

IMPLEMENTASI WEBSITE DETEKSI PENYAKIT TANAMAN TOMAT BERDASARKAN CITRA DAUN MENGUNAKAN METODE PROTOTYPING

1st Ecsa Yudistira
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Telkom Purwokerto
Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia
mamasecsa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nicolaus Euclides Wahyu Nugroho, S.Kom., M.Cs.
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Telkom Purwokerto
Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia
nicolausn@telkomuniversity.ac.id

Tomat adalah salah satu produk utama dalam bidang pertanian, khususnya di desa Karangtengah, kecamatan Cilongok, kabupaten Banyumas. Namun, produktivitas tanaman tomat sering kali menurun akibat serangan penyakit pada daun. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem berbasis website untuk mendeteksi penyakit pada daun tomat dengan bantuan teknologi computer vision, untuk mengatasi kesulitan dalam membedakan gejala penyakit pada daun tomat yang dialami oleh petani. Metode pengembangan yang digunakan adalah prototyping, yang memungkinkan sistem dibangun secara bertahap berdasarkan masukan dari pengguna, yaitu petani di lapangan. Website yang dihasilkan dari penelitian ini mampu mendeteksi penyakit daun tomat lebih efisien dan tepat, serta dirancang dengan tampilan antarmuka yang mudah dipahami pengguna. Berkat adanya sistem ini, petani bisa lebih cepat mengenali penyakit pada tanaman tomat dan mengambil langkah penanganan yang tepat, sehingga produktivitas tanaman dapat meningkat dan kesejahteraan petani lebih terjamin.

Kata Kunci — Deteksi Penyakit Daun, Tanaman Tomat, Website, Computer Vision, Metode Prototyping..

I. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris, di mana sektor pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian nasional. Salah satu komoditas yang banyak dibudidayakan oleh petani adalah tomat, karena memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang stabil, baik secara lokal maupun internasional [1][2]. Namun, produktivitas tomat sering kali mengalami hambatan akibat penyakit tanaman, khususnya yang menyerang bagian daun seperti bercak daun, busuk daun, hingga infeksi jamur [3]. Penyakit-penyakit ini tidak hanya mengurangi kualitas hasil panen, tetapi juga dapat menurunkan kuantitas produksi secara signifikan dan menyebabkan kerugian ekonomi bagi petani [4].



Gambar 1. Hasil Panen Kebun Bapak Hendrawan

Di daerah pertanian seperti Desa Karangtengah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas, permasalahan penyakit daun pada tanaman tomat menjadi tantangan serius. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan oleh penulis dengan pemilik kebun tomat setempat, diketahui bahwa para petani kerap mengalami kesulitan dalam membedakan gejala yang muncul pada daun tomat. Misalnya, warna daun yang menguning atau munculnya bercak, sulit diidentifikasi apakah disebabkan oleh penyakit atau hanya akibat dari serangan hama atau kekurangan nutrisi. Kesalahan dalam identifikasi ini sering berujung pada penggunaan pestisida atau pupuk yang tidak tepat, yang justru dapat memperburuk kondisi tanaman.

Sebagian besar petani di Desa Karangtengah masih mengandalkan metode tradisional dalam mendeteksi penyakit, seperti berdasarkan pengalaman atau pengamatan langsung. Meskipun metode ini telah lama digunakan, pendekatan tersebut cenderung subjektif, memakan waktu, dan tidak selalu akurat [5][6]. Kurangnya akses informasi yang memadai semakin memperburuk kondisi ini, karena petani kesulitan untuk mengambil langkah penanganan secara cepat dan tepat. Akibatnya, infeksi dapat menyebar lebih luas dan merusak tanaman secara keseluruhan, yang berdampak pada penurunan hasil panen [7].

Perkembangan teknologi informasi, khususnya dalam bidang computer vision, membuka peluang baru dalam pengelolaan pertanian modern. Teknologi ini memungkinkan proses analisis visual terhadap citra daun secara cepat dan akurat, sehingga dapat membantu dalam mendeteksi gejala penyakit tanaman dengan

lebih efektif [8]. Salah satu pendekatan yang potensial untuk diterapkan adalah pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman berbasis website. Sistem ini dapat memungkinkan petani untuk mengunggah gambar daun tanaman, lalu mendapatkan hasil analisis secara otomatis dan instan, sehingga membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat.

Penggunaan metode prototyping dalam pengembangan sistem deteksi ini memberikan kelebihan dalam hal fleksibilitas dan adaptasi terhadap kebutuhan pengguna. Metode ini memungkinkan pembuatan sistem dilakukan secara bertahap dan memperoleh umpan balik langsung dari petani sebagai pengguna akhir, sehingga sistem yang dihasilkan lebih relevan dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan website deteksi penyakit tanaman tomat berbasis computer vision dengan menggunakan metode prototyping. Sistem ini dirancang untuk menganalisis citra daun tomat dan mengidentifikasi penyakit yang umum terjadi di kebun milik petani di Desa Karangtengah. Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) digunakan sebagai dasar untuk pemrosesan citra karena kemampuannya dalam mengenali pola dan fitur visual dengan akurasi tinggi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam bidang teknologi pertanian, khususnya dalam membantu petani meningkatkan produktivitas melalui deteksi penyakit yang lebih cepat dan akurat. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem serupa untuk komoditas pertanian lainnya di masa mendatang.

II. KAJIAN TEORI

A. Website

Website yaitu kumpulan halaman *web* yang memiliki hubungan serta bisa diakses lewat jaringan internet dan digunakan untuk menampilkan konten atau menyediakan layanan kepada pengguna. Ini membuatnya menjadi *platform* yang *fleksibel* dan mudah diakses oleh pengguna dari berbagai perangkat, seperti komputer dan ponsel. [9]

B. Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh Guido van Rossum di tahun 1990. Itu dikenal karena sintaksnya yang sederhana dan mudah dipahami serta dukungannya terhadap berbagai *paradigma* pemrograman. *Python* memiliki banyak pustaka seperti *Pandas*, *NumPy*, *TensorFlow*, dan *PyTorch* yang membuatnya sangat populer dalam bidang pengolahan data, kecerdasan buatan, dan *machine learning*. [10]

C. TensorFlow

TensorFlow merupakan *platform open source* yang dipakai membangun serta menjalankan model pembelajaran mesin secara efisien. *Platform* ini menyediakan berbagai alat dan pustaka yang memudahkan peneliti dan pengembang dalam membangun aplikasi *machine learning*, termasuk model deteksi dan klasifikasi citra. [11]

D. Flask

Flask merupakan mikro *framework* pengembangan *web* ditulis pada bahasa pemrograman *Python* serta dipakai membuat aplikasi dan tampilan *web*. Dengan bantuan *Flask* dan *Python*, pengembang bisa membuat struktur *web* dengan terstruktur serta mengatur perilaku situs *website* secara baik. Penggunaan *flask* dalam pengujian model

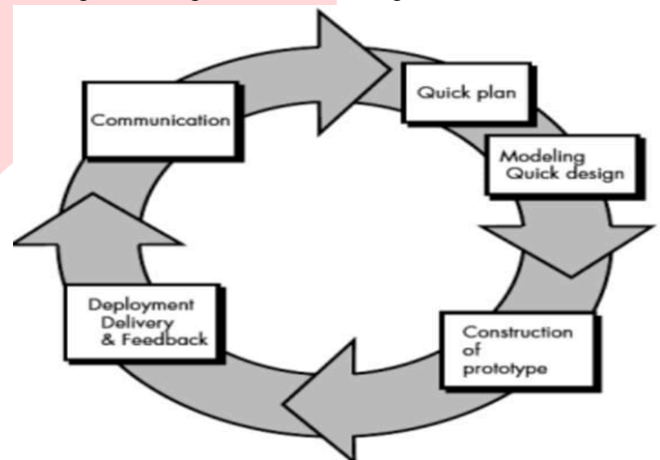
bertujuan untuk menyederhanakan proses pengujian dan menawarkan antarmuka yang mudah digunakan [12]

E. Computer Vision

Computer vision adalah bidang ilmu kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer memahami, menganalisis, dan memproses informasi visual seperti gambar dan video dengan menggunakan algoritma tertentu. Sistem kerja computer vision termasuk memproses data gambar yang dimasukkan dan menggunakan algoritma pengolahan gambar dan kecerdasan buatan untuk menghasilkan informasi dari gambar. [13]

F. Metode Prototyping

Metode prototyping adalah model pengembangan sistem memungkinkan pengembangan bertahap melalui pembuatan prototipe awal yang dapat diuji oleh pengguna untuk mendapatkan umpan balik secara cepat.



Gambar 2. Model Prototyping

Model ini melibatkan siklus berulang mulai dari pengumpulan kebutuhan awal, pembuatan prototipe, evaluasi pengguna, hingga perbaikan sistem berdasarkan masukan pengguna [7]

G. Convolutional Neural Network (CNN)

Jenis jaringan saraf tiruan deep learning yang disebut *convolutional neural network* (CNN) dibuat untuk memproses data berbentuk grid, seperti gambar digital. CNN tidak memiliki struktur yang sama. CNN adalah metode pembelajaran mesin yang dikembangkan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) dan dirancang untuk mengolah data dua dimensi karena memiliki lapisan konvolusi, yang memungkinkan CNN untuk mendeteksi pola-pola kompleks seperti bentuk, tekstur, dan warna dalam gambar. Arsitektur CNN menggunakan blok pembangun seperti lapisan konvolusi, *pooling*, dan terhubung penuh untuk secara otomatis dan adaptif mempelajari hierarki fitur spasial melalui proses *backpropagation*. [4]

H. User Acceptance Testing

User Acceptance Testing (UAT) adalah metode pengujian yang dilakukan untuk menilai apakah sistem yang telah dibangun sudah sesuai dengan kebutuhan serta

ekspektasi dari pengguna. UAT adalah bagian integral dari pengembangan perangkat lunak yang berfokus pada evaluasi dari perspektif pengguna, memastikan bahwa sistem siap digunakan dalam kondisi nyata dan sesuai dengan ekspektasi mereka. [14]

I. Flowchart

Flowchart, atau yang dikenal sebagai diagram alir, merupakan representasi visual dari urutan algoritma atau langkah-langkah instruksi dalam suatu sistem. Diagram ini berguna dalam membantu menemukan solusi terhadap permasalahan yang mungkin muncul selama proses pengembangan sistem. Umumnya, flowchart disusun menggunakan berbagai simbol, di mana setiap simbol memiliki makna proses tertentu. Untuk menunjukkan hubungan antar proses, digunakan garis penghubung sebagai penanda alur. [15]

J. Use Case

Use case yaitu model diagram untuk menunjukkan fungsi apa saja yang ada dalam sistem dan bagaimana seorang aktor dapat menggunakan apa saja berdasarkan diagram. [16]

K. Activity Diagram

Activity diagram adalah unified modeling language yang menggambarkan aktivitas suatu aktor yang mana aktor tersebut dapat memilih proses dan perulangan. Activity diagram hampir mirip dengan flowchart namun dapat mewakili suatu aktivitas ke aktivitas lainnya. [17]

III. METODE

Sistem deteksi penyakit tanaman tomat berbasis website ini dikembangkan dengan pendekatan prototyping dan teknologi computer vision untuk memungkinkan petani mendiagnosis penyakit secara mandiri dan cepat melalui analisis citra daun yang diunggah.

A. Diagram Blok

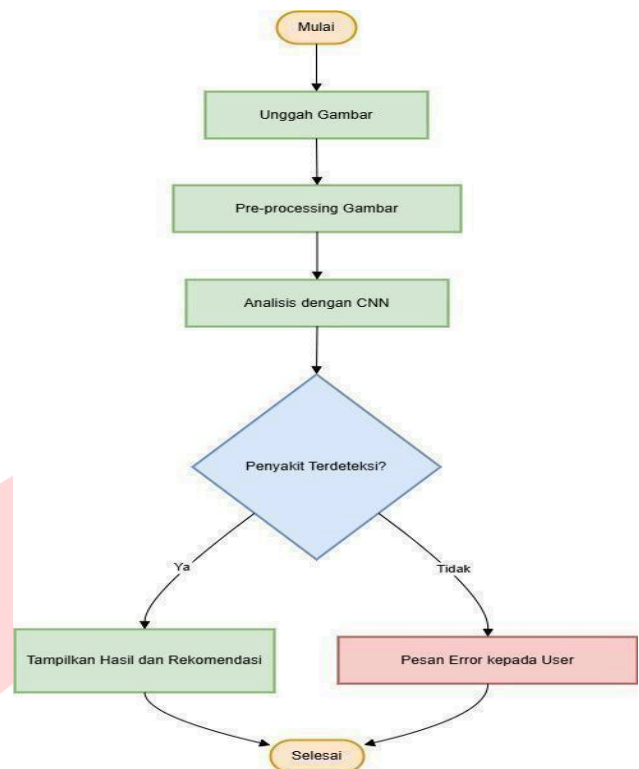


Gambar 3. Diagram Blok Proses

Diagram blok merupakan representasi grafis yang menggambarkan hubungan antar elemen dalam sistem deteksi penyakit tanaman tomat berbasis website, mulai dari input gambar, analisis citra dengan *computer vision*, klasifikasi penyakit, hingga pemberian hasil deteksi.

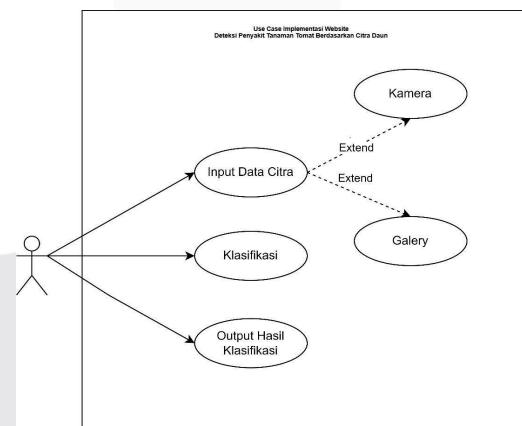
B. Diagram Alur Sistem

Flowchart pada Gambar 4 menggambarkan alur sistem deteksi penyakit daun tomat berbasis website, dimulai dari unggah gambar oleh pengguna, pre-processing, analisis menggunakan CNN, klasifikasi penyakit, hingga penampilan hasil deteksi dan rekomendasi penanganan.



Gambar 4. Diagram Alur Sistem

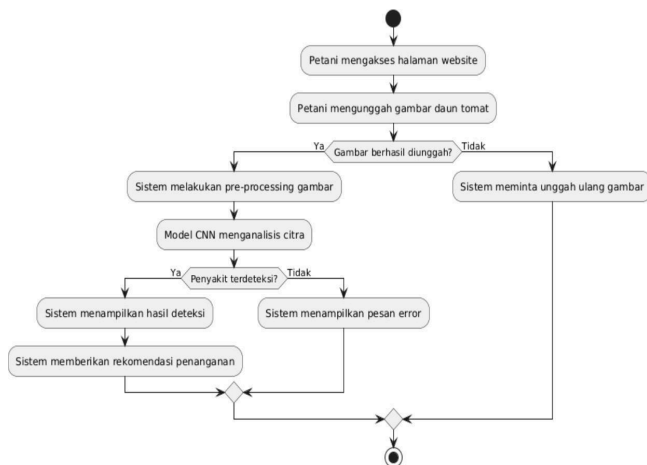
C. Use Case



Gambar 5. Use Case

Use case diagram pada Gambar 3.3 menggambarkan interaksi antara pengguna (user) dan sistem deteksi penyakit tanaman tomat berbasis citra daun, yang mencakup dua aktivitas utama yaitu input data citra dan klasifikasi penyakit untuk menghasilkan output berupa hasil identifikasi penyakit tanaman.

D. Activity Diagram Sistem



Gambar 6. Activity Diagram Sistem

Activity diagram pada Gambar 3.4 menunjukkan alur aktivitas pengguna dan sistem, dimulai dari pengguna mengakses dan mengunggah gambar daun tomat, dilanjutkan dengan pre-processing dan analisis menggunakan CNN, hingga sistem menampilkan hasil deteksi dan rekomendasi jika penyakit teridentifikasi.

E. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai pendukung utama dalam pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman tomat berbasis website. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari laptop ZYREX SKY 232 dengan prosesor Intel Celeron Quad-core 1.10 GHz, RAM sebesar 4 GB, penyimpanan SSD 256 GB, dan sistem operasi Windows 10 Pro Education. Selain itu, smartphone iPhone 11 dengan RAM 4 GB dan penyimpanan 64 GB juga digunakan untuk pengambilan citra daun tomat. Sebagai perangkat lunak, penelitian ini memanfaatkan Visual Studio Code sebagai lingkungan pengembangan aplikasi serta sistem operasi Windows sebagai platform utama pengembangan.

F. Kebutuhan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra daun tomat yang menunjukkan kondisi sehat maupun terinfeksi berbagai penyakit. Dataset tersebut sangat penting sebagai bahan untuk melatih dan menguji model deteksi penyakit menggunakan teknologi *computer vision*. Pengumpulan data dilakukan dengan mendokumentasikan citra daun tomat yang menunjukkan gejala penyakit yang umum terjadi, antara lain Septoria Leaf Spot yang ditandai dengan bercak kecil berwarna coklat keabu-abuan dengan pusat putih, Target Spot yang memiliki bercak besar berbentuk lingkaran konsentris berwarna coklat tua hingga kehitaman, serta Leaf Mold yang memperlihatkan bercak kuning pucat di permukaan atas daun dengan lapisan abu-abu pada bagian bawah. Selain itu, citra daun tomat yang sehat tanpa tanda-tanda infeksi juga dikumpulkan untuk keperluan perbandingan. Setelah pengumpulan, citra daun tersebut mengalami tahap prapengolahan untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi data. Proses prapengolahan meliputi normalisasi warna untuk

menyesuaikan intensitas warna, pengubahan ukuran gambar agar sesuai dengan kebutuhan input model *Convolutional Neural Network* (CNN), serta augmentasi data seperti rotasi dan flipping guna memperbanyak variasi dataset dan meningkatkan kemampuan model dalam mengenali berbagai kondisi.

G. Implementasi

Pada tahap implementasi, sistem dikembangkan berdasarkan desain yang telah dirancang dengan beberapa langkah penting. Pertama, dilakukan instalasi berbagai library pendukung seperti TensorFlow untuk pengembangan model machine learning dan Flask sebagai framework backend website. Selanjutnya, antarmuka pengguna dibuat menggunakan bahasa pemrograman HTML, CSS, dan JavaScript agar memudahkan pengguna dalam mengunggah gambar daun tomat dan menerima hasil deteksi penyakit. Prototipe awal dikembangkan untuk menguji fungsionalitas dasar sistem, seperti kemampuan mengunggah citra dan menampilkan hasil klasifikasi secara sederhana. Selanjutnya, petani di Desa Karantengah dilibatkan untuk mencoba prototipe tersebut dan memberikan umpan balik terkait kemudahan penggunaan serta fungsi sistem. Berdasarkan masukan tersebut, dilakukan penyempurnaan sistem, termasuk optimalisasi kecepatan proses deteksi, perbaikan tampilan antarmuka, serta peningkatan detail informasi hasil diagnosis yang ditampilkan kepada pengguna.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai jenis penyakit daun tomat guna membantu petani mengambil tindakan pencegahan yang efektif serta mendukung pengembangan sistem pendukung keputusan dalam manajemen penyakit tanaman tomat.

A. Persiapan Data

Dataset yang digunakan terbagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu train, validation, dan test, dengan masing-masing citra daun tomat yang diklasifikasikan sesuai jenis penyakitnya. Dataset train digunakan untuk melatih model, sedangkan data validasi berfungsi untuk mengevaluasi performa selama pelatihan dan memilih model terbaik. Jumlah citra per kelas telah disesuaikan agar model dapat mengenali berbagai penyakit seperti Bacterial Spot, Early Blight, Leaf Mold, dan lain-lain secara akurat.

B. Pemodelan CNN

Model *Convolutional Neural Network* (CNN) dikembangkan dan disimpan dalam format .h5 untuk integrasi langsung pada aplikasi berbasis Python dan web, memungkinkan pemuatan model tanpa pelatihan ulang. Model ini memiliki beberapa lapisan konvolusional yang mengekstraksi fitur citra secara mendalam, serta lapisan pooling dan fully connected yang menghasilkan klasifikasi dengan tingkat akurasi tinggi.

Pada tahap pengembangan, berbagai library seperti Flask, TensorFlow, OpenCV, dan NumPy digunakan untuk pemrosesan citra, pelatihan, serta penyajian hasil melalui antarmuka web. Citra daun disesuaikan ukurannya menjadi 128×128 piksel dengan tiga kanal warna agar kompatibel

dengan input model. Proses preprocessing mencakup normalisasi, pengubahan ukuran, dan augmentasi data untuk meningkatkan performa model.

Arsitektur model menggunakan API Sequential dengan lapisan Conv2D berfilter 32 dan kernel 3×3 , aktivasi ReLU, MaxPooling2D, serta lapisan Dense terakhir dengan 10 neuron dan aktivasi sigmoid yang sesuai dengan jumlah kelas penyakit. Struktur ini memungkinkan ekstraksi fitur spasial dan menghasilkan output klasifikasi penyakit daun tomat secara akurat.

C. Layer CNN

Proses pelatihan pada Convolutional Neural Network (CNN) memainkan peran penting dalam membentuk model yang mampu mengenali serta memahami informasi visual dari citra daun tomat. Dengan menggunakan data citra berlabel, model dilatih untuk mengekstraksi fitur-fitur penting, mengidentifikasi pola, serta menghubungkannya dengan kelas penyakit yang relevan. Arsitektur CNN pada penelitian ini dibangun secara bertahap dengan menerapkan beberapa lapisan utama, yaitu lapisan konvolusional, pooling, flattening, dan dense (fully connected layer).

Lapisan konvolusional pertama menggunakan 32 filter berukuran 3×3 dengan fungsi aktivasi ReLU dan input citra berukuran 128×128 piksel dengan tiga kanal warna (RGB). Penggunaan kernel 3×3 memungkinkan ekstraksi fitur lokal seperti tepi dan tekstur, sementara aktivasi ReLU menambahkan non-linearitas untuk menangkap hubungan visual yang lebih kompleks. Setelah proses konvolusi, dilakukan pengurangan dimensi spasial menggunakan MaxPooling2D dengan ukuran 2×2 , bertujuan mengurangi jumlah parameter serta mempercepat waktu komputasi. Arsitektur dilanjutkan dengan lapisan konvolusional kedua yang memiliki konfigurasi serupa, sehingga memungkinkan model mengekstraksi fitur visual yang lebih kompleks berdasarkan hasil dari lapisan sebelumnya.

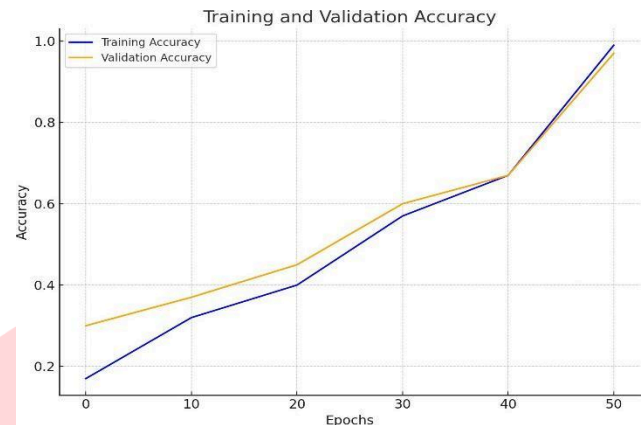
Setelah proses konvolusi dan pooling, fitur-fitur yang telah diekstraksi kemudian diratakan (flattening) ke dalam bentuk vektor satu dimensi agar dapat digunakan oleh lapisan fully connected. Lapisan dense pertama terdiri atas 128 neuron dengan aktivasi ReLU, berfungsi membentuk representasi fitur abstrak, sedangkan lapisan dense kedua terdiri dari 10 neuron output dengan aktivasi sigmoid, disesuaikan dengan jumlah kelas penyakit daun tomat yang ditangani dalam sistem ini. Model ini menggunakan pendekatan klasifikasi multi-label dengan fungsi loss categorical crossentropy.

Secara keseluruhan, arsitektur CNN yang dirancang berhasil membangun pipeline klasifikasi citra yang efisien, dimulai dari ekstraksi fitur hingga tahap klasifikasi akhir. Konfigurasi lengkap dari setiap layer dapat dilihat pada Tabel 4.2, yang menunjukkan struktur model secara terperinci, mulai dari input hingga output kelas penyakit.

D. Pelatihan Model CNN

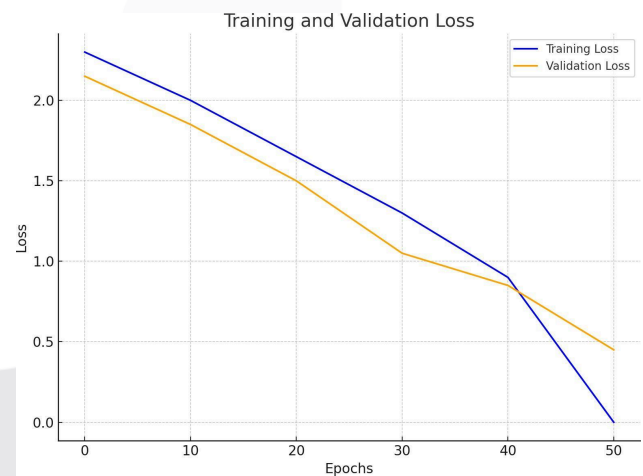
Model Convolutional Neural Network (CNN) dilatih selama 50 epoch dengan 20 langkah (steps) per epoch, menggunakan data citra berukuran 128×128 piksel. Proses pelatihan memanfaatkan batch size sebesar 6 untuk data pelatihan dan 3 untuk data validasi. Selama pelatihan, akurasi model pada data pelatihan menunjukkan peningkatan konsisten, dengan nilai akhir mencapai 0,9917

dan nilai loss turun hingga 0,0293. Sementara itu, pada data validasi, akurasi mencapai 0,9667 dengan val_loss sebesar 0,2302. Perbedaan nilai antara data pelatihan dan validasi relatif kecil, mengindikasikan bahwa model tidak mengalami overfitting secara signifikan.



Gambar 7. Accuracy Model CNN

Visualisasi grafik akurasi pelatihan dan validasi selama proses pelatihan menunjukkan tren kenaikan yang sejalan. Akurasi pelatihan meningkat dari sekitar 0,17 menjadi mendekati 0,99, sedangkan akurasi validasi naik dari 0,30 hingga hampir 0,97. Hal ini mencerminkan kemampuan model dalam melakukan generalisasi terhadap data baru.



Gambar 8. Training dan Validation Mas

Grafik loss menunjukkan penurunan signifikan baik pada data pelatihan maupun validasi. Training loss turun dari 2,3 menjadi mendekati nol, dan validation loss menurun stabil dari 2,2 menjadi sekitar 0,45. Stabilitas penurunan ini memperkuat bukti bahwa model CNN mampu belajar secara efisien tanpa kehilangan kemampuan generalisasi. Secara keseluruhan, hasil pelatihan menunjukkan bahwa model berhasil membangun performa klasifikasi yang baik terhadap citra daun tomat.

E. Prototyping Interface

Antarmuka sistem deteksi penyakit tanaman tomat berbasis web dikembangkan dengan pendekatan prototyping untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna. Sistem ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu antarmuka

unggah gambar (input interface) dan antarmuka hasil deteksi (detection interface).



Gambar 9. Interface Input Images

Pada antarmuka input, pengguna dapat mengunggah citra daun tomat melalui tombol "Choose File", kemudian memulai proses klasifikasi dengan menekan tombol "Predict". Gambar yang diunggah akan diproses oleh model CNN yang telah dilatih sebelumnya, dan hasil klasifikasi ditampilkan secara langsung.



Gambar 10. Interface Result Detection

Antarmuka hasil deteksi menyajikan citra daun yang telah dianalisis disertai dengan hasil klasifikasi penyakit, misalnya "Bercak Bakteri", serta memberikan informasi penanganan yang direkomendasikan, seperti penggunaan fungisida tembaga secara berkala. Desain antarmuka mengedepankan kesederhanaan dan kemudahan navigasi, sehingga pengguna awam seperti petani dapat dengan mudah mengoperasikan sistem secara mandiri dan memperoleh hasil secara cepat dan informatif.

Secara teknis, sistem ini dibangun menggunakan framework Flask untuk pengembangan web dan TensorFlow sebagai backend pemrosesan model CNN. Proses dimulai dengan memuat model yang telah dilatih, kemudian sistem menerima gambar dari pengguna, mengubah ukurannya menjadi 128x128 piksel, dan menyesuaikan format input agar kompatibel dengan arsitektur CNN. Prediksi dilakukan melalui fungsi `pred_tomato_disease()` yang mengembalikan label penyakit dan memetakan hasil tersebut ke halaman diagnosis yang sesuai. Rute utama aplikasi mengarah ke `index.html` sebagai halaman awal, sedangkan rute `/predict` digunakan untuk menangani unggahan gambar, proses klasifikasi, dan penampilan hasil diagnosis. Sistem berjalan secara lokal menggunakan port 8080 tanpa mode threaded untuk menjaga kestabilan proses.

F. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan pendekatan User Acceptance Testing (UAT) guna mengevaluasi tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna terhadap sistem deteksi penyakit daun tomat berbasis web yang telah dikembangkan. Pengujian ini melibatkan sepuluh responden

yang terdiri dari petani dan pemilik kebun tomat sebagai target pengguna, dan dilaksanakan secara langsung di kebun tomat milik Bapak Hendrawan pada hari Sabtu, 10 Mei 2025.

Setiap responden diberikan kesempatan untuk mencoba langsung sistem melalui perangkat masing-masing. Setelah proses uji coba selesai, mereka diminta memberikan penilaian melalui kuesioner atau wawancara langsung, berdasarkan lima indikator pertanyaan UAT. Skala penilaian menggunakan sistem Likert dengan rentang nilai 1 sampai 5, di mana 1 berarti "sangat tidak setuju" dan 5 berarti "sangat setuju".

Adapun lima pertanyaan yang diajukan kepada responden mencakup aspek aksesibilitas, kemudahan antarmuka, kelancaran proses unggah gambar, kecepatan deteksi, dan kejelasan informasi hasil deteksi. Hasil evaluasi responden terhadap setiap pertanyaan kemudian diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata dan presentase sebagai dasar penilaian kualitas sistem.

Berdasarkan hasil evaluasi UAT, aspek memorabilitas (kemudahan akses sistem melalui perangkat) memperoleh skor tertinggi dengan rata-rata nilai 4,8 dari 5 atau 96%. Aspek pembelajaran (kemudahan memahami informasi hasil deteksi) dan kepuasan pengguna (antarmuka yang mudah dipahami) masing-masing memperoleh nilai rata-rata 4,7 atau 94%. Aspek efisiensi (kecepatan deteksi penyakit) memperoleh rata-rata 4,6 atau 92%, sementara proses upload gambar mendapatkan skor tertinggi yaitu 4,9 atau 98%.

Secara keseluruhan, sistem memperoleh rata-rata total persentase sebesar 94,75%, yang menunjukkan bahwa sistem deteksi penyakit daun tomat ini diterima dengan sangat baik oleh pengguna lapangan. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat kegunaan dan kualitas yang tinggi, sesuai dengan interpretasi skor pada Tabel 2.3, sehingga dapat dinyatakan layak untuk diimplementasikan dalam praktik pertanian sehari-hari.

G. Analisis Pengujian UAT

Setelah dilakukan pengujian menggunakan metode User Acceptance Testing (UAT), dilakukan analisis terhadap masing-masing pertanyaan untuk menilai sejauh mana sistem diterima dan dinilai layak oleh pengguna. Pengujian ini berfokus pada lima indikator utama, yaitu aksesibilitas, kemudahan antarmuka, kemudahan unggah gambar, kecepatan deteksi, serta kejelasan informasi hasil deteksi.

Pada pertanyaan pertama terkait kemudahan akses melalui perangkat pengguna, diperoleh nilai rata-rata sebesar 4,8 dari 5 atau setara dengan 96%. Nilai ini menunjukkan bahwa mayoritas responden merasa sistem dapat diakses dengan mudah melalui perangkat yang mereka miliki. Pertanyaan kedua mengenai kemudahan dalam memahami antarmuka pengguna (UI) mendapatkan nilai rata-rata 4,7 atau 94%, yang menunjukkan antarmuka sistem cukup intuitif dan mudah dipahami.

Pertanyaan ketiga menilai kemudahan dalam melakukan unggah gambar daun tomat. Hasilnya menunjukkan nilai rata-rata 4,6 atau 92%, yang masih berada dalam kategori "sangat baik", menandakan proses unggah gambar telah berjalan lancar bagi pengguna. Sementara itu, pertanyaan keempat yang menilai kecepatan sistem dalam mendeteksi penyakit mendapatkan skor

tertinggi dengan nilai rata-rata 4,9 atau 98%, menegaskan bahwa sistem mampu memberikan hasil deteksi secara cepat dan responsif.

Terakhir, pada pertanyaan kelima yang menguji tingkat pemahaman terhadap informasi hasil deteksi, diperoleh nilai rata-rata 4,7 atau 94%. Hal ini menunjukkan bahwa informasi yang ditampilkan cukup jelas dan mudah dimengerti oleh pengguna.

Secara keseluruhan, akumulasi nilai dari seluruh pertanyaan menghasilkan rata-rata presentase sebesar 94,75%, yang termasuk dalam kategori “sangat baik”. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi penyakit daun tomat berbasis web yang dikembangkan telah memenuhi aspek memorabilitas, efisiensi, kepuasan pengguna, dan kemudahan dipelajari. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem sangat layak untuk diimplementasikan secara nyata di lapangan dan sesuai dengan kebutuhan serta ekspektasi pengguna akhir, yaitu para petani.

V. KESIMPULAN

Pengembangan website deteksi penyakit tanaman tomat berbasis citra daun dengan metode prototyping telah berhasil dilaksanakan dan menunjukkan hasil yang memuaskan. Sistem ini mampu mendeteksi berbagai jenis penyakit pada daun tomat secara cepat dan akurat dengan memanfaatkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) sebagai inti dari pemrosesan citra. Antarmuka website yang sederhana memudahkan petani, khususnya di Desa Karangtengah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas, dalam menggunakannya. Pendekatan prototyping terbukti efektif dalam pengembangan sistem yang adaptif terhadap kebutuhan pengguna, di mana hasil pengujian melalui User Acceptance Testing (UAT) menunjukkan tingkat kepuasan pengguna sebesar 94,75% dan masuk dalam kategori sangat baik. Dengan sistem ini, petani dapat mengurangi ketergantungan terhadap metode identifikasi manual dan memperoleh solusi teknologi yang praktis dan relevan untuk meningkatkan produktivitas pertanian tomat.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem ini dilengkapi dengan fitur tambahan berupa informasi penanganan atau rekomendasi pengobatan terhadap masing-masing penyakit yang terdeteksi guna memberikan panduan langsung bagi petani dalam mengambil tindakan yang tepat. Selain itu, perlu dilakukan perluasan jumlah dan variasi dataset citra daun agar sistem dapat mengenali lebih banyak jenis penyakit dalam berbagai kondisi visual yang berbeda, seperti variasi cahaya dan usia tanaman, sehingga tingkat akurasi deteksi dapat semakin ditingkatkan dan sistem menjadi lebih andal dalam skala penggunaan yang lebih luas.

REFERENSI

- [1] C. R. Kotta, D. Paseru, and M. Sumampouw, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network untuk Mendeteksi Penyakit pada Citra Daun Tomat," *Jurnal Pekommas*, vol. 7, no. 2, pp. 123-132, 2022.
- [2] M. Astiningrum, P. P. Arhandi, and N. A. Ariditya, "Identifikasi Penyakit pada Daun Tomat Berdasarkan Fitur

Warna dan Tekstur," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 6, no. 2, pp. 47-50, 2020.

S. Sarah and Guntoro, "Identifikasi Penyakit Tanaman Jagung Berdasarkan Citra Daun," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 278-289, 2023.

A. M. Lesmana, R. P. Fadhillah, and C. Rozikin, "Identifikasi Penyakit pada Citra Daun Kentang Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 21-29, 2022.

R. H. Ariesdianto, Z. E. Fitri, A. Madjid, and A. M. N. Imron, "Identifikasi Penyakit Daun Jeruk Siam Menggunakan K-Nearest Neighbor," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 2, pp. 133-140, 2021.

I. K. T. A. Pariyana, A. A. N. M. A. Putra, I. G. G. Sumartana, and J. D. Prathama, "Identifikasi Penyakit Buah Kakao Jembrana Menggunakan Metode ResNet152V2," *Journal of Informatics Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 12-20, 2024.

G. A. W. Satia, E. Firmansyah, and A. Umami, "Identifikasi Penyakit Daun Kelapa Sawit Menggunakan CNN," *Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 19, no. 1,

A. Fatchurrachman and D. Udjulawa, "Identifikasi Penyakit pada Tanaman Kopi Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Convolution Neural Network," *Jurnal Algoritme*, vol. 3, no. 2, pp. 151-159, 2023.

T. A. Kinaswara, N. R. Hidayati, and F. Nugrahanti, "Rancang bangun aplikasi inventaris berbasis website pada Kelurahan Bantengan," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, Madiun, Indonesia, 2019.

K. H. Hanif, N. R. Muntiar, and P. A. Ramadhani, "Penerapan Metode Certainty Factor untuk Mendiagnosa Penyakit Preeklamsia pada Ibu Hamil dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Python," *Insect: Informatics Security Journal of Teknik Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 63-71, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33506/insect.v7i2.1818>.

S. Panjaitan, C. Sitepu, and J. Sinaga, "Deteksi Jerawat Menggunakan Arsitektur YOLOV3," *Jurnal Ekonomi Sosial dan Humaniora*, vol. 4, no. 6, pp. 1-6, 2023. [Online]. Available:

<https://jurnalintelektiva.com/index.php/jurnal/article/view/929>.

R. K. Ngantung and M. A. I. Pakereng, "Model pengembangan sistem informasi akademik berbasis user centered design menerapkan framework Flask Python," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 5, no. 3, pp. 1052-1059, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i3.3054.

T. A. Dompeipen and S. R. U. A. Sompie, "Penerapan Computer Vision untuk Pendeteksian dan Penghitungan Jumlah Manusia," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 15, no. 4, 2023.

H. Yakub, B. Daniawan, A. Wijaya, and L. Damayanti, "Sistem Informasi E-Commerce Berbasis Website dengan Metode Pengujian User Acceptance Testing," *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 113-127, 2024.

I. Budiman, S. Saori, R. N. Anwar, Fitriani, and M. Y. Pangestu, "Analisis Pengendalian Mutu Di Bidang Industri Makanan (Studi Kasus: UMKM Mochi Kaswari Lampion Kota Sukabumi)," *J. Inov. Penelit.*, vol. 1, no. 10, pp. 2185-2190, 2021.

- [16] R. Hafsari, E. Aribi, and N. Maulana, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Inventori Dan Penjualan Pada Perusahaan Pt.Inhutani V," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 109–116, 2023, doi: 10.30656/prosisko.v10i2.7001.
- [17] M. S. Lauryn and M. Ibrohim, "Sistem Informasi Geografis Tingkat Kerusakan Ruas Jalan Berbasis Web," *JSil (Jurnal Sist. Informasi)*, vol. 6, no. 1, p. 20, 2019, doi: 10.30656/jsii.v6i1.1022.

