

PERBANDINGAN ARSITEKTUR CNN DAN *VISION*
TRANSFORMER UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN
SELADA

*Diajukan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

Sultan Rafi Lukmanul Hakim
NIM : 09021282126067

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

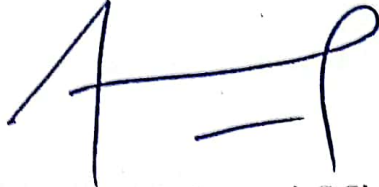
PERBANDINGAN ARSITEKTUR CNN DAN VISION
TRANSFORMER UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN
SELADA

Oleh :

Sultan Rafi Lukmanul Hakim
NIM : 09021282126067

Indralaya, 4 Januari 2025

Mengetahui,
Pembimbing I



Dr. Muhammad Fachrurrozi, S.Si., M.T.

NIP 198005222008121002

Pembimbing II



M. Naufal Rachmatullah, M.T.

NIP 199212012022031008

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan, Satrio, M.Sc., Ph.D
NIP 198001182020121001

TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI

Pada hari Jumat 27 Desember 2024 telah dilaksanakan ujian sidang skripsi oleh

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Sultan Rafi Lukmanul Hakim
NIM : 09021282126067
Judul : Perbandingan Arsitektur CNN dan *Vision Transformer* Untuk
Klasifikasi Penyakit Daun Selada

Dan Dinyatakan **LULUS**.

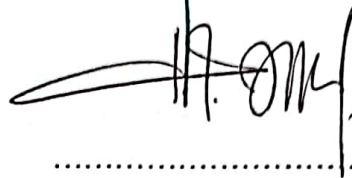
1. Ketua Penguji

Dr. Firdaus, S.T., M.Kom.
NIP 197801212008121003



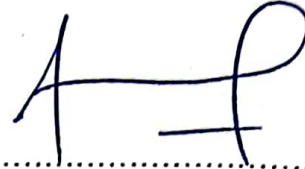
2. Penguji

Annisa Darmawahyuni, S.Kom., M.Kom.
NIP 199006302023212044



3. Pembimbing I

Dr. Muhammad Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP 198005222008121002



4. Pembimbing II

M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP 199212012022031008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Sarria, M.Sc., Ph.D
NIP. 198004182020121001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sultan Rafi Lukmanul Hakim
NIM : 09021282126067
Program Studi : Teknik Informatika
Judul : Perbandingan Arsitektur CNN dan *Vision Transformer* Untuk
Klasifikasi Penyakit Daun Selada

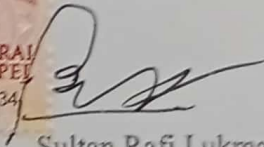
Hasil Pengecekan *Software* iThenticate/Turnitin: 11%

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 4 Januari 2025


Sultan Rafi Lukmanul Hakim
NIM 09021282126067

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

"Success is no accident. It is hard work, perseverance, learning, studying, sacrifice, and most of all, love of what you are doing or learning to do."

"Kerahkan upayamu, tetapi ingatlah bahwa hasilnya adalah bagian Allah. Tugas kita hanyalah untuk berusaha."

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- Keluarga
- Teman seperjuangan
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSCTRACT

Lettuce (Lactuca sativa L.), is a commodity crop that is frequently consumed around the world. During cultivation, lettuce often faces challenges such as diseases that can cause losses. Classification of diseases on lettuce leaves is an important challenge in maintaining the quality and quantity of crop yields.. This study compares the performance of Convolutional Neural Network (CNN) and Vision Transformer (ViT) architectures for classifying lettuce leaf diseases. The dataset comprises 2,956 lettuce leaf images across five disease classes: Healthy, Downy Mildew, Powdery Mildew, Septoria Blight, and Wilt and Leaf Blight. The models evaluated include Custom CNN, InceptionV3, Modified InceptionV3, and Vision Transformer. The process involved data preprocessing, model training, and performance evaluation based on accuracy, precision, recall, and F1-score. The results indicate that Modified InceptionV3 achieved the best performance with a test accuracy of 98%, precision of 99%, recall of 99%, and F1-score of 99%, outperforming Vision Transformer, which achieved an accuracy of 97%. The superiority of Modified InceptionV3 lies in layer tuning and parameter optimization, while Vision Transformer excels at capturing complex visual patterns.

Keyword: Classification, Convolutional Neural Network, Vision Transformer, Lettuce Leaf Disease, Evaluation, Comparison

ABSTRAK

Selada (*Lactuca sativa L.*), merupakan salah satu tanaman komoditas yang sering dikonsumsi di seluruh dunia. Saat pembudidayaan, selada seringkali menghadapi tantangan seperti penyakit yang dapat menimbulkan kerugian. Klasifikasi penyakit pada daun selada menjadi tantangan penting dalam menjaga kualitas dan kuantitas hasil panen tanaman. Penelitian ini membandingkan performa arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Vision Transformer* (ViT) untuk klasifikasi penyakit daun selada. Data yang digunakan terdiri dari 2.956 citra daun selada dengan lima kelas penyakit: *Healthy*, *Downy Mildew*, *Powdery Mildew*, *Septoria Blight*, dan *Wilt and Leaf Blight*. Model yang diuji meliputi *Custom CNN*, *InceptionV3*, *Modified InceptionV3*, dan *Vision Transformer*. Proses melibatkan *preprocessing* data, pelatihan model, dan evaluasi performa berdasarkan akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Hasil menunjukkan bahwa *Modified InceptionV3* memiliki performa terbaik dengan akurasi uji 98%, *precision* 99%, *recall* 99%, dan *F1-score* 99%, mengungguli *Vision Transformer* yang mencapai akurasi 97%. Keunggulan *Modified InceptionV3* terletak pada *tuning layer* dan optimalisasi parameter, sedangkan *Vision Transformer* unggul dalam menangkap pola visual kompleks.

Kata kunci: Klasifikasi, *Convolutional Neural Network*, *Vision Transformer*, Penyakit Daun Selada, Evaluasi, Perbandingan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah Subhanallahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “**Perbandingan Arsitektur CNN dan Vision Transformer Untuk Klasifikasi Penyakit Daun Selada**”. Adapun tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan program sarjana S1 Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini, khususnya kepada :

1. Allah Subhanallahu Wa Ta'ala atas segala berkat, rahmat, dan karunia-Nya.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moral maupun materi.
3. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
4. Bapak Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
5. Bapak Dr. Muhammad Fachrurrozi, S.Si., M.T dan M. Naufal Rachmatullah, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah

memberikan arahan, masukan, kritik dan saran kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada saya selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Teknik Informatika Reguler L2 2021 yang telah menemani dan membantu selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kiritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat untuk kita semua.

Indralaya, 31 Desember 2024

Sultan Rafi Lukmanul Hakim

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-4
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5 Batasan Masalah.....	I-5
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-5
1.7 Kesimpulan.....	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Landasan Teori	II-1
2.1.1 Tanaman Selada	II-1
2.1.2 Citra Daun	II-2
2.1.3 Penyakit Bercak Daun Selada	II-3
2.1.3.1 <i>Downy Mildew</i>	II-3
2.1.3.2 <i>Powdery Mildew</i>	II-4
2.1.3.3 <i>Septoria Blight</i>	II-5

2.1.3.4	<i>Wilt and Leaf Blight</i>	II-6
2.1.4	Klasifikasi	II-7
2.1.5	<i>Convolutional Neural Network</i>	II-8
2.1.6	<i>TensorFlow</i>	II-9
2.1.7	<i>InceptionV3</i>	II-10
2.1.8	<i>Transfer Learning</i>	II-11
2.1.9	<i>Vision Transformer</i>	II-12
2.1.10	<i>Optimasi Adam</i>	II-13
2.1.11	<i>Confusion Matrix</i>	II-15
2.1.12	<i>Rational Unified Process</i>	II-16
2.2.	Penelitian Lain yang Relevan	II-18
2.3.	Kesimpulan	II-19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Pengumpulan Data	III-1
3.1.1	Jenis Data	III-1
3.1.2	Sumber Data	III-1
3.1.3	Metode Pengumpulan Data	III-2
3.2	Tahapan Penelitian	III-2
3.2.1	Kerangka Kerja	III-3
3.2.1.1.	Mengumpulkan Data	III-3
3.2.1.2.	<i>Preprocessing</i>	III-3
3.2.1.3	Menerapkan CNN dan <i>Vision Transformer</i>	III-4
3.2.1.4.	Membandingkan Kinerja Model Yang Diterapkan	III-6
3.2.1.5.	Menarik Kesimpulan	III-6
3.2.2.	Kriteria Pengujian	III-7
3.2.3.	Format Data Pengujian	III-7
3.2.4.	Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian	III-7
3.2.5.	Pengujian Penelitian	III-8
3.2.6.	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan	III-8

3.3	Manajemen Proyek Penelitian.....	III-9
3.4	Kesimpulan.....	III-12
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....		IV-1
4.1	Fase Insepsi	IV-1
4.1.1	Pemodelan Bisnis	IV-1
4.1.2	Kebutuhan	IV-2
4.1.3	Analisis Perangkat Lunak	IV-2
4.1.3.1	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	IV-3
4.1.3.2	Analisis Data.....	IV-3
4.1.3.3	Analisis Model.....	IV-4
4.1.4	Desain Perangkat Lunak	IV-4
4.1.4.1	Diagram <i>Use Case</i>	IV-5
4.1.4.2	Aktor	IV-5
4.1.4.3	Skenario <i>Use Case</i>	IV-6
4.2	Fase Elaborasi.....	IV-10
4.2.1	Pemodelan Bisnis	IV-10
4.2.2	Rancangan Antarmuka	IV-10
4.2.3	<i>Activity Diagram</i>	IV-12
4.2.4	<i>Sequence Diagram</i>	IV-13
4.3	Fase Kontruksi.....	IV-16
4.3.1	Pemodelan Bisnis	IV-16
4.3.2	<i>Class Diagram</i>	IV-16
4.3.3	Implementasi <i>Class Diagram</i>	IV-17
4.3.4	Implementasi Antarmuka	IV-18
4.4	Fase Transisi	IV-18
4.4.1	Pemodelan Bisnis	IV-19
4.4.2	Rencana Pengujian	IV-19
4.4.3	Implementasi	IV-20
4.5	Kesimpulan.....	IV-21

BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN.....	V-1
5.1 Hasil Penelitian.....	V-1
5.1.1 Konfigurasi Percobaan.....	V-1
5.1.2 Hasil Pengujian	V-2
5.2 Analisis Hasil Penelitian.....	V-4
5.2.1 Analisis Model	V-4
5.2.2 Analisis Metrik Evaluasi	V-4
5.2.3 Analisis Citra Dataset.....	V-7
5.3 Kesimpulan.....	V-8
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
6.1. Kesimpulan.....	VI-1
6.2. Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN.....	xxii

DAFTAR TABEL

Tabel III-1 Detail Parameter Setiap Arsitektur.....	III-5
Tabel III-2 Rancangan Perbandingan Model CNN.	III-7
Tabel III-3 Rencana jadwal penelitian.....	III-9
Tabel IV-1 Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak.....	IV-2
Tabel IV-2 Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak.	IV-2
Tabel IV-3 Contoh Hasil Augmentasi Pada Data	IV-4
Tabel IV-4 Definisi Aktor.	IV-6
Tabel IV- 5 Definisi Use Case.	IV-6
Tabel IV-6 Skenario <i>Use Case</i> Prediksi Penyakit.....	IV-7
Tabel IV-7 Skenario <i>Use Case</i> Evaluasi Model.	IV-8
Tabel IV-8 Implementasi <i>Class Diagram</i>	IV-17
Tabel IV-9 Rencana Pengujian Perangkat Lunak.	IV-19
Tabel IV-10 Pengujian Use Case Perangkat Lunak.	IV-20
Tabel V-1 Konfigurasi Percobaan Dengan Data Uji.....	V-2
Tabel V-2 Perbandingan Metrik Evaluasi Setiap Model.....	V-3
Tabel V-3 Prediksi Yang Salah Dari Pengujian.	V-6
Tabel V-4 Metrik Evaluasi Setiap Kelas.	V-7
Tabel V-5 <i>Classification Report</i> Dari <i>Time Test Augmentation</i>	V-8

DAFTAR GAMBAR

Gambar II- 1 Daun Selada (<i>Lactuca sativa</i>) (Yang et al ., 2023).	II-2
Gambar II- 2 Downy Mildew Pada Selada (Rodrigues Porto et al, 2021).....	II-4
Gambar II- 3 Gejala Awal Powdery Mildew (Qiu et al, 2018).....	II-5
Gambar II- 4 Gejala Septoria Blight (Silva et al., 2022).	II-6
Gambar II- 5 Daun Selada Yang Layu (Mohd Sazali et al., 2023).....	II-7
Gambar II-6 Arsitektur CNN secara umum (Meena et al., 2023).....	II-9
Gambar II- 7 Arsitektur InceptionV3 (Meena et al., 2023).	II-11
Gambar II-8 Tahap Pengembangan Pada RUP (Subandi & Hidayat, 2024). .	II-17
Gambar III-1 Tahapan Penelitian.....	III-2
Gambar III-2 Penerapan CNN dan <i>Vision Trnasformer</i>	III-4
Gambar IV-1 <i>Use Case Diagram</i>	IV-5
Gambar IV-2 Rancangan Antarmuka Prediksi Penyakit.....	IV-11
Gambar IV-3 Rancangan Antarmuka Evaluasi Model.....	IV-11
Gambar IV-4 Diagram Aktivitas Prediksi Penyakit.....	IV-12
Gambar IV-5 Diagram Aktivitas Evaluasi Model.....	IV-13
Gambar IV- 6 <i>Sequence Diagram</i> Prediksi Penyakit.....	IV-14
Gambar IV-7 <i>Sequence Diagram</i> Evaluasi Model.....	IV-15
Gambar IV-8 <i>Class Diagram</i> Perangkat Lunak	IV-16
Gambar IV-9 Implementasi Antarmuka Prediksi Penyakit.....	IV-18
Gambar IV-10 Implementasi Antarmuka Evaluasi Model.....	IV-18
Gambar V-1 Perbandingan Akurasi Seluruh Model.....	V-3
Gambar V-2 Hasil <i>Confusion Matrix</i>	V-5

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah. Bab ini akan berisi penjelasan umum mengenai keseluruhan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor vital dalam perekonomian banyak negara, termasuk Indonesia. Salah satu komoditas yang banyak dikonsumsi di antaranya adalah selada. Tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) merupakan salah satu tanaman sayuran yang termasuk dalam famili *Compositae*. Selada berasal dari Asia Barat yang kemudian menyebar di Asia dan negara-negara beriklim sedang (Dewi & Lubis, 2022). Namun, produksi selada sering kali menghadapi berbagai tantangan seperti penyakit pada daun selada. Penyakit ini tidak hanya mengurangi kualitas dan kuantitas hasil panen, tetapi juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi petani.

Penyakit pada daun selada disebabkan oleh berbagai patogen, seperti bakteri, jamur, dan virus. Salah satu jamur yang biasa menyerang daun selada adalah *Downy Mildew* / jamur berbulu halus. Penyakit jamur berbulu halus, yang disebabkan oleh patogen oomycete *Bremia lactucae* Regel, adalah penyakit terpenting pada selada (*Lactuca sativa L.*) (Parra et al., 2021). Beberapa virus juga dapat menyerang kesehatan dari tanaman selada seperti penyakit virus mosaic.

LMV termasuk dalam genus *Potyvirus* yang ditularkan melalui benih, kutu daun dan getah tanaman serta bahan perbanyak vegetative (Bashir, 2022). Selain itu, bakteri juga bisa merusak kualitas dari tanaman selada seperti munculnya bercak pada daun. Bercak daun bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas hortorum* pv. *vitiensis* (Xhv) adalah penyakit yang menyebabkan hasil panen yang signifikan kerugian yang signifikan pada selada (Dönmez & Temel, 2023).

Penggunaan *deep learning* dalam penelitian ini didasarkan pada keunggulannya dalam menangani data gambar dengan kompleksitas tinggi, seperti yang dimiliki oleh penyakit daun selada. Pendekatan *deep learning* mampu mengekstraksi fitur penting dari gambar tanpa memerlukan proses manual yang memakan waktu dan rentan terhadap bias manusia. Kemampuan *deep learning* untuk belajar langsung dari data mentah dan menggeneralisasi pada variasi dataset juga telah terbukti unggul dalam klasifikasi tanaman (Yang & Xu, 2021). Oleh karena itu, pendekatan ini dipilih untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi penyakit daun selada.

Perkembangan teknologi di bidang kecerdasan buatan dan *computer vision* telah membuka peluang baru dalam identifikasi penyakit tanaman, salah satunya menggunakan *Convolutional Neural Network*. Sebagai algoritma dengan kinerja yang sangat baik, jaringan saraf konvolusi telah banyak digunakan di bidang pemrosesan gambar dan mencapai hasil yang baik dengan mengandalkan bidang reseptif lokalnya sendiri, pembagian bobot, penyatuan, dan koneksi yang jarang (Tian, 2020). Performa jaringan saraf convolutional ditentukan oleh kedalaman, lebar, dan koneksi residual jaringan. Saat ini, model yang digunakan untuk

klasifikasi gambar umumnya terdiri dari jaringan saraf konvolusional dan hampir secara teratur terhubung (Huang et al., 2020). Dengan memanfaatkan CNN, identifikasi penyakit bercak daun pada tanaman selada dapat dilakukan secara otomatis dan akurat, sehingga membantu petani dalam mengambil tindakan yang tepat waktu.

Selain itu, diperkenalkan juga arsitektur *Vision Transformer* (ViT) sebagai alternatif CNN untuk *computer vision*. ViT bekerja dengan membagi gambar menjadi potongan-potongan kecil atau *patches*, yang kemudian diproses menggunakan mekanisme *self-attention* dan diproyeksikan ke dalam *embedding patch* melalui *positional encoding*. Kemudian vector 1D dari *positional encoding* ditambahkan pada *embedding patch* untuk mempertahankan informasi spasial lalu dimasukkan ke dalam encoder. Mekanisme ini memungkinkan ViT untuk menangkap fitur visual yang lebih kompleks dan memiliki fleksibilitas yang lebih baik dalam mengklasifikasikan gambar yang memiliki pola tersebar (Y. Liu et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan arsitektur *Vision Transformer* dengan beberapa arsitektur CNN yaitu, *Custom CNN* oleh (De Jesus et al., 2023), *InceptionV3*, *Modified InceptionV3* dengan berfokus pada performa model *Vision Transformer*. Untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi dari model, dilakukan optimalisasi dengan mencari parameter yang terbaik. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu mengidentifikasi penyakit bercak daun selada dan menjaga kualitas selada untuk dikonsumsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana penerapan *Convolutional Neural Network* dan *Vision Transformer* untuk klasifikasi penyakit daun selada?
2. Bagaimana kinerja model *Vision Transformer* dan *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi penyakit daun selada?
3. Bagaimana perbandingan kinerja model *Vision Transformer* yang diterapkan dengan arsitektur CNN?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Menerapkan model *Vision Transformer* dan *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi pada penyakit daun selada.
2. Mengetahui kinerja model *Vision Transformer* dan CNN untuk klasifikasi penyakit daun selada.
3. Membandingkan kinerja model *Vision Transformer* dengan arsitektur *Modified InceptionV3*, *Custom CNN* dan *InceptionV3*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah

1. Model yang dikembangkan dapat melakukan klasifikasi penyakit daun pada tanaman selada.
2. Dapat mengetahui kinerja model yang lebih baik antara *Vision*

Transformer, Custom CNN, InceptionV3, dan modified InceptionV3.

3. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai rujukan penelitian terkait.

1.5 Batasan Masalah

1. Data yang digunakan berupa penyakit pada daun selada.
2. Model arsitektur yang digunakan adalah *Custom CNN, InceptionV3, Modified InceptionV3, dan Vision Transformer.*
3. Model terbaik dipilih berdasarkan akurasi secara keseluruhan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir mengikuti pedoman penulisan tugas akhir Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yaitu sebagai berikut.

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penelitian yang akan dijadikan dasar dalam penelitian ini.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini mengulas teori-teori yang digunakan dalam penelitian, seperti tanaman selada, *Vision Transformer*, dan metode *Convolutional Neural Network*, serta beberapa literatur yang relevan dengan topik penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan proses yang akan dilaksanakan selama penelitian, termasuk pengumpulan data, analisis data dan perancangan perangkat lunak.

Setiap tahap akan dijelaskan berdasarkan kerangka kerja yang disusun.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas analisis dan desain perangkat lunak yang dikembangkan dimulai dengan analisis kebutuhan, perancangan dan konstruksi perangkat lunak, serta diakhiri dengan pengujian untuk memastikan sistem yang dikembangkan sesuai dengan desain dan kebutuhan penelitian.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian berdasarkan langkah-langkah yang telah direncanakan dengan analisis diberikan yang menjadi dasar dari penelitian ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyimpulkan hasil penelitian yang diperoleh dari bab sebelumnya serta memberikan saran yang relevan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

1.7 Kesimpulan

Pada bab ini telah dipaparkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penelitian yang akan dijadikan sebagai dasar dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 2G CARE SPICE. (2024). *Lettuce classification Dataset* [Dataset].
<https://universe.roboflow.com/2g-care-spice/lettuce-classification>
- Aggarwal, P., Mishra, N. K., Fatimah, B., Singh, P., Gupta, A., & Joshi, S. D. (2022). COVID-19 image classification using deep learning: Advances, challenges and opportunities. *Computers in Biology and Medicine*, *144*, 105350. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2022.105350>
- Akgun, D. (2022). TensorFlow based deep learning layer for Local Derivative Patterns. *Software Impacts*, *14*, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2022.100452>
- Amjoud, A. B., & Amrouch, M. (2022). Transfer Learning for Automatic Image Orientation Detection Using Deep Learning and Logistic Regression. *IEEE Access*, *10*, 128543–128553. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3225455>
- Bashir, N. S. (2022). Effect of carbon dioxide on seed transmission of Lettuce mosaic virus. *Journal of Applied Research in Plant Protection, Online First*. <https://doi.org/10.22034/arpp.2022.15200>
- Brianorman, Y., & Munir, R. (2023). Perbandingan Pre-Trained CNN: Klasifikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah. *J. Sistem Info. Bisnis*, *13*(1), 52–59. <https://doi.org/10.21456/vol13iss1pp52-59>
- De Jesus, L. C. M., Ruth P. Pastera, N., Samaniego, L. A., Joy V. Mendoza, M., Laureta, J. P., Santos, M. S. M., Joson, J. B., Brucal, S. G. E., Villarroel, J. M. H., Peruda, S. R., Yong, E. D., & Cosio, P. (2023). A Convolutional

- Neural Network-based Approach for Lettuce Leaf Disease Classification. *2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 394–395. <https://doi.org/10.1109/GCCE59613.2023.10315544>
- Dewi, A., & Lubis, N. (2022). *BUDIDAYA SELADA ORGANIK RAMAH LINGKUNGAN*.
- Dönmez, M. F., & Temel, I. (2023). Use of antagonistic bacteria against *Xanthomonas hortorum* pv. *Vitians* causing disease in lettuce. *Zemdirbyste-Agriculture*, *110*(2), 165–172. <https://doi.org/10.13080/z-a.2023.110.020>
- Haruna, & Samuel. (2024). *An artificial neural network (ANN) model for predicting HIV infection among adolescents in Adamawa State*. <https://doi.org/xx.xxxx.x/sajset-02-2024-0019>
- Hidayat, M. A., Husni, N. L., & Damsi, F. (2022). Pendeteksi Banjir Dengan Image Processing Berbasis Convolutional Neural Network (CNN) pada Kamera Pengawas: Image Processing Based Flood Detector Using Convolutional Neural Network (CNN) Within Surveillance Camera. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, *2*(2), 10–18. <https://doi.org/10.57152/malcom.v2i2.382>
- Huang, Z., Du, X., Chen, L., Li, Y., Liu, M., Chou, Y., & Jin, L. (2020). Convolutional Neural Network Based on Complex Networks for Brain Tumor Image Classification With a Modified Activation Function. *IEEE Access*, *8*, 89281–89290. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993618>

- Huixian, J. (2020). The Analysis of Plants Image Recognition Based on Deep Learning and Artificial Neural Network. *IEEE Access*, 8, 68828–68841. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986946>
- Joshi, K., Tripathi, V., Bose, C., & Bhardwaj, C. (2020). Robust Sports Image Classification Using InceptionV3 and Neural Networks. *Procedia Computer Science*, 167, 2374–2381. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.290>
- Kath, H., Serafini, P. P., Campos, I. B., Gouvêa, T. S., & Sonntag, D. (2024). Leveraging transfer learning and active learning for data annotation in passive acoustic monitoring of wildlife. *Ecological Informatics*, 82, 102710. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102710>
- Lakshmi, L., Kalyani, A. N., Madhuri, D. K., Potluri, S., Pandey, G. S., Ali, S., Khan, M. I., Awwad, F. A., & Ismail, E. A. A. (2023). *Performance Analysis of Cycle GAN in Photo to Portrait Transfiguration Using Deep Learning Optimizers. 11.*
- Liu, J., Guo, H., He, Y., & Li, H. (2023). Vision Transformer-Based Ensemble Learning for Hyperspectral Image Classification. *Remote Sensing*, 15(21), 5208. <https://doi.org/10.3390/rs15215208>
- Liu, K., Yu, S., & Liu, S. (2020). An Improved InceptionV3 Network for Obscured Ship Classification in Remote Sensing Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 4738–4747. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3017676>

- Liu, Y., Zhang, Y., Wang, Y., Hou, F., Yuan, J., Tian, J., Zhang, Y., Shi, Z., Fan, J., & He, Z. (2022). *A Survey of Visual Transformers* (arXiv:2111.06091). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2111.06091>
- M, K., Delhey, R., & Lusto, J. (2015). Wilt and vascular root rot (*Pythium tracheiphilum*) of lettuce in Bahari Blanca, Argentina. *Phyton*, *84*(2), 423–426. <https://doi.org/10.32604/phyton.2015.84.423>
- Markoulidakis, I., Rallis, I., Georgoulas, I., Kopsiaftis, G., Doulamis, A., & Doulamis, N. (2021). Multiclass Confusion Matrix Reduction Method and Its Application on Net Promoter Score Classification Problem. *Technologies*, *9*(4), 81. <https://doi.org/10.3390/technologies9040081>
- Matin Malakouti, S., Bagher Menhaj, M., & Abolfazl Suratgar, A. (2024). Machine learning and transfer learning techniques for accurate brain tumor classification. *Clinical eHealth*, *7*, 106–119. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2024.08.001>
- Orel, D. C. (2020). *BIOCONTROL OF BACTERIAL DISEASES WITH BENEFICIAL BACTERIA IN LETTUCE*.
- Pan, C., Chen, J., & Ye, J. (2024). *WarpAdam: A new Adam optimizer based on Meta-Learning approach*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.04244>
- Parra, L., Nortman, K., Sah, A., Truco, M. J., Ochoa, O., & Michelmore, R. (2021). Identification and mapping of new genes for resistance to downy mildew in lettuce. *Theoretical and Applied Genetics*, *134*(2), 519–528. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03711-z>

- Perdomo, D. N., Torres, T. B., Santos, C. E., Cabral, C. S., Reis, A., & Boiteux, L. S. (2022). *Identification of stable sources of rate-reducing resistance to Septoria lactucae in lettuce germplasm*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2203386/v1>
- Qiu, P., Nguyen, V., Guan, G., Li, Y., Takamatsu, S., & Liu, S. (2018). Occurrence of powdery mildew caused by *Golovinomyces orontii* on *Lactuca sativa* var. *Ramosa* (lettuce) in China. *Crop Protection*, *110*, 108–111. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.04.005>
- Rodrigues Porto, L., Raid, R. N., & Sandoya, G. V. (2021). Downy Mildew of Lettuce in Florida. *EDIS*, *2021*(1). <https://doi.org/10.32473/edis-hs1403-2021>
- Salem, H. (2022). *Predictive modelling for solar power-driven hybrid desalination system using artificial neural network regression with Adam optimization*.
- Sitorus Pane, S. R. L. (2024). *PENERAPAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK KLASIFIKASI CITRA PADA DAUN*. 1943–1946.
- Stassin, S., Corduant, V., Mahmoudi, S. A., & Siebert, X. (2023). Explainability and Evaluation of Vision Transformers: An In-Depth Experimental Study. *Electronics*, *13*(1), 175. <https://doi.org/10.3390/electronics13010175>
- Subandi, & Hidayat, M. (2024). *IMPLEMENTASI MODEL RATIONAL UNIFIED PROSES (RUP) PADA APLIKASI PENGELOLAAN OPERASIONAL PDAM KAPUAS BERBASIS WEB*. *10*(1).

- Tian, Y. (2020). Artificial Intelligence Image Recognition Method Based on Convolutional Neural Network Algorithm. *IEEE Access*, 8, 125731–125744. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006097>
- Tote, A. S., Pardeshi, S. S., & Patange, A. D. (2023). Automatic number plate detection using TensorFlow in Indian scenario: An optical character recognition approach. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1073–1078. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.165>
- Yang, B., & Xu, Y. (2021). Applications of deep-learning approaches in horticultural research: A review. *Horticulture Research*, 8(1), 123. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00560-9>
- Yudana, F. R., Suyanto, M., & Nasiri, A. (2023). Model Klasifikasi Untuk Menentukan Kesiapan Kerja Mahasiswa Dan Kelulusan Tepat Waktu Dengan Metode Machine Learning. *Machine Learning*. <https://doi.org/10.37680/ijitech.v1i1.xx>
- Zhang, S., & Zhang, C. (2023). Modified U-Net for plant diseased leaf image segmentation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 204, 107511. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107511>