidakseragaman citra daun, dan kemiripan gejala antar penyakit yang dapat mengurangi akurasi deteksi. Selain itu, keterbatasan perangkat IoT dalam memproses model dengan kebutuhan komputasi tinggi seperti YOLO, serta kurangnya integrasi dengan data lingkungan, menambah kompleksitas sistem. Penelitian ini menawarkan solusi dengan mengembangkan model YOLO yang dilatih menggunakan dataset citra daun tanaman anggur yang mencakup 480 sampel data. Dataset ini terdiri dari berbagai jenis penyakit daun anggur, dengan variasi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan latar belakang yang beragam. Dataset tersebut digunakan untuk melatih model dalam mendeteksi dan mengidentifikasi jenis penyakit pada daun anggur. Sistem ini kemudian diuji menggunakan citra daun baru untuk mengevaluasi akurasi, presisi, sensitivitas, dan efisiensi waktu pemrosesan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLO mencapai akurasi rata-rata sebesar 86,8% dan presisi sebesar 73,6%, dengan waktu pemrosesan yang cukup cepat untuk digunakan secara real-time. Namun, tantangan seperti ketergantungan pada kualitas dataset dan kebutuhan perangkat keras yang memadai tetap menjadi perhatian utama. Sistem ini terbukti mampu mengenali beberapa jenis penyakit daun anggur secara memadai, menjadikannya alat yang potensial untuk membantu petani dalam deteksi dini penyakit. Dengan implementasi yang lebih luas dan penyesuaian terhadap kondisi lokal, teknologi ini diharapkan dapat mengurangi kerugian produksi dan meningkatkan kualitas hasil panen.

**Kata Kunci:** Sistem Identifikasi; Anggur; YOLO Model; Citra Daun; Website

**Abstract**—This research focuses on the development of a grapevine disease identification system based on leaf imagery using the YOLO (You Only Look Once) algorithm. Disease identification in grapevines presents a significant challenge in agriculture due to its impact on productivity and harvest quality. The primary issues in this identification include dataset limitations, variability in leaf imagery, and similarities in symptoms between diseases, which can reduce detection accuracy. Additionally, the computational demands of YOLO models pose challenges for IoT devices with limited processing capabilities, while the lack of integration with environmental data further complicates the system. This study offers a solution by developing a YOLO model trained on a dataset of 480 leaf image samples. The dataset includes various grapevine leaf diseases under different lighting conditions, image angles, and diverse backgrounds. This dataset was used to train the model to detect and identify specific diseases in grapevine leaves. The system was subsequently tested with unseen leaf images to evaluate accuracy, precision, sensitivity, and processing speed. The results demonstrate that the YOLO model achieved an average accuracy of 86.8% and a precision of 73.6%, with fast processing times suitable for real-time application. However, challenges such as dependency on dataset quality and hardware requirements remain key concerns. The system proved capable of recognizing and classifying several types of grapevine leaf diseases effectively, making it a valuable tool for early disease detection. With broader implementation and adjustments to local conditions, this technology is expected to reduce production losses and enhance harvest quality.

**Keywords:** Identification System; Grapevine; YOLO Model; Leaf Image; Website

## **1. PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi Machine Learning telah membawa dampak besar dalam berbagai bidang termasuk pertanian [1]. Dengan kemampuan untuk mengolah data dalam jumlah besar dan menemukan pola kompleks, Machine Learning memungkinkan terciptanya sistem yang cerdas dan adaptif untuk menyelesaikan berbagai tantangan [2]. Dalam dunia pertanian, Machine Learning telah dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas, mengoptimalkan pengelolaan lahan, serta mendeteksi penyakit tanaman lebih dini dengan akurasi yang lebih tinggi [3]. Machine Learning adalah cabang dari kecerdasan buatan yang berfokus pada pembuatan sistem yang dapat belajar dari data untuk meningkatkan performa tanpa diprogram secara eksplisit [4]. Dalam konteks pertanian, Machine Learning memungkinkan pembuatan sistem yang mampu mengenali pola tertentu pada citra tanaman untuk mendeteksi gejala penyakit secara otomatis [5], [6].

Salah satu algoritma Machine Learning yang banyak digunakan dalam pengenalan objek adalah YOLO (You Only Look Once). Algoritma YOLO (You Only Look Once) adalah salah satu algoritma yang populer untuk deteksi objek dalam bidang pengenalan citra [7], [8]. YOLO bekerja dengan cara memproses seluruh gambar



sekaligus, sehingga dapat mendeteksi objek dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan metode lain yang memindai gambar secara bertahap [9]. YOLO memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan objek secara real-time, yang menjadikannya ideal untuk sistem yang membutuhkan kecepatan tinggi [10], [11], seperti deteksi penyakit pada tanaman. YOLO telah berkembang pesat dan mengalami peningkatan dalam berbagai versinya, dari YOLOv1 hingga versi terbaru. Algoritma ini dirancang untuk mendeteksi objek dalam gambar secara cepat dan real-time, yang menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan respon cepat [12], [13], seperti sistem pemantauan penyakit tanaman. Peningkatan performa YOLO dalam hal kecepatan dan akurasi menjadikannya solusi unggul untuk identifikasi objek yang kompleks, termasuk deteksi penyakit pada tanaman.

Deteksi penyakit tanaman menggunakan citra digital adalah metode yang berkembang seiring dengan kemajuan teknologi pengolahan citra [14]. Teknik ini melibatkan pengambilan citra daun yang akan dianalisis menggunakan algoritma tertentu untuk mengidentifikasi gejala visual penyakit, seperti perubahan warna, bentuk, atau tekstur pada daun. Metode ini memungkinkan deteksi penyakit yang lebih objektif dan akurat dibandingkan pengamatan manual.

Di sisi lain, tanaman anggur menghadapi berbagai ancaman dari penyakit yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Penyakit pada tanaman anggur, seperti powdery mildew dan downy mildew [15], sulit dideteksi secara dini tanpa teknologi pendukung yang memadai. Hal ini menyebabkan petani sering kali tidak dapat mengatasi penyebaran penyakit secara efektif, yang pada akhirnya berujung pada kerugian produksi. Tanpa sistem yang mampu mendeteksi penyakit dengan akurat, sulit bagi petani untuk melakukan penanganan yang tepat waktu.

Penelitian tentang sistem identifikasi penyakit tanaman anggur berbasis YOLO dapat diperkuat dan diperluas dengan berbagai studi tambahan yang mendukung penerapan dan efektivitasnya di lapangan. Salah satu penelitian adalah pengembangan dataset multiklasifikasi untuk berbagai tanaman buah, seperti anggur, apel, nenas dan tomat yang telah dilakukan oleh Setiawan Dkk Tahun 2023 tentang Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Menggunakan Algoritma CNN dan Random Forest: Classification Leaf Diseases yang mengklasifikasikan jenis daun [16], [17], [18]. Penelitian lainnya Prasetya Dkk., terkait Implementasi CNN yang mengklasifikasikan Kematangan dari suatu Buah Nanas berbasis YOLOv8 [19]. Penelitian lainnya dari Saputro Dkk 2022., Implementasi Citra Digital untuk Klasifikasi Jenis Buah Anggur menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) kolaborasi dengan Data Augmentasi dan [20], sehingga YOLO dapat berfungsi secara lintas tanaman, memperluas potensinya di sektor pertanian. Selain itu, penerapan YOLOv7 pada video memungkinkan deteksi penyakit dalam waktu nyata, mendekati penggunaan di lapangan, sementara perbandingan dengan algoritma lain seperti Faster R-CNN dan SSD akan mengungkap keunggulan dan kekurangan tiap metode dalam hal akurasi dan efisiensi. Penelitian lain menggabungkan YOLO dengan pengenalan warna daun untuk mengevaluasi tingkat keparahan penyakit, yang berguna untuk kasus gejala spesifik [19]. Adapun dalam penelitian yang disebutkan sebelumnya memiliki perbedaan dari segi objek penelitian seperti daun anggur, teknik pengolahan machine learning menggunakan YOLOv8 dan sistem yang dihasilkan berupa sistem deteksi penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun anggur.

Solusi yang diusulkan untuk masalah ini adalah sistem identifikasi penyakit tanaman anggur berbasis YOLO yang menggunakan citra daun untuk deteksi dini. Dengan menggunakan sistem ini, petani dapat mengetahui jenis penyakit lebih cepat, sehingga memungkinkan tindakan pengendalian yang lebih efektif. Manfaat dari sistem ini adalah meminimalkan kerugian yang disebabkan oleh penyebaran penyakit, meningkatkan hasil panen, dan mendukung keberlanjutan produksi anggur yang lebih baik. Kelebihan dari solusi ini terletak pada kecepatan dan akurasi deteksi yang dimungkinkan oleh algoritma YOLO. Sistem ini mampu mengidentifikasi penyakit dalam waktu nyata dengan akurasi tinggi, sehingga petani dapat menggunakannya secara langsung di lapangan tanpa perlu menunggu hasil analisis yang lama. Selain itu, sistem ini dapat mengurangi ketergantungan pada metode tradisional yang membutuhkan tenaga ahli untuk mengidentifikasi penyakit, sehingga lebih praktis dan ekonomis.

Diharapkan dengan adanya sistem identifikasi penyakit tanaman anggur berbasis YOLO ini, petani dapat lebih tanggap dalam menghadapi ancaman penyakit pada tanaman anggur. Selain itu, sistem ini diharapkan dapat menjadi bagian dari teknologi pertanian cerdas yang mendukung efisiensi dan produktivitas dalam jangka panjang. Adopsi teknologi ini akan membantu mengurangi dampak ekonomi akibat kerugian produksi serta berkontribusi pada keberlanjutan pertanian modern yang lebih andal dan cerdas. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif untuk tantangan besar dalam sektor pertanian, khususnya dalam deteksi penyakit tanaman anggur. Dengan memanfaatkan kecanggihan algoritma YOLO dan teknologi pengolahan citra, sistem ini tidak hanya memberikan kemampuan deteksi yang cepat dan akurat tetapi juga menawarkan kemudahan penggunaan langsung di lapangan. Adopsi sistem identifikasi berbasis YOLO dapat membuka peluang baru bagi para petani untuk secara proaktif mengelola kesehatan tanaman mereka, meningkatkan kualitas hasil panen, dan mendukung keberlanjutan pertanian modern. Melalui penelitian ini, kami berharap untuk tidak hanya memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi deteksi penyakit tanaman, tetapi juga mempercepat penerapan teknologi cerdas yang memberdayakan sektor pertanian di masa depan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti mengadopsi metode Extreme Programming (XP) untuk mengembangkan sistem identifikasi penyakit tanaman anggur menggunakan algoritma YOLO berbasis citra daun. Metode XP dipilih karena pendekatannya yang mengutamakan kolaborasi tim, iterasi yang cepat, dan fleksibilitas dalam menghadapi perubahan kebutuhan selama proses pengembangan [20]. Dengan mengikuti tahapan XP, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang dapat beradaptasi dengan kebutuhan pengguna dan memberikan solusi yang efektif dalam mendeteksi penyakit pada tanaman anggur secara akurat dan efisien. Selanjutnya, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini akan dijelaskan lebih rinci sesuai dengan Gambar 1 untuk memberikan gambaran tentang bagaimana sistem dikembangkan, diuji, dan disempurnakan. Berikut adalah tahapan penelitian untuk mengembangkan sistem identifikasi penyakit tanaman anggur menggunakan algoritma YOLO berdasarkan metode Extreme Programming (XP):

#### 1. Planning

Tahapan ini melibatkan diskusi dengan pihak terkait, seperti petani atau ahli agronomi, untuk memahami kebutuhan sistem dan mendefinisikan fitur utama. Dalam konteks penelitian ini, fitur utama yang perlu diidentifikasi adalah kemampuan untuk mendeteksi penyakit pada tanaman anggur melalui citra daun. Pada tahap ini, juga dilakukan pengumpulan dataset awal yang berisi gambar daun anggur dengan berbagai jenis penyakit. Tujuan utama dari tahap ini adalah merancang backlog proyek dan menyusun rencana jangka pendek yang fleksibel dan dapat berkembang sesuai dengan kebutuhan riset.

#### 2. Design

Pada tahap ini, desain sistem mulai dikembangkan dengan tetap memperhatikan prinsip XP yang mengutamakan kesederhanaan dan fleksibilitas. Komponen inti dari sistem, seperti antarmuka pengguna, alur kerja sistem deteksi, dan modul analisis YOLO, dirancang dalam bentuk wireframe atau prototipe sederhana. Model YOLO juga dioptimalkan untuk mendeteksi penyakit daun, yang melibatkan desain arsitektur model sesuai kebutuhan dataset yang dimiliki. Iterasi desain dilakukan dalam bentuk perbaikan prototipe, mengacu pada umpan balik yang diterima di setiap siklus perbaikan.

#### 3. Coding

Setelah desain awal selesai, tahap pengembangan kode dimulai dengan fokus pada implementasi modular. Komponen utama dikembangkan, termasuk modul untuk pre-processing citra, penerapan model YOLO, dan antarmuka pengguna untuk menampilkan hasil deteksi penyakit. Pengembangan dilakukan secara bertahap dan iteratif, mengikuti prinsip XP yang mendukung refactoring dan kolaborasi. Untuk menjaga kualitas kode, setiap modul diuji secara individual (unit testing) dan diperbaiki berdasarkan hasil pengujian.

#### 4. Testing

Uji coba dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan keandalan sistem. Uji coba sistem yang dihasilkan diuji menggunakan metode blackbox testing. Metode blackbox testing ini bertujuan untuk memastikan fungsionalitas sistem berbasis website yang dibangun berfungsi dan berjalan dengan baik.

#### 5. Release

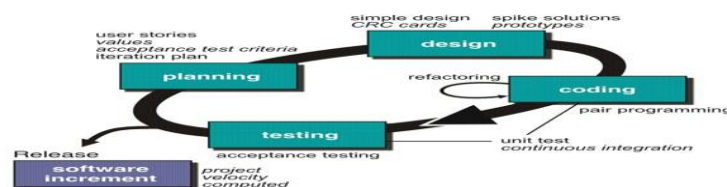
Setelah semua pengujian berhasil, sistem siap untuk diluncurkan sebagai prototipe atau versi beta untuk pengguna akhir. Sistem ini dapat diuji di lapangan oleh petani atau pengguna yang memiliki akses ke daun anggur yang ingin diidentifikasi. Feedback dari pengguna akhir akan dikumpulkan dan digunakan sebagai dasar untuk iterasi lebih lanjut, sehingga sistem dapat terus diperbaiki dan disempurnakan.

#### 6. Maintenance

Tahap pemeliharaan mencakup peningkatan sistem berdasarkan umpan balik dan hasil uji lapangan, penyesuaian pada model YOLO untuk mengatasi situasi atau kondisi pencahayaan yang berbeda, dan penambahan data baru untuk meningkatkan akurasi deteksi penyakit. Pembaruan berkala dilakukan pada model dan sistem untuk menjaga relevansi dan meningkatkan performa sistem di masa depan.

#### 7. Iteration and Improvement

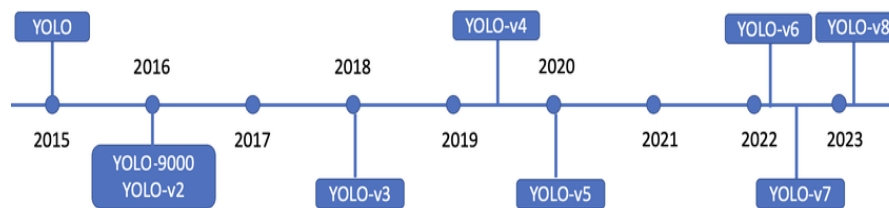
Sesuai dengan prinsip XP, penelitian ini dirancang untuk berulang secara kontinu. Setiap iterasi yang menghasilkan peningkatan dan perbaikan pada sistem akan mendukung pengembangan lebih lanjut, termasuk penambahan fitur baru, integrasi dengan perangkat mobile atau IoT, dan pemutakhiran model berdasarkan data penyakit tanaman terbaru. Iterasi ini memastikan bahwa sistem terus berkembang dan tetap relevan dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

## 2.2 Tinjauan Singkat Tentang YOLOv8

YOLOv8 mengadopsi backbone yang serupa dengan YOLOv5, namun dengan beberapa modifikasi pada CSPlayers, yang kini disebut modul C2f (cross-stage partial bottleneck with two convolutions). Modul C2f menggabungkan fitur tingkat tinggi dengan informasi kontekstual tambahan untuk meningkatkan akurasi deteksi. YOLOv8 mengimplementasikan model tanpa anchor dengan kepala terpisah untuk mengelola objektivitas, klasifikasi, dan regresi secara independen. Desain ini memungkinkan setiap cabang untuk fokus pada tugas spesifiknya, yang berkontribusi pada peningkatan akurasi model secara keseluruhan. Output layer pada YOLOv8 menggunakan fungsi sigmoid sebagai aktivasi untuk nilai objektivitas, yang menunjukkan probabilitas apakah bounding box berisi objek. Sementara itu, fungsi softmax digunakan untuk probabilitas kelas, yang menggambarkan kemungkinan objek termasuk dalam kelas tertentu. YOLOv8 juga mengadopsi fungsi loss CloU dan DFL untuk bounding box serta cross-entropy biner untuk klasifikasi loss. Hal ini meningkatkan kinerja deteksi, khususnya untuk objek kecil. Selain itu, YOLOv8 menyediakan model segmentasi yang dikenal sebagai YOLOv8-seg. Backbone-nya menggunakan CSPDarknet53 sebagai ekstraktor fitur, diikuti oleh modul C2f, dan dua kepala segmentasi yang mempelajari prediksi masker segmentasi untuk citra masukan. Model ini mirip dengan YOLOv8, terdiri dari lima modul deteksi dan satu lapisan prediksi. Sesuai perkembangannya YOLO telah berkembang seperti pada Gambar 2 yang menunjukkan perkembangan algoritma YOLO dari tahun ke tahun.



**Gambar 2.** Perkembangan Algoritma YOLO

## 2.3 Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengembangkan sistem identifikasi penyakit tanaman anggur menggunakan algoritma YOLO berbasis citra daun:

Alat:

1. Komputer/Laptop
  - a. Digunakan untuk pengembangan perangkat lunak, pelatihan model YOLO, dan pengolahan citra.
  - b. Spesifikasi yang dibutuhkan: Prosesor dengan kemampuan komputasi tinggi, GPU untuk mempercepat pelatihan model deep learning.
2. Kamera Digital atau Smartphone
  - a. Digunakan untuk mengambil citra daun tanaman anggur yang terinfeksi berbagai jenis penyakit.
  - b. Spesifikasi: Kamera dengan resolusi yang cukup tinggi untuk memastikan kualitas citra yang baik.
3. Server/Cloud Computing
  - a. Untuk pelatihan model YOLO yang memerlukan kapasitas komputasi besar.
  - b. Layanan cloud: Roboflow.

Bahan:

1. Dataset Citra Daun Anggur
  - a. Kumpulan citra daun anggur yang terinfeksi berbagai jenis penyakit untuk digunakan dalam pelatihan dan pengujian model YOLO.
  - b. Citra ini dapat diambil dari berbagai sumber, seperti koleksi data publik atau gambar yang diambil langsung di lapangan dengan kamera digital atau smartphone.
2. Perangkat Lunak Pengembangan:
  - a. Python: Bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk pengolahan citra, pengembangan dan pelatihan model YOLO, serta implementasi sistem.
  - b. OpenCV: Library untuk pengolahan citra yang digunakan untuk preprocessing gambar dan manipulasi citra sebelum diteruskan ke model YOLO.
  - c. TensorFlow: Framework deep learning yang digunakan untuk membangun dan melatih model YOLO.
  - d. LabelImg: Aplikasi untuk memberi label pada dataset citra daun agar dapat digunakan untuk pelatihan model YOLO.
  - e. Jupyter Notebook dan Google Colab: Digunakan untuk eksperimen dan pengujian model dengan lingkungan yang mudah dipahami.
3. Model YOLO (You Only Look Once)
  - a. Algoritma deteksi objek yang digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun.
  - b. Model yang digunakan bisa berupa YOLO versi YOLOv8, yang lebih efisien dan akurat dalam deteksi objek.



4. Library dan Tools Tambahan:
  - a. NumPy / Pandas: Untuk pengolahan data dan analisis statistik.
  - b. Matplotlib / Seaborn: Digunakan untuk visualisasi hasil pengujian dan analisis data.
5. Jaringan Internet: Untuk mengakses dan mengunduh dataset, serta untuk melatih model pada layanan cloud computing (jika menggunakan server atau cloud).

### 2.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan untuk melatih dan menguji model YOLO dalam mendeteksi penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun. Berikut adalah tahapan metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Pengumpulan Citra Daun Tanaman Anggur
  - a. Sumber Data: Data citra daun tanaman anggur yang terinfeksi berbagai jenis penyakit dikumpulkan dengan mengambil gambar daun secara langsung dari kebun anggur uji coba yang terjangkit penyakit. Gambar dapat diambil menggunakan kamera digital atau smartphone dengan resolusi tinggi untuk memastikan kualitas citra yang baik.
  - b. Jenis Penyakit: Citra daun yang diambil mencakup berbagai jenis penyakit yang umum terjadi pada tanaman anggur, seperti penyakit jamur, bakteri, dan virus. Penyakit yang teridentifikasi melalui pengamatan lapangan akan diberi label sesuai dengan jenis penyakitnya.
  - c. Prosedur Pengambilan Citra: Gambar daun diambil dengan memperhatikan pencahayaan yang memadai untuk meminimalisir noise pada citra [21]. Setiap daun yang terinfeksi akan difoto dari berbagai sudut untuk memperkaya dataset dan meningkatkan kemampuan deteksi model.
2. Pengolahan dan Pemberian Label pada Citra
  - a. Labeling: Setelah gambar dikumpulkan, setiap citra daun akan diberi label sesuai dengan jenis penyakit yang terdeteksi. Pemberian label dilakukan menggunakan perangkat lunak LabelImg, yang memungkinkan penandaan objek dalam gambar dengan bounding box, serta pemberian kategori penyakit.
  - b. Preprocessing Citra: Sebelum digunakan untuk pelatihan model, citra daun akan diproses lebih lanjut menggunakan teknik seperti resizing, normalisasi warna, dan augmentasi gambar (misalnya rotasi, flip, zoom, dan perubahan pencahayaan) untuk memperbesar variasi data dan meningkatkan keakuratan model.
3. Pengumpulan Data Statistik dan Pengamatan Lapangan
  - a. Data Cuaca dan Kondisi Lingkungan: Selain citra daun, data tentang kondisi cuaca, suhu, kelembaban, dan faktor lingkungan lainnya juga dikumpulkan sebagai data tambahan untuk memahami faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kesehatan tanaman anggur. Data ini dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat atau sensor IoT yang dipasang di kebun anggur.
  - b. Observasi Lapangan: Pengamatan langsung di lapangan dilakukan untuk memastikan bahwa citra yang diambil memang mewakili kondisi nyata [22], [23] tanaman anggur yang terinfeksi. Proses ini juga membantu dalam validasi data dan label yang telah diberikan pada citra daun.
4. Pengumpulan Data Pengujian
  - a. Citra Daun Baru: Setelah model dilatih menggunakan dataset yang sudah dilabeli, citra daun yang belum pernah dilihat sebelumnya akan digunakan untuk menguji keakuratan deteksi penyakit oleh model YOLO. Data ini akan mencakup citra daun dari tanaman anggur yang tidak termasuk dalam dataset pelatihan untuk menguji generalisasi model.
  - b. Uji Lapangan: Uji coba dilakukan di lapangan dengan menggunakan kamera atau perangkat mobile untuk mengambil gambar daun anggur yang baru terinfeksi di berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang untuk menguji ketahanan dan keakuratan sistem dalam kondisi nyata.  
Dengan mengikuti metode pengumpulan data ini, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dataset yang komprehensif yang dapat digunakan untuk melatih dan menguji model YOLO dalam mendeteksi penyakit tanaman anggur secara otomatis dan akurat.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengembangan sistem identifikasi penyakit tanaman anggur menggunakan algoritma YOLO berbasis citra daun dilakukan dengan mengikuti metode **Extreme Programming (XP)**. Dalam metode XP, proses pengembangan dilakukan secara iteratif dan berfokus pada kolaborasi tim yang intens serta umpan balik yang cepat. Berikut ini adalah hasil dan pembahasan yang terkait dengan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan.

### 3.1 Hasil Perencanaan (Planning)

Pada tahap perencanaan, peneliti melakukan identifikasi kebutuhan dan tujuan sistem yang akan dikembangkan, yaitu untuk mendeteksi penyakit pada tanaman anggur melalui analisis citra daun menggunakan algoritma YOLO. Fokus utama dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem yang dapat secara otomatis mengidentifikasi berbagai penyakit tanaman anggur dengan akurasi tinggi dan waktu inferensi yang cepat, sehingga mempermudah petani dalam melakukan deteksi dini dan pengelolaan penyakit pada tanaman mereka.

a. Diskusi dengan Ahli Pertanian dan Petani:

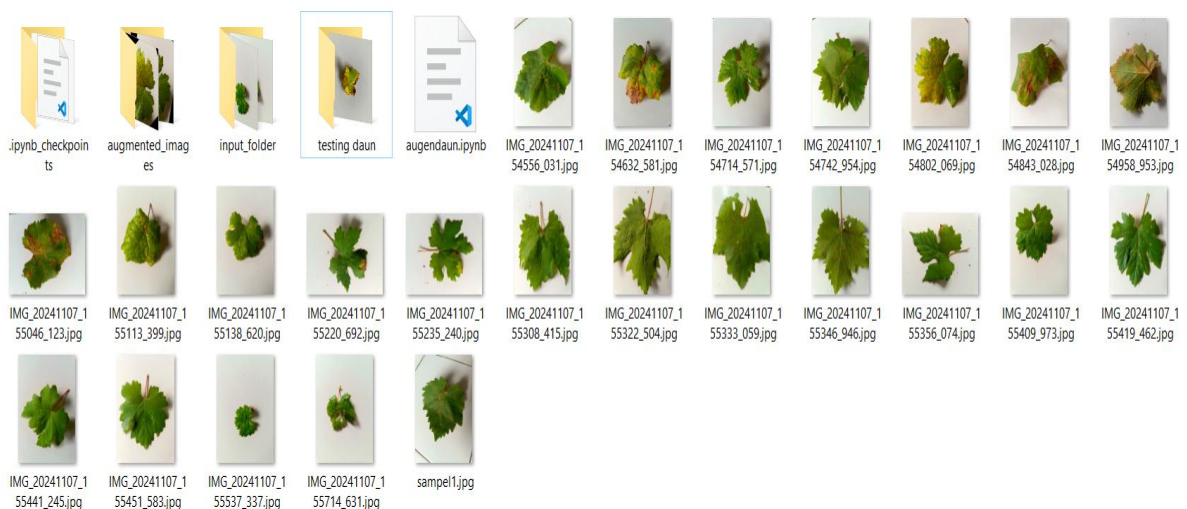
Dalam tahap awal perencanaan, diskusi dilakukan dengan para ahli pertanian dan petani untuk memahami jenis-jenis penyakit yang sering menyerang tanaman anggur serta tantangan yang dihadapi dalam proses identifikasi penyakit. Dari diskusi ini, disepakati bahwa sistem yang dikembangkan harus memiliki kemampuan untuk mendeteksi beberapa jenis penyakit daun anggur secara bersamaan dan harus bekerja dalam kondisi lapangan yang bervariasi.

b. Backlog Fitur

Berdasarkan hasil diskusi, beberapa fitur utama yang perlu dikembangkan dalam sistem ini mencakup empat aspek utama. Pertama, fitur deteksi penyakit yang memungkinkan sistem untuk mendeteksi berbagai jenis penyakit pada daun anggur, seperti penyakit yang disebabkan oleh jamur atau kerusakan akibat serangga, melalui analisis citra daun. Kedua, sistem harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengenali penyakit, terutama pada citra daun yang diambil dalam kondisi lapangan dengan variasi pencahayaan yang beragam. Ketiga, waktu inferensi yang cepat menjadi keharusan agar sistem dapat memberikan hasil deteksi secara real-time, sehingga memudahkan petani dalam mengambil keputusan dengan segera. Terakhir, antarmuka pengguna harus dirancang dengan sederhana dan ramah pengguna, sehingga petani dengan tingkat literasi teknologi rendah tetap dapat menggunakan sistem ini dengan mudah dan efektif.

c. Pengumpulan Dataset

Sebagai langkah awal, peneliti mengumpulkan dataset citra daun tanaman anggur yang terinfeksi berbagai jenis penyakit. Dataset ini terdiri dari citra daun yang diambil dari berbagai lokasi kebun anggur dengan menggunakan kamera digital dan smartphone dengan kualitas gambar yang baik. Gambar-gambar ini kemudian diberi label sesuai dengan jenis penyakit yang terdeteksi sesuai dengan Gambar 3. Pada Gambar 3 menunjukkan data awal yang digunakan peneliti. Peneliti menggunakan citra gambar daun anggur sebanyak 24 gambar daun anggur. Dan setelah itu data awal tersebut diaugmentasi dengan menggunakan 20 sudut putar (angle) berbeda dan diberi label sesuai dengan beberapa kelas yang sudah ditentukan.



**Gambar 3.** Data Awal Daun Anggur

d. Pelatihan Model Menggunakan Roboflow

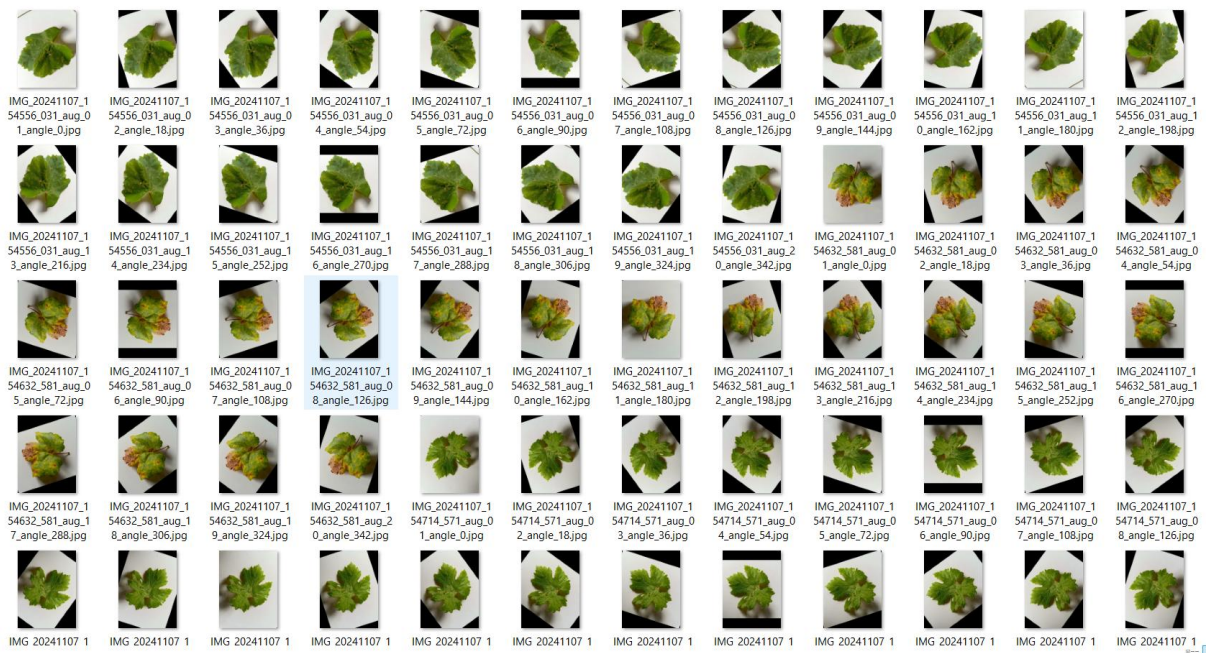
Untuk mempercepat proses pelatihan model deteksi penyakit, setelah itu data awal diaugmentasi sehingga mendapatkan sebanyak 480 yang dijadikan dataset citra daun anggur yang telah diberi label kemudian diunggah ke platform Roboflow, yang menyediakan alat untuk anotasi citra dan peningkatan dataset melalui teknik augmentasi gambar. Roboflow memungkinkan peneliti untuk mempersiapkan dataset yang lebih baik dan lebih beragam, serta memudahkan proses integrasi dengan model YOLO untuk pelatihan.

### 3.2 Desain Sistem (Design)

Pada tahap desain, sistem dibagi menjadi beberapa komponen utama, termasuk:

A. Modul pengolahan citra yang mempersiapkan gambar daun agar siap dianalisis oleh model YOLO.

Modul pengolahan citra untuk mempersiapkan gambar daun anggur sebelum dianalisis oleh model YOLO akan melakukan serangkaian langkah pre-processing. Pre-processing yang dilakukan adalah dengan Augmentasi Citra seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 hasil dari proses augmentasi citra dengan meningkatkan akurasi, gambar dapat menjalani augmentasi seperti rotasi, flipping (pencerminan), zoom, dan perubahan kecerahan. Augmentasi citra digunakan untuk memperluas variasi data gambar tanpa harus menambah dataset, yang dapat membantu model YOLO lebih mengenali variasi bentuk dan kondisi daun anggur. Hasil Augmentasi gambar yang dilakukan sebanyak 20 kali dari 24 gambar asli yang diterapkan pada penelitian ini.



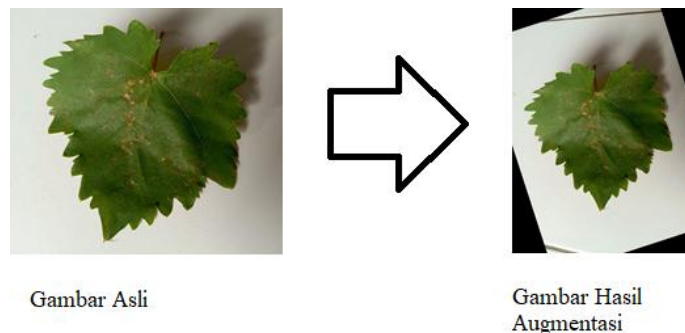
**Gambar 4.** Data Hasil Augmentasi Daun Anggur

B. Model YOLO yang dikustomisasi untuk mendeteksi penyakit tanaman anggur berdasarkan ciri-ciri yang terlihat pada daun.

Untuk membuat model YOLO ini peneliti menggunakan RoboFlow dalam menentukan identifikasi penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun. Adapun proses rancangan sistemnya terdiri dari langkah sebagai berikut:

a. Penggunaan Gambar untuk Menyusun Dataset

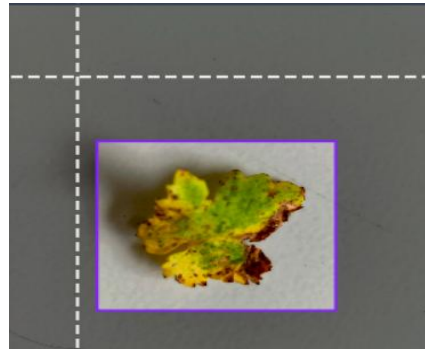
Penelitian ini menggunakan gambar sebanyak 480 gambar daun anggur yang telah diaugmentasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar ke dalam platform RoboFlow, yang mencakup berbagai kondisi kesehatan daun, termasuk daun yang terinfeksi penyakit. Gambar yang yang Gambar-gambar ini diunggah sekaligus dalam satu proses, yang memperlihatkan antarmuka RoboFlow setelah gambar berhasil diunggah. Untuk meningkatkan variasi data dan mengurangi risiko overfitting selama pelatihan model YOLO, diterapkan teknik augmentasi pada dataset. Proses augmentasi ini menghasilkan variasi baru dari gambar asli, seperti rotasi, pencahayaan yang disesuaikan, dan pembesaran (zoom), sehingga total dataset yang dihasilkan menjadi lebih besar dan lebih beragam. Hasil dari proses ini adalah dataset yang siap digunakan untuk melatih model YOLO dengan kualitas dan variasi yang cukup untuk mendeteksi penyakit pada daun anggur secara akurat.



**Gambar 5.** Hasil Gambar Augmentasi pada Roboflow

b. Anotasi Gambar (Labelling)

Proses selanjutnya adalah proses anotasi/labelling gambar. Selanjutnya setelah proses augmentasi citra daun anggur, setiap gambar dianotasi dengan menandai area atau objek tertentu yang relevan sesuai dengan gambar 6, area yang terkena penyakit daun akan dilabel sesuai dengan label yang sudah ditentukan seperti penyakit karat daun ataupun yang lainnya. Proses ini melibatkan pembuatan bounding box di sekitar area yang menunjukkan tanda-tanda penyakit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pada Gambar 6 adalah proses labelling gambar yang menunjukkan penyakit dari tanaman anggur berdasarkan citra daun yang telah diunggah sebelumnya.



**Gambar 6.** Labelling pada Gambar

c. Pembentukan dataset (Download Dataset)

Pembentukan dataset terbentuk setelah proses anotasi selesai. Dataset yang berisi gambar dan label dapat dibentuk dan diunduh dalam format yang sesuai untuk pelatihan model YOLO (misalnya, format COCO atau YOLO).

d. Training Dataset (Model YOLO)

Dataset yang telah dianotasi dan dibentuk kemudian digunakan untuk melatih model YOLO. Pada tahap ini, model YOLO akan mempelajari pola dari citra daun, khususnya area yang menunjukkan penyakit, untuk dapat melakukan deteksi penyakit secara akurat pada gambar yang belum dilihat sebelumnya. Training Dataset membutuhkan waktu sebanyak 90 menit.

e. Analisis Data

Setelah model dilatih, performa model dianalisis dengan mengevaluasi hasil deteksi pada data validasi atau pengujian. Pada Gambar 7 ditunjukkan proses melibatkan pengukuran metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, dan mAP (Mean Average Precision).

```
# training model YOLO
# pada bagian 'model-yolov8m.pt' bisa diatur menyesuaikan dengan versi YOLO yang terkini. untuk model YOLO bisa dilihat pada link ini https://docs.ultralytics.com/tasks/detect/
yolo task=detect mode=train model=yolov8m.pt data=[dataset.location]/data.yaml epochs=20 imgsz=640
```

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
1/20	6.66G	1.253	3.161	1.72	55	640: 100% 21/21 [00:13<00:00, 1.56it/s]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 3/3 [00:03<00:00, 1.07s/it]
all	96	171	0.352	0.268	0.175	0.142
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
2/20	6.88G	1.157	2.258	1.614	72	640: 100% 21/21 [00:11<00:00, 1.81it/s]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 3/3 [00:01<00:00, 2.15it/s]
all	96	171	0.541	0.321	0.254	0.128
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
3/20	6.9G	1.178	2.056	1.647	58	640: 100% 21/21 [00:11<00:00, 1.90it/s]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 3/3 [00:01<00:00, 1.63it/s]
all	96	171	0.17	0.405	0.246	0.151
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
4/20	6.87G	1.22	1.887	1.673	70	640: 100% 21/21 [00:10<00:00, 1.95it/s]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 3/3 [00:01<00:00, 1.71it/s]
all	96	171	0.558	0.343	0.294	0.123
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
5/20	6.88G	1.236	1.785	1.68	78	640: 100% 21/21 [00:10<00:00, 2.00it/s]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 3/3 [00:01<00:00, 1.70it/s]
all	96	171	0.45	0.291	0.193	0.102

**Gambar 7.** Hasil Pengukuran Metric

f. Visualisasi Data

Setelah proses training dataset, peneliti mencoba memvisualisasikan hasil deteksi penyakit pada gambar daun dengan menampilkan bounding box dan label pada area yang terdeteksi sebagai penyakit. Visualisasi ini biasanya dilakukan untuk melihat bagaimana model mendeteksi penyakit pada berbagai gambar seperti pada Gambar 8. Pada Gambar 8 menunjukkan hasil visualisasi data beserta rincian hasil testing deteksi penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun.



**Gambar 8.** Hasil Testing Visualisasi Data

C. Antarmuka pengguna (UI) yang mudah digunakan oleh petani untuk mempermudah identifikasi penyakit di lapangan.

Setelah model YOLO siap, langkah berikutnya adalah mengimplementasikannya dalam antarmuka grafis (GUI). GUI ini dapat dibuat dalam aplikasi berbasis desktop atau web sehingga pengguna dapat dengan mudah

mengunggah gambar dan mendapatkan hasil deteksi penyakit daun anggur seperti pada Gambar 10. Pada Gambar 9 menunjukkan hasil desain Antarmuka Pengguna/User Interface yang akan digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 9.** Desain Awal GUI

Desain sistem ini dibuat secara sederhana dan fleksibel, mengikuti prinsip XP yang menekankan kesederhanaan. Setelah desain awal, prototipe pertama sistem dikembangkan dan diuji untuk mendapatkan umpan balik awal.

### 3.3 Pengembangan Kode (Coding)

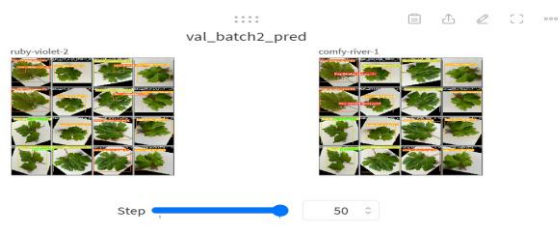
Pengembangan kode dilakukan secara iteratif, dengan setiap siklus pengembangan mencakup implementasi komponen, pengujian unit, dan refactoring kode. Setiap modul diimplementasikan secara terpisah dan diuji secara menyeluruh sebelum diintegrasikan. Sistem pengolahan citra untuk pre-processing dan pengembangan model YOLO menggunakan Roboflow dan untuk Penerapan GUI untuk antarmuka pengguna dikembangkan menggunakan TensorFlow diintegrasikan dengan API website menggunakan Source Code PHP dan HTML.

#### A. Source code untuk Augmentasi Citra Daun Anggur

Untuk Augmentasi Citra Daun Anggur menggunakan source code Python dengan Editor Jupyter Notebook untuk menghasilkan gambar augmentasi.

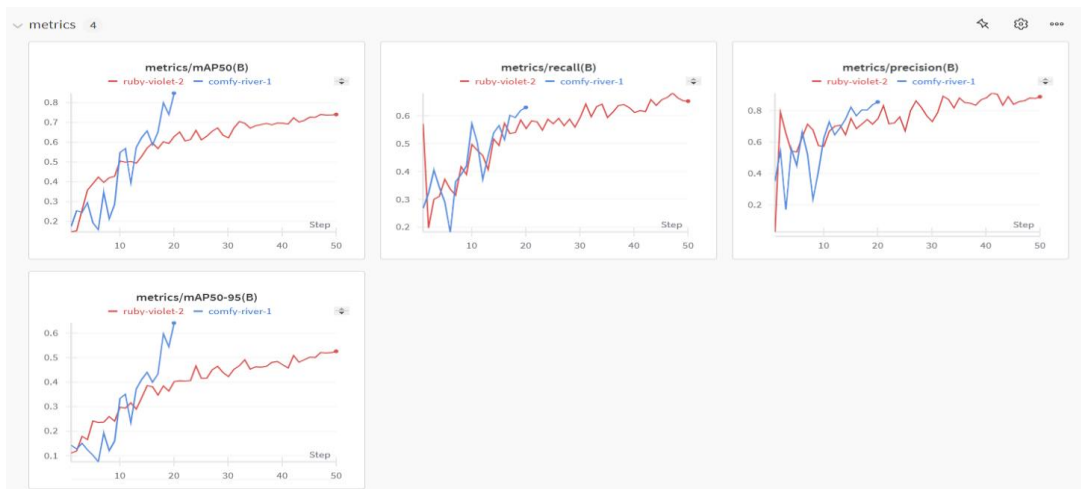
#### B. Source code untuk pengujian Model YOLO

Untuk pengujian Model YOLO yang dihasilkan menggunakan source code Python yang ditunjukkan pada Gambar 10. Pada Gambar 10 menunjukkan training dataset berdasarkan citra daunnya.



**Gambar 10.** Tampilan Training Model YOLO Berdasarkan Citra Daunnya

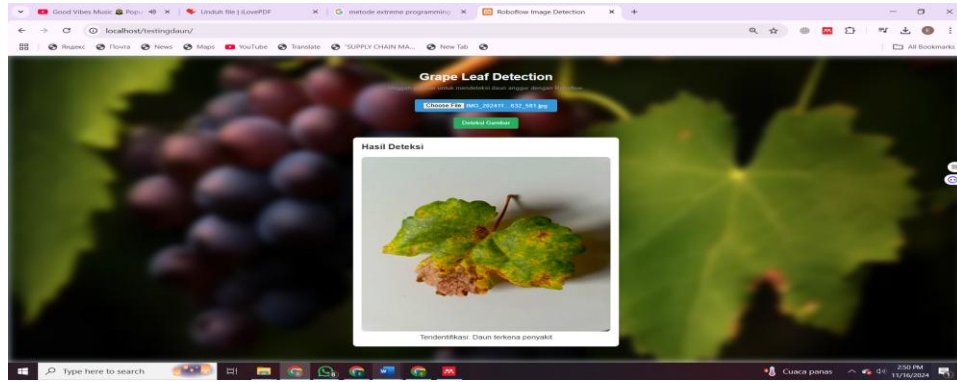
Pada Gambar 11 menunjukkan metric grafik yang menunjukkan perbedaan dari data training set dan data testing yang digunakan untuk menguji aplikasi sistem deteksi penyakit tanaman anggur. Hasil metric ini menunjukkan keberhasilan dari hasil data training dan data testing menunjukkan hasil yang baik dengan mencapai 80% lebih.



**Gambar 11.** Tampilan Training Model YOLO Berdasarkan Metric

#### C. Source code untuk Implementasi API Interface Website

Untuk Integrasi Modul H5 YOLO dan Interface Website yang dihasilkan menggunakan pemrograman website yang ditunjukkan pada Gambar 12. Pada Gambar 12 menunjukkan hasil Implementasi dari source code yang dibangun yang dapat mendeteksi penyakit tanaman anggur berdasarkan citra daun.

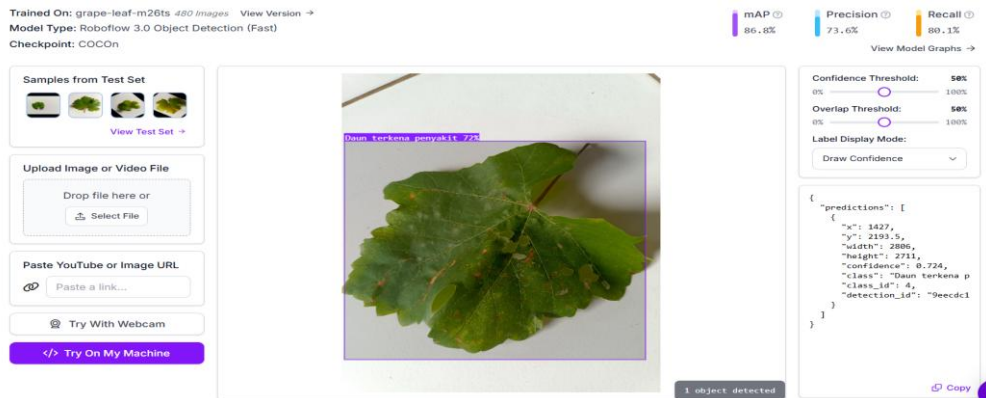


**Gambar 12.** Hasil Deploy Website Sistem Deteksi Penyakit Tanaman Anggur

**4.4 Pengujian (Testing)**

Pengujian dilakukan dalam beberapa siklus, dengan pengujian unit untuk memastikan setiap modul berfungsi sesuai spesifikasi, integrasi untuk memverifikasi kesesuaian antar modul, dan acceptance testing untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi penyakit daun. Model YOLO diuji menggunakan citra daun yang belum pernah dilihat sebelumnya untuk mengukur akurasi, presisi, sensitivitas, dan waktu inferensi.

Hasil pengujian terhadap model YOLO menunjukkan kinerja yang baik dengan rata-rata akurasi mencapai 86.8%, presisi 73.6%, dan waktu inferensi yang cepat, sesuai dengan kebutuhan deteksi real-time sesuai ditunjukkan pada Gambar 13. Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian sistem ini mencapai akurasi yang diharapkan.



**Gambar 13.** Hasil Pengujian Website Sistem Deteksi Penyakit Tanaman Anggur

Model ini berhasil mendeteksi beberapa jenis penyakit pada tanaman anggur dengan tingkat keakuratan yang cukup baik, sehingga dapat diterapkan di lapangan. Pengujian lapangan yang dilakukan dengan menggunakan citra yang diambil di kebun anggur menunjukkan bahwa sistem dapat mengidentifikasi penyakit dengan tepat. Meskipun demikian, terdapat sedikit penurunan akurasi pada kondisi pencahayaan yang buruk atau latar belakang yang rumit. Selain itu, pengujian interface sistem deteksi penyakit daun anggur dilakukan menggunakan metode Blackbox Testing. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 1, yang menunjukkan berbagai aspek fungsionalitas dan kinerja dari interface sistem dalam mendeteksi penyakit pada daun anggur.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sistem Deteksi

No.	Tombol	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Upload Gambar	Pengguna mengklik tombol "Upload Gambar" dan memilih file gambar yang valid (.jpg atau .png).	Gambar ditampilkan di antarmuka, dan sistem menyimpan path atau referensi ke gambar tersebut.	Berhasil. Gambar muncul pada antarmuka setelah pemilihan file gambar yang valid.	Lulus
2	Upload Gambar	Pengguna mengklik tombol "Upload Gambar" dan memilih file dengan format tidak valid (.txt atau .pdf).	Sistem menampilkan pesan error, seperti "Format file tidak didukung. Harap unggah file gambar dengan format .jpg atau .png."	Berhasil. Pesan error muncul ketika format file tidak valid dipilih.	Lulus

No.	Tombol	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
3	Upload Gambar	Pengguna mengklik tombol "Upload Gambar" tetapi membatalkan pemilihan file.	Tidak ada perubahan pada antarmuka, dan tidak ada gambar yang diunggah.	Berhasil. Tidak ada perubahan pada antarmuka saat pengguna membatalkan pemilihan file.	Lulus
4	Deteksi Gambar	Pengguna mengklik tombol "Deteksi Gambar" setelah berhasil mengunggah gambar yang valid.	Sistem memproses gambar yang diunggah dan menampilkan hasil deteksi (bounding box, label penyakit, dll.) pada antarmuka.	Berhasil. Proses deteksi dimulai, dan hasil deteksi muncul pada antarmuka setelah proses selesai.	Lulus
5	Deteksi Gambar	Pengguna mengklik tombol "Deteksi Gambar" tanpa mengunggah gambar terlebih dahulu.	Sistem menampilkan pesan error atau prompt, misalnya "Harap unggah gambar terlebih dahulu."	Berhasil. Pesan error muncul saat tombol ditekan tanpa adanya gambar yang diunggah.	Lulus
6	Deteksi Gambar	Pengguna mengklik tombol "Deteksi Gambar" ketika proses deteksi masih berlangsung.	Sistem menonaktifkan tombol "Deteksi Gambar" selama proses deteksi berlangsung untuk mencegah deteksi ganda.	Berhasil. Tombol "Deteksi Gambar" dinonaktifkan sementara selama proses deteksi berjalan.	Lulus

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sistem siap digunakan untuk mendeteksi penyakit daun anggur melalui aplikasi GUI dengan indikator sebagai berikut: Tombol "Upload Gambar" telah lulus semua skenario uji dan berfungsi dengan baik sesuai dengan ekspektasi, yaitu dapat mengunggah dan menangani format file dengan benar. Begitu juga dengan tombol "Deteksi Gambar" yang lulus semua skenario uji, di mana sistem dapat memproses deteksi dengan tepat hanya jika gambar telah diunggah, serta secara otomatis menonaktifkan tombol tersebut selama proses deteksi berlangsung.

Penggunaan metode Extreme Programming (XP) dalam penelitian ini terbukti efektif dalam menghasilkan sistem identifikasi penyakit tanaman anggur yang akurat dan cepat. Pendekatan iteratif yang diterapkan memungkinkan tim untuk cepat merespons perubahan kebutuhan dan memperbaiki sistem berdasarkan umpan balik yang diterima. Kolaborasi intens antara tim pengembang dan pengguna akhir (petani) juga meningkatkan kualitas sistem. Model YOLO yang diterapkan berhasil mengidentifikasi penyakit tanaman anggur dengan tingkat akurasi yang baik, meskipun terdapat tantangan dalam hal pencahayaan dan kondisi lapangan yang bervariasi. Penggunaan teknik augmentasi citra dan pelatihan model berulang kali membantu mengurangi masalah ini dan meningkatkan robustitas model. Secara keseluruhan, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan pendekatan XP, sistem deteksi penyakit berbasis YOLO dapat dikembangkan secara efisien dan dapat digunakan dalam situasi dunia nyata untuk membantu petani mengelola kesehatan tanaman anggur mereka secara lebih efektif.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, model YOLO yang dikembangkan untuk deteksi penyakit daun anggur menunjukkan performa yang baik, dengan rata-rata akurasi 86.8% dan presisi 73.6%. Model ini memiliki waktu inferensi yang cepat, memenuhi kebutuhan deteksi real-time yang diharapkan. Pengujian lapangan dengan citra daun yang diambil langsung dari kebun anggur memperlihatkan bahwa sistem mampu mendeteksi berbagai jenis penyakit dengan tingkat keakuratan yang memadai, meskipun terjadi sedikit penurunan akurasi pada kondisi pencahayaan yang buruk atau latar belakang yang kompleks. Selain itu, pengujian interface sistem deteksi dengan metode Blackbox Testing menunjukkan bahwa tombol utama, yaitu "Upload Gambar" dan "Deteksi Gambar," berfungsi sesuai ekspektasi. Tombol "Upload Gambar" berhasil menerima file dalam format yang benar dan memberikan notifikasi jika format file tidak sesuai, sedangkan tombol "Deteksi Gambar" hanya dapat digunakan setelah gambar diunggah, dan sistem menonaktifkan tombol ini selama proses deteksi untuk mencegah duplikasi. Kesimpulannya, sistem deteksi penyakit daun anggur berbasis YOLO ini siap untuk diterapkan di lapangan, dengan performa yang cukup andal dalam deteksi real-time dan interface yang ramah pengguna.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Hibah Penelitian BIMA tahun 2024 dengan SKIM Penelitian Dosen Pemula (PDP) atas dukungan dan kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh civitas akademika STMIK Adhi Guna yang



telah menjadi tempat bernaung dan memberikan dukungan kepada penulis pertama dalam proses penelitian ini. Tidak lupa, penulis juga menyampaikan apresiasi kepada civitas akademika Universitas Sam Ratulangi, khususnya Program Studi Sistem Informasi, beserta semua pihak yang terlibat, atas segala bantuan dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

## REFERENCES

- [1] M. S. Iswahyudi et al., *APLIKASI MACHINE LEARNING DI BERBAGAI BIDANG: Solusi Cerdas Untuk Masa Depan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [2] E. Erwin et al., *Transformasi Digital*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [3] A. Maulana and N. L. D. M. Sari, "Literatur Review Implementasi Artificial Intelligence dalam Pertanian," in *Prosiding Seminar Nasional Informatika*, 2024, pp. 516–530.
- [4] A. Pratama, A. C. Nurcahyo, and L. Firgia, "Penerapan Machine Learning dengan Algoritma Logistik Regresi untuk Memprediksi Diabetes," *Prosiding CORISINDO 2023*, 2023.
- [5] A. Kosasih, A. Kurnia, T. Mulyana, and U. P. Utomo, "Analisa Algoritma Fuzzy Mamdani dalam Pengklasifikasian Penyakit pada Tanaman," *Journal Of Research And Publication Innovation*, vol. 1, no. 3, pp. 653–660, 2023.
- [6] R. Kusumastuti, T. D. Putra, and Z. Z. Yudam, "KLASIFIKASI CITRA PENYAKIT DAUN JAGUNG MENGGUNAKAN ALGORITMA CNN EFFICIENTNET," *MULTITEK INDONESIA*, vol. 17, no. 2, pp. 143–153, 2024.
- [7] L. Rahma, H. Syaputra, A. H. Mirza, and S. D. Purnamasari, "Objek Deteksi Makanan Khas Palembang Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once)," *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 213–232, 2021.
- [8] I. Salamah, M. R. A. Said, and S. Soim, "Perancangan Alat Identifikasi Wajah Dengan Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Presensi Mahasiswa," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, no. 3, pp. 1492–1500, 2022.
- [9] L. A. Drianto, M. N. Valentino, S. I. Wibowo, T. J. Santoso, M. Christano, and R. A. Pradiva, *Inovasi Teknologi Kecerdasan Komputer*. SIEGA Publisher, 2023.
- [10] B. A. B. Saputra, M. A. D. Septiawan, M. A. Nashrullah, A. Kusumah, and P. Rosyani, "Implementasi YOLO dan OpenCV untuk Identifikasi Usia Dibawah Umur," *AI dan SPK: Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan*, vol. 1, no. 4, pp. 288–295, 2024.
- [11] D. Triyanto, M. Zidan, M. Wahyudi, L. Pujiastuti, and S. Sumanto, "Pengembangan Sistem Deteksi Objek Botol Real-Time dengan YOLOv8 untuk Aplikasi Vision," *Indonesian Journal Computer Science*, vol. 3, no. 1, pp. 44–50, 2024.
- [12] A. Gallu, A. R. Himamunanto, and H. Budiati, "Pengenalan Emosi pada Citra wajah menggunakan Metode YOLO," *Kesatria: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer dan Manajemen)*, vol. 5, no. 3, pp. 1253–1261, 2024.
- [13] A. A. S. La Ode, I. P. Ningrum, and R. A. Saputra, "Implementasi Metode Viola-Jones dan Eigenfaces Pada Sistem Pengenalan Wajah Secara Real-Time," *Jurnal Algoritma*, vol. 5, no. 1, pp. 12–23, 2024.
- [14] M. I. Rosadi and M. Lutfi, "Identifikasi Jenis Penyakit Daun Jagung Menggunakan Deep Learning Pre-Trained Model," *Explore IT: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Informatika*, vol. 13, no. 2, pp. 35–42, 2021.
- [15] A. L. Abadi, M. A. Syib'li, L. Q. Aini, A. W. Sektiono, F. A. Choliq, and I. Trianti, *Pengelolaan Penyakit Tumbuhan Terpadu (Integrated Plant Disease Management)*. Universitas Brawijaya Press, 2023.
- [16] M. J. Setiawan, B. Nugroho, and A. P. Sari, "Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Menggunakan Algoritma CNN dan Random Forest: Classification Leaf Diseases," *Teknologi: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 13, no. 2, pp. 12–18, 2023.
- [17] S. A. Prasetya, M. Mihuandayani, Y. Abast, M. Mangole, and J. Rahman, "Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Nanas Menggunakan YOLOv8," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 6, no. 1, pp. 567–575, 2024.
- [18] W. Saputro and D. B. Sumantri, "Implementasi Citra Digital Dalam Klasifikasi Jenis Buah Anggur Dengan Algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) Dan Data Augmentasi," *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 5, no. 2, pp. 248–253, 2022.
- [19] L. Arief and F. Muhammad, "Penerapan YOLO Untuk Identifikasi Dan Penayangan Informasi Peralatan Laboratorium Dalam Mendukung Merdeka Belajar," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 10, no. 2, pp. 301–311, 2021.
- [20] E. Alfonsius, S. W. C. Ngangi, and A. L. Kalua, "Sistem Informasi Pendaftaran Pernikahan (SIP-NIKAH) menggunakan Metode Extreme Programming berbasis Website," *Jurnal Media Borneo*, vol. 1, no. 2, pp. 55–66, 2023.
- [21] E. Alfonsius, A. B. Johanes, R. N. F. Mantiri, R. Manahampi, M. Hihola, and A. C. Hadiwidjaja, "SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS LETAK PERSEBARAN TEMPAT PENGISIAN BAHAN BAKAR KENDARAAN TINGKAT RETAILER MENGGUNAKAN GOOGLE API," *Information System Journal*, vol. 6, no. 02, pp. 76–85, 2023.
- [22] E. Alfonsius, W. W. Kalengkongan, and S. C. W. Ngangi, "Sistem Monitoring Dan Kontroling Prototype Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT (Internet Of Things)," *Jurnal Teknoinfo*, vol. 18, no. 1, pp. 44–55, 2024.
- [23] E. Alfonsius, S. Hasibuan, J. Titaley, and Y. A. R. Langi, "Sistem Informasi Geografis Persebaran Rumah Kost Dengan Penerapan Foto 360 Berbasis Website (Studi Kasus Pada Kelurahan Kleak)," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–16, 2024.