

**PERBANDINGAN PERFORMA MODEL *YOU ONLY LOOK  
ONCE VERSION II (YOLOvII)* DAN SWIN TRANSFORMER  
DALAM DETEKSI PENYAKIT PADA BUAH TOMAT**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH:**

**ALYSSA KHAIRUNISA MAHARANI**

**09011282227119**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2026**

**PERBANDINGAN PERFORMA MODEL *YOU ONLY LOOK  
ONCE VERSION 11 (YOLOv11)* DAN SWIN TRANSFORMER  
DALAM DETEKSI PENYAKIT PADA BUAH TOMAT**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH:**

**ALYSSA KHAIRUNISA MAHARANI**

**09011282227119**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2026**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN PERFORMA MODEL YOU ONLY LOOK ONCE  
VERSION 11 (YOLOV11) DAN SWIN TRANSFORMER DALAM  
DETEKSI PENYAKIT PADA BUAH TOMAT**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi  
di Program Studi S1 Sistem Komputer

Oleh:

**ALYSSA KHAIRUNISA MAHARANI**  
**09011282227119**

**Pembimbing 1 : Dr. Sutarno, M.T.**  
**NIP. 197811012010121003**

**Mengetahui,**  
**Kepala Departemen Sistem Komputer**



**Dr. Sutarno, M.T.**  
**197811012010121003**

***AUTHENTICATION PAGE***

***THESIS***

***COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF THE YOU ONLY LOOK  
ONCE VERSION 11 (YOLOV11) AND SWIN TRANSFORMER MODELS  
IN DETECTING DISEASES IN TOMATOES***

*As one of the requirements for completing studies  
in the S1 Computer Systems Study Program*

*By:*

**ALYSSA KHAIRUNISA MAHARANI  
09011282227119**

***Supervisor 1* : Dr. Sutarno, M.T.  
NIP. 197811012010121003**

***Approved by,  
Head of Computer System Department***



**Dr. Sutarno, M.T.  
197811012010121003**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah di uji dan lulus pada:

Hari : Kamis

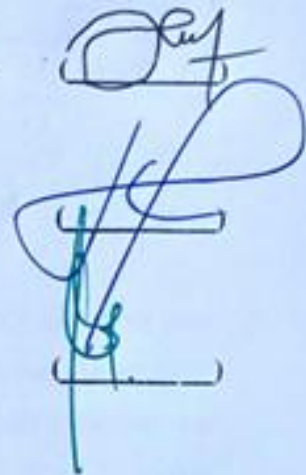
Tanggal : 23 April 2026

### Tim Penguji:

1. Ketua Sidang : Ahmad Fali Oklilas, M.T.

2. Penguji Sidang : Huda Ubaya, M.T.

3. Pembimbing : Dr. Sutarno, M.T.



Mengetahui,

Kepala Departemen Sistem Komputer



Dr. Sutarno, M.T.

NIP. 197811012010121003

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Alyssa Khairunisa Maharani

NIM : 09011282227119

Judul : Perbandingan Performa Model *You Only Look Once Version 11 (YOLOv11)* Dan Swin Transformer Dalam Deteksi Penyakit Pada Buah Tomat

### Hasil Pengecekan Plagiat/Turnitin: 17%

Saya menyatakan bahwa laporan tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan tidak mengandung unsur penjiplakan atau plagiat. Saya sepenuhnya menyadari bahwa jika terbukti adanya penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir saya ini, saya siap menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya. Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran penuh dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 25 April 2026

Yang menyatakan,



Alyssa Khairunisa Maharani  
NIM. 09011282227119

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih.”*

*(Q.S Ibrahim;7)*

*“Through the dark night, the sun will rise.”*

*(A sky full of stars)*

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, dan kesempatan hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Perjalanan menyusun Skripsi ini bukanlah hal yang mudah, namun penuh dengan pelajaran, perjuangan, dan doa yang tak henti-hentinya. Sebagai wujud rasa syukur dan penghargaan atas segala dukungan yang telah mengiringi langkah ini, dengan sepenuh hati saya mempersembahkan skripsi ini kepada pihak-pihak yang berarti dalam hidup saya:

1. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Dedi Harisandi Prabowo dan pintu surgaku Ibunda Beti. Terima kasih atas segala doa yang tak pernah putus, bahkan ketika penulis sendiri nyaris menyerah. Terima kasih untuk setiap peluh yang tak pernah dihitung, untuk setiap harap yang kalian tanam dalam diam, dan untuk keyakinan bahwa penulis bisa, bahkan ketika dunia berkata sebaliknya. Tanpa restu dan cinta kalian, penulis mungkin tidak akan pernah sampai sejauh ini. Skripsi ini adalah persembahan kecil dari seorang anak yang terus belajar menjadi kebanggaan kalian. Semoga langkahku kelak bisa menjadi pelengkap senyum dan bahagia kalian.
2. Saudari penulis yaitu Rosa Anindita Adzkie, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada saudari perempuan satu-satunya yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa selama proses penyusunan Skripsi ini.

3. Untuk dosen pembimbing Bapak Dr. Sutarno, M.T., terima kasih atas kesabaran dan bimbingan yang berarti. Skripsi ini hadir berkat arahan dan dukungan bapak selama prosesnya.
4. Untuk sahabat-sahabat penulis Fauziah Rachel Audrey Chelsea, Gracya Nurmala Sinurat, dan Siskia Israwana yang tak pernah lelah menyemangati di kala letih, menemani di setiap proses, dan percaya saat aku mulai meragukan diri sendiri. Skripsi ini adalah milik kita bersama.
5. Untuk Universitas dan Almamater tercinta, tempat di mana mimpi-mimpi mulai ditanam, dan langkah masa depan mulai ditapaki. Terima kasih telah memberikan bantuan berupa beasiswa selama Kuliah ini, dengan adanya bantuan ini penulis bisa melanjutkan pendidikan sampai di bangku perkuliahan dan meraih gelar sarjana.
6. Terakhir untuk diri penulis sendiri yaitu Alyssa Khairunisa Maharani yang pernah ingin menyerah, namun memilih terus melangkah, terima kasih telah bertahan dan berjuang, bahkan ketika dunia terasa terlalu berat. Ini adalah hadiah dari perjalanan yang tidak mudah dan kamu berhasil melewatinya dan kamu layak bangga atas semua pencapaian ini dan jangan pernah berhenti untuk terus berproses.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal tugas akhir ini dengan judul **“Perbandingan Performa Model *You Only Look Once* Version 11 (*YOLOv11*) dan Swin Transformer dalam Deteksi Penyakit pada Buah Tomat”**. Shalawat beriringkan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Sallallaahu ‘Alaihi Wassalam yang telah membawa kedamaian dan rahmat untuk semesta alam serta menjadi suri tauladan bagi umatnya.

Selesainya laporan ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dan motivasi pada saat proses pembuatan laporan ini berlangsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wata'ala, yang telah memberikan berkah, rahmat serta nikmat kesehatan dan kemudahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga saya yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi dan semangat.
3. Bapak Prof. Dr. Erwin, S. Si., M. Si., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Sutarno, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Sutarno, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing serta memberikan saran dan motivasi terbaik kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Ahmad Heryanto, S. Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis di Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

8. Kak Angga selaku Admin Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah membantu penulis dalam hal-hal administrasi.
9. Teman-teman seperjuangan Jurusan Sistem Komputer Angkatan 2022, terutama Fauziah Rachel Audrey, Gracya Nurmala Sinurat dan Siskia Israwana yang telah membantu dan menjadi *support system* penulis.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, semangat serta doa.
11. Almamater.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari dari semua pihak yang berkenan. Akhir kata dengan segala keterbatasan, penulis berharap semoga laporan ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya serta sebagai sumbangan pikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran dan penelitian. Aaamiin. *Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Indralaya, 30 April 2026

Penulis,



**Alyssa Khairunisa Maharani**  
**NIM. 09011182227119**

**PERBANDINGAN PERFORMA MODEL *YOU ONLY LOOK ONCE*  
VERSION 11 (YOLOV11) DAN SWIN TRANSFORMER DALAM  
DETEKSI PENYAKIT PADA BUAH TOMAT**

**ALYSSA KHAIRUNISA MAHARANI (09011282227119)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: [alyssakhairun@gmail.com](mailto:alyssakhairun@gmail.com)

**ABSTRAK**

Sektor pertanian global menghadapi tantangan besar dalam memenuhi permintaan produksi pangan, di mana penyakit tanaman menjadi salah satu faktor utama yang menurunkan hasil panen. Pada tanaman tomat, penyakit pada buah sering kali dideteksi secara manual oleh petani, namun metode ini memakan waktu lama dan rentan terhadap kesalahan diagnosis. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa model YOLOv11 dan Swin Transformer dalam mendeteksi penyakit pada buah tomat menggunakan teknik *Computer Vision*. Penelitian ini diawali dengan persiapan *dataset* dari dengan melakukan proses *preprocessing* dilakukan melalui tahapan *cleaning*, *class balancing*, *resize*, dan *denoising*. Model YOLOv11 dilatih dengan format anotasi YOLO, sementara Swin Transformer menggunakan format COCO JSON. Evaluasi dilakukan berdasarkan metrik *Precision*, *Recall*, *mean Average Precision* (mAP), serta kecepatan inferensi dimana diukur dari *Latency* dan nilai FPS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model YOLOv11s (skenario M4). Pada tahap *testing*, YOLOv11s-M4 mencapai nilai *Precision* 0.890, *Recall* 0.936, mAP50 0.935, dan mAP50-95 sebesar 0.818. Model ini juga memiliki keunggulan signifikan dalam kecepatan inferensi sebesar 146.42 ms dan 5.34 FPS. Secara keseluruhan, YOLOv11s memberikan keseimbangan optimal antara akurasi tinggi dan efisiensi waktu pemrosesan, sehingga sangat potensial untuk diimplementasikan dalam sistem pemantauan pertanian secara *real time*.

**Kata Kunci:** YOLOv11, Swin Transformer, Deteksi Objek, *Deep Learning*.

**COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF THE YOU ONLY LOOK  
ONCE VERSION 11 (YOLOV11) AND SWIN TRANSFORMER MODELS IN  
DETECTING DISEASES IN TOMATOES**

**ALYSSA KHAIRUNISA MAHARANI (09011282227119)**

*Department of Computer Systems, Computer Science Faculty, Sriwijaya University*

Email: [alyssakhairun@gmail.com](mailto:alyssakhairun@gmail.com)

**ABSTRACT**

*The global agricultural sector faces significant challenges in meeting the demand for food production, with plant diseases being a major factor in reducing yields. In tomato plants, fruit diseases are often manually detected by farmers, but this method is time-consuming and prone to misdiagnosis. This study aims to compare the performance of the YOLOv11 and Swin Transformer models in detecting tomato fruit diseases using Computer Vision techniques. This study began with dataset preparation by conducting a preprocessing process through the stages of cleaning, class balancing, resizing, and denoising. The YOLOv11 model was trained with the YOLO annotation format, while the Swin Transformer used the COCO JSON format. Evaluation was carried out based on Precision, Recall, mean Average Precision (mAP), and inference speed metrics measured by Latency and FPS values. The test results showed that the YOLOv11s model (M4 scenario). In the testing phase, YOLOv11s-M4 achieved a Precision value of 0.890, Recall 0.936, mAP50 0.935, and mAP50-95 of 0.818. This model also boasts a significant inference speed of 5.34 FPS. Overall, YOLOv11s provides an optimal balance between high accuracy and processing time efficiency, making it highly potential for implementation in real time agricultural monitoring systems.*

**Keywords:** *YOLOv11, Swin Transformer, Object Detection, Deep Learning.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b><i>AUTHENTICATION PAGE</i></b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xi</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Metodologi Penelitian .....	5
1.6.1. Metode Studi Pustaka dan Literatur .....	5
1.6.2. Metode Konsultasi .....	5
1.6.3. Metode Pengujian dan Analisis .....	5
1.7. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. <i>Artificial Intelligence</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. <i>Computer Vision</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3. <i>Deep Learning</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4. <i>Object Detection</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6. <i>You Only Look Once (YOLO)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.1. YOLOV11 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.2. YOLOV11 <i>Object Detection</i> ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7. Vision Transformer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.1. Swin Transformer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.7.2.	Swin Transformer <i>Object Detection</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.	Faster R-CNN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.19.	<i>Denoising</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9.1.	<i>Bilateral Filters</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.	<i>Hyperparameter</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.1.	<i>Learning rate</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.2.	<i>Epoch</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.3.	<i>Batch size</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.4.	<i>Optimizer</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.11.	<i>Image Processing</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.12.	<i>Python</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.13.	Evaluasi Kinerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.13.1.	<i>Precision</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.13.2.	<i>Recall</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.13.3.	<i>mean Average Precision (mAP)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.13.4.	<i>Confusion Matrix</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.14.	Tanaman Tomat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.	Kerangka Kerja Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.	Persiapan Data Roboflow.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.	<i>Preprocessing</i> Data Citra .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1.	Ekstraksi Data Citra .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2.	<i>Class balancing</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.3.	<i>Cleaning</i> Data Citra .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.4.	<i>Resize</i> Data Citra .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.5.	<i>Denoising</i> Data Citra .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.6.	Normalisasi Data Citra .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.	Augmentasi Citra kelas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.	Konversi <i>dataset</i> YOLO ke COCO.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.	<i>Load Dataset</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.1.	YOLO .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.2.	Swin Transformer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.	Membangun Model dan Inisialisasi Model	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.7.1.	YOLO .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.2.	Swin Transformer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8.	Proses <i>Training</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8.1.	YOLO .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8.2.	Swin Transformer .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.9.	Evaluasi Model .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.10.	Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.10.1.	Perangkat Keras .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.10.2.	Perangkat Lunak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....Error! Bookmark not defined.</b>		
4.1.	Hasil Deteksi YOLOv11s.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.	Hasil <i>Training</i> YOLOv11s.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.1.	Hasil M1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.2.	Hasil M2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.3.	Hasil M3.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.4.	Hasil M4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.5.	Hasil M5.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.	Hasil Validasi YOLOv11s.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.1.	Hasil M1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.2.	Hasil M2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.3.	Hasil M3.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.4.	Hasil M4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.5.	Hasil M5.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.	Hasil <i>Testing</i> YOLOv11s.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.1.	Hasil M1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.2.	Hasil M2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.3.	Hasil M3.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.4.	Hasil M4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.5.	Hasil M5.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.	Evaluasi Performa Model <i>All Class</i> YOLOv11s	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1.	Hasil <i>Training</i> YOLOv11s .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2.	Hasil Validasi YOLOv11s.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3.	Hasil <i>Testing</i> YOLOv11s.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.	Evaluasi Model Terbaik YOLOv11s .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.4.	Hasil Deteksi Swin Transformer Tiny....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.	Hasil <i>Training</i> Swin Transformer Tiny...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.1.	Hasil Pada F1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.2.	Hasil Pada F2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.3.	Hasil Pada F3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.4.	Hasil Pada F4 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.5.	Hasil Pada F5 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.	Hasil <i>Validation</i> Swin Transformer Tiny	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.1.	Hasil pada F1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.2.	Hasil pada F2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.3.	Hasil pada F3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.4.	Hasil pada F4 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.5.	Hasil pada F5 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.	Hasil <i>Testing</i> Swin Transformer Tiny .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.1.	Hasil pada F1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.2.	Hasil pada F2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.3.	Hasil pada F3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.4.	Hasil pada F4 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.5.	Hasil pada F5 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.	Evaluasi Model Terbaik Swin Transformer Tiny	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.	Evaluasi Perbandingan Performa Model Terbaik	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1.	Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.	Saran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>7</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>A</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Object Detection Dengan Box Plot Dengan Penyakitnya</i> [20].	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 2.2</b>	Arsitektur Dasar CNN [21]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 2.3</b>	Arsitektur Umum Model YOLOv11 [24]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 2.4</b>	Arsitektur Model YOLOv11 <i>Object Detection</i> [25]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 2.5</b>	Arsitektur Umum ViT [26]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 2.6</b>	Arsitektur Umum Model Swin Transformer [28]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 2.7</b>	Arsitektur Model Swin Transformer <i>Object Detection</i> [30]	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.1</b>	Kerangka Kerja	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Dataset Images</i> Tomat	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.3</b>	Hasil Proses <i>Resize</i> Citra	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.4</b>	Hasil Proses <i>Denoising</i> Citra	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.5</b>	Format Data YOLO	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.6</b>	Format <i>data.yaml</i> YOLO	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.7</b>	Isi File JSON	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 3.8</b>	Permodelan Swin Transformer	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.1</b>	Visualisasi Hasil Performa Model YOLOv11s Pada Data <i>Training</i> Dengan Grafik Batang	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Confusion Matrix Training</i> M1	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil Prediksi <i>Training</i> M1	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Confusion Matrix Training</i> M2	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Prediksi <i>Training</i> M2	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.6</b>	<i>Confusion Matrix Training</i> M3	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Prediksi <i>Training</i> M3	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.8</b>	<i>Confusion Matrix Training</i> M4	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.9</b>	Hasil Prediksi <i>Training</i> M4	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.10</b>	<i>Confusion Matrix Training</i> M5	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.11</b>	Hasil Prediksi <i>Training</i> M5	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar 4.12 Visualisasi Hasil Performa Model YOLOv11s Pada Data Validasi Dengan Grafik Batang.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.13 <i>Confusion Matrix</i> Validasi M1.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.14 Hasil Prediksi Validasi M1 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.15 <i>Confusion Matrix</i> Validasi M2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.16 Hasil Prediksi Validasi M2 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.17 <i>Confusion Matrix</i> Validasi M3.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.18 Hasil Prediksi Validasi M3 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.19 <i>Confusion Matrix</i> Validasi M4.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.20 Hasil Prediksi Validasi M4 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.21 <i>Confusion Matrix</i> Validasi M5.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.22 Hasil Prediksi Validasi M5 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.23 Visualisasi Hasil Performa Model YOLOv11s Pada Data <i>Testing</i> Dengan Grafik Batang.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.24 <i>Confusion Matrix Testing</i> M1 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.25 Hasil Prediksi <i>Testing</i> M1 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.26 <i>Confusion Matrix Testing</i> M2 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.27 Hasil Prediksi <i>Testing</i> M2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.28 <i>Confusion Matrix Testing</i> M3 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.29 Hasil Prediksi <i>Testing</i> M3 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.30 <i>Confusion Matrix Testing</i> M4 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.31 Hasil Prediksi <i>Testing</i> M4.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.32 <i>Confusion Matrix Testing</i> M5 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.33 Hasil Prediksi <i>Testing</i> M5 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.34 Visualisai Hasil Evaluasi <i>Training</i> Model Swin Transformer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.35 Grafik <i>Validation</i> dan <i>Loss</i> pada Model F1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.36 Grafik <i>Validation</i> dan <i>Loss</i> pada Model F2	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.37 Grafik <i>Validation</i> dan <i>Loss</i> pada Model F3	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.38 Grafik <i>Validation</i> dan <i>Loss</i> pada Model F4	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.39 Grafik <i>Validation</i> dan <i>Loss</i> pada Model F5	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.40 Visualisasi Hasil Evaluasi <i>Validation</i> dari Model Swin Transformer .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.41 Visualisasi Hasil Evaluasi <i>Testing</i> dari Model Swin Transformer .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.42 <i>Confusion Matrix</i> Model F1 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.43 <i>Ground Truth</i> dan Hasil Prediksi <i>Testing</i> F1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.44 <i>Confusion Matrix</i> Model F2 .....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.45 <i>Ground Truth</i> dan Hasil Prediksi <i>Testing</i> F2	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.46 <i>Confusion Matrix</i> Model F3 .....	Error! Bookmark not defined.

**Gambar 4.47** *Ground Truth* dan Hasil Prediksi *Testing* F3 **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.48** *Confusion Matrix* Model F4 ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.49** *Ground Truth* dan Hasil Prediksi *Testing* F4 **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.50** *Confusion Matrix* Model F5 ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar 4.51** *Ground Truth* dan Hasil Prediksi *Testing* F5 **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

**Tabel 3.1** Informasi *Dataset* ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.2** Informasi Distribusi Kelas *Dataset* Citra Tomat **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.3** Informasi Distribusi Perpindahan Data . **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.4** Informasi Distribusi Akhir Setelah *Class Balancing* **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.5** Informasi Label File ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.6** Informasi Distribusi Data Setelah *Cleaning* **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.7** Hasil Augmentasi Kelas *Bacterial\_spot* **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.8** Atribut Struktur File JSON ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.9** Parameter Penelitian YOLOv11 ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.10** Parameter Penelitian Swin Transformer **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.11** Spesifikasi Perangkat Keras ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel 3.12** Spesifikasi Perangkat Lunak.....**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.1** Performa Model YOLOv11s pada Data *Training***Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.2** Performa Model YOLOv11s pada Data Validasi**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.3** Performa Model YOLOv11s pada Data *Testing***Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.4** Performa Hasil *All Class* Data *Training* **Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.5** Performa Hasil *All Class* Data Validasi .**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.6** Performa Hasil *All Class* Data *Testing* ..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.7** Hasil Evaluasi *Training* Model Swin Transformer**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.8** Hasil Evaluasi Validasi dari Model Swin Transformer..... **Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.9** Performa Metrik per Kelas Model F1 ....**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.10** Performa Metrik per Kelas Model F2..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.11** Performa Metrik per Kelas Model F3..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.12** Performa Metrik per Kelas Model F4..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.13** Performa Metrik per Kelas Model F5..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.14** Hasil Evaluasi *Testing* dari Model Swin Transformer ..... **Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.15** Performa Metrik per Kelas Model F1..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.16** Performa Metrik per Kelas Model F2..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.17** Performa Metrik per Kelas Model F3..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.18** Performa Metrik per Kelas Model F4..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.19** Performa Metrik per Kelas Model F5..**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.20** Perbandingan *Hyperparameter* Model Terbaik**Error! Bookmark not defined.**  
**Tabel 4.20** Hasil evaluasi performa model tanpa *preprocessing***Error! Bookmark not defined.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa dampak signifikan dalam berbagai sektor, salah satunya yaitu dalam sektor pertanian. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO) [1] sektor pertanian global menghadapi tantangan kompleks seperti perubahan iklim, krisis pangan, dan peningkatan permintaan produksi sebesar 60% hingga 2050. Salah satu permasalahan krusial dalam budidaya tanaman adalah serangan penyakit, yang dapat menurunkan hasil panen secara drastis dan mengancam ketahanan pangan. Penyakit pada tanaman dapat disebabkan beberapa faktor dimana faktor tersebut bisa berupa faktor biotik seperti jamur, bakteri, dan virus sedangkan faktor abiotik dapat berupa perubahan cuaca, kelembapan, dan kesuburan tanah berdasarkan apa yang diberi seperti dari pupuk [2]. Salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia maupun dunia yaitu tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan komoditas hortikultura bernilai tinggi yang berperan penting dalam sektor pertanian dan industri pangan global, namun sangat rentan terhadap serangan penyakit yang dapat menyebabkan kematian tanaman dan kerugian ekonomi. Penyakit seperti *Tomato Brown Rugose Fruit Virus* (ToBRFV) yang merupakan patogen perusak buah yang mengakibatkan buah pada tomat ditandai dengan buah yang berwarna kuning, patogen itu dapat menyebabkan nekrosis jaringan, defisiensi air, dan kematian pada buah apabila tidak di tangani [3]. Di kawasan Mediterania dan negara-negara tropis, kombinasi patogen seperti *Verticillium*, *Pseudomonas syringae*, dan berbagai virus telah mengakibatkan penurunan produksi tomat secara drastis dan meluas [4]. Selain itu, perubahan iklim juga memengaruhi pertumbuhan penyakit pada tomat, hal ini tidak hanya terjadi pada kawasan tropis tetapi di kawasan lain seperti di asia timur hal ini dapat berdampak negatif pada produksi buah tomat [5]. Di Indonesia sendiri tepatnya di Dusun Marga Tengah, Kabupaten Gianyar sudah lebih dari 80% penyakit *mosaic* menular dan lebih dari 40% penyakit kuning pada tanaman tomat yang berdampak pada penurunan hasil panen [6].

Pendeteksian penyakit buah tomat masih sering dilakukan oleh petani secara manual. Namun, metode manual ini memiliki kelemahan yang sangat signifikan, pengamatan gejala visual dengan mata telanjang sangat bergantung pada pengalaman serta keahlian khusus seorang pakar atau tenaga ahli pertanian. Hal ini menjadikan pendeteksian manual ini memakan waktu yang lama, serta rentan terhadap kesalahan diagnosis karena kemiripan visual antar patogen [7]. Sebagai solusi atas keterbatasan metode manual, pendekatan berbasis *Machine Learning* (ML) mulai dikembangkan dengan hasil akurasi yang bervariasi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, algoritma ML seperti *Support Vector Machine* (SVM) mampu mencapai akurasi hingga 94,65%, sementara *k-Nearest Neighbor* (k-NN) berkisar di angka 93,33%, dan *Artificial Neural Network* (ANN) sebesar 87,20%. Meskipun angka akurasi tersebut terlihat cukup baik, pendekatan ML memiliki kelemahan karena performanya sangat bergantung pada proses ekstraksi fitur manual yang sulit dilakukan akibat kemiripan karakteristik penyakit [8].

Dalam beberapa jurnal yang sudah diteliti, beberapa cara untuk mengatasi kelemahan tersebut dengan menggunakan pendekatan *Deep Learning* (DL) digunakan sebagai solusi untuk mendeteksi penyakit buah tomat menjadi fokus penelitian dimana berbagai arsitektur dan teknik pelatihan diuji untuk melihat akurasi dan efisiensi [9]. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) pada jurnal yang diteliti oleh [10] dengan menggunakan CNN model VGG-16 dan LeNet-5 dapat mencapai akurasi hingga 95% serta memungkinkan untuk pengimplementasian dalam aplikasi *mobile*. Selain CNN, metode terbaru saat ini seperti *Vision Transformer* (ViT) juga dapat digunakan dimana dalam hal mendeteksi juga mempunyai akurasi yang tinggi seperti contohnya model ViT-RoT [11].

Dalam konteks yang diteliti ini, perbandingan antara arsitektur CNN model YOLOv11 dan ViT dengan model Swin Transformer menjadi penting. Dimana menurut [12] menyatakan bahwa YOLOv11 mampu memberikan performa deteksi tinggi dalam waktu inferensi cepat, sementara itu menurut [13] yang melakukan penelitian dengan menggunakan model Swin Transformer menyatakan bahwa model ini lebih unggul dalam mengenali pola visual kompleks pada skala besar. Tujuan yang diteliti saat ini dengan membandingkan kedua model tersebut dengan

menggunakan data penyakit buah tomat. Perbandingan ini dilakukan untuk mengevaluasi kecepatan inferensi, akurasi pendeteksian objek dan kemampuan masing-masing model dalam mengenali penyakit tanaman yang bervariasi dan mirip. Dengan membandingkan performa YOLOv11 dan Swin Transformer, penelitian ini dapat memberikan solusi dalam memilih arsitektur model yang paling sesuai untuk deteksi penyakit buah tomat serta dapat berkontribusi pada pengembangan sistem otomatis yang lebih efektif untuk mendukung pertanian presisi dan meningkatkan ketahanan pangan. Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas, maka judul yang penulis gunakan pada tugas akhir yaitu **“Perbandingan Performa Model *You Only Look Once* Version 11 (YOLOv11) dan Swin Transformer Dalam Deteksi Penyakit Pada Buah Tomat”**.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tahapan *preprocessing* dan augmentasi data citra terhadap performa model yang digunakan dalam mendeteksi penyakit pada buah tomat?
2. Bagaimana perbandingan performa akurasi dari model YOLOv11 dan Swin Transformer dalam mendeteksi penyakit pada buah tomat berdasarkan metrik evaluasi *Precision*, *Recall*, dan mAP?
3. Bagaimana perbandingan performa performansi dari model YOLOv11 dan Swin Transformer dalam mendeteksi penyakit pada buah berdasarkan waktu inferensi (*latency*) dan FPS?
4. Bagaimana perbandingan dari kedua model YOLOv11 dan Swin Transformer dalam mendeteksi penyakit pada buah dengan gejala yang mirip?

### **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penyusunan penelitian ini, antara lain:

1. *Dataset* yang digunakan merupakan *dataset* citra digital yang bersumber dari *dataset* publik atau hasil pengambilan terkontrol, bukan dari pengambilan langsung secara *real time* di lahan pertanian.

2. *Dataset* yang digunakan merupakan data tentang penyakit pada buah tomat, tanpa melibatkan penyakit pada daun tomat, dan bagian lain dari tanaman.
3. Penelitian hanya menggunakan *dataset* tentang buah tomat dengan jumlah data yang sudah terbagi menjadi *train*, *test*, dan *validation*.
4. Pendekatan yang dibandingkan hanya model YOLOv11 dan Swin Transformer, tanpa eksplorasi ke arsitektur maupun model-model lainnya.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang dirancang untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya dalam deteksi penyakit buah tanaman tomat berbasis CNN dan ViT dengan memanfaatkan citra buah tomat sebagai data masukan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan model YOLOv11 dan Swin Transformer untuk deteksi citra dengan menggunakan *dataset* citra tomat yang telah diproses.
2. Mempersiapkan *dataset* melalui tahapan *preprocessing* dan augmentasi data citra guna meningkatkan kualitas *dataset* sebelum proses pelatihan model.
3. Mengevaluasi performa kedua model dengan melihat hasil akurasi serta performansi model dengan nilai nilai yang ada untuk mengenali berbagai jenis penyakit buah tomat yang memiliki kemiripan visual.
4. Menentukan model dengan performa terbaik yang paling optimal untuk mendeteksi kategori kelas penyakit dan kondisi sehat pada buah tanaman tomat berdasarkan *dataset* yang tersedia.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis dalam bidang pertanian dan teknologi informasi. Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan referensi empiris dan memperkaya literatur mengenai model YOLOv11 dan Swin Transformer dalam bidang pertanian, khususnya dalam deteksi penyakit tanaman dan bisa dijadikan referensi teknis untuk memilih model dengan performa akurasi dan performansi yang terbaik.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap metode manual yang memerlukan keahlian khusus dan waktu yang lama dalam mendeteksi penyakit tanaman.

3. Mendorong pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam sektor pertanian sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan.

## **1.6. Metodologi Penelitian**

Adapun metodologi penelitian sebagai berikut:

### **1.6.1. Metode Studi Pustaka dan Literatur**

Metode ini dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan referensi referensi yang terdapat pada repositori nasional maupun internasional mengenai tanaman tomat, *object detection*, YOLOv11, dan Swin Transformer.

### **1.6.2. Metode Konsultasi**

Metode ini melakukan konsultasi kepada pihak-pihak yang memiliki pengetahuan serta wawasan yang baik untuk mengatasi masalah serta memberikan solusi terkait penulisan tugas akhir ini.

### **1.6.3. Metode Pengujian dan Analisis**

Metode ini dimulai dengan pengumpulan data yang akan digunakan dilanjutkan dengan perancangan model. Selanjutnya, model diuji dengan data yang ada bertujuan untuk mengetahui performa model dalam melakukan pendeteksian penyakit pada buah tanaman tomat. Hasil dari pengujian nantinya akan dilaporkan oleh penulis dalam laporan ini.

## **1.7. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun untuk mempermudah proses penyusunan serta memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai isi dari setiap bab. Adapun sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

## **BAB I - Pendahuluan**

Bab ini membahas tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai penelitian yang dilakukan.

## **BAB II - Tinjauan Pustaka**

Bab ini membahas tentang teori-teori utama yang mendukung penelitian ini, termasuk pembahasan mengenai model dan arsitektur yang digunakan seperti pembelajaran, teknik *preprocessing*, serta studi penelitian terdahulu yang relevan guna memperkuat dasar teori dari penelitian ini lalu juga membahas teori yang berhubungan dengan penelitian ini juga dapat membantu hasil kajian literaturnya.

## **BAB III - Metodologi Penelitian**

Bab ini membahas mengenai hal yang sedang diteliti dimulai dari pengambilan *dataset* yang dilakukan, dimana *dataset* didapatkan dari *web online*, teknologi yang digunakan hingga teknik juga bagaimana metode kerja yang digunakan. Bab ini juga menjelaskan pendekatan penelitian, metode *preprocessing*, ekstraksi fitur, serta optimasi dan deteksi data. Bab ini juga menjelaskan metrik evaluasi yang digunakan untuk menilai performa model yang dikembangkan dan menjamin keakuratannya.

## **BAB IV - Hasil dan Analisis**

Bab ini membahas hasil eksperimen yang dilakukan, analisis kinerja model berdasarkan metrik yang telah ditentukan, serta membandingkan metode yang diusulkan dengan penelitian terdahulu untuk mengevaluasi keunggulan model yang dikembangkan. Selain itu, pembahasan dilakukan terhadap efektivitas *preprocessing* dan optimasi fitur terhadap peningkatan akurasi deteksi penyakit tanaman.

## **BAB V - Kesimpulan dan Saran**

Bab ini membahas kesimpulan hal yang telah diteliti berdasarkan hasil yang telah diperoleh. Bab ini juga memberikan rekomendasi bagi penelitian di masa depan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem deteksi penyakit tanaman berbasis *deep learning*, termasuk potensi pengembangan metode lebih lanjut dan penerapan model di sektor pertanian yang lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. E. S. Of, *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023*. 2023. doi: 10.4060/cc3017en.
- [2] A. Bhargava, A. Shukla, O. P. Goswami, M. H. Alsharif, P. Uthansakul, and M. Uthansakul, "Plant Leaf Disease Detection, Classification, and Diagnosis Using Computer Vision and Artificial Intelligence: A Review," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 37443–37469, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3373001.
- [3] R. S. García-Estrada, A. Diaz-Lara, V. H. Aguilar-Molina, and J. M. Tovar-Pedraza, "Viruses of Economic Impact on Tomato Crops in Mexico: From Diagnosis to Management—A Review," *Viruses*, vol. 14, no. 6, pp. 1–16, 2022, doi: 10.3390/v14061251.
- [4] S. Panno *et al.*, "A review of the most common and economically important diseases that undermine the cultivation of tomato crop in the mediterranean basin," *Agronomy*, vol. 11, no. 11, pp. 1–45, 2021, doi: 10.3390/agronomy11112188.
- [5] R. Bhandari, N. Neupane, and D. P. Adhikari, "Climatic change and its impact on tomato (*lycopersicum esculentum* l.) production in plain area of Nepal," *Environmental Challenges*, vol. 4, no. March, p. 100129, 2021, doi: 10.1016/j.envc.2021.100129.
- [6] I. B. G. Mahendra, T. A. Phabiola, and K. A. Yuliadhi, "E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika Pengaruh Infeksi Beberapa Jenis Virus Terhadap Penurunan Hasil Produksi Tanaman Tomat ( *Solanum lycopersicum* Mill.)," *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, vol. 6, no. 3, pp. 301–309, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- [7] S. C. A. Houetohossou, V. R. Houndji, C. G. Hounmenou, R. Sikirou, and R. L. G. Kakaï, "Deep learning methods for biotic and abiotic stresses detection and classification in fruits and vegetables: State of the art and perspectives," *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 9, pp. 46–60, 2023, doi: 10.1016/j.aiia.2023.08.001.
- [8] P. Wspanialy and M. Moussa, "A detection and severity estimation system for generic diseases of tomato greenhouse plants," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 178, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105701.
- [9] S. U. Rahman, F. Alam, N. Ahmad, and S. Arshad, "Image processing based system for the detection, identification and treatment of tomato leaf

- diseases.,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 82, no. 6, pp. 9431–9445, 2023, doi: 10.1007/s11042-022-13715-0.
- [10] D. Rohit, M. Darji, and J. Patel, “Potato Leaf Disease Detection Using Convolutional Neural Network,” *Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 379, no. January, pp. 181–190, 2024, doi: 10.1007/978-981-99-8612-5\_15.
- [11] S. Nishankar, V. Pavindran, T. Mithuran, S. Nimishan, S. Thuseethan, and Y. Sebastian, “ViT-RoT: Vision Transformer-Based Robust Framework for Tomato Leaf Disease Recognition,” *AgriEngineering*, vol. 7, no. 6, pp. 0–22, 2025, doi: 10.3390/agriengineering7060185.
- [12] D. Kapetas, E. Kalogeropoulou, P. Christakakis, C. Klaridopoulos, and E. M. Pechlivani, “Comparative Evaluation of AI-Based Multi-Spectral Imaging and PCR-Based Assays for Early Detection of *Botrytis cinerea* Infection on Pepper Plants,” *Agriculture (Switzerland)*, vol. 15, no. 2, 2025, doi: 10.3390/agriculture15020164.
- [13] “Vision Transformer-Based Systems for Crop Disease Detection and Monitoring in Precision Agriculture Vision Transformer-Based Systems for Crop Disease Detection and Monitoring in Precision Agriculture .,” 2025.
- [14] A. R. Garcia, S. B. Filipe, C. Fernandes, C. Estevão, and G. Ramos, *Artificial Intelligence A Modern Approach Third Edition*.
- [15] R. Rakholia, A. L. Suarez-Cetrulo, M. Singh, and R. Simon Carbajo, “Advancing Manufacturing Through Artificial Intelligence: Current Landscape, Perspectives, Best Practices, Challenges, and Future Direction,” *IEEE Access*, vol. 12, no. September, pp. 131621–131637, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3458830.
- [16] J. U. M. Akbar, S. F. Kamarulzaman, A. J. M. Muzahid, M. A. Rahman, and M. Uddin, “A Comprehensive Review on Deep Learning Assisted Computer Vision Techniques for Smart Greenhouse Agriculture,” *IEEE Access*, vol. 12, no. December 2023, pp. 4485–4522, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3349418.
- [17] S. Sharma and P. Chaudhary, “Machine learning and deep learning,” *Quantum Computing and Artificial Intelligence: Training Machine and Deep Learning Algorithms on Quantum Computers*, pp. 71–84, 2023, doi: 10.1515/9783110791402-004.
- [18] A. Upadhyay *et al.*, “Deep learning and computer vision in plant disease detection: a comprehensive review of techniques, models, and trends in

- precision agriculture,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 58, no. 3, 2025, doi: 10.1007/s10462-024-11100-x.
- [19] M. Qiao, G. Zhou, Q. L. Liu, and L. Zhang, “Salient Object Detection: An Accurate and Efficient Method for Complex Shape Objects,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 169220–169230, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3138782.
- [20] J. Liu, X. Wang, Q. Zhu, and W. Miao, “Tomato brown rot disease detection using improved YOLOv5 with attention mechanism,” *Front. Plant Sci.*, vol. 14, no. November, pp. 1–14, 2023, doi: 10.3389/fpls.2023.1289464.
- [21] A. Zaheer, B. B. Chandra, I. N. N. Krishna Sai, and Y. Sangeetha, “Automatic detection of sewer defects via hierarchical deep learning,” *Proceedings of the 6th International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2021*, no. January, 2021, doi: 10.1109/ICCES51350.2021.9489100.
- [22] S. Partheepan, F. Sanati, and J. Hassan, “Evaluating YOLO Variants With Transfer Learning for Real-Time UAV Obstacle Detection in Simulated Forest Environments,” *IEEE Access*, vol. 13, no. June, pp. 99266–99290, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3577251.
- [23] J. Yang, M. Dong, C. Li, and F. Nie, “YOLO-RDFEA: Object Detection in RD Imagery With Improved YOLOv8 Based on Feature Enhancement and Attention Mechanisms,” *IEEE Access*, vol. 12, no. October, pp. 158226–158238, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3485499.
- [24] Y. Zhang, Z. Liu, X. Guo, C. Li, and G. Teng, “Wheat Head Detection in Field Environments Based on an Improved YOLOv11 Model,” *Agriculture (Switzerland)*, vol. 15, no. 16, pp. 1–19, 2025, doi: 10.3390/agriculture15161765.
- [25] Z. Tian, F. Yang, L. Yang, Y. Wu, J. Chen, and P. Qian, “An Optimized YOLOv11 Framework for the Efficient Multi- Category Defect Detection of Concrete Surface”.
- [26] Y. Xu *et al.*, “Transformers in computational visual media: A survey,” *Comput. Vis. Media (Beijing)*, vol. 8, no. 1, pp. 33–62, 2022, doi: 10.1007/s41095-021-0247-3.
- [27] Y. Tay, M. Dehghani, D. Bahri, and D. Metzler, “Efficient Transformers: A Survey,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 55, no. 6, pp. 1–39, 2023, doi: 10.1145/3530811.

- [28] T. Li, H. Wang, G. Li, S. Liu, and L. Tang, "SwinF: Swin Transformer with feature fusion in target detection," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2284, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2284/1/012027.
- [29] X. Xu *et al.*, "An improved swin transformer-based model for remote sensing object detection and instance segmentation," *Remote Sens. (Basel)*, vol. 13, no. 23, 2021, doi: 10.3390/rs13234779.
- [30] E. M. Mining and J. Baek, "applied sciences Swin Transformer-Based Object Detection Model Using," 2023.
- [31] X. U. Fengchang *et al.*, "DETR Novel Small Target Detection Algorithm Based on Swin Transformer," vol. 12, no. June, 2024.
- [32] M. J. Kobra, A. M. Nakib, P. Mweetwa, and O. Rahman, "Effectiveness of Fourier , Wiener , Bilateral , and CLAHE Denoising Methods for CT Scan Image Noise Reduction," 2025.
- [33] J. Kumar, N. Dalal, and M. Sethi, "Hyperparameters in deep learning: A comprehensive review," *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 4015–4023, 2024, [Online]. Available: [www.ijisae.org](http://www.ijisae.org)
- [34] T. Schlosser, M. Friedrich, T. Meyer, M. Eibl, and D. Kowerko, "Hexagonal Image Processing for Computer Vision with Hexnet: A Hexagonal Image Processing Data Set and Generator," *IEEE Access*, vol. 12, no. October, pp. 189884–189901, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3510656.
- [35] J. Zhao, R. Z. Zhang, S. Chen, Y. Duan, Z. Wang, and Q. Li, "Enhanced Infrared Defect Detection for UAVs Using Wavelet-Based Image Processing and Channel Attention-Integrated SSD Model," *IEEE Access*, vol. 12, no. December, pp. 188787–188796, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3516080.
- [36] A. Scotland *et al.*, "DISPEL: A Python Framework for Developing Measures From Digital Health Technologies," *IEEE Open J. Eng. Med. Biol.*, vol. 5, pp. 494–497, 2024, doi: 10.1109/OJEMB.2024.3402531.
- [37] M. Heydarian and T. E. Doyle, "MLCM : Multi-Label Confusion Matrix," pp. 19083–19095, 2022.
- [38] E. K. Dey and M. Awrangjeb, "A Robust Performance Evaluation Metric for Extracted Building Boundaries from Remote Sensing Data," *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 13, pp. 4030–4043, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3006258.

- [39] J. Guo *et al.*, “Revolutionizing Agriculture: Real-Time Ripe Tomato Detection With the Enhanced Tomato-YOLOv7 System,” *IEEE Access*, vol. 11, no. November, pp. 133086–133098, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3336562.