

**APLIKASI WEB KLASIFIKASI DAN DETEKSI PENYAKIT
DAUN TOMAT MENGGUNAKAN
MODEL CNN DAN YOLO**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Pada Program Studi Informatika Departemen Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



**FACHRI RIZAL
NIM.21343023**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

APLIKASI WEB KLASIFIKASI DAN DETEKSI PENYAKIT
DAUN TOMAT MENGGUNAKAN
MODEL CNN DAN YOLO

Nama : Fachri Rizal
TM/NIM : 2021/21343023
Program Studi : Informatika (NK)
Departemen : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Padang, 17 November 2025

Disetujui Oleh,
Pembimbing



Dr. Phil. Dony Novaliendry, M.Kom.
NIP. 19751104 200604 1 002

Kepala Departemen Teknik Elektronika FT-UNP



Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom
NIP. 19760408 200501 1 002

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tugas Akhir

Program Studi Informatika

Departemen Teknik Elektronika, Fakultas Teknik

Universitas Negeri Padang

Judul : APLIKASI WEB KLASIFIKASI DAN DETEKSI
PENYAKIT DAUN TOMAT MENGGUNAKAN MODEL
CNN DAN YOLO

Nama : Fachri Rizal

TM/NIM : 2021/21343023

Program Studi : Informatika (NK)

Departemen : Teknik Elektronika

Fakultas : Teknik

Padang, 17 November 2025

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Prof. Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T.

1. 

2. Anggota : Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom

2. 

3. Anggota : Dr. Phil. Dony Novaliendry, M.Kom.

3. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangap di bawah ini:

Nama : Fachri Rizal
TM/NIM : 2021/21343023
Program Studi : Informatika (NK)
Departemen : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul “Aplikasi Web Klasifikasi dan Deteksi Penyakit Daun Tomat Menggunakan Model CNN dan YOLO” ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti aturan tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, November 2025

Yang Menyatakan,



Fachri Rizal
NIM. 21343023

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan aplikasi berbasis web untuk klasifikasi dan deteksi penyakit daun tomat menggunakan model *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *You Only Look Once* (YOLO). Penelitian ini menggunakan metode *Research & Development* (R&D) yang meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pelatihan model, dan pengujian. Model CNN dilatih untuk mengklasifikasikan gambar daun tomat ke dalam kategori penyakit spesifik, sementara model YOLO dirancang untuk mendeteksi dan melokalisasi area yang terinfeksi secara *real-time*. Kedua model diintegrasikan ke dalam sistem web berbasis Flask untuk menyediakan fungsionalitas yang dapat diakses dan interaktif melalui browser web standar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN mencapai akurasi 96,1%, berhasil mengidentifikasi jenis penyakit seperti *Early Blight* dan *Bacterial Spot*. Model YOLO mencapai *mean Average Precision* (mAP) sebesar 87,3% untuk deteksi *real-time*, berhasil mengidentifikasi dan menandai area terinfeksi pada daun tomat. Integrasi model CNN dan YOLO menunjukkan kinerja klasifikasi dan deteksi yang kuat, menawarkan solusi efisien dan skalabel untuk mendukung diagnosis penyakit dini dan transformasi digital dalam pertanian presisi.

Kata kunci: *tomato leaf disease, CNN, YOLO, classification, web application*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis mengucapkan rasa syukur yang mendalam atas limpahan rahmat, petunjuk, dan kekuatan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul “*Aplikasi Web Klasifikasi dan Deteksi Penyakit Daun Tomat Menggunakan Model CNN dan YOLO*”.

Proposal ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Informatika, Departemen Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Penulisan proposal ini merupakan bagian penting dalam perjalanan akademik penulis yang tidak hanya menjadi proses evaluasi, namun juga sebagai ruang eksplorasi, pembelajaran, dan pengembangan diri dalam menerapkan ilmu teknologi khususnya pada bidang *computer vision* dan *machine learning*.

Proses penyusunan proposal ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh hormat dan rasa terima kasih, penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sekaligus Dosen Penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan masukan berharga serta arahan selama proses bimbingan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Dedy Irfan, S.Pd, M.Kom. selaku Kepala Departemen Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang sekaligus Dosen Penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan masukan berharga serta arahan selama proses bimbingan Tugas Akhir.

3. Ibu Dr. Yeka Hendriyani, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Informatika sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan arahan yang tajam, serta senantiasa memotivasi penulis dalam menyusun dan menyempurnakan proposal ini.
4. Bapak Dr. Phil. Dony Novaliendry, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan serta arahan dalam perkuliahan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Informatika Universitas Negeri Padang, yang telah menjadi bagian dari perjalanan intelektual penulis, melalui pengajaran, bimbingan, dan semangat yang tak ternilai selama proses pembelajaran.
6. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti.
7. Kakak saya tercinta, yang telah banyak memberikan dukungan, arahan, serta menjadi sumber inspirasi dan motivasi utama dalam menghadapi berbagai tantangan selama menempuh pendidikan ini.
8. Sahabat-sahabat saya yang selalu mendukung, berbagi semangat, dan menemani perjalanan ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Informatika, atas kebersamaan, tawa, diskusi, dan saling bantu dalam berbagai situasi. Kolaborasi dan solidaritas yang terjalin menjadi salah satu bagian paling berkesan dalam perjalanan menyusun tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa karya ini belum sempurna dan masih memiliki keterbatasan. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan di tahap selanjutnya.

Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun sebagai inspirasi bagi penelitian yang relevan di masa depan. Penulis juga berharap kontribusi kecil ini dapat mendukung pengembangan teknologi di bidang pertanian berbasis *computer vision* dan *artificial intelligence*.

Padang, 17 November 2025

Fachri Rizal

Daftar Isi

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	7
C. Batasan Masalah	8
D. Tujuan Penelitian.....	9
E. Rumusan Masalah	9
F. Manfaat Penelitian	10
BAB II LANDASAN TEORI.....	12
A. Penyakit Tanaman	12
B. Computer Vision.....	17
C. Convolutional Neural Network (CNN)	30
D. YOLO (You Only Look Once)	36
E. State of the Art.....	41
F. Tools dan Framework	42
G. Penelitian Relevan	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	57
A. Jenis Penelitian	57

B.	Desain dan Perancangan	59
C.	Dataset dan Sumber Data	83
D.	Preprocessing Data.....	85
E.	Metode Analisis Data	86
F.	Validitas Data.....	93
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		95
A.	Pengolahan Data	95
B.	Pengolahan Data untuk Algoritma YOLO	96
C.	Hasil Algoritma	98
D.	Hasil Pengembangan	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		114
A.	Kesimpulan	114
B.	Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....		116

Daftar Gambar

Gambar 1 Arsitektur CNN	30
Gambar 2 Arsitektur YOLO	36
Gambar 3 Use Case Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman.....	59
Gambar 4 Activity Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman.....	61
Gambar 5 Class Diagram Pada Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	63
Gambar 6 Sequence Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	66
Gambar 7 Component Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	68
Gambar 8 Deployment Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman.....	71
Gambar 9 Package Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	73
Gambar 10 State Machine Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman.....	75
Gambar 11 Interaction Overview Diagram Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	77
Gambar 12 Rancangan Tampilan Halaman Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	79
Gambar 13 Rancangan Tampilan Halaman Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	80
Gambar 14 Rancangan Tampilan Halaman Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	82
Gambar 15 Rancangan Tampilan Halaman Sistem Deteksi Penyakit Daun Tanaman	83
Gambar 16 Preprocessing Data	85
Gambar 17 Proses Pelatihan Model	89
Gambar 18 Proses Validasi dan Pengujian Model	90
Gambar 19 Analisis Komparatif.....	92
Gambar 20 Anotasi Dataset Model CNN.....	95
Gambar 21 Dataset yang siap diolah.....	96
Gambar 22 Contoh Anotasi Data untuk kelas Bacterial_Spot	97
Gambar 23 Dataset yang telah siap diolah.....	97
Gambar 24 Impor Dataset dari Roboflow.....	98
Gambar 25 Arsitektur Model CNN	98
Gambar 26 Membangun Model CNN.....	99
Gambar 27 Hasil Akurasi Pelatihan Model CNN	100
Gambar 28 Confusion Matrix Model CNN	101
Gambar 29 Impor Dataset ke YOLO	102
Gambar 30 Melatih Data pada Model YOLO	102
Gambar 31 Confusion Matrix Model YOLO.....	103
Gambar 32 Hasil Pelatihan Model YOLO	104
Gambar 33 Server Model CNN.....	105
Gambar 34 Server Model YOLO	105
Gambar 35 Halaman SplashScreen	106
Gambar 36 Halaman Dashboard Website	106
Gambar 37 Halaman Klasifikasi Penyakit Daun Tomat	107
Gambar 38 Halaman Deteksi Penyakit Daun Tomat Real-Time	107
Gambar 39 Hasil Pengujian CNN 1	108
Gambar 40 Hasil Pengujian CNN 2	109
Gambar 41 Hasil Pengujian Model YOLO 1	110
Gambar 42 Hasil Pengujian Model YOLO 2	110

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Penelitian Relevan.....	44
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian.....	111

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sektor pertanian merupakan pilar fundamental bagi perekonomian dan ketahanan sosial di banyak negara, termasuk Indonesia. Sektor ini tidak hanya berfungsi sebagai penyedia utama pangan bagi populasi yang terus bertambah, tetapi juga sebagai sumber bahan baku bagi industri dan penyerap tenaga kerja yang signifikan (Siregar et al., 2024). Pada tahun 2022, sektor pertanian di Indonesia menyerap 28,61% dari total tenaga kerja nasional, menjadikannya sektor dengan daya serap tenaga kerja tertinggi dibandingkan sektor lainnya (Johan et al., 2024). Ketahanan sektor ini telah terbukti mampu menopang perekonomian nasional, menunjukkan pertumbuhan positif bahkan ketika sektor-sektor lain mengalami kontraksi akibat guncangan ekonomi.

Meskipun perannya sangat vital, produktivitas pertanian secara konsisten berada di bawah ancaman serius dari berbagai faktor, salah satunya adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama penyakit tanaman. Penyakit tanaman merupakan ancaman global yang menyebabkan kerugian hasil panen yang sangat besar, mengganggu stabilitas pasokan pangan, dan menimbulkan kerugian ekonomi miliaran dolar setiap tahunnya. Estimasi global menunjukkan bahwa kehilangan hasil panen akibat hama dan penyakit dapat mencapai 20% hingga 40% setiap tahun ("FAO's Plant Prod. Prot. Div.," 2022). Analisis yang lebih spesifik mengestimasi kehilangan hasil rata-rata

mencapai 30,3% pada komoditas padi, 22,6% pada jagung, dan 17,2% pada kentang (Ristaino et al., 2021). Di kawasan Asia Tenggara, dampak ekonominya terasa sangat signifikan. Sebuah studi mengestimasi bahwa kerugian tahunan akibat penyakit yang disebabkan oleh patogen *Phytophthora* pada tujuh tanaman komersial utama saja dapat mencapai US\$2,3 miliar. Penyakit spesifik seperti busuk pangkal batang (*basal stem rot*) pada kelapa sawit, yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense*, berpotensi menyerang lebih dari 60 juta pohon sawit dewasa (Azmi et al., 2020) dan menimbulkan kerugian tahunan hingga RM1,5 miliar di Malaysia saja (Lim et al., 2023). Demikian pula, penyakit blas pada padi, yang disebabkan oleh jamur *Magnaporthe oryzae* dan diperparah oleh perubahan iklim, menjadi ancaman serius bagi produksi beras di kawasan ini (Hossain et al., 2024).

Dalam konteks ini, deteksi dini dan akurat menjadi faktor kunci yang menentukan keberhasilan manajemen penyakit tanaman (Mahlein, 2016). Kemampuan untuk mengidentifikasi penyakit pada tahap awal memungkinkan petani untuk melakukan intervensi yang cepat dan tepat sasaran. Tindakan ini tidak hanya krusial untuk mencegah penyebaran patogen lebih lanjut ke tanaman lain, tetapi juga untuk meminimalkan kerugian hasil panen, baik dari segi kuantitas maupun kualitas (Nguyen et al., 2021). Lebih jauh lagi, deteksi dini yang presisi mendukung penerapan strategi pertanian presisi (*precision agriculture*), di mana input seperti pestisida atau fungisida dapat diaplikasikan secara spesifik hanya pada area yang terinfeksi. Pendekatan ini secara signifikan mengurangi biaya produksi yang harus ditanggung petani dan

meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan akibat penggunaan bahan kimia pertanian yang berlebihan. Dengan demikian, pengembangan teknologi untuk deteksi dini penyakit tanaman bukan hanya merupakan kebutuhan teknis, tetapi juga sebuah keharusan strategis untuk menjaga ketahanan pangan dan keberlanjutan sektor pertanian.

Metode deteksi penyakit tanaman yang paling umum dan telah lama dipraktikkan di tingkat petani adalah pengamatan visual secara manual. Praktik ini mengandalkan kemampuan mata manusia, baik petani maupun ahli pertanian, untuk mengidentifikasi gejala penyakit berdasarkan perubahan visual pada organ tanaman, terutama daun. Namun, metode konvensional ini memiliki sejumlah kelemahan fundamental yang secara signifikan membatasi efektivitas dan efisiensinya (Indrabhan S. Borse, 2024).

Keterbatasan utama dari inspeksi visual adalah sifatnya yang sangat subjektif. Diagnosis yang dihasilkan sangat bergantung pada tingkat keahlian, pengalaman, dan interpretasi personal dari pengamat (Arsenovic et al., 2019). Seorang ahli patologi tanaman yang berpengalaman mungkin dapat memberikan diagnosis yang akurat, tetapi diagnosis yang sama bisa jadi berbeda jika dilakukan oleh petani pemula. Variabilitas ini menyebabkan inkonsistensi dalam diagnosis, yang pada gilirannya mempengaruhi ketepatan tindakan pengendalian yang diambil (Tamim et al., 2025). Pernyataan bahwa metode manual ini "memakan waktu, padat karya, mahal, dan subjektif" (*time-consuming, labor-intensive, expensive, and subjective*) merangkum dengan baik kelemahan-kelemahan tersebut (Khan et al., 2025a). Sifatnya yang padat

karya membuat metode ini tidak dapat diskalakan (*not scalable*) untuk diaplikasikan pada lahan pertanian yang luas secara efisien.

Kelemahan kritis lainnya adalah keterlambatan deteksi (*delayed detection*). Gejala visual penyakit seringkali baru terlihat dengan jelas oleh mata manusia ketika infeksi telah berkembang ke tahap lanjut. Pada titik ini, patogen kemungkinan besar sudah menyebar luas di dalam jaringan tanaman atau bahkan ke tanaman lain di sekitarnya, sehingga kerusakan yang ditimbulkan sudah signifikan. Akibatnya, upaya pengendalian menjadi jauh lebih sulit, lebih mahal, dan kurang efektif. Padahal, banyak penyakit yang menyebabkan perubahan fisiologis pada tanaman, seperti perubahan suhu daun akibat penutupan stomata, yang dapat dideteksi oleh teknologi sensorik (misalnya, pencitraan termal) jauh sebelum gejala visual seperti bercak atau kelayuan muncul (Isinkaye et al., 2024).

Selain itu, tantangan diagnostik diperparah oleh adanya kemiripan gejala (*similar symptoms*) antara penyakit yang berbeda. Banyak patogen yang berbeda dapat menimbulkan gejala yang hampir identik, seperti berbagai jenis bercak daun, yang menyebabkan kebingungan dan potensi kesalahan diagnosis bahkan bagi pengamat yang berpengalaman sekalipun (Khan et al., 2025b). Kondisi lingkungan di lapangan, seperti pencahayaan yang tidak merata, bayangan, atau cuaca mendung, juga dapat mengaburkan detail gejala dan mempengaruhi akurasi pengamatan visual (Xu et al., 2024) (Ashurov et al., 2024). Kombinasi dari semua keterbatasan ini menegaskan adanya kebutuhan

mendesak akan metode deteksi alternatif yang lebih objektif, konsisten, cepat, dan sensitif (Jackulin & Murugavalli, 2022).

Menghadapi tantangan ketahanan pangan dan keterbatasan metode konvensional, sektor pertanian global kini berada di tengah revolusi digital, yang sering disebut sebagai Pertanian 4.0. Paradigma baru ini mengintegrasikan teknologi canggih seperti Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence* - AI), *Internet of Things* (IoT), dan *Computer Vision* untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan (Dewi et al., 2023). Di Indonesia, transisi ini didukung oleh inisiatif strategis tingkat nasional. Peta jalan "Making Indonesia 4.0" yang dicanangkan oleh pemerintah bertujuan untuk mendorong transformasi digital di lima sektor prioritas, termasuk industri makanan dan minuman, yang keberhasilannya sangat bergantung pada produktivitas dan efisiensi sektor pertanian. Inisiatif ini, bersama dengan "Strategi Nasional Kecerdasan Buatan (2020-2045)", secara eksplisit menyoroti pentingnya adopsi teknologi AI dan IoT untuk meningkatkan daya saing ekonomi nasional dan mendukung program ketahanan pangan (Wang & Kang, 2025).

Dalam konteks deteksi penyakit tanaman, perkembangan pesat AI dan *Computer Vision* menawarkan solusi yang berpotensi merevolusi praktik pertanian (Jafar et al., 2024). Sistem deteksi otomatis yang ditenagai oleh AI mampu memberikan diagnosis yang lebih cepat, akurat, dan objektif, mengatasi kelemahan subjektivitas yang melekat pada inspeksi visual manual. Teknologi ini dapat diimplementasikan melalui berbagai platform, mulai dari drone yang

melakukan pemantauan skala luas hingga aplikasi pada perangkat seluler yang dapat diakses langsung oleh petani di lapangan, bahkan di daerah terpencil sekalipun.

Dalam konteks deteksi penyakit tanaman, pendekatan berbasis AI dan deep learning, khususnya melalui Convolutional Neural Network (CNN) dan YOLO (You Only Look Once), telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam banyak penelitian. CNN terbukti unggul dalam mengenali pola visual kompleks seperti warna, tekstur, dan bentuk bercak penyakit (Dioses et al., 2024). Dalam penelitian yang sama, penggunaan model CNN berbasis *ResNet50* mampu mengklasifikasikan penyakit daun padi di Filipina secara efektif. Penelitian oleh (Yoosefzadeh Najafabadi et al., 2025) juga menegaskan bahwa penggunaan AI dan computer vision mampu mempercepat diagnosis dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan efisiensi tinggi.

Dengan mempertimbangkan kebutuhan akan kecepatan, akurasi, dan skalabilitas sistem, maka pengembangan sistem deteksi penyakit daun tanaman berbasis CNN dan YOLO menjadi solusi strategis dan teknis yang relevan dengan kebutuhan masa kini. Sistem ini tidak hanya meningkatkan kemampuan diagnosis penyakit tanaman, tetapi juga mendorong transformasi digital pertanian yang sejalan dengan visi nasional dan tantangan global dalam menjaga ketahanan pangan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Banyak petani belum memiliki akses terhadap metode identifikasi penyakit berbasis teknologi dan masih bergantung pada pengalaman atau intuisi untuk mengenali gejala penyakit daun. Hal ini menyebabkan kemungkinan kesalahan dalam diagnosis, yang pada gilirannya berpengaruh terhadap efektivitas pengendalian penyakit.
2. Gejala penyakit pada daun tanaman sering kali memiliki kemiripan antara satu penyakit dengan lainnya, seperti bercak, perubahan warna, hingga karat. Ini menyebabkan kebingungan dalam mengidentifikasi jenis penyakit secara tepat, terutama dalam kondisi lingkungan yang bervariasi seperti pencahayaan, sudut gambar daun, dan latar belakang gambar.
3. Meskipun telah ada penelitian yang mengembangkan model klasifikasi penyakit tanaman menggunakan metode *deep learning*, sebagian besar hanya fokus pada klasifikasi gambar secara keseluruhan (*image-level classification*). Model-model tersebut belum mampu memberikan informasi lokasi penyakit secara tepat pada gambar (*object-level detection*), sehingga kurang membantu dalam tindakan anotasi dan segmentasi gambar secara presisi.
4. Banyak model *deep learning* yang dikembangkan hanya diuji dalam lingkungan laboratorium atau dataset yang terbatas. Model-model ini belum

banyak diuji pada kondisi lapangan yang lebih kompleks. Padahal, menurut (Sasmoko & Siswanto, 2025), keberhasilan implementasi teknologi *Computer Vision* dalam bidang pertanian sangat tergantung pada ketahanannya terhadap kondisi nyata di lapangan, termasuk pencahayaan tidak merata dan latar belakang alami.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup berikut:

1. Penelitian difokuskan pada klasifikasi dan deteksi penyakit daun tanaman berbasis citra digital 2 dimensi, tanpa mempertimbangkan karakteristik lain seperti lingkungan tumbuh atau kondisi batang dan akar.
2. Model deep learning yang digunakan terbatas pada *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi dan *YOLO* (*You Only Look Once*) untuk deteksi objek, tanpa eksplorasi metode lain seperti transformer-based models.
3. Seluruh proses pelatihan dan pengujian dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python*, dengan pustaka open-source seperti *TensorFlow* atau *PyTorch*.
4. Dataset yang digunakan berasal sepenuhnya dari repositori publik, tanpa pengumpulan data mandiri, dan terbatas pada jenis tanaman yang tersedia di dataset tersebut.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan model CNN untuk melakukan klasifikasi jenis penyakit daun tanaman berdasarkan gambar.
2. Membangun sistem deteksi lokasi penyakit pada daun tanaman menggunakan algoritma YOLO.
3. Menerapkan dua pendekatan deep learning secara terpisah, yaitu model CNN untuk klasifikasi jenis penyakit dan model YOLO untuk deteksi lokasi area gejala penyakit pada daun tanaman.
4. Mengevaluasi performa masing-masing model, baik CNN maupun YOLO, berdasarkan metrik akurasi klasifikasi, presisi deteksi, dan efisiensi waktu pemrosesan.

E. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengimplementasikan model *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan jenis penyakit daun tanaman menggunakan citra digital?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma YOLO untuk mendeteksi lokasi area penyakit pada daun tanaman secara efisien?
3. Bagaimana mengembangkan dan mengevaluasi sebuah sistem deteksi penyakit daun tanaman berbasis *deep learning* yang tidak hanya akurat, tetapi juga *robust* terhadap variabilitas kondisi lapangan, informatif

dengan menyediakan lokalisasi gejala penyakit secara *real-time*, dan praktis untuk diimplementasikan dalam konteks pertanian di Indonesia?

4. Seberapa efektif model CNN dalam klasifikasi jenis penyakit daun tanaman dan model YOLO dalam mendeteksi area gejala penyakit secara terpisah berdasarkan citra digital, baik dari segi akurasi maupun kecepatan pemrosesan?

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang klasifikasi teks dalam bahasa Indonesia. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi oleh peneliti lain yang tertarik untuk melakukan penelitian serupa di masa depan.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk memperdalam pemahaman tentang teknik-teknik dalam pengolahan data pada citra digital, serta penerapan algoritma machine learning *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *deep learning* YOLO untuk klasifikasi dan deteksi penyakit daun tanaman dan sebagai persyaratan

untuk menyelesaikan gelar Sarjana di Program Studi Informatika di Universitas Negeri Padang.

b. Bagi Petani dalam Negeri

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk membantu petani dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit daun tanaman secara cepat dan akurat tanpa perlu keahlian khusus di bidang pertanian atau teknologi dan meningkatkan efisiensi dan efektivitas penanganan penyakit daun tanaman melalui informasi lokasi penyakit secara presisi, sehingga tindakan pengobatan atau pengendalian dapat dilakukan secara tepat sasaran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem deteksi penyakit daun tomat menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi gambar dan YOLO (*You Only Look Once*) untuk deteksi secara realtime, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil dibangun dengan dua fitur utama, yaitu klasifikasi gambar daun tomat dan deteksi penyakit daun tomat secara realtime.
2. Model CNN mampu mengenali empat jenis kondisi daun tomat, yaitu *Bacterial Spot*, *Early Blight*, *Septoria Leaf Spot*, dan *Healthy*, dengan akurasi validasi mencapai 90%.
3. Hasil evaluasi confusion matrix menunjukkan tingkat prediksi yang sangat baik, di mana setiap kelas penyakit dapat dikenali dengan tingkat kesalahan yang rendah.
4. Model YOLO yang diintegrasikan ke dalam aplikasi web mampu melakukan deteksi secara realtime dengan tingkat kepercayaan di atas 85%, serta menampilkan hasil diagnosis dan persentase keyakinan secara langsung.
5. Aplikasi TomaTect dapat membantu petani maupun peneliti dalam mengidentifikasi penyakit daun tomat dengan cepat, efisien, dan tanpa perlu peralatan laboratorium khusus.

B. Saran

Untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Dataset yang digunakan dapat diperluas agar model mampu mengenali lebih banyak jenis penyakit daun tomat dan meningkatkan akurasi sistem.
2. Sistem dapat dikembangkan ke platform mobile (Android/iOS) agar lebih mudah digunakan di lapangan.
3. Perlu dilakukan pengujian langsung di kondisi lingkungan nyata untuk menguji performa sistem terhadap variasi pencahayaan dan posisi daun.
4. Pengembangan lebih lanjut dapat menambahkan fitur rekomendasi tindakan atau solusi terhadap penyakit yang terdeteksi agar aplikasi lebih informatif bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsenovic, M., Karanovic, M., Sladojevic, S., Anderla, A., & Stefanovic, D. (2019). Solving current limitations of deep learning based approaches for plant disease detection. *Symmetry*, *11*(7). <https://doi.org/10.3390/sym11070939>
- Ashurov, A. Y., Al-Gaashani, M. S. A. M., Samee, N. A., Alkanhel, R., Atteia, G., Abdallah, H. A., & Saleh Ali Muthanna, M. (2024). Enhancing plant disease detection through deep learning: a Depthwise CNN with squeeze and excitation integration and residual skip connections. *Frontiers in Plant Science*, *15*(January), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1505857>
- Azmi, A. N. N., Bejo, S. K., Jahari, M., Muharam, F. M., Yule, I., & Husin, N. A. (2020). Early detection of ganoderma boninense in oil palm seedlings using support vector machines. *Remote Sensing*, *12*(23), 1–21. <https://doi.org/10.3390/rs12233920>
- Cao, Z., Sun, S., & Bao, X. (2025). A Review of Computer Vision and Deep Learning Applications in Crop Growth Management. *Applied Sciences (Switzerland)*, *15*(15). <https://doi.org/10.3390/app15158438>
- Castro, O., Bruneau, P., Sottet, J. S., & Torregrossa, D. (2024). Landscape of High-Performance Python to Develop Data Science and Machine Learning Applications. *ACM Computing Surveys*, *56*(3). <https://doi.org/10.1145/3617588>
- Dewi, D. E., Cahyani, P. N. A., & Megawati, L. R. (2023). *Increasing Adoption of the Internet of Things in Indonesian Agriculture Based on a Review of Everett Rogers' Diffusion Theory of Innovation* (Vol. 1, Issue Un 2019). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-144-9_29

- Dioses, I. A. M., Santiago, P. N., Pascual, R. P., Dellosa, R., Dioses, J. L., & Tababa, J. B. A. (2024). Detection of Philippine Rice Plant Diseases: A ResNet50 CNN Approach. *2024 IEEE 15th Control and System Graduate Research Colloquium, ICSGRC 2024 - Conference Proceeding, August*, 256–260. <https://doi.org/10.1109/ICSGRC62081.2024.10690946>
- FAO's Plant Production and Protection Division. (2022). *FAO's Plant Production and Protection Division*. <https://doi.org/10.4060/cc2447en>
- Ghazal, S., Munir, A., & Qureshi, W. S. (2024). Computer vision in smart agriculture and precision farming: Techniques and applications. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 13, 64–83. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.06.004>
- Guebsi, R., Mami, S., & Chokmani, K. (2024). Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges. *Drones*, 8(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/drones8110686>
- Hossain, M. M., Sultana, F., Mostafa, M., Ferdus, H., Rahman, M., Rana, J. A., Islam, S. S., Adhikary, S., Sannal, A., Al Emran Hosen, M., Nayeema, J., Emu, N. J., Kundu, M., Biswas, S. K., Farzana, L., & Al Sabbir, M. A. (2024). Plant disease dynamics in a changing climate: impacts, molecular mechanisms, and climate-informed strategies for sustainable management. In *Discover Agriculture* (Vol. 2, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00144-w>
- Indrabhan S. Borse, M. P. P. (2024). Comprehensive Review on Plant Disease Detection and Identification. *Journal of Electrical Systems*, 20(3s), 732–746. <https://doi.org/10.52783/jes.1369>

- Isinkaye, F. O., Olusanya, M. O., & Singh, P. K. (2024). Deep learning and content-based filtering techniques for improving plant disease identification and treatment recommendations: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(9), e29583. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29583>
- Jackulin, C., & Murugavalli, S. (2022). A comprehensive review on detection of plant disease using machine learning and deep learning approaches. *Measurement: Sensors*, 24, 1–37. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100441>
- Jafar, A., Bibi, N., Naqvi, R. A., Sadeghi-Niaraki, A., & Jeong, D. (2024). Revolutionizing agriculture with artificial intelligence: plant disease detection methods, applications, and their limitations. *Frontiers in Plant Science*, 15(March), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1356260>
- Jiang, C., Miao, K., Hu, Z., Gu, F., & Yi, K. (2025). Image Recognition Technology in Smart Agriculture: A Review of Current Applications Challenges and Future Prospects. In *Processes* (Vol. 13, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/pr13051402>
- Johan, D., Maarif, M. S., Zulfainarni, N., & Yulianto, B. (2024). Agricultural Digitalization In Indonesia: Challenges And Opportunities For Sustainable Development. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(7), 640–648. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i7.6599>
- Kayhan, O. S., & van Gemert, J. C. (2020). On translation invariance in CNNs: Convolutional layers can exploit absolute spatial location. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, class 1, 14262–14273.

<https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01428>

Khan, S. U., Alsuhaibani, A., Alabduljabbar, A., Almarshad, F., Altherwy, Y. N., & Akram, T. (2025a). A review on automated plant disease detection: motivation, limitations, challenges, and recent advancements for future research. In *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* (Vol. 37, Issue 3). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/s44443-025-00040-3>

Khan, S. U., Alsuhaibani, A., Alabduljabbar, A., Almarshad, F., Altherwy, Y. N., & Akram, T. (2025b). A review on automated plant disease detection: motivation, limitations, challenges, and recent advancements for future research. In *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* (Vol. 37, Issue 3). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/s44443-025-00040-3>

Khandaker, M. A. A., Raha, Z. S., Islam, S., & Muhammad, T. (2024). Explainable AI-Enhanced Deep Learning for Pumpkin Leaf Disease Detection: A Comparative Analysis of CNN Architectures. *2024 27th International Conference on Computer and Information Technology, ICCIT 2024 - Proceedings, December, 2428–2433*.
<https://doi.org/10.1109/ICCIT64611.2024.11021957>

Lim, J. A., Yaacob, J. S., Mohd Rasli, S. R. A., Eyahmalay, J. E., El Enshasy, H. A., & Zakaria, M. R. S. (2023). Mitigating the repercussions of climate change on diseases affecting important crop commodities in Southeast Asia, for food security and environmental sustainability—A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1030540>

- Mahlein, A.-K. (2016). Present and Future Trends in Plant Disease Detection. *Plant Disease*, 100(2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Mahmood, Z. (2024). Digital Image Processing: Advanced Technologies and Applications. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/app14146051>
- Moldvai, L., Mesterházi, P. Á., Teschner, G., & Nyéki, A. (2024). Weed Detection and Classification with Computer Vision Using a Limited Image Dataset. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/app14114839>
- Nguyen, C., Sagan, V., Maimaitiyiming, M., Maimaitijiang, M., Bhadra, S., & Kwasniewski, M. T. (2021). Early detection of plant viral disease using hyperspectral imaging and deep learning. *Sensors (Switzerland)*, 21(3), 1–23. <https://doi.org/10.3390/s21030742>
- Noval, M., Novianti, L., Alfian, D., Seltawika, T., & ... (2023). Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Computer Vision Syndrome (Cvs)". *Jurnal JREEC ...*, 17–26. <https://doi.org/10.31284/j.JREEC.2023.v31i>
- Raj, A., Dawale, M., Wayal, S., Khandagale, K., Bhangare, I., Banerjee, S., Gajarushi, A., Velmurugan, R., Baghini, M. S., & Gawande, S. (2025). YOLO-ODD: an improved YOLOv8s model for onion foliar disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 16(May), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1551794>
- Ramos, L. T., & Sappa, A. D. (2025). *A Decade of You Only Look Once (YOLO) for Object Detection*. 1–39. <http://arxiv.org/abs/2504.18586>
- Ristaino, J. B., Anderson, P. K., Bebber, D. P., Brauman, K. A., Cunniffe, N. J., Fedoroff, N. V., Finegold, C., Garrett, K. A., Gilligan, C. A., Jones, C. M.,

- Martin, M. D., MacDonald, G. K., Neenan, P., Records, A., Schmale, D. G., Tateosian, L., & Wei, Q. (2021). The persistent threat of emerging plant disease pandemics to global food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(23), 1–9. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022239118>
- Sasmoko, D., & Siswanto, E. (2025). *Systematic Literature Review on CNN and YOLO Algorithms for Detecting Plant Diseases in Precision Agriculture*.
- Sinha, S. V., & Patil, B. M. (2024). *INTELLIGENT SYSTEMS AND APPLICATIONS IN ENGINEERING Comparative Analysis of CNN , EFFICIENTNET and RESNET for Grape Disease Prediction : A Deep Learning Approach*.
- Siregar, A. P., Darwanto Irham, D. H., Mulyo Jamhari, J. H., Utami, A. W., Sugiyarto, A. P., Perwitasari, H., Wirakusuma, G., Widada, A. W., Fadhliani, Z., & Widjanarko, N. P. A. (2024). The Trend of Agricultural Sector Resilience in Indonesia During 2008-2020. *Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka*, 19(2), 336–357. <https://doi.org/10.4038/jas.v19i2.10154>
- Tamim, M. U. I., Hamim, S. A., Malik, S., Mridha, M. F., & Mahmood, S. (2025). InsightNet: A Deep Learning Framework for Enhanced Plant Disease Detection and Explainable Insights. *Plant Direct*, 9(5). <https://doi.org/10.1002/pld3.70076>
- Tripathi, A., Gohokar, V., & Kute, R. (2024). Comparative Analysis of YOLOv8 and YOLOv9 Models for Real-Time Plant Disease Detection in Hydroponics. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 14(5), 17269–17275. <https://doi.org/10.48084/etasr.8301>

- Wang, W., & Kang, Y. (2025). *A Review of Computer Vision Technologies in Precision Agriculture*. 0, 35–40. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/2025.CH22224>
- Xu, M., Park, J. E., Lee, J., Yang, J., & Yoon, S. (2024). Plant disease recognition datasets in the age of deep learning: challenges and opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 15(September), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1452551>
- Yan, Q., Yang, B., Wang, W., Wang, B., Chen, P., & Zhang, J. (2020). Apple leaf diseases recognition based on an improved convolutional neural network. *Sensors (Switzerland)*, 20(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/s20123535>
- Yoosefzadeh Najafabadi, M., Khalaf, E. M., Mysara, M., & El-Baz, A. M. (2025). Editorial: Harnessing machine learning to decode plant-microbiome dynamics for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiomes*, 4(June), 1–4. <https://doi.org/10.3389/frmbi.2025.1602938>
- Zubair, F., Saleh, M., Akbari, Y., & Al Maadeed, S. (2025). A Robust Ensemble Model for Plant Disease Detection Using Deep Learning Architectures. *AgriEngineering*, 7(5). <https://doi.org/10.3390/agriengineering7050159>