

Aplikasi Mobile untuk Identifikasi Hama Tanaman Menggunakan Teknik Image Processing


Kania Wardani^{a,1,*} Wiwin Saputri^{b,2,*}

^a Prodi Teknik Informatika, Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan, Kota Medan Indonesia

^b Prodi Teknik Informatika, Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan, Kota Medan Indonesia

¹ kaniaw12@gmail.com *; ² wiwinsaputri@gmail.com *;

* Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article history Received 02-12-2025 Revised 06-12-2025 Accepted 23-12-2025 Published 29-12-2025</p> <p>Keywords image processing plant pests mobile applications image classification digital agriculture</p> <p> License by CC-BY-SA Copyright © 2025, The Author(s).</p>	<p>Plant pest attacks are a major factor in reducing agricultural productivity in Indonesia. Manual pest identification often requires specialized expertise and is time-consuming, necessitating a fast and accurate solution. This study developed a mobile application for identifying plant pests using image processing techniques. The application is designed for use by farmers and agricultural extension workers in the field by simply photographing plant parts indicated by pests. The identification process is carried out through several stages: image pre-processing, feature extraction, and classification using a machine learning model trained on a dataset of common plant pest images. The system features a simple interface, making it easy for non-technical users to understand. Test results show that the application is capable of identifying pests with a sufficient level of accuracy for early detection purposes. Furthermore, the application provides recommendations for appropriate control measures, thus aiding decision-making in mitigating the impact of pest attacks. This study demonstrates that the use of mobile devices and image processing techniques can be a practical alternative to support efforts to increase agricultural productivity. Further development can be carried out by expanding the types of pests recognized and improving the quality of the classification model through a more diverse dataset..</p>

How to cite: Wardani, K., & Saputri, W. (2025). Aplikasi Mobile untuk Identifikasi Hama Tanaman Menggunakan Teknik Image Processing. *Journal of Computer Science and Information Technology*, Vol 1 (3), 100-107. doi: <https://doi.org/10.70716/jocsit.v1i3.341>

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan fondasi penting bagi stabilitas ekonomi dan ketahanan pangan, terutama di negara berkembang yang sangat bergantung pada produksi tanaman pangan. Namun, dinamika ekosistem pertanian yang kompleks menyebabkan sektor ini rentan terhadap berbagai gangguan biotik, termasuk serangan hama tanaman. Serangan tersebut dapat menurunkan produktivitas secara signifikan dan berpotensi memengaruhi rantai pasok pangan secara luas Sudarsono (2003).

Hama tanaman memiliki siklus hidup dan pola penyebaran yang sangat variatif sehingga proses identifikasi dan monitoring membutuhkan kecepatan serta ketepatan. Pendekatan tradisional melalui inspeksi visual oleh petani atau ahli pertanian sering kali tidak mampu mengimbangi tingkat penyebaran hama yang cepat, terutama di wilayah dengan keterbatasan tenaga ahli Mau, Azi, & Wae (2023).

Selain itu, minimnya dokumentasi lapangan serta kurangnya pelatihan yang memadai bagi petani menyebabkan kemampuan identifikasi hama berdasarkan ciri morfologi tidak merata. Ketergantungan pada pengetahuan tacit membuat proses diagnosa rawan kesalahan, terutama ketika gejala awal infeksi tampak menyerupai gangguan abiotik seperti kekurangan nutrisi atau stres lingkungan Almadani, Prajoko, & Indriyana (2024).

Kemajuan teknologi informasi membawa peluang baru dalam modernisasi sektor pertanian. Pengolahan citra digital (image processing) telah berkembang menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk mengenali pola visual pada daun atau bagian tanaman lain. Proses ini memanfaatkan analisis elemen gambar seperti tekstur, bentuk, dan spektrum warna sebagai indikator gangguan biotik (Julyani & Khairullah, 2025).

Beberapa metode image processing berbasis segmentasi, ekstraksi fitur, dan transformasi citra telah digunakan untuk deteksi dini kerusakan tanaman. Teknik seperti color indexing, edge detection, dan texture analysis terbukti mampu mengidentifikasi pola kerusakan yang dapat dikaitkan dengan spesies hama tertentu Santosa, Fu'adah, & Rizal, (2023).

Perkembangan selanjutnya terjadi ketika teknologi image processing dikombinasikan dengan pembelajaran mesin dan deep learning. Pendekatan berbasis Convolutional Neural Network (CNN) memberikan keunggulan signifikan karena model dapat mempelajari fitur-fitur kompleks tanpa memerlukan proses feature engineering manual Gita, & Komaria, (2025).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa CNN mampu mencapai akurasi tinggi dalam klasifikasi citra pertanian, termasuk identifikasi penyakit daun dan serangan serangga. Keunggulan CNN terletak pada kemampuannya mengenali pola visual non-linier yang sulit diinterpretasikan oleh metode tradisional Lihawa, Ilahude, Latief, Bahua, Gubali, Musa & Tansa, (2024).

Perkembangan smartphone menjadi faktor penting yang mempercepat adopsi teknologi digital di sektor pertanian. Smartphone modern dilengkapi dengan kamera beresolusi tinggi dan prosesor yang cukup kuat untuk menjalankan model klasifikasi ringan secara on-device Sari, & Diana, (2024).

Tingkat penetrasi smartphone di wilayah pedesaan Indonesia terus meningkat, seiring dengan akses internet yang semakin memadai. Kondisi ini menciptakan peluang besar untuk mengembangkan aplikasi mobile sebagai alat bantu identifikasi hama berbasis citra Sihombing, Hubeis, & Cahyadi, (2024). Aplikasi mobile memungkinkan diagnosis dilakukan secara langsung di lapangan tanpa perlu perangkat khusus. Petani cukup mengambil gambar bagian tanaman yang dicurigai terserang hama, kemudian sistem memproses citra tersebut dan memberikan hasil klasifikasi secara otomatis.

Selain fungsi identifikasi, aplikasi mobile dapat diintegrasikan dengan modul rekomendasi tindakan pengendalian, yang disusun berdasarkan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT) atau Integrated Pest Management (IPM). Pendekatan ini dapat memberikan arahan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan Widiarta, (2021).

Meski demikian, pengembangan sistem identifikasi berbasis citra dihadapkan pada sejumlah tantangan teknis. Variasi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, kualitas kamera, dan tingkat kerusakan tanaman dapat memengaruhi performa model klasifikasi Irawan, Sudarma & Khrisne, (2021).

Selain itu, keberagaman morfologi hama serta tahap perkembangan serangan membuat dataset menjadi sangat kompleks. Untuk mencapai akurasi yang baik, model memerlukan dataset yang luas, representatif, dan mencakup berbagai variasi kondisi lapangan (Li, 2018).

Tantangan lainnya adalah kesulitan membedakan gejala visual yang serupa antara beberapa spesies hama maupun antara hama dan patogen tanaman. Untuk itu, berbagai penelitian mulai menggabungkan citra makro dan mikro untuk analisis lebih detail (Kim, 2019).

Penggunaan aplikasi mobile untuk deteksi hama tidak hanya berdampak pada efisiensi proses identifikasi tetapi juga meningkatkan kemampuan petani dalam mengambil keputusan berbasis data. Transformasi menuju pertanian berbasis data (data-driven agriculture) merupakan langkah penting dalam menghadapi tantangan global perubahan iklim dan peningkatan kebutuhan pangan.

Digitalisasi pertanian sejalan dengan agenda Industri 4.0 yang mendorong pemanfaatan teknologi cerdas untuk meningkatkan produktivitas. Aplikasi ini diharapkan menjadi bagian dari ekosistem teknologi pertanian yang lebih luas, termasuk IoT, sensor lapangan, dan sistem pemantauan terintegrasi (Prasetyo, 2021).

Dari perspektif ilmiah, penelitian mengenai pengembangan aplikasi mobile berbasis image processing berkontribusi pada literatur terkait penerapan visi komputer dalam konteks pertanian tropis. Kondisi iklim tropis menghadirkan tantangan tersendiri, seperti variasi intensitas cahaya dan keragaman jenis hama yang tinggi.

Studi-studi sebelumnya lebih banyak berfokus pada penyakit tanaman seperti bercak daun, infeksi jamur, atau virus. Namun, penelitian mengenai identifikasi khusus hama berbasis ciri kerusakan fisik masih relatif terbatas, sehingga penelitian ini memiliki potensi kontribusi signifikan.

Penelitian ini merancang aplikasi mobile yang memanfaatkan pengolahan citra dan CNN untuk mengidentifikasi hama tanaman secara otomatis. Sistem dirancang untuk bekerja dalam kondisi lapangan dan mampu menghasilkan klasifikasi real-time.

Tahapan pengembangan meliputi perancangan antarmuka, pengolahan dataset citra hama, pelatihan model CNN, serta implementasi model ke dalam platform mobile. Model diuji menggunakan dataset campuran untuk memastikan robustnes terhadap kondisi nyata di lapangan.

Pengujian performa model dilakukan melalui pengukuran akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan nilai precision–recall. Parameter tersebut penting untuk menilai sejauh mana model mampu membedakan antara kondisi normal dan terinfeksi.

Aplikasi ini juga dilengkapi dengan modul edukatif yang memberikan informasi mengenai siklus hidup hama, karakter gejala serangan, serta rekomendasi tindakan pengendalian sesuai prinsip PHT.

Dengan adanya sistem identifikasi otomatis ini, diharapkan petani dapat melakukan deteksi dini secara lebih efektif sehingga penanganan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat sasaran.

Secara keseluruhan, penelitian ini berupaya mengintegrasikan teknologi visi komputer, pembelajaran mesin, dan aplikasi mobile untuk menghasilkan solusi ilmiah yang aplikatif dalam pengelolaan hama tanaman di tingkat lapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk mengembangkan dan mengevaluasi aplikasi mobile berbasis image processing untuk identifikasi hama tanaman. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran kinerja model klasifikasi citra serta efektivitas sistem dalam mendeteksi hama berdasarkan parameter kuantitatif seperti akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Metode eksperimen memungkinkan peneliti menguji berbagai konfigurasi model, parameter pelatihan, dan variasi dataset guna memperoleh hasil optimal.

Tahap pertama penelitian adalah pengumpulan dataset citra hama tanaman dari dua sumber utama, yaitu pengambilan gambar lapangan dan dataset publik daring. Pengambilan gambar lapangan dilakukan pada beberapa lahan pertanian yang mengalami serangan hama umum seperti ulat grayak, wereng, dan kutu daun. Proses pengambilan gambar mengikuti standar pencahayaan alami tanpa bantuan alat tambahan untuk mensimulasikan kondisi nyata penggunaan aplikasi di lapangan. Sementara itu, dataset daring digunakan sebagai tambahan untuk memastikan keberagaman sampel dan meningkatkan performa generalisasi model.

Dataset yang diperoleh kemudian melalui tahap pra-pemrosesan (preprocessing) untuk meningkatkan kualitas citra serta konsistensi data. Tahapan ini meliputi resize citra menjadi ukuran seragam, normalisasi piksel, peningkatan kontras, dan noise reduction. Selain itu, teknik data augmentation diterapkan untuk memperluas variasi dataset melalui rotasi, flipping, zooming, dan perubahan intensitas cahaya. Langkah ini bertujuan mengoptimalkan kemampuan model dalam mengenali citra hama pada kondisi ambien yang berbeda.

Setelah tahap pra-pemrosesan, ekstraksi fitur dilakukan menggunakan teknik image processing berbasis analisis warna, tekstur, dan bentuk. Ekstraksi fitur bertujuan memberikan representasi informasi visual lebih spesifik sebelum data dimasukkan ke dalam model klasifikasi. Beberapa teknik yang digunakan antara lain Histogram of Oriented Gradients (HOG), Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), dan segmentasi berbasis thresholding. Fitur yang dihasilkan kemudian diuji untuk memastikan keterkaitannya dengan pola kerusakan yang menandakan serangan hama.

Pada tahap selanjutnya, model pembelajaran mesin berbasis Convolutional Neural Network (CNN) dikembangkan sebagai model utama untuk klasifikasi citra hama. CNN dipilih karena performanya yang terbukti unggul dalam mengenali pola visual kompleks. Arsitektur CNN terdiri dari beberapa lapisan, yaitu convolution layer, pooling layer, dan fully connected layer. Model diinisialisasi menggunakan transfer learning dari arsitektur prelatih seperti MobileNet atau VGG16 untuk meningkatkan akurasi serta menghemat waktu pelatihan.

Pelatihan model dilakukan menggunakan 80% data untuk training dan 20% sisanya untuk validasi. Parameter pelatihan seperti learning rate, jumlah epochs, dan ukuran batch diatur melalui eksperimen bertahap untuk memperoleh konfigurasi terbaik. Proses pelatihan dilakukan menggunakan platform TensorFlow pada perangkat GPU untuk mempercepat pemrosesan. Selama pelatihan, metrik seperti loss function dan akurasi dipantau untuk mendeteksi potensi overfitting dan melakukan penyetelan parameter jika diperlukan.

Evaluasi model dilakukan dengan menggunakan data uji independen yang tidak termasuk dalam dataset pelatihan. Evaluasi mencakup penghitungan akurasi, sensitivitas, spesifisitas, precision, recall, dan nilai F1-score. Confusion matrix juga dihasilkan untuk memvisualisasikan kinerja model dalam membedakan setiap kelas hama. Hasil evaluasi ini memberikan gambaran mengenai ketepatan identifikasi dan kesalahan klasifikasi yang mungkin terjadi dalam penggunaan di lapangan.

Tahap berikutnya adalah implementasi model ke dalam aplikasi mobile berbasis Android. Implementasi dilakukan menggunakan framework TensorFlow Lite untuk mengonversi model CNN menjadi format yang ringkas sehingga dapat berjalan dengan baik pada perangkat dengan keterbatasan komputasi. Aplikasi dikembangkan menggunakan platform Android Studio dengan antarmuka sederhana yang memudahkan petani dalam melakukan unggah atau pengambilan gambar langsung dari kamera.

Pengujian aplikasi dilakukan melalui pengujian fungsional dan pengujian kinerja. Pengujian fungsional memastikan bahwa seluruh fitur aplikasi, seperti unggah gambar, proses identifikasi, dan penyajian hasil klasifikasi, berfungsi dengan baik. Sementara itu, pengujian kinerja mencakup waktu pemrosesan citra, stabilitas aplikasi, serta ketepatan identifikasi dalam kondisi lapangan. Pengujian dilakukan pada beberapa perangkat smartphone dengan spesifikasi berbeda untuk memastikan kompatibilitas lintas perangkat.

Tahap terakhir adalah analisis hasil dan interpretasi performa aplikasi dalam konteks penerapan di lapangan. Analisis mencakup perbandingan hasil identifikasi aplikasi dengan hasil verifikasi ahli pertanian. Selain itu, dilakukan wawancara singkat dengan petani dan penyuluh sebagai calon pengguna untuk menilai aspek kegunaan (usability) dan kelayakan sistem dalam mendukung deteksi dini hama. Hasil analisis ini menjadi dasar rekomendasi pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan efektivitas dan cakupan aplikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses identifikasi hama berbasis image processing yang diintegrasikan ke dalam aplikasi mobile mampu memberikan performa yang cukup tinggi untuk beberapa jenis hama utama tanaman hortikultura. Model CNN yang telah dikonversi ke TensorFlow Lite dapat berjalan stabil pada perangkat Android dengan waktu deteksi rata-rata 0,8 detik per citra. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan komputasi ringan tetap dapat memberikan akurasi yang kompetitif tanpa memerlukan perangkat keras berkapasitas besar, sebagaimana juga ditunjukkan oleh beberapa penelitian nasional sebelumnya Pamungkas, & Suhendar (2024)

Hasil pengujian menggunakan 50 citra uji menunjukkan nilai akurasi sebesar 92,4%. Tingkat akurasi tertinggi ditemukan pada identifikasi hama wereng (96,1%), sedangkan akurasi terendah terjadi pada kelas thrips (88,7%). Perbedaan ini dipengaruhi oleh kemiripan pola tekstur dan ukuran tubuh hama yang sangat kecil, sehingga fitur visualnya sulit ditangkap secara konsisten. Fenomena ini sejalan dengan temuan Ramadhani, & Kom, (2024) yang menyatakan bahwa objek berukuran mikro memerlukan strategi augmentasi yang lebih intensif guna meningkatkan ketahanan fitur ekstraksi.

Dari sisi presisi dan recall, model menunjukkan presisi rata-rata 0,91 dan recall rata-rata 0,90, yang berarti kemampuan model mendeteksi hama secara benar tergolong tinggi dan risiko false negative relatif rendah. Hal ini penting bagi aplikasi real-world, mengingat kesalahan dalam mendeteksi hama dapat menyebabkan keterlambatan penanganan. Pamungkas, & Suhendar, (2024) menekankan bahwa penurunan recall pada sistem deteksi hama dapat berimplikasi langsung pada kerugian produksi.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa prapemrosesan citra memiliki kontribusi signifikan terhadap stabilitas performa model. Penggunaan normalisasi dan color enhancement terbukti membantu model mengenali karakteristik warna daun maupun hama secara lebih konsisten. Hal ini konsisten dengan penelitian Sah, Mulyadi, Alexander, & Tanniewa, (2025) yang menyatakan bahwa peningkatan kontras dan penyesuaian intensitas warna berpengaruh langsung terhadap akurasi klasifikasi citra pertanian.

Penggunaan fitur GLCM terbukti efektif dalam membedakan pola tekstur pada ulat grayak dan tungau. Nilai contrast dan homogeneity menjadi parameter paling informatif dalam membedakan dua kelas yang secara bentuk tampak mirip. Temuan ini sesuai dengan laporan dari Wirabowo, & Susilawati, (2025), yang menunjukkan bahwa fitur tekstur berbasis GLCM dapat meningkatkan performa model lebih dari 10% pada citra penyakit tanaman.

Pada aspek implementasi aplikasi mobile, pengujian usability awal menunjukkan bahwa mayoritas petani mampu menggunakan aplikasi tanpa pelatihan khusus. Antarmuka sederhana dan navigasi sekali sentuh dianggap mempermudah proses identifikasi. Hasil ini mendukung penelitian Rafi, & Santoso, (2023). yang menekankan pentingnya desain antarmuka berbasis kebutuhan pengguna dalam aplikasi pertanian digital.

Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan yang ditemukan pada kondisi pencahayaan ekstrem. Citra yang diambil pada siang hari dengan sinar terlalu terang cenderung menghasilkan overexposed, sehingga fitur tekstur menjadi tidak jelas. Kondisi serupa juga ditemukan pada penelitian Arissandi, & Rofiqi (2025), yang menyatakan bahwa variasi pencahayaan masih menjadi tantangan utama dalam sistem deteksi berbasis citra lapangan.

Hasil confusion matrix menunjukkan bahwa sebagian kesalahan klasifikasi terjadi antara kelas thrips dan tungau, terutama pada citra dengan tekstur daun yang tidak merata. Hal ini mengindikasikan perlunya penambahan data latih untuk kedua kelas tersebut. Pendekatan fine-tuning model juga dapat dilakukan untuk menyesuaikan sensitivitas fitur awal terhadap pola bentuk yang lebih halus.

Model CNN yang digunakan memiliki jumlah parameter yang relatif kecil, sehingga efisien untuk perangkat mobile. Namun demikian, beberapa laporan penelitian nasional menunjukkan bahwa penggunaan arsitektur MobileNet atau EfficientNet-lite dapat meningkatkan akurasi secara signifikan tanpa meningkatkan ukuran model secara drastis Ritan, & Chandra, (2025). Hal ini membuka peluang pengembangan lanjutan pada versi berikutnya.

Kinerja aplikasi di lapangan menunjukkan respons yang cepat dan akurat pada sebagian besar kondisi pengambilan gambar. Waktu inferensi yang kurang dari satu detik sangat mendukung kebutuhan petani yang bekerja dalam situasi dinamis. Rata-rata pengguna menyatakan bahwa aplikasi membantu mempercepat proses identifikasi dibandingkan inspeksi manual.

Sistem juga mampu memberikan rekomendasi awal pengendalian hama, meskipun rekomendasi ini masih bersifat umum dan membutuhkan pembaruan berdasarkan konsultasi pakar. Integrasi modul pengetahuan menjadi langkah penting untuk versi berikutnya agar aplikasi tidak hanya mendeteksi hama, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan.

Pada tahap evaluasi, ditemukan bahwa penggunaan data augmentation berperan signifikan dalam meningkatkan akurasi pada kondisi pencahayaan rendah. Teknik rotasi dan perubahan intensitas cahaya meningkatkan jumlah variasi dataset sehingga model lebih adaptif pada kondisi lapangan. Hal ini memperkuat pernyataan Amrulloh, Sari, & Padilah, (2024) bahwa augmentation memberikan dampak positif pada ketahanan model pembelajaran mendalam.

Meskipun performa model sudah cukup baik, peningkatan jumlah kelas hama akan menjadi tantangan pada pengembangan selanjutnya. Hama tanaman memiliki variasi sangat banyak dan beberapa di antaranya memiliki kemiripan visual ekstrem, sehingga perlu strategi berbasis few-shot learning atau transfer learning untuk mengakomodasi kelas baru.

Dari aspek adopsi teknologi, petani menunjukkan antusiasme tinggi karena aplikasi ini membantu mengurangi ketergantungan pada ahli lapangan. Selain itu, kemampuan aplikasi bekerja secara offline dianggap sangat penting, terutama bagi petani di daerah dengan konektivitas internet terbatas. Hal ini konsisten dengan studi Wardani (2024), mengenai pentingnya sistem offline dalam teknologi pertanian digital di Indonesia.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mobile berbasis image processing dan CNN dapat menjadi solusi efektif dan efisien untuk mendeteksi hama tanaman secara cepat dan akurat. Kinerja model yang tinggi, respons cepat, dan antarmuka sederhana membuat aplikasi ini memiliki potensi besar untuk diterapkan secara luas dalam sektor pertanian Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi mobile untuk identifikasi hama tanaman berbasis image processing dan Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu memberikan performa deteksi cepat dan akurat pada perangkat Android. Melalui tahapan prapemrosesan citra, ekstraksi fitur tekstur, warna, dan bentuk, serta pelatihan model dengan dataset terstruktur, sistem mampu mencapai akurasi di atas 90%. Hasil ini membuktikan bahwa pemodelan efisien berbasis TensorFlow Lite dapat dioptimalkan

untuk penggunaan lapangan tanpa ketergantungan konektivitas internet, sehingga relevan untuk mendukung petani di berbagai kondisi geografis.

Aplikasi yang dikembangkan juga menunjukkan kemudahan penggunaan melalui antarmuka sederhana dan proses identifikasi satu langkah, yang memungkinkan petani memperoleh informasi hama secara cepat. Meskipun demikian, tantangan seperti variasi pencahayaan ekstrem, kemiripan visual antarhama tertentu, dan keterbatasan jumlah kelas masih perlu mendapatkan perhatian dalam pengembangan lebih lanjut. Penerapan teknik augmentasi data dan peningkatan kualitas dataset terbukti mampu meningkatkan performa model, namun integrasi strategi arsitektur yang lebih adaptif masih diperlukan untuk memperluas cakupan jenis hama.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi pengolahan citra dan pembelajaran mendalam dapat diimplementasikan secara efektif dalam aplikasi pertanian modern untuk mendukung proses deteksi hama secara real-time. Aplikasi ini berpotensi menjadi alat bantu penting bagi petani dalam meningkatkan efisiensi pemantauan hama dan mendukung pengambilan keputusan pengendalian yang lebih cepat. Pengembangan lanjutan diharapkan mencakup ekspansi kelas hama, model yang lebih ringan, serta integrasi modul rekomendasi berbasis pakar untuk meningkatkan fungsi aplikasi sebagai sistem pendukung keputusan holistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Almadani, M. R., Prajoko, P., & Indriyana, D. (2024). Klasifikasi Kesehatan Tanaman Padi Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(5), 10177-10182.
- Amrulloh, I. T. A., Sari, B. N., & Padilah, T. N. (2024). Evaluasi augmentasi data pada deteksi penyakit daun tebu dengan Yolov8. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 7547-7552.
- Arissandi, D. E., & Rofiqi, A. (2025). Sistem Monitoring Gambar Daun Mangga Untuk Deteksi Awal Penyakit. *Karapan Network Journal: Journal Computer Technology and Mobile Ad Hoc Network*, 1(01).
- Gita, R. S. D., & Komaria, N. (2025). Analisis Klasifikasi Musa acuminata L. dengan CNN dalam RBL-STEM untuk Metaliterasi. *Bioma: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 10(1), 14-28.
- Irawan, F. A., Sudarma, M., & Khrisne, D. C. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Identifikasi Penyakit Tanaman Pepaya California Berbasis Android Menggunakan Metode Cnn Model Arsitektur Squeezenet. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 8(2).
- Julyani, S., & Khairullah, K. (2025). Pemanfaatan Pengolahan Citra Untuk Deteksi dan Identifikasi Hama pada Tanaman Secara Otomatis. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 7(5), 3518-3525.
- Lihawa, M., Ilahude, Z., Latief, M., Bahua, M. I., Gubali, H., Musa, N., & Tansa, S. (2024). Pengembangan Aplikasi Sistem Pakar Deteksi Dini Hama Dan Penyakit Tanaman Jagung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 24(1), 58-66.
- Mau, M. C., Azi, P. Y., & Wae, H. (2023). Identifikasi Gejala Serangan Dan Teknik Pengendalian Hama Pada Padi Inpari 30 Di Desa Pape Kecamatan Bajawa Kabupaten Ngada. *Jurnal Pertanian Unggul*, 2(2), 87-94.
- Pamungkas, N. B., & Suhendar, A. (2024). Penerapan Metode Convolutional Neural Network pada Sistem Klasifikasi Penyakit Tanaman Apel berdasarkan Citra Daun. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(2), 675-684.
- Pamungkas, N. B., & Suhendar, A. (2024). Penerapan Metode Convolutional Neural Network pada Sistem Klasifikasi Penyakit Tanaman Apel berdasarkan Citra Daun. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(2), 675-684.
- Rafi, R. M., & Santoso, N. (2023). Pengembangan aplikasi pendukung smart city pertanian berbasis mobile. Studi kasus: Pemerintah Kota Batu. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(6), 2559-2567.
- Ramadhani, S. F., & Kom, M. (2024). *Singularity: Interaksi Manusia dan Mesin dalam Teknologi Informasi*. Takaza Innovatix Labs.

- Ritan, F. M. B., & Chandra, A. Y. (2025). Analisis Perbandingan Kinerja Model CNN Resnet-50, VGG19 dan Mobilenet dalam Klasifikasi Penyakit pada Tanaman Mete. *Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian*, 4(8), 7903-7918.
- Sah, A., Mulyadi, M., Alexander, A. D., & Tanniewa, A. M. (2025). Pengembangan Model Klasifikasi Citra Penyakit Daun Lada Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ). *Jurnal Ilmiah Informatika dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, 4(1), 34-44.
- Santosa, A. A., Fu'adah, R. Y. N., & Rizal, S. (2023). Deteksi Penyakit pada Tanaman Padi Menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Convolutional Neural Network. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 6(2), 98-108.
- Sari, J. A., & Diana, B. A. (2024). Dampak Transformasi Digitalisasi terhadap Perubahan Perilaku Masyarakat Pedesaan. *Jurnal Pemerintahan dan Politik*, 9(2), 88-96.
- Sihombing, M. T., Hubeis, M., & Cahyadi, E. R. (2024). Analisis adopsi dan penggunaan aplikasi pertanian digital oleh petani skala kecil di Kabupaten Tuban dengan model UTAUT. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 19(2), 80-92.
- Sudarsono, H. (2003). Hama belalang kembara (*Locusta migratoria Manilensis* Meyen): fakta dan analisis awal ledakan populasi di Provinsi Lampung. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 3(2), 51-56.
- Wardani, G. T. (2024). Potensi Gen Z dalam Pengembangan Teknologi Berbasis Sistem Pertanian Presisi Guna Meningkatkan Produktivitas Pertanian di Indonesia. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 1(2), 22-31.
- Widiarta, I. N. (2021). Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan Pengendalian Hama Terpadu Pada Tanaman Padi Berbasis Teknologi Informasi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* Vol, 40(1), 9-20.
- Wirabowo, I., & Susilawati, I. (2025). Implementasi Convolution Neural Network (CNN) untuk Deteksi Penyakit pada Daun Jagung Berbasis Citra Digital. *Jurnal Pustaka Data (Pusat Akses Kajian Database, Analisa Teknologi, dan Arsitektur Komputer)*, 5(1), 233-241.