

Deteksi Penyakit pada Tanaman Tomat Menggunakan Model Inception V3 Berbasis Mobile

Rahmaditya Putri Lailatul 'Ismi¹, Salamun Rohman Nudin²

^{1,2}D4 Manajemen Informatika, Universitas Negeri Surabaya

¹rahmadityaputri.21036@mhs.unesa.ac.id

²salamunrohman@unesa.ac.id

Abstrak— Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki tingkat konsumsi tinggi di masyarakat serta berperan penting dalam sektor ekonomi pertanian. Meskipun demikian, produktivitas tanaman tomat kerap mengalami penurunan akibat serangan berbagai penyakit. Terdapat sembilan jenis penyakit utama yang umum menyerang tanaman tomat, yaitu *Bacterial Spot*, *Early Blight*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, *Septoria Leaf Spot*, *Spider Mite*, *Target Spot*, *Yellow Leaf Curl Virus*, dan *Mosaic Virus*. Oleh karena itu, upaya deteksi penyakit pada tahap awal menjadi sangat krusial agar petani dapat melakukan langkah pencegahan dan pengendalian secara tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendekripsi penyakit daun tomat berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai pendekatan inovatif dalam meningkatkan akurasi identifikasi penyakit. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah *PlantVillage Dataset*, yang terlebih dahulu melalui tahap pra-pemrosesan sebelum dilakukan proses pelatihan menggunakan arsitektur Inception V3 dengan Adam Optimizer. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 98% dalam mengklasifikasikan jenis penyakit pada daun tomat. Temuan ini mengindikasikan bahwa model Inception V3 memiliki potensi yang sangat baik untuk diimplementasikan sebagai sistem pendukung bagi petani dalam memantau kesehatan tanaman serta meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi tomat.

Kata Kunci— Tanaman Tomat, Penyakit, Convolutional Neural Network, Inception V3, Mobile.

I. PENDAHULUAN

Tanaman tomat memiliki nama latin *Solanum Lycopersicum* adalah salah satu tanaman hortikultura atau tanaman yang bisa merupakan buah, sayur, dan hias. *S. Lycopersicum* ini juga termasuk satu dari sekian banyak tanaman atau tumbuhan yang mempunyai nilai ekonomi yang cukup baik dan sering dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia bahkan di dunia. Berasal dari Amerika Selatan. Lalu mulai di produksi dan di konsumsi ke berbagai negara di dunia [1].

Dari banyaknya manfaat dan khasiat yang dimiliki oleh buah tomat ini, akan sangat amat disayangkan apabila para produsen dan petani tomat masih kurang cekatan dan cermat dalam menghadapi masalah terkait penyakit - penyakit yang dapat menginfeksi tanaman tomat. Kondisi tersebut memberikan dampak signifikan terhadap penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen, bahkan berpotensi menyebabkan kegagalan panen tanaman tomat, sebagaimana yang terjadi selama bulan Juli 2021 dengan melibatkan kelompok tani yang berada di Kecamatan Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat [2].

Salah satu kekurangan yang dimiliki tanaman tomat ini adalah mudah terkena penyakit, baik penyakit dari virus, bakteri, jamur, maupun serangga atau hama. Tanaman tomat

yang terkena penyakit dapat diidentifikasi dari berbagai ciri perubahan bentuk dan warna pada seluruh bagian tanaman tomat. Namun, bagian yang paling mudah kita lihat jika ingin mendekripsi penyakit pada tanaman tomat adalah dari daunnya. Terdapat berbagai jenis penyakit yang menyerang tanaman tomat dan mengakibatkan perubahan pada morfologi serta warna daun tomat. Diantaranya adalah Bercak Bakteri (*Bacterial Spot*), Bercak Kering *Alternaria* (*Early Blight*), Busuk Daun (*Late Blight*), Jamur Daun (*Leaf Mold*), Bercak Daun *Septoria* (*Septoria Leaf Spot*), Bercak daun akibat gigitan serangga (*Two Spotted Spider Mites*), Target Spot, Virus Mosaik (*Mosaic Virus*), Virus Daun Kuning Keriting (*Yellow Leaf Curl Virus*). Di Indonesia, tanaman tomat umumnya mengalami serangan penyakit Busuk Daun dan Bercak Daun *Septoria*. Namun, berdasarkan pengamatan visual secara langsung, kedua jenis penyakit tersebut sulit untuk dibedakan karena gejala awal dan bercak daunnya yang mirip. Hal tersebut mengakibatkan petani yang sering melakukan kesalahan dalam penggunaan obat penyakit tanaman yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan dan kerugian karena gagal panen [3]. Tidak sedikit juga petani yang langsung membuang tanaman tomat yang mulai menunjukkan tanda-tanda terserang penyakit atau memanennya sebelum masa panen karena kurangnya edukasi dan bimbingan serta kemampuan untuk mengidentifikasi tanaman tomat yang terserang penyakit [4].

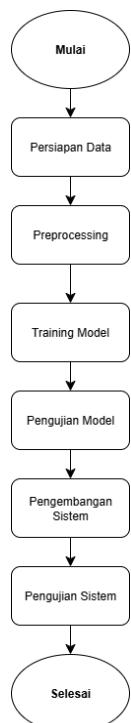
Permasalahan tersebut dapat direspon melalui pengembangan aplikasi berbasis mobile sebagai solusi alternatif yang mendukung aktivitas petani tomat. Pengecekan secara berkala akan dilakukan oleh petani tomat untuk mengetahui apakah ada tanaman tomat yang teridentifikasi penyakit atau tidak. Serta, petani tanaman tomat dapat langsung memutuskan solusi atau penanganan lanjut untuk tanaman tomat yang terkena penyakit, serta memikirkan cara untuk mencegah tanaman tomat yang sehat agar tidak terkena atau tertular penyakit. Hal ini dapat berdampak pada berkurangnya hasil panen. Transfer learning dapat menjadi salah satu pendekatan yang memungkinkan pemanfaatan kembali pengetahuan yang telah diperoleh dari model tugas tugas sebelumnya. Dalam penelitian ini menggunakan model Inception V3 atau sebuah model arsitektur dari Convolutional Neural Network (CNN) yang dikembangkan oleh Google dan memiliki performa baik dalam berbagai tugas computer vision. Model Inception V3 telah berhasil mengekstrasi fitur-fitur yang berguna dari gambar-gambar yang kompleks termasuk tanaman tomat. Kemudian, pengetahuan yang diperoleh ini dapat digunakan untuk mempercepat proses pelatihan model identifikasi penyakit tanaman tomat.

Dengan hasil akhir jadi aplikasi deteksi penyakit tanaman tomat berbasis mobile ini diharapkan dapat menjadi solusi

untuk seluruh petani yang mengalami keresahan dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi dan dampak yang harus ditanggung serta menjadi langkah awal untuk meningkatkan kesejahteraan petani di indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Alur penelitian ini diawali dengan tahap persiapan data, yaitu pengumpulan data yang terdiri atas sembilan kelas penyakit daun tomat serta satu kelas daun tomat dalam kondisi sehat dari “*PlantVillage Dataset*”, preprocessing data yang meliputi tahap anotasi, split data, rescale, dan augmentasi data. Training model menggunakan metode CNN dengan arsitektur Inception V3 dan Adam Optimizer. Melakukan pengujian model menggunakan data latih dan menghasilkan akurasi training terbaik dari 100 epoch selain itu juga menghasilkan confusion matrix yang digunakan untuk mengukur atau menganalisis kekuatan dan kelemahan performa model. Setelah itu, akan dilakukan pengembangan dan pengujian sistem.



Gbr. 1 Diagram Alur Penelitian

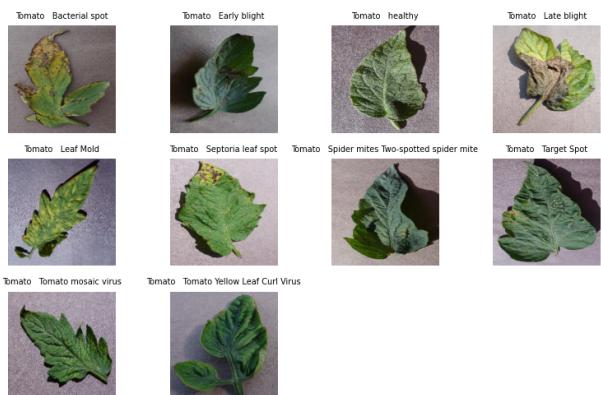
A. Identifikasi Masalah

Pada penelitian ini, tahapan awal yang dilakukan adalah identifikasi permasalahan melalui analisis kondisi pada tanaman tomat. Fokus kajian dalam penelitian ini adalah penerapan metode Inception V3 untuk mendeteksi penyakit tanaman tomat menggunakan citra daun tomat yang diimplementasikan dalam sistem berbasis mobile.

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini, menggunakan dataset yang didapatkan dari dataset berjudul “*PlantVillage Dataset*” [5]. Jumlah total data citra penyakit tanaman tomat pada dataset sebanyak 18.160 citra untuk dilakukan pelatihan model. Data

citra tersebut telah dibagi menjadi sembilan kelas penyakit daun tomat dan satu kelas daun sehat. Detail contoh total 10 kelas daun tanaman tomat yang akan digunakan yaitu sebagai berikut :

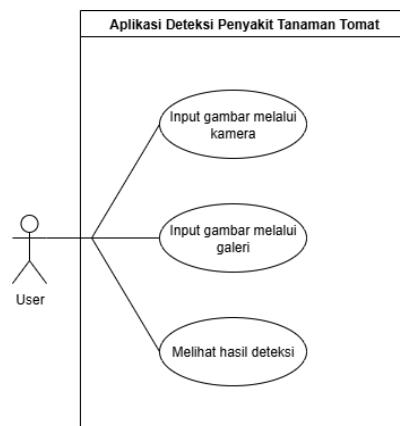


Gbr. 2 Sample Dataset Citra Daun Tomat

C. Persiapan Data

Sebelum masuk ke training model, model melalui tahap yang dinamakan preprocessing data. Menurut [6], Preprocessing Data merupakan proses ketika data asli akan diolah agar menjadi data siap digunakan pada saat training model. Dalam penelitian ini, tahap preprocessing yang telah dilewati yaitu Anotasi Data yang merupakan proses pemberian label pada tiap kelas menjadi 10 label, kemudian melalui tahap split data, yaitu pembagian data menjadi 80% Data Train, 10% Data Valid, dan 10% Data Test. Terakhir, data akan melalui tahapan Rescale dan Augmentasi Data, yaitu tahapan untuk menjaga ratio atau melakukan standarisasi semua data citra 299x299 serta augmentasi data yaitu memperbanyak variasi dataset tanpa merubah data aslinya untuk mendapatkan akurasi yang tinggi [7].

D. Desain Sistem



Gbr. 3 Use Case Diagram

Berdasarkan ilustrasi pada gambar tersebut, pengguna memiliki beberapa opsi tindakan, yaitu input gambar melalui kamera, input gambar melalui galeri, dan melihat hasil deteksi.

Sedangkan untuk sistem dapat memproses inputan citra dari user dan menampilkan hasil deteksi.

E. Implementasi Sistem

Sistem aplikasi deteksi penyakit pada tanaman tomat ini dikembangkan berbasis mobile dengan memanfaatkan framework Flutter. Flutter dengan kelebihannya yaitu framework yang multifungsi dan dikembangkan oleh Google [8]. Penggunaan Flutter memungkinkan pengembangan antarmuka pengguna yang responsif serta memiliki performa yang mendekati aplikasi native, sehingga sesuai untuk aplikasi mobile berbasis pengolahan citra.

Model klasifikasi penyakit tanaman tomat pada penelitian ini dibangun menggunakan arsitektur Inception V3, kemudian dikonversi ke dalam format TensorFlow Lite (.tflite) sebelum diimplementasikan pada aplikasi mobile. TensorFlow merupakan framework yang digunakan pada Machine Learning secara Open Source, menyediakan antarmuka untuk menampilkan beragam algoritma machine learning [9].

Integrasi model .tflite ke dalam aplikasi Flutter dilakukan untuk memungkinkan proses klasifikasi citra berjalan secara offline tanpa memerlukan koneksi internet. Pendekatan ini dinilai efektif untuk aplikasi deteksi penyakit tanaman karena dapat digunakan langsung di lapangan dan memberikan hasil secara real-time [10].

Pada tahap implementasi, pengguna dapat memasukkan citra daun tanaman tomat melalui kamera secara langsung maupun memilih gambar dari galeri perangkat. Citra yang diperoleh kemudian melalui tahap preprocessing, meliputi penyesuaian ukuran citra menjadi 299×299 piksel serta normalisasi nilai piksel agar sesuai dengan spesifikasi input model Inception V3. Tahapan ini guna untuk meningkatkan konsistensi data inputan dan akurasi output yaitu berbentuk hasil klasifikasi.

Selanjutnya, citra yang telah diproses dianalisis menggunakan model Inception V3 berformat .tflite yang telah terintegrasi di dalam aplikasi Flutter. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk nama penyakit tanaman tomat yang terdeteksi beserta deskripsi singkat mengenai penyakit tersebut, sehingga aplikasi dapat membantu pengguna dalam mengenali penyakit tanaman tomat secara cepat, praktis, dan mudah digunakan melalui perangkat mobile.

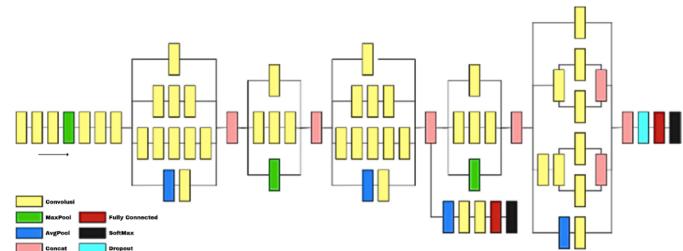
F. Pengujian Sistem

Setelah pembuatan aplikasi dan implementasi sistem selesai. Tahapan berikutnya dalam penelitian ini adalah pengujian sistem, yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh fitur yang dikembangkan dapat berjalan secara optimal dan sesuai dengan sasaran yang telah ditetapkan. Proses pengujian dilakukan dengan menerapkan metode *Black Box Testing*, yaitu teknik pengujian perangkat lunak yang menitikberatkan pada evaluasi fungsi sistem dan antarmuka pengguna berdasarkan kesesuaian antara data masukan (*input*) dan hasil keluaran (*output*) yang dihasilkan [11].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Model

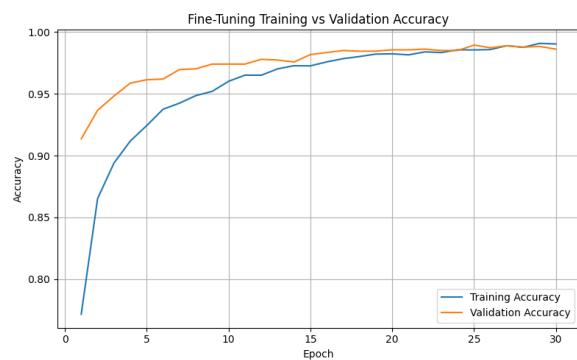
Pada penelitian ini, implementasi model dilakukan dengan menerapkan teknik fine-tuning pada arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) Inception V3 melalui pendekatan transfer learning [12]. ImageNet disini digunakan sebagai bobot pra-latih sebagai fitur awal yang tujuannya untuk mempermudah, mempercepat, serta meningkatkan performa model dalam proses pembelajaran. Pemilihan Inception V3 didasarkan pada keunggulannya dalam menangani data beresolusi tinggi, efisiensi komputasi, serta stabilitas pelatihan yang telah dibuktikan pada berbagai penelitian di bidang *Computer Vision*.



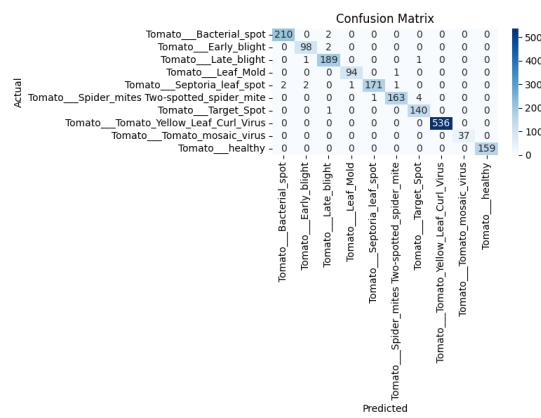
Gbr. 4 Arsitektur Inception V3 [6]

Penggunaan optimasi pada penelitian ini juga memiliki maksud untuk meminimalisir kesalahan dan memaksimalisasi tingkatan akurasi pada hasil akhir model. Adam (Adaptive Moment Estimation) Optimizer dipilih karena sangat banyak digunakan untuk CNN, selain itu juga Adam memiliki kelebihan yaitu menggabungkan dua teknik yaitu momentum yang mempercepat arah konvergensi dan RMSprop untuk menormalkan langkah berdasarkan gradien, sehingga dapat meningkatkan stabilitas model selama proses pelatihan [13].

Kemudian, model dievaluasi lebih dalam untuk mendapatkan performa model baik kekuatan maupun kelemahannya oleh alat yang disebut Confusion Matrix dan Classification Report. Confusion matrix merupakan suatu tabel yang menyajikan hasil klasifikasi mencakup jumlah data uji yang diklasifikasikan secara tepat maupun keliru. Matriks ini digunakan sebagai alat evaluasi untuk menilai kinerja model yang dikembangkan. Selain mudah dipahami, confusion matrix juga mampu menyajikan gambaran yang menyeluruh mengenai performa dan mekanisme kerja suatu model klasifikasi [14].



Gbr. 5 Grafik Akurasi



Gbr. 6 Hasil Confusion Matrix

Nilai akurasi, presisi, recall, dan F1-score dihitung dengan mengacu pada confusion matrix menggunakan formula sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad \dots \quad [15]$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad \dots \quad [16]$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad \dots \quad [17]$$

$$F1 - Score = \frac{2 \times Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad \dots \quad [18]$$

TABEL I
CLASSIFICATION REPORT

Nama Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Bacterial Spot	99%	99%	99%
Early Blight	97%	98%	98%
Late Blight	97%	99%	98%
Leaf Mold	99%	99%	99%
Septoria Leaf Spot	99%	97%	98%
Spider Mites	99%	97%	98%
Target Spot	97%	99%	98%
Yellow Leaf Curl	100%	100%	100%
Mosaic Virus	100%	100%	100%
Healthy	100%	100%	100%

B. Implementasi Sistem

1) Tampilan Pertama setelah user membuka aplikasi adalah seperti gambar dibawah, berisi tentang penjelasan cara kerja aplikasi, dan ikon kamera.

2) Selanjutnya ketika user meng-klik kamera, akan muncul pilihan untuk mengambil gambar dari kamera atau memilih gambar dari galeri.

3) Jika user memilih "Ambil Gambar" yang ditampilkan adalah kamera yang siap untuk mengambil gambar yang akan discan.

4) Jika user memilih "Pilih Gambar" akan langsung diarahkan ke galeri foto untuk memilih foto daun tanaman tomat untuk discan.

5) Setelah user berhasil melakukan scan, halaman selanjutnya adalah Halaman Hasil.

C. Blackbox Testing

Langkah selanjutnya yaitu pengujian menggunakan Blackbox testing dimana pengujian yang dilakukan hanya berfokus pada pengamatan hasil input dan output.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN BLACKBOX TESTING

Halaman /Fitur yang diuji	Inputan	Hasil yang diharapkan	Berhasil/ Tidak
Halaman Utama	-	Menampilkan judul aplikasi, petunjuk penggunaan, dan fitur selanjutnya	Berhasil
Ikon kamera	Klik ikon kamera	Menunjukkan 2 pilihan yaitu ambil gambar/pilih gambar	Berhasil
Ambil gambar	Klik ikon kamera	Menampilkan kamera yang siap digunakan untuk mendekripsi	Berhasil
Pilih gambar	Klik ikon file	Menampilkan Galeri untuk memilih foto yang akan di deteksi	Berhasil
Halaman Hasil	Menampilkan gambar sesuai inputan, nama penyakit, dan deskripsi singkat	Gambar muncul sesuai inputan, dan cocok dengan hasil	Berhasil

	mengenai penyakit		
--	-------------------	--	--

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Melalui tahapan penelitian yang telah dilakukan secara menyeluruh, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pembangunan model sistem deteksi penyakit pada tanaman tomat ini menggunakan teknik transfer learning, model Inception V3, dan Adam Optimizer menghasilkan akurasi sebesar 98.95%.
- 2) Implementasi model Inception V3 ke dalam aplikasi mobile berbasis flutter dapat direalisasikan melalui konversi model ke format TensorFlow Lite (TFLite) aplikasi mampu melakukan deteksi penyakit secara real-time menggunakan kamera smartphone maupun citra yang diunggah, serta menampilkan hasil klasifikasi dan deskripsi penyakit tersebut kepada pengguna.

B. Saran

Mengacu pada temuan serta keterbatasan penelitian ini, sejumlah saran dapat dirumuskan untuk pengembangan penelitian di masa mendatang:

- 1) Memperbanyak dataset untuk meningkatkan cakupan prediksi di lingkungan nyata dengan mengumpulkan lebih banyak citra daun tomat yang terkena penyakit serta yang sehat untuk mengurangi kesalahan klasifikasi dan meningkatkan akurasi.
- 2) Meningkatkan fitur aplikasi seperti histori, saran penanganan, maupun fitur tambahan lainnya.

Dengan mengimplementasikan saran diatas, diharapkan keandalan dan cakupan sistem deteksi penyakit tanaman tomat semakin optimal seta memberikan manfaat yang lebih bagi petani tanaman tomat maupun pengguna lain yang bukan petani tomat.

REFERENSI

- [1] N. Farhah, A. Daryanto, M. R. A. Istiqlal, E. M. Pribadi, dan S. Widhyanto, "Estimasi nilai ragam genetik dan heritabilitas tomat tipe determinate pada dua lingkungan tanam di dataran rendah," *J. AGRO*, vol. 8, no. 1, hal. 80–94, 2022, doi: 10.15575/16276.
- [2] D. Adellia, A. C. Siregar, dan S. P. A. Alkadri, "Penerapan Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit pada Tanaman Tomat," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 3, hal. 451, 2022, doi: 10.26418/jp.v8i3.56178.
- [3] A. W. Putri, "Implementasi Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation Untuk Klasifikasi Jenis Penyakit Pada Daun Tanaman Tomat," *MATHunesa J. Ilm. Mat.*, vol. 9, no. 2, hal. 344–350, 2021, doi: 10.26740/mathunesa.v9n2.p344-350.
- [4] M. Niawati, F. Ardhy, T. H. Andika, dan P. Bintoro, "Aplikasi Diagnosis Penyakit Pada Tumbuhan Tomat Berbasis Website," *J. Inf. dan Komput.*, vol. 11 No 2, no. 2, 2023.
- [5] D. Recognition, "Multi-Level Deep Learning Model for Potato Leaf Disease Recognition," hal. 1–27, 2021.
- [6] A. Nurdin, D. Satria, Y. Kartika, A. Rezha, dan E. Najaf, "Klasifikasi Penyakit Daun Tomat Dengan Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur Inception-V3 KATA KUNCI Daun Tomat Convolutional Neural Network Klasifikasi Inception V3 KORESPONDENSI."
- [7] S. G. Paul *et al.*, "A real-time application-based convolutional neural network approach for tomato leaf disease classification," *Array*, vol. 19, no. July, hal. 100313, 2023, doi: 10.1016/j.array.2023.100313.
- [8] R. Irfankha, "Rancang Bangun Aplikasi Data Prestasi Mahasiswa Dengan Flutter," vol. 3, no. 2, hal. 45–50, 2025.
- [9] I. Bagus, A. Peleg, I. M. Pasek, A. Ariawan, dan G. B. Subiksa, "Deteksi Bahasa Isyarat Menggunakan Tensorflow Lite dan American Sign Language (ASL) Abstrak," vol. 3, hal. 90–100, 2024.
- [10] D. Goklani, "Real-Time Plant Disease Detection Using Mobile Device with TensorFlow Lite and Flutter".
- [11] D. Z. Siahaan, I. Irwan, dan Y. A. Dalimunthe, "Penerapan Php Native Dalam Perancangan Sistem Informasi Manajemen Perpustakaan Berbasis Web," *Djtechno J. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, hal. 263–274, 2023, doi: 10.46576/djtechno.v4i1.3373.
- [12] U. UNGKAWA dan G. AL HAKIM, "Klasifikasi Warna pada Kematangan Buah Kopi Kuning menggunakan Metode CNN Inception V3," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 3, hal. 731, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i3.731.
- [13] Y. Wang, Z. Xiao, dan G. Cao, "A convolutional neural network method based on Adam optimizer with power-exponential learning rate for bearing fault diagnosis," hal. 666–678, 2022, doi: 10.21595/jve.2022.22271.
- [14] L. Nursinggah, R. Ruuhwan, dan T. Mufizar, "Analisis Sentimen Pengguna Aplikasi X Terhadap Program Makan Siang Gratis Dengan Metode Naïve Bayes Classifier," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4336.
- [15] C. Qi *et al.*, "In-field classification of the asymptomatic biotrophic phase of potato late blight based on deep learning and proximal hyperspectral imaging," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 205, no. October 2022, 2023, doi: 10.1016/j.compag.2022.107585.
- [16] "Confusion Matrix *," hal. 1–4.
- [17] M. Heydarian dan T. E. Doyle, "MLCM : Multi-Label Confusion Matrix," hal. 19083–19095, 2022.
- [18] I. Awaludin, M. Fadhil, dan M. A. Z. Zulfikor, "Analisis Kinerja ResNet-50 dalam Klasifikasi Penyakit pada Daun Kopi Robusta," vol. 9, no. 2, hal. 116–122, 2022.