

PENERAPAN MODEL YOLOv8 UNTUK IDENTIFIKASI DINI PENYAKIT DAUN TOMAT MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL

Arvina Rizqi Nurul'aini^{1*}, Mohammad Mahruf Alam²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50229

²⁾Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50229

e-mail: arvinarizqi@students.unnes.ac.id^{1*)}, mahrufalam99@students.unnes.ac.id²⁾

*corresponding author

(Naskah masuk : 01 Juni 2025 Diterima untuk diterbitkan : 19 Juni 2025)

ABSTRAK

Deteksi dini penyakit daun tomat sangat penting untuk menjaga produktivitas pertanian dan keberlanjutan pangan. Penelitian ini menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan sembilan jenis kondisi daun tomat berdasarkan citra digital. Dataset yang digunakan berasal dari Tomato Leaf Dataset dengan proses pra-proses meliputi penambahan data dan konversi label ke format YOLO. Model dilatih dan diuji menggunakan metrik evaluasi seperti presisi, recall, dan F1-score. Hasilnya menunjukkan kinerja tinggi pada kelas Late Blight dengan F1-score sebesar 0,979, presisi 0,959, dan recall 1,000. Sementara itu, kelas dengan performa rendah adalah Bacterial Spot (F1-score 0,525, presisi 0,541, recall 0,510) dan Healthy (F1-score 0,499, presisi 0,923, recall 0,342), terutama disebabkan oleh ketidakseimbangan data. Confusion Matrix menunjukkan bahwa kesalahan klasifikasi terbesar terjadi pada kelas dengan gejala visual yang mirip atau jumlah data yang terbatas. Model ini menunjukkan potensi besar dalam mendeteksi penyakit daun tomat secara otomatis. Namun, peningkatan kinerja per kelas masih diperlukan melalui penyeimbangan data dan strategi pelatihan tingkat lanjut.

Kata Kunci: Deteksi Citra Digital, Penyakit Daun Tomat, YOLOv8

ABSTRACT

Early detection of tomato leaf diseases is essential to maintain agricultural productivity and food sustainability. This study uses the YOLOv8 model to detect and classify nine tomato leaf conditions based on digital images. The dataset used comes from the Tomato Leaf dataset, which has preprocessing processes, including data addition and label conversion to YOLO format. The model is trained and tested using evaluation metrics such as precision, recall, and F1-score. The results show high performance in the Late Blight class with an F1-score of 0.979, precision of 0.959, and recall of 1.000. Meanwhile, the classes with low performance are Bacterial Spot (F1-score 0.525, precision 0.541, recall 0.510) and Healthy (F1-score 0.499, precision 0.923, recall 0.342), mainly due to data imbalance. The Confusion Matrix shows that the most significant classification errors occur in classes with similar visual symptoms or limited data. This model shows great potential in detecting tomato leaf diseases automatically. However, performance improvements per class are still needed through data balancing and advanced training strategies.

Keywords: Digital Image Detection, Tomato Leaf Disease, YOLOv8

I. PENDAHULUAN

Mendeteksi penyakit pada tanaman merupakan hal yang sangat penting, termasuk tanaman tomat. Dikarenakan dengan meningkatnya tantangan yang ditimbulkan oleh peristiwa cuaca buruk dan pertumbuhan populasi, menjaga tanaman tomat yang sehat sangat penting untuk ketahanan pangan dan keberlanjutan [1]. Hal tersebut dikarenakan kemampuan untuk mengidentifikasi penyakit secara akurat sejak dini memungkinkan intervensi dan pengelolaan yang cepat, meminimalkan kehilangan hasil panen dan memastikan pasokan pangan yang stabil. Selanjutnya, metode deteksi penyakit secara manual dapat memakan waktu dan tenaga, sehingga tidak praktis untuk operasi pertanian skala besar. Dengan memanfaatkan teknik pembelajaran mendalam seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *transfer learning* [2], seperti yang diusulkan dalam penelitian ini, proses identifikasi penyakit dapat

diotomatisasi dan disederhanakan [3], secara signifikan mengurangi waktu dan sumber daya manusia yang dibutuhkan [4], [5]. Deteksi penyakit daun tomat secara tepat waktu melalui analisis gambar tidak hanya menjaga produktivitas pertanian tetapi juga berkontribusi terhadap upaya global menuju produksi pangan berkelanjutan dan ketahanan lingkungan.

Penyakit daun tomat terdiri dari berbagai jenis dengan gejala dan penyebab yang berbeda. Pada penelitian ini, ada 9 jenis penyakit yang di klasifikasikan berdasarkan dataset. *Early Blight* disebabkan oleh jamur *Alternaria solani* dan ditandai oleh bercak hitam konsentris pada daun bagian bawah [6]. *Black Spot (Septoria leaf spot)* muncul sebagai bercak bulat kecil dengan titik gelap dan halo kuning, disebabkan oleh jamur *Septoria lycopersici* [7]. *Late Blight*, penyakit paling merusak yang disebabkan oleh *Phytophthora infestans*, menimbulkan lesi berair tak beraturan yang menyebar cepat dan mematikan daun [6]. *Leaf Mold*, yang disebabkan oleh *Passalora fulva*, menunjukkan bercak kekuningan kabur di atas daun dengan bintik coklat di bawahnya. *Bacterial Spot* berasal dari bakteri *Xanthomonas vesicatoria* dan memunculkan bercak gelap berair dengan halo kuning [8]. *Target Spot*, akibat jamur *Corynespora cassiicola*, menciptakan lesi coklat muda dengan tepi gelap dan mengurangi luas daun sehat [8]. Sementara itu, daun *Healthy* memiliki warna hijau merata, tegak, dan tanpa tanda infeksi penyakit, mencerminkan kondisi tanaman yang sehat.

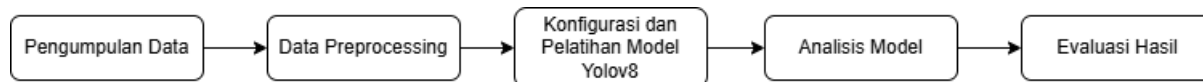
Beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan dan menunjukkan bahwa model YOLOv8 memiliki kinerja yang sangat baik dalam deteksi dini penyakit daun tomat melalui citra digital. Lakhdari dkk. (2023) mengembangkan model ini dengan dataset baru dan memperoleh skor mAP50 sebesar 0,8, yang menunjukkan potensinya untuk diterapkan di rumah kaca industri [9]. Kavaliauskas dan Sledevič (2024) membuktikan bahwa YOLOv8 dapat berjalan secara real-time pada perangkat Raspberry Pi dengan presisi 0,78–0,79 dan recall 0,75–0,81 [10]. Abid dkk. (2024) melaporkan bahwa model ini mencapai mAP hingga 98% dan F1-score sebesar 97%, sehingga berkontribusi pada pengelolaan penyakit yang lebih efektif di sektor pertanian Bangladesh [11]. Liu dkk. (2024) mengusulkan peningkatan YOLOv8 menggunakan *multi-head self-attention* dan *deformable convolution* untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam mendeteksi sembilan jenis penyakit daun tomat [12]. Sementara itu, Brucal dkk. (2023) menunjukkan bahwa model YOLOv8 yang dilatih melalui RoboFlow mampu mengidentifikasi sembilan penyakit umum dengan mAP sebesar 98,9% dan presisi rata-rata 97,5%, sehingga memperkuat efektivitasnya dalam meningkatkan produksi tomat melalui deteksi penyakit secara cepat dan akurat [13]. Selain pendekatan berbasis YOLO, Deni Sutaji dan Oktay Yıldız. (2022) mengusulkan metode *ensemble* MobileNetV2 dan Xception untuk mendeteksi penyakit daun tanaman. Model ini mencapai akurasi tinggi hingga 99,10% pada dataset *Plant Village* dan 99,52% pada dataset pengguna, serta terbukti lebih ringan dan efisien untuk perangkat mobile dibandingkan model CNN lainnya [14].

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa model YOLOv8 memiliki performa tinggi dalam mendeteksi penyakit daun tomat, baik dari segi presisi, *recall*, maupun mAP yang mencapai hingga 98%, sebagian besar studi tersebut hanya berfokus pada capaian keseluruhan model tanpa mengulas secara mendalam performa model terhadap tiap kelas penyakit secara individual. Selain itu, belum banyak penelitian yang menyoroti secara eksplisit tantangan ketidakseimbangan data antar kelas dalam dataset, terutama pada kelas dengan jumlah data yang sedikit atau memiliki kemiripan visual seperti kelas *Healthy* dan *Bacterial Spot*. Padahal, ketidakseimbangan ini dapat berdampak signifikan terhadap kemampuan model dalam mengenali pola visual secara akurat dan merata. Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian dalam mengevaluasi kinerja model YOLOv8 terhadap masing-masing kelas penyakit secara lebih rinci, serta dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya akurasi pada kelas tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis performa per kelas menggunakan metrik seperti F1-score, precision, recall, dan confusion matrix, serta mengidentifikasi pengaruh ketidakseimbangan data terhadap akurasi model dalam klasifikasi penyakit daun tomat.

Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi performa YOLOv8 dalam mendeteksi berbagai jenis penyakit daun tomat dengan menggunakan metrik evaluasi standar seperti *F1-score precision*, dan

recall. Analisis hasil menunjukkan adanya variasi tingkat keberhasilan model pada setiap kelas penyakit, yang menjadi dasar penting untuk pengembangan model lebih lanjut dan peningkatan teknik augmentasi data serta metode pelatihan.

II. METODE PENELITIAN

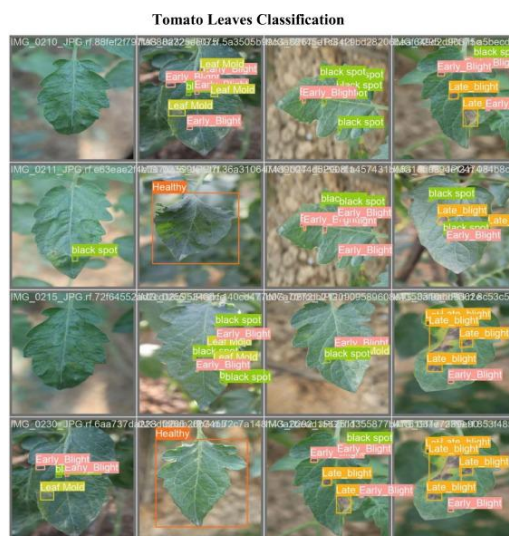


Gambar 1. *Workflow Model*

Gambar 1 menunjukkan alur model YOLOv8 pada penelitian ini, penjelasannya sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Dataset pada penelitian ini diperoleh dari Jurnal Data in Brief dengan judul “*Tomato Leaf Dataset : A dataset for multiclass disease detection and classification*” [15]. Dataset tersebut dibagi menjadi jenis penyakit yang terlihat pada gambar 2. Jenis Penyakit tersebut yaitu, *Early Blight*, *Black Spot*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, *Bacterial Spot*, *Target Spot*, dan *Healthy*.



Gambar 2. Dataset dan Jenis Penyakit Daun Tomat [15]

2. Data Preprocessing

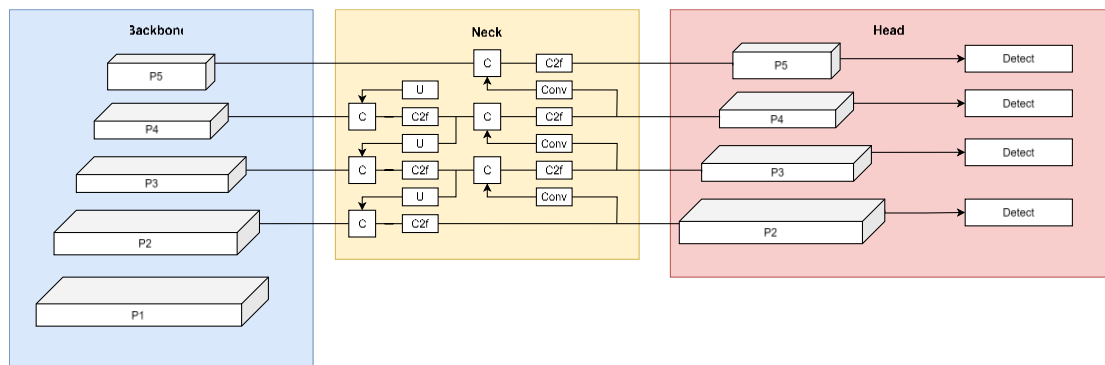
Tahap data pre-processing bertujuan untuk menyiapkan dataset agar sesuai dengan format input model YOLOv8 [16]. Proses ini mencakup pengaturan struktur folder dataset (*train*, *val*, *test*), mengubah ukuran gambar menjadi 640×640 piksel, dan mengonversi label ke format YOLO (*file.txt* berisi kelas dan koordinat objek). Pada penelitian ini menggunakan data *train* sebesar 95.07%, dan data *test* 4.93%. Augmentasi data otomatis seperti rotasi, flip, dan mosaic digunakan untuk meningkatkan variasi data [17]. Selanjutnya, dibuat file *data.yaml* yang mendefinisikan jumlah kelas, nama kelas, dan jalur direktori dataset agar model dapat membaca dan memproses data dengan benar saat pelatihan.

3. Konfigurasi dan Pelatihan Model YOLOv8

Pada tahap ini, model YOLOv8 dikonfigurasi dengan parameter tertentu seperti ukuran gambar 640×640, *batch size*, jumlah *epoch* nya 100, serta jalur dataset dari file *data.yaml*. Model dilatih menggunakan arsitektur YOLOv8 *pre-trained* (*yolov8n.pt*) dan disesuaikan dengan data deteksi penyakit daun tomat. Selama pelatihan, sistem mencatat metrik seperti *F1-score*, *precision*, dan *recall* untuk mengevaluasi kinerja model secara berkala.

YOLOv8 merupakan inovasi terbaru dalam bidang deteksi objek secara *real-time*. Model ini dikembangkan dengan dasar arsitektur CSPDarknet53 dan dilengkapi dengan lapisan

konvolusional pada bagian neck untuk mereduksi dimensi spasial serta menggabungkan fitur secara optimal. Pada bagian head, yang juga terdiri dari lapisan konvolusional, model ini memprediksi koordinat bounding box serta kemungkinan kelas untuk setiap sel dalam gambar. Beberapa peningkatan utama mencakup deteksi tanpa anchor dan mekanisme penugasan anchor yang dinamis, yang secara signifikan meningkatkan akurasi dan performa. Struktur arsitektur YOLOv8 dirancang untuk menghasilkan deteksi yang akurat dan efisien, menjadikannya standar baru dalam teknologi deteksi objek *real-time* [18]. Gambar 3 merupakan arsitektur dari YOLOv8.



Gambar 3. Arsitektur YOLOv8

4. Analisis Model

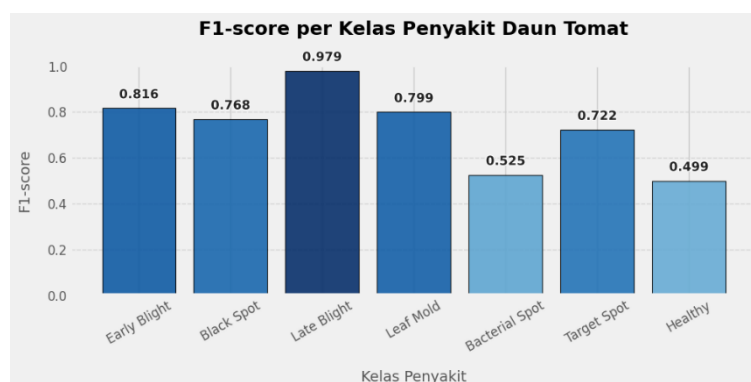
Setelah pelatihan selesai, dilakukan analisis terhadap performa model. Analisis ini melibatkan evaluasi metrik-metrik penting seperti *F1-score*, *precision*, dan *recall* yang menggambarkan seberapa baik model dalam mendeteksi dan mengenali objek.

5. Evaluasi Hasil

Tahap terakhir adalah evaluasi hasil secara menyeluruh. Model yang telah dilatih dan dianalisis akan diuji pada data uji atau data baru untuk melihat kemampuan generalisasinya. Evaluasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa model tidak hanya bekerja baik pada data latih, tetapi juga mampu mendeteksi objek pada kondisi yang berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

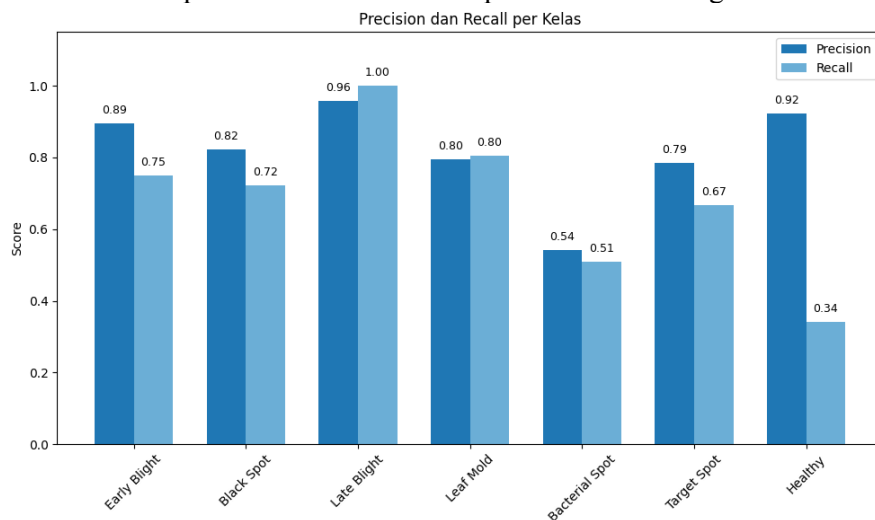
Model *Yolov8* dilatih dan diuji menggunakan Python di Jupyter Notebook untuk diidentifikasi masing-masing kinerja dalam mendeteksi penyakit tanaman tomat melalui citra daun. Gambar 4 menunjukkan nilai *F1-score* per kelas penyakit daun tomat.



Gambar 4. *F1-score* per Kelas Penyakit Daun Tomat

Grafik yang ada pada gambar 5 menunjukkan bahwa sebagian besar kelas seperti *Early Blight*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, dan *Target Spot* memiliki *precision* dan *recall* yang tinggi, menandakan model mengenali kelas-kelas tersebut dengan baik. Sebaliknya, performa pada kelas *Bacterial Spot* dan *Healthy* rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ketidakseimbangan data, di mana jumlah data

untuk kedua kelas tersebut lebih sedikit, sehingga model kesulitan mengenali pola secara akurat. Upaya seperti augmentasi data atau pemberian bobot kelas dapat membantu mengatasi masalah ini.



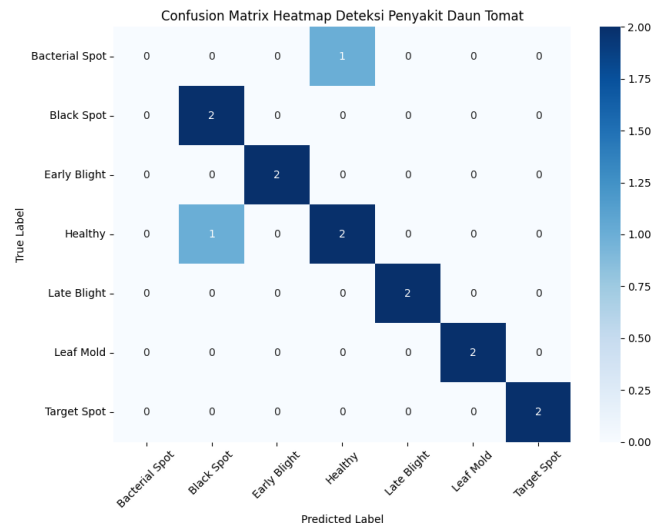
Gambar 5. Precision dan Recall per Kelas Penyakit Daun Tomat

Tabel 1. Hasil Output

Kelas	Precision	Recall	F1-score
<i>Early Blight</i>	0.894	0.750	0.816
<i>Black Spot</i>	0.822	0.721	0.768
<i>Late Blight</i>	0.959	1.000	0.979
<i>Leaf Mold</i>	0.795	0.804	0.799
<i>Bacterial Spot</i>	0.541	0.510	0.525
<i>Target Spot</i>	0.786	0.667	0.722
<i>Healthy</i>	0.923	0.342	0.499

Tabel 1 memperjelas bahwa model YOLOv8 menunjukkan performa terbaik pada kelas *Late Blight* dengan F1-score sebesar 0.979, diikuti oleh *Early Blight* dan *Black Spot* masing-masing 0.816 dan 0.768. Kelas *Leaf Mold* dan *Target Spot* juga terdeteksi dengan baik, meskipun sedikit lebih rendah. Namun, performa model menurun signifikan pada kelas *Bacterial Spot* dan *Healthy*, dengan F1-score masing-masing hanya 0.525 dan 0.499. F1-score yang rendah pada kelas *Bacterial Spot* (0.525) dan *Healthy* (0.499) kemungkinan besar disebabkan oleh ketidakseimbangan jumlah data pada dataset. Ketika jumlah sampel untuk kelas tertentu jauh lebih sedikit dibanding kelas lainnya, model cenderung kurang belajar terhadap pola-pola visual dari kelas minoritas tersebut. Akibatnya, model sering salah mengklasifikasikan gambar dari kelas *Bacterial Spot* dan *Healthy*, yang berdampak langsung pada rendahnya nilai recall dan precision. Hasil ini menunjukkan bahwa model lebih andal mendeteksi penyakit dengan gejala visual yang jelas, namun masih kesulitan mengenali daun sehat atau gejala ringan.

Gambar confusion matrix pada gambar 6 menunjukkan performa model dalam mengklasifikasikan penyakit daun tomat. Setiap kelas seperti *Early Blight*, *Black Spot*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, dan *Target Spot* berhasil diklasifikasikan dengan benar sebanyak 2 kali (terlihat dari diagonal utama). Namun, kesalahan klasifikasi terjadi pada kelas *Healthy* dan *Bacterial Spot*. Misalnya, 1 data dari kelas *Healthy* salah diklasifikasikan sebagai *Black Spot*, dan 1 data dari *Bacterial Spot* justru diklasifikasikan sebagai *Healthy*. Ini mengindikasikan bahwa model masih kesulitan membedakan beberapa kelas yang datanya kemungkinan kurang seimbang atau memiliki fitur visual yang mirip.



Gambar 6. Confusion Matrix

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model YOLOv8 memiliki performa yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit daun tomat berdasarkan citra digital. Evaluasi menggunakan metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score* menunjukkan bahwa model mampu mengenali sebagian besar kelas dengan akurasi tinggi, terutama pada kelas *Late Blight* yang memiliki *precision* 0,959, *recall* 1,000, dan *F1-score* tertinggi sebesar 0,979. Namun, kinerja model menurun pada kelas *Bacterial Spot* dan *Healthy*, yang masing-masing menunjukkan kombinasi *precision* dan *recall* rendah (0,541 dan 0,510 untuk *Bacterial Spot*) maupun tidak seimbang (0,923 dan 0,342 untuk *Healthy*), menandakan adanya prediksi yang tidak akurat dan banyak kasus yang tidak terdeteksi. Hal ini mengindikasikan bahwa ketidakseimbangan data dan kemiripan visual antar kelas berpengaruh besar terhadap hasil klasifikasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan distribusi data, strategi augmentasi, dan penyesuaian bobot kelas agar kinerja model lebih merata dan andal dalam berbagai kondisi nyata di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Roy *dkk.*, “Detection of Tomato Leaf Diseases for Agro-Based Industries Using Novel PCA DeepNet,” *IEEE Access*, vol. 11, hlm. 14983–15001, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3244499.
- [2] B. S. Vidhyasagar, K. Harshagan, M. Diviya, dan S. Kalimuthu, “Prediction of Tomato Leaf Disease Plying Transfer Learning Models,” *IFIP Adv Inf Commun Technol*, vol. 683 AICT, hlm. 293–305, 2024, doi: 10.1007/978-3-031-45878-1_20.
- [3] J. Agarwal, S. Gupta, N. Sharma, dan M. Manchanda, “A CNN Method Based Predictive Model for Tomato Leaf Disease Prediction,” *Proceedings - International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences, ICTACS 2023*, hlm. 262–266, 2023, doi: 10.1109/ICTACS59847.2023.10390480.
- [4] M. Sardogan, A. Tuncer, dan Y. Ozen, “Plant Leaf Disease Detection and Classification Based on CNN with LVQ Algorithm,” *UBMK 2018 - 3rd International Conference on Computer Science and Engineering*, hlm. 382–385, Des 2018, doi: 10.1109/UBMK.2018.8566635.
- [5] K. Simonyan dan A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 2015.
- [6] M. R. Foolad, H. L. Merk, dan H. Ashrafi, “Genetics, Genomics and Breeding of Late Blight and Early Blight Resistance in Tomato,” *CRC Crit Rev Plant Sci*, vol. 27, no. 2, hlm. 75–107, Mar 2008, doi: 10.1080/07352680802147353.
- [7] R. Concepcion, S. Lauguico, E. Dadios, A. Bandala, E. Sybingco, dan J. Alejandrino, “Tomato septoria leaf spot necrotic and chlorotic regions computational assessment using artificial bee colony-optimized leaf disease index,” *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, vol. 2020-November, hlm. 1243–1248, Nov 2020, doi: 10.1109/TENCON50793.2020.9293743.

- [8] J. Abdulridha, Y. Ampatzidis, S. C. Kakarla, dan P. Roberts, "Detection of target spot and bacterial spot diseases in tomato using UAV-based and benchtop-based hyperspectral imaging techniques," *Precis Agric*, vol. 21, no. 5, hlm. 955–978, Okt 2020, doi: 10.1007/S11119-019-09703-4/METRICS.
- [9] Y. Lakhdari, E. Soldevila, J. Rezgui, dan É. Renault, "Detection of Plant Diseases in an Industrial Greenhouse: Development, Validation & Exploitation," *2023 International Symposium on Networks, Computers and Communications, ISNCC 2023*, 2023, doi: 10.1109/ISNCC58260.2023.10323932.
- [10] M. Kavaliauskas dan T. Sledevič, "Identification of Tomato Leaf Disease using YOLOv8 Detection Models on GPU and Raspberry Pi," *2024 IEEE Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences, eStream 2024 - Proceedings*, 2024, doi: 10.1109/ESTREAM61684.2024.10542533.
- [11] M. Shahriar Zaman Abid, B. Jahan, A. Al Mamun, M. Jakir Hossen, dan S. Hossain Mazumder, "Bangladeshi crops leaf disease detection using YOLOv8," *Heliyon*, vol. 10, no. 18, hlm. e36694, Sep 2024, doi: 10.1016/J.HELIYON.2024.E36694.
- [12] X. Liu, H. Lei, Y. Zhou, J. M. Feng, G. Niu, dan Y. Zhou, "Tomato leaf disease detection based on improved YOLOv8," *2024 6th International Conference on Internet of Things, Automation and Artificial Intelligence, IoTAAI 2024*, hlm. 145–150, 2024, doi: 10.1109/IOTAAI62601.2024.10692846.
- [13] S. G. E. Brucal, L. C. M. De Jesus, S. R. Peruda, L. A. Samaniego, dan E. D. Yong, "Development of Tomato Leaf Disease Detection using YoloV8 Model via RoboFlow 2.0," *GCCE 2023 - 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics*, hlm. 692–694, 2023, doi: 10.1109/GCCE59613.2023.10315251.
- [14] D. Sutaji dan O. Yıldız, "LEMOXINET: Lite ensemble MobileNetV2 and Xception models to predict plant disease," *Ecol Inform*, vol. 70, hlm. 101698, Sep 2022, doi: 10.1016/J.ECOINF.2022.101698.
- [15] A. Imtiaz, F. B. I. Swapnil, S. R. Masud, dan D. Karmaker, "Tomato leaf dataset: A dataset for multiclass disease detection and classification," *Data Brief*, vol. 60, hlm. 111520, Jun 2025, doi: 10.1016/J.DIB.2025.111520.
- [16] S. G. E. Brucal, L. C. M. De Jesus, S. R. Peruda, L. A. Samaniego, dan E. D. Yong, "Development of Tomato Leaf Disease Detection using YoloV8 Model via RoboFlow 2.0," *GCCE 2023 - 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics*, hlm. 692–694, 2023, doi: 10.1109/GCCE59613.2023.10315251.
- [17] N. K. E, K. M, P. P, A. R, dan V. S, "Tomato Leaf Disease Detection using Convolutional Neural Network with Data Augmentation," hlm. 1125–1132, Jul 2020, doi: 10.1109/ICCES48766.2020.9138030.
- [18] A. Swaroop, A. Satsangi, M. Sameer, dan G. Ahmad, "Performance Evaluation of YOLOv5 and YOLOv8 for Vehicle Detection: A Comparative Study," *2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2024*, 2024, doi: 10.1109/ICCCNT61001.2024.10723901.
- [19] "Ringkasan singkat struktur model YOLOv8 · Edisi #189 · ultralytics/ultralytics." Diakses: 4 Juni 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://github.com/ultralytics/ultralytics/issues/189>