

## **Artificial Intelligence dalam Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman**

### **Artificial Intelligence in Pest and Disease Management**

**Siti Herlinda**<sup>1,2\*)</sup>, Yossi Aprian Nursalim<sup>3</sup>, Erise Anggraini<sup>1,4</sup>, Ghita Athalina<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal (PUR-PLSO), Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Magister Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>5</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>6</sup>Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>\*)</sup>Penulis untuk korespondensi: [sitiherlinda@unsri.ac.id](mailto:sitiherlinda@unsri.ac.id)

**Sitasi:** Herlinda, S., Nursalim, Y.A., Anggraini, E., & Athalina, G. (2024). Artificial intelligence in pest and disease management. *In: Herlinda S et al. (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024, Palembang 21 Oktober 2024.* (pp. 27–47). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

### **ABSTRACT**

The article reviews the developments of artificial intelligence (AI) in the control of pests and diseases in agriculture. Artificial intelligence refers to the ability of digital computers or computer-controlled robots to do activities typically associated with human intelligence by emulating cognitive functions. At present, artificial intelligence is employed across various sectors, including healthcare, education, and agriculture. In agriculture, AI has been used as a mechanism for pest and disease management in plants. AI offers advantages due to its labor-saving efficiency, targeted effectiveness, and sustainability, as it ensures safety for users, the environment, and the items manufactured. Robots, in conjunction with sensors, satellites, and drones, can precisely detect symptoms and coloration of diseased plants and those infested by pests. This AI can precisely identify an appropriate methods to control plant pests and diseases. AI can facilitate routine processes in integrated pest management, such as monitoring ecosystems (biotic and abiotic factors) and determining the right timing and methods for control, thereby achieving sustainable pest management.

---

Keywords: drone, computer, robot, satellite, and sensor

### **ABSTRAK**

Tulisan ini mengulas tentang perkembangan artificial intelligence atau kecerdasan buatan (AI) untuk pengelolaan hama dan penyakit tanaman. AI merupakan sebuah konsep kecerdasan atau kemampuan komputer digital atau robot yang dilatih menggunakan kumpulan data dengan meniru konsep jaringan saraf pusat, agar dapat melakukan maupun membantu tugas-tugas manusia. Saat ini AI telah diimplementasikan di banyak bidang,

*Editor: Siti Herlinda et. al.*

*ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)*

*Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)*

misalnya kesehatan, pendidikan, pertanian. Dalam bidang pertanian, AI telah digunakan sebagai alat dalam pengendalian hama dan penyakit pada tanaman. AI memiliki keunggulan karena dengan efisiensi yang tinggi dapat menghemat tenaga kerja, efektif lebih tepat sasaran, dan berkelanjutan karena aman bagi pengguna, lingkungan dan produk yang dihasilkan. Robot bersama dengan sensor, satelit, dan *drone* dapat mengidentifikasi secara akurat berdasarkan gejala/warna tanaman sakit dan terserang hama. Lalu, AI secara akurat dapat memutuskan teknik pengendalian yang tepat untuk mengendalikan hama dan penyakit tersebut. AI dapat memfasilitasi proses rutin dalam pengendalian hama terpadu, misalnya pemantauan ekosistem (faktor biotik dan abiotik) dan menentukan waktu dan metode yang tepat dalam mengendalikan sehingga tercapai pengendalian hama yang berkelanjutan.

---

Kata kunci: *drone*, komputer, robot, satelit, dan sensor

## PENDAHULUAN

*Artificial intelligence* (AI) merupakan bidang ilmu komputer tertua dan sangat luas, menangani semua aspek peniruan fungsi kognitif untuk pemecahan masalah dunia nyata dan membangun sistem belajar dan berpikir seperti manusia (Holzinger *et al.*, 2019). Teknologi AI sudah banyak diterapkan di bidang pertanian. Penerapan AI telah banyak digunakan untuk menghadapi berbagai tantangan di bidang pertanian seperti untuk memaksimalkan hasil panen dengan cara mendeteksi awal kelainan nutrisi tanah dan air, rekomendasi untuk pengolahan tanah dan irigasi, deteksi awal serangan hama dan penyakit (Eli-Chukwu, 2019). Akan tetapi, ada beberapa tantangan dalam penggunaan teknologi berbasis AI seperti akurasi sistem AI sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas data yang tersedia sehingga jika data kurang atau tidak representatif, hasil analisis bisa jadi tidak tepat (McFarland & McFarland, 2015). Selain itu, penerapan teknologi AI bisa memerlukan investasi awal yang tinggi, baik dalam hal perangkat keras, perangkat lunak, maupun pelatihan sumber daya manusia (Pillai & Sivathanu, 2020). Meskipun AI dapat membantu dalam identifikasi kekurangan nutrisi tanaman, deteksi serangan hama dan penyakit tanaman, ada kemungkinan terjadinya kesalahan dalam mendeteksi terutama apabila ada *noise* dan *background* pada daun, akar, tanah yang dideteksi (Jafar *et al.*, 2024). Akan tetapi, AI memiliki potensi besar dalam bidang pengendalian hama dan penyakit tanaman.

AI telah banyak diterapkan dalam bidang pengendalian hama dan penyakit tanaman. AI dapat membantu dalam deteksi dini hama dan penyakit melalui analisis gambar dan sensor, sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan sebelum infestasi menyebar. Teknologi AI menggunakan deep convolutional neural networks (DCNN) untuk mendeteksi penyakit dan hama pisang telah berhasil dilakukan untuk membantu petani (Selvaraj *et al.*, 2019). Selain itu, AI dapat membantu mengoptimalkan irigasi dan penggunaan pestisida dan herbisida dengan menentukan waktu dan jumlah aplikasi yang tepat (Talaviya *et al.*, 2020). Teknologi AI dapat digunakan dalam drone dan sensor untuk memantau kesehatan tanaman secara real-time, memberikan informasi yang akurat tentang kondisi lapangan seperti kondisi tanah, status air tanaman, keberadaan spesies serangga (Venverloo & Duarte, 2024), dan faktor lingkungan, antara lain, yang akhirnya dapat menghasilkan pengambilan keputusan berbasis data untuk mengoptimalkan irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama (Fuentes-Peñailillo *et al.*, 2024; Abbas *et al.*, 2023).

AI memiliki peran penting dalam bidang pengendalian hama dan penyakit tanaman. Pemanfaatan AI di sektor pertanian memberikan sejumlah keuntungan yang dapat

meningkatkan produktivitas, meningkatkan kualitas hasil panen. Penggunaan AI untuk deteksi awal dan identifikasi hama dan penyakit dapat membantu mencegah penyebaran penyakit dan hama yang berakibat menurunkan produksi tanaman. Selain itu, penggunaan aplikasi berbasis AI juga mampu mengidentifikasi jumlah dan waktu yang tepat untuk pengendalian hama menggunakan pestisida sehingga pemakaian pestisida bisa lebih efisien. Selain itu, teknologi AI memungkinkan pemantauan kesehatan tanaman melalui drone atau sensor tanah sehingga dapat memberikan rekomendasi yang lebih detail tentang kebutuhan nutrisi tanaman, dan pemberian pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman. Singkatnya, penerapan aplikasi berbasis AI dapat membantu mengurangi kerugian akibat hama dan penyakit, sehingga dapat membantu petani meningkatkan hasil pertanian.

### ***Artificial Intelligence dalam Agriculture***

*Artificial Intelligence* dalam bidang pertanian saat ini perlu dilakukan dalam memperoleh hasil yang maksimal dalam panen (*Harvesting*), *Artificial intelligence* hadir dalam kemampuannya dalam mengatasi permasalahan pertanian seperti identifikasi kekurangan unsur hara pada tanaman dan serangan hama dan penyakit tanaman (Sujawat & Chouhan, 2021).

Keunggulan *Artificial intelligence* dalam mengidentifikasi hama dan penyakit tumbuhan secara real time dapat efisien dan akurat sehingga mencegah kerugian yang besar, identifikasi penyakit tanaman secara detail perlu dilakukan PCR (*Polymerase Chain Reaction Test*) (Ramcharan *et al.*, 2019). Pada era sekarang dengan pertanian 4.0 teknik pengendalian hama dan penyakit perlu system komunikasi dan informasi secara cepat dan akurat sebagai langkah dalam pengambilan keputusan untuk menentukan pengendalian secara kompatibel dengan memanfaatkan pendekatan PHT agar tidak mengalami kerugian secara ekonomis (Widiarta, 2021). Umumnya *Artificial intelligence* pada bidang pertanian teknik berbasis pembelajaran mesin dan pemrosesan citra (Singh *et al.*, 2021).

### ***Artificial Intelligence dalam Proteksi Tanaman***

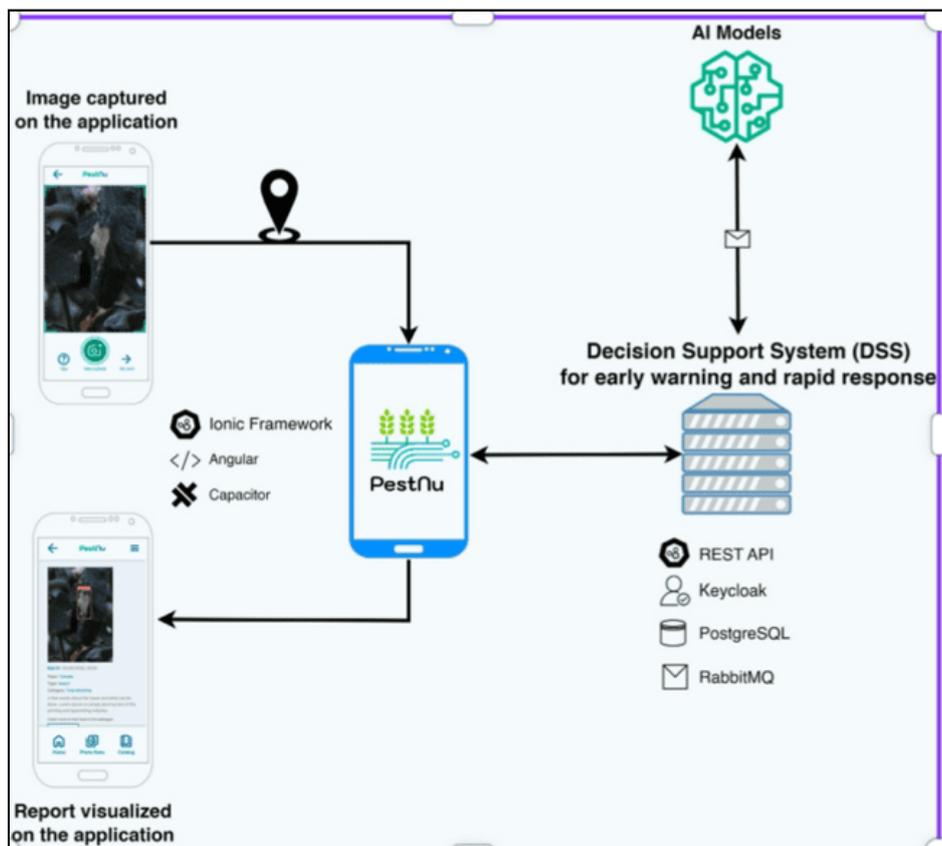
#### ***a) Artificial Intelligence dalam Plant Disease***

Implementasi *Artificial Intelligence* dalam bidang penyakit tanaman saat ini salah satunya mengacu pada penginderaan dan analisis gambar menggunakan kamera *handphone* dalam sistem tersebut daun tanaman langsung tersegmentasi sehingga akan muncul prediksi hasil tanaman yang sakit dan sehat (Sujawat & Chouhan, 2021). Dalam kondisi tanaman terkena virus dengan gejala yang mirip antar penyakit tanaman dalam mengidentifikasi penyakit tanaman perlu dilakukan uji dengan PCR (*Polymerase Chain Reaction Test*) test (Ramcharan *et al.*, 2019).

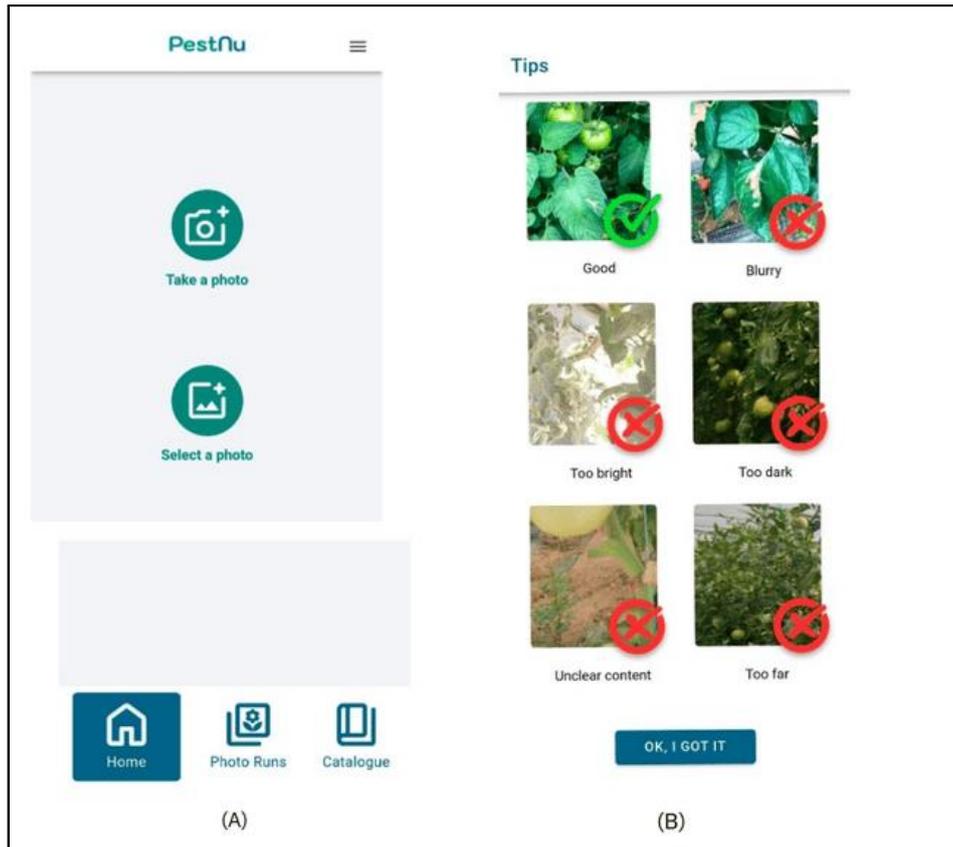
Serangan penyakit tanaman meliputi virus, bakteri, jamur dapat menyerang bagian tanaman yang meliputi batang, akar dan daun. Perkembangan penyakit yang cepat dapat menyebabkan kerugian yang besar pada pertanian skala besar (Jafar *et al.*, 2024). Hal yang dapat dilakukan oleh kecerdasan buatan (*Artificial intelligence*) memiliki keterbatasan dalam mengidentifikasi penyakit apabila ada kemiripan, misalnya penyakit kuning daun yang disebabkan oleh virus pada cabai dan kuningnya yang disebabkan oleh jamur sehingga identifikasi dilanjutkan pada tahap isolasi dan identifikasi di laboratorium, kumpulan pada kecerdasan buatan harus memiliki ribuan gambar dari berbagai perspektif sehingga AI akan bekerja dengan maksimal dengan akurat sampai dengan 100% (Jafar *et al.*, 2024). Deteksi penyakit pada tanaman menggunakan AI memungkinkan intervensi yang cepat seperti penerapan pengendalian menggunakan pestisida yang tepat (SM & Chandrappa, 2023).

### **Aplikasi seluler PestNu dalam mengendalikan Hama Tanaman Tomat *Tuta Absoluta***

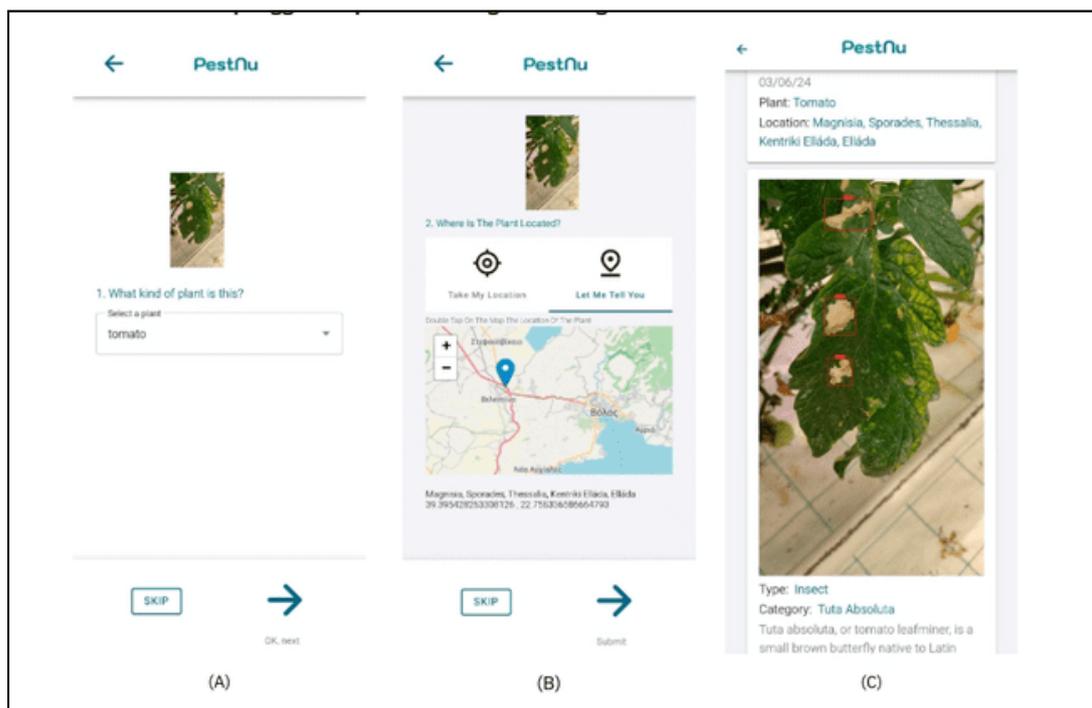
Aplikasi *PestNu* yang dirancang untuk kemudahan petani, pertama dengan membuat akun sehingga dapat login. Petani dapat menggunakan aplikasi ini dengan memotret langsung atau memilih gambar yang difoto sebelumnya pada galeri foto, dalam aplikasi ini juga dilengkapi panduan sehingga hasil tangkapan kamera dapat diidentifikasi secara akurat gambar 2a. Setelah mengunggah hasil penyakit tanaman yang ada, petani dapat menentukan spesies tanaman gambar dan lokasi gambar 3a.b. Gambar yang sudah diunggah kemudian di kirimkan oleh server dan AI akan menerjemahkan hama dan penyakit tersebut dengan model AI yang digunakan adalah *Decision Support Sytem (DSS)*. Kemudian pengguna dapat melihat hasil dari deteksi pengguna dapat melihat gambaran singkat tentang pengendalian yang dapat dilakukan (Christakakis *et al.*, 2024) (Gambar 1).



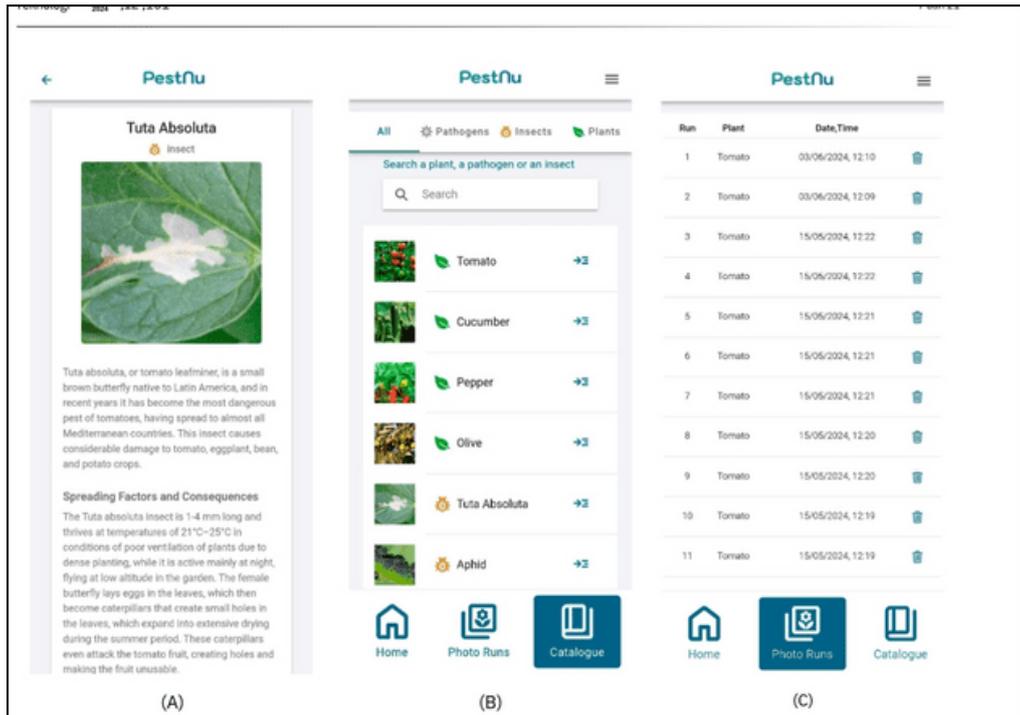
Gambar 1. Alur dari sistem AI dalam memprediksi hasil identifikasi hama dan penyakit tumbuhan (Christakakis *et al.*, 2024)



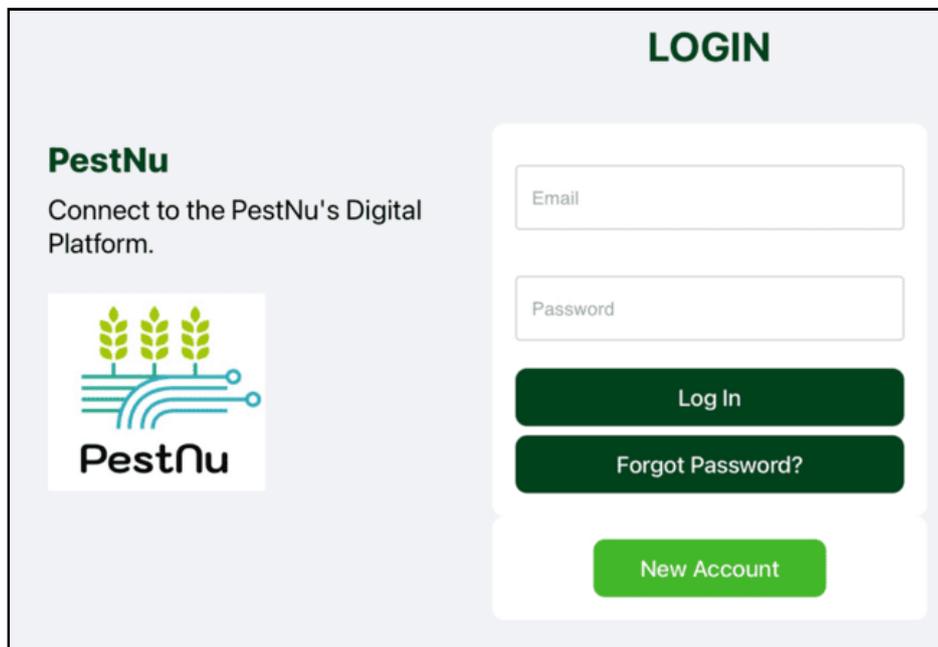
Gambar 2. Interface layar aplikasi *PestNu* pada gambar (2A), dan tempat pengguna mengambil dan memilih foto (2B) aplikasi ini dapat merekomendasikan foto yang selektif (Christakakis *et al.*, 2024).



Gambar 3. Layar aplikasi *PestNu* (a) layar aplikasi seluler ke sistem AI, (b) Layar tempat pengguna memilih lokasi tanaman, pengguna dapat melihat hasil model AI jenis hama yang menyerang di layar (c) (Christakakis *et al.*, 2024).



Gambar 4. Layar Aplikasi PestNu (a) Identifikasi hama tanaman (b) Katalog patogen,insect Plant, (c) history dari deteksi sebelumnya (Christakakis *et al.*, 2024).

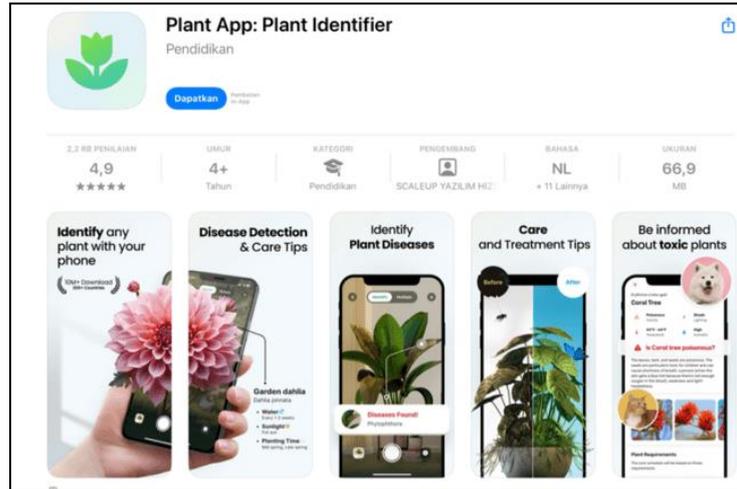


Gambar 5. Aplikasi *PestNu* dalam pembuatan *new account* (source: <https://digital-platform.pestnu.eu/login>) (Christakakis *et al.*, 2024).

**Aplikasi *PestNu* dan perbandingannya dengan aplikasi lain**

**a. Aplikasi *Plant App***

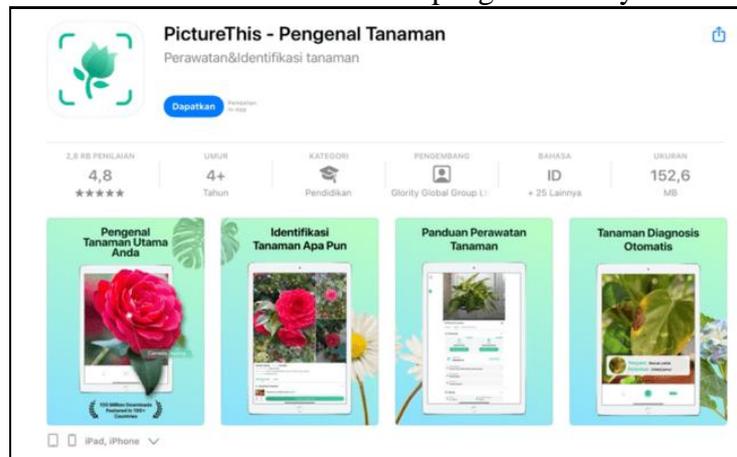
Terdapat Identifikasi hama tanaman tomat dan pengendaliannya (Christakakis *et al.*, 2024).



Gambar 6. Plant App: *Plant Identifier*

**b. *Picture This***

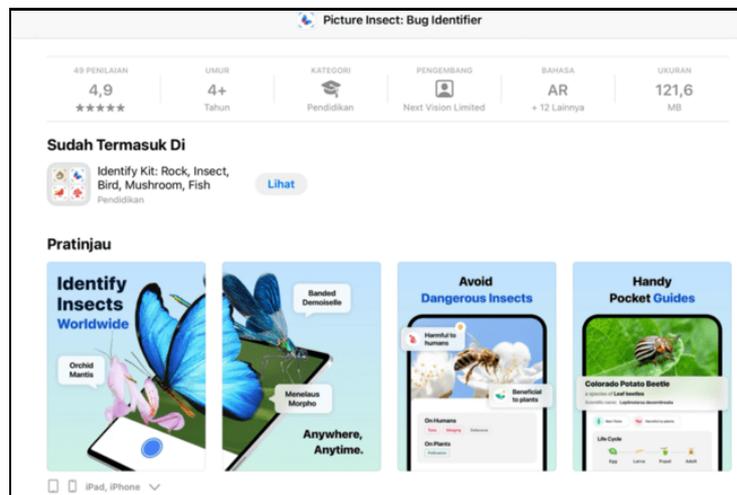
Terdapat identifikasi hama tanaman tomat dan pengendaliannya



Gambar 7. Aplikasi *Picture This*

**c. *Picture Insect***

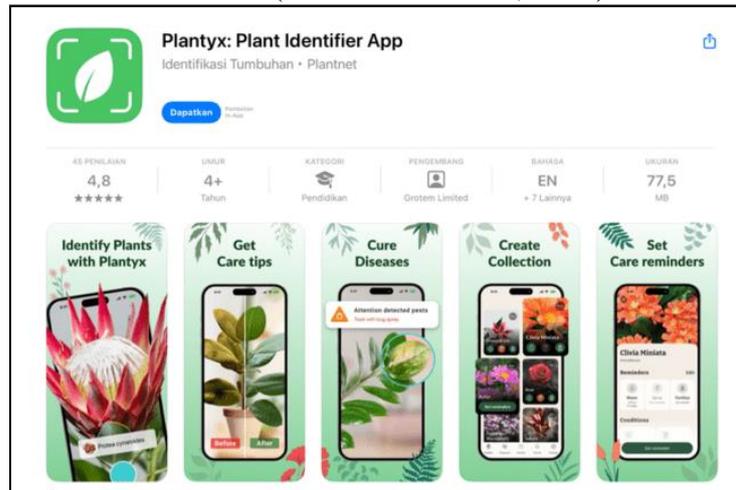
*Picture insect* tidak dapat mendeteksi hama pada tanaman tomat (Christakakis *et al.*, 2024).



Gambar 8. *Picture Insect*

#### d. Plantix APP

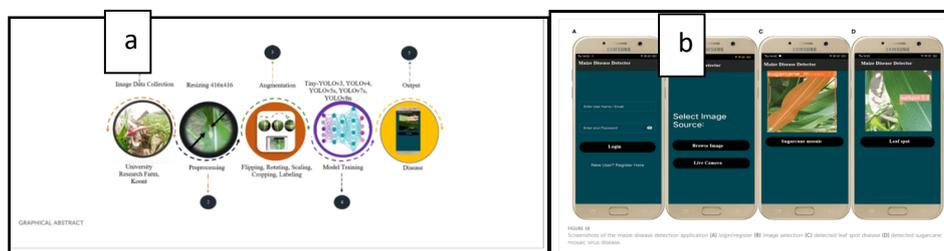
Identifikasi hama tanaman dengan akurat serta informasi yang relevan dalam pengendalian hama tomat *T.absoluta* (Christakakis *et al.*, 2024).



Gambar 9. Plantix app

#### Sistem berbasis mobile untuk deteksi dan klasifikasi penyakit daun tanaman jagung menggunakan *deep learning*

Jagung merupakan tanaman yang berkontribusi pada persediaan pangan disebagian besar negara berkembang dengan peningkatan luas lahan sebagai sumber pangan, pakan ternak, industry pati jagung dan produksi minyak jagung (Unjiya *et al.*, 2021). Beberapa jenis penyakit yang menurunkan hasil panen dan memengaruhi kualitas jagung dapat dideteksi dan dilakukan klasifikasi penyakit menggunakan model *deep learning*. Selain itu, aplikasi ini juga mengembalikan gambar daun yang tersegmentasi. Dengan demikian, kita dapat melacak titik-titik penyakit pada setiap daun tersebut. Dataset yang digunakan berasal dari tiga penyakit tanaman jagung yang diberi nama *Blight*, *Sugarcane Mosaic virus*, dan *Leaf Spot* dikumpulkan dari *University Research Farm Koont*. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk melatih berbagai model *Artificial Intelligence* dengan akurasi tertinggi yaitu model YOLOv8n dengan tingkat akurasi mencapai 99,04% dalam mengidentifikasi penyakit (Khan *et al.*, 2023).



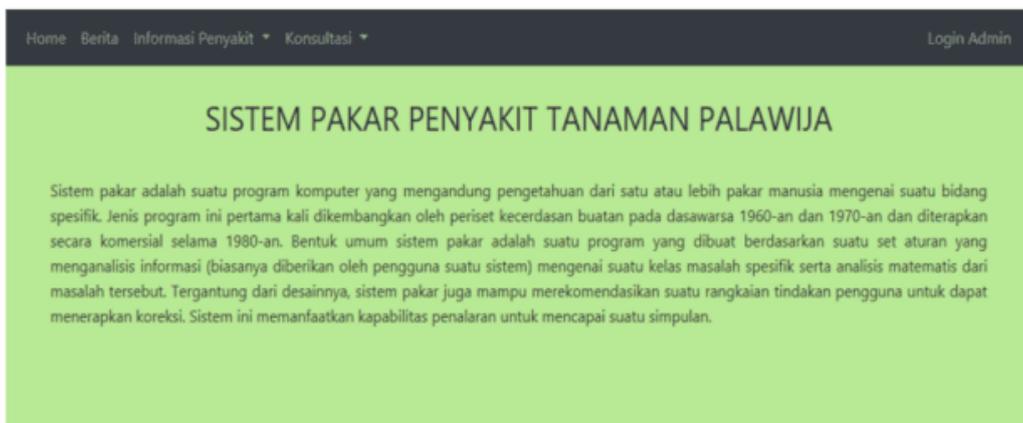
Gambar 10. a) Proses pengembangan system dari pengumpulan data set, *Resizing*, *augmentation*, *model training* dan *mobile application*, b) Tangkapan layar aplikasi deteksi penyakit jagung (A)login/registrasi, (B)pemilihan gambar, (C) penyakit bercak daun terdeteksi (D) penyakit virus mosaik tebu terdeteksi (Khan *et al.*, 2023).

Hal yang menjadi fundamental dalam penggunaan *deep learning* adalah dataset yang memiliki kuantitas, kualitas dan relevansi. Dataset merupakan kumpulan dari foto pada bagian daun yang teridentifikasi penyakit yang diberikananotasi atau label penyakit pada tanaman tersebut. Kemudian dataset di-*training* menggunakan model terbaik, dan

dilanjutkan untuk dikembangkan menjadi *mobile application* yang dapat digunakan pada smartphone. Dengan menggunakan model tersebut, keakuratan identifikasi penyakit pada tanaman jagung dapat mencapai 99,04% (Khan *et al.*, 2023).

### **Sistem pakar dalam diagnosa penyakit tanaman *Forward Chaining* berbasis Android**

Sistem pakar dalam diagnosa penyakit menggunakan metode *forward chaining*, yaitu sebuah metode penalaran yang dimulai dari fakta yang diketahui dan kemudian menerapkan aturan tertentu untuk mencapai kesimpulan dalam diagnosa penyakit (Pernando & Fauzi, 2019). Dimulai dari pengumpulan dataset 42 jenis penyakit palawija seperti ubi jalar (*Ipomoea batatas*), ubi kayu (*Manihot esculenta*), kentang (*Solanum tuberosum*), jagung (*Zea mays*), kacang Panjang (*Vigna radiata*), oyong (*Luffa acutangula*), labu siam (*Sechium edule*). Lalu dilanjutkan dengan login pada aplikasi, dan memilih item sign up. Tahap selanjutnya yaitu memilih penyakit tanaman dan menentukan gejalanya, kemudian hasil diagnosa penyakit muncul ditampilkan pada layar (Mulyadi & Wahyudi, 2022).



Gambar 11. Sistem pakar dan hasil konsultasi penyakit tanaman pada website(Mulyadi & Wahyudi, 2022)

### **Deteksi penyakit tanaman cabai dengan metode *Certainty Factor***

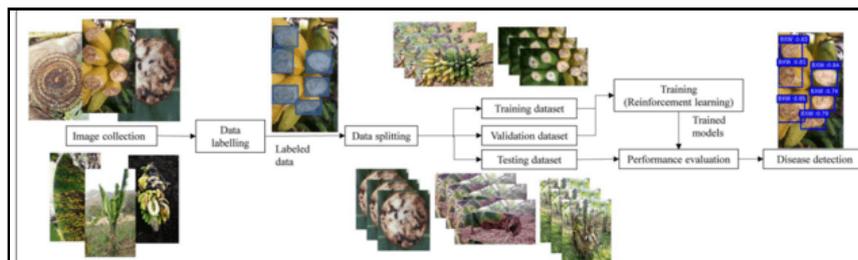
Deteksi penyakit tanaman cabai menggunakan *certainty factor* menjadi indikator yang penting dalam identifikasi database. Selain itu, hasil jepletan penyakit tanaman cabai harus jelas dan relevan sehingga hasil prediksi penyakit tanaman menjadi akurat. Model pengembangan dengan metode *certainty factor* dikembangkan dengan aplikasi system pakar pada tanaman cabai. Dimulai dengan user masuk kedalam aplikasi kemudian opsi yang akan muncul adalah memilih penyakit pada tanaman cabai. Selanjutnya user akan memilih beberapa gejala yang muncul dan system akan menganalisis gejala tersebut dan mendiagnosa penyakit tanaman tersebut serta dapat kita menentukan pengendalian yang digunakan (Kurniawan & Rahmad, 2012).



Gambar 12. Hasil diagnosa pada tanaman cabai (Kurniawan & Rahmad, 2012).

### Deteksi Penyakit dan hama pisang dengan *Artificial Intelligence*

Indonesia sebagai salah satu pusat keanekaragaman pisang didunia, dimana terdapat 70 spesies liar di dalam genus *Musa* diantaranya ditemukan di Indonesia (Sumardi & Daryono, 2019). Metode yang terbaru dalam deteksi penyakit menggunakan jaringan saraf konvolusional untuk mendukung petani pisang. Model ini menggunakan dataset besar berisi gambar gejala/kerusakan penyakit dan hama pisang yang telah di filter. Lalu, model deteksi yang digunakan merupakan tiga arsitektur jaringan saraf konvolusional (CNN) yang berbeda. Dengan menggunakan pendekatan *transfer learning*, model berbasis ResNet50 dan InceptionV2 memiliki akurasi lebih dari 90% pada sebagian besar model yang diuji. Kemampuan deteksi ini di pasang pada perangkat mobile (Selvaraj *et al.*, 2019).



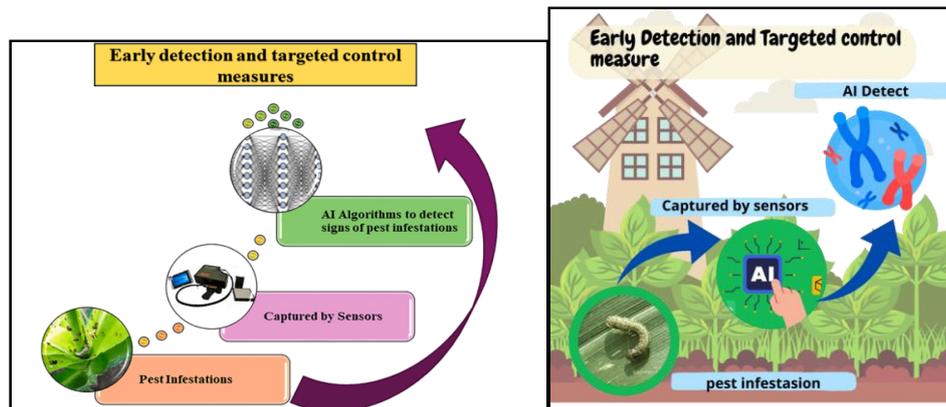
Gambar 13. *Deep Transfer Learning* (DTL) system for banana disease and pest detection (Selvaraj *et al.*, 2019).

### b) *Artificial intelligence in Pest Plant*

Hama tanaman merupakan salah satu penyebab produksi dalam tanaman dapat menurun. Bahkan dapat menyebabkan sebuah tanaman rusak penuh, dan mengakibatkan tanaman tersebut tidak memiliki nilai ekonomi (low quality). Menurut FAO serangan hama mengakibatkan 30-40% kerugian per tahun (Kariyanna & Sowjanya, 2024).

Pemantauan populasi hama tanaman yang cepat, dapat menentukan pengendalian hama tanaman yang akurat sebagai tindakan *preventif* dan *kuratif*. Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam entomologi menjadi sangat penting karena dapat membantu studi taksonomi, studi ekologi dan manajemen hama (Rahman & Ravi, 2022). Penerapan teknik AI dalam pengelolaan hama menjadi baik untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh populasi hama dan pertanian berkelanjutan (deteksi dini hama tanaman) (Kariyanna & Sowjanya, 2024). Salah satu model AI yang sering digunakan dalam identifikasi penyakit dan hama tanaman adalah *Neural Network*. Keunggulan dari model ini adalah dapat menggunakan

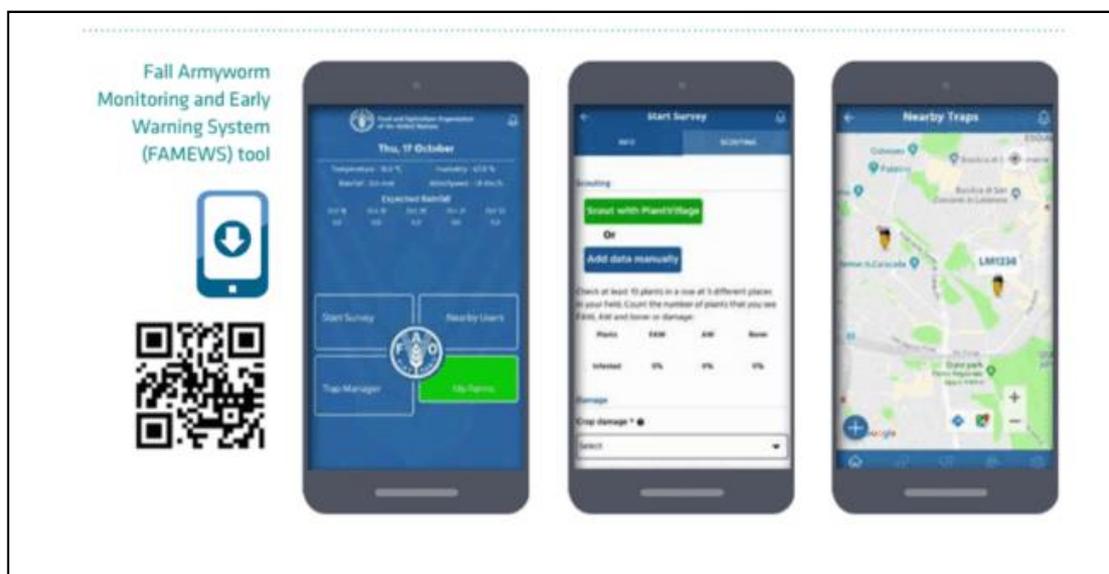
data dalam jumlah besar sehingga penyakit dan hama tanaman dapat diidentifikasi dengan efisien (Popescu *et al.*, 2023).



Gambar 14. Penggunaan sensor berbasis kecerdasan buatan dalam praktik pengelolaan hama yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Kariyanna & Sowjanya, 2024).

### ***Fall Armyworm Monitoring and Early Warning System (FAMEWS)***

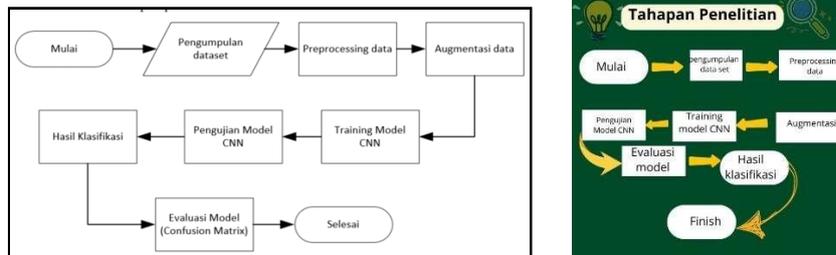
Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* serangga polifag menjadi ancaman pada areal baru karena apabila memasuki areal yang baru akan menyebabkan kerugian secara ekonomi akibat rusak sebagian dan seluruhnya pada tanaman, hal ini dipengaruhi juga hama asing yang potensial tidak memiliki musuh alami (Naganna *et al.*, 2020). Kisaran inang *Spodoptera frugiperda* lebih banyak pada tanaman famili gramineae tanaman jagung (*Zea mays*), gandum (*Triticum spp*) (Shylesha *et al.*, 2018). Sebagai solusi dalam pengendalian hama yaitu dengan pemanfaatan *Spodoptera frugiperda* mobil app FAMEWS. Data yang diambil di drop pada aplikasi kemudian akan menampilkan pengendalian dan penjelasan secara akurat dalam menurunkan populasi *Spodoptera frugiperda* (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2020).



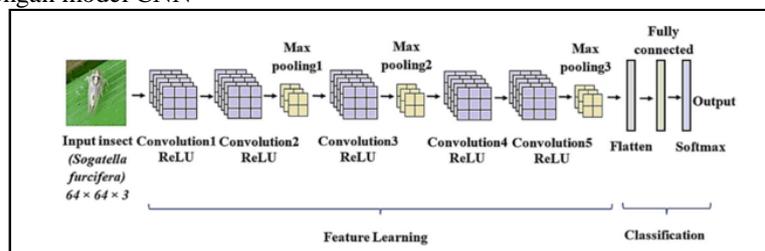
Gambar 15. FAMEWS mobile app

### Klasifikasi serangga menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *Xception* digunakan sebagai mengidentifikasi hama tanaman secara akurat. Hal ini membantu menentukan dalam pengendalian yang dilakukan oleh petani atau stake holder terkait. Pengumpulan data set dengan mengumpulkan sebanyak-banyak nya gambar serangga dari ordo Lepidoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Orthoptera. Setelah proses pembuatan dataset tersebut lengkap, dilakukan proses training dari model tersebut. Proses identifikasi dapat dilakukan dengan menambah kedalam model CNN dengan validasi data sampai 81,75% (Akram *et al.*, 2023). Pada penelitian lain klasifikasi menggunakan CNN mencapai 91,5% (Kasinathan *et al.*, 2021).



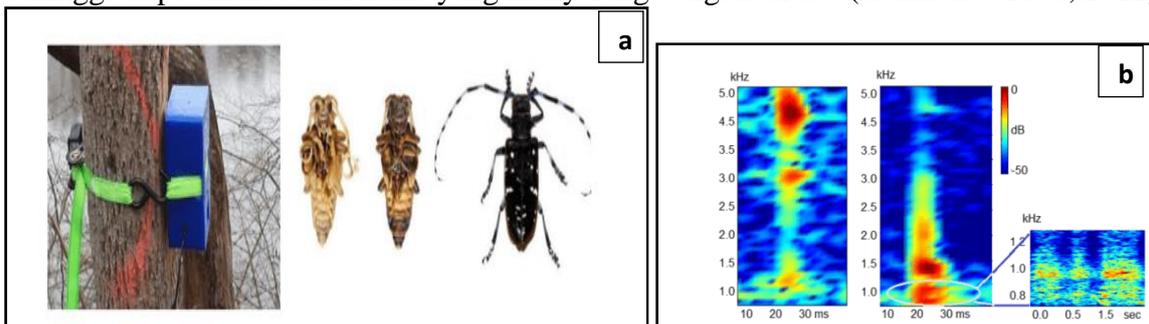
Gambar 16. Penggunaan AI dimulai dari pengumpulan data set, *preprocessing data*, *augmentasi data* sampai dengan training dengan model CNN



Gambar 17. Klasifikasi serangga menggunakan model CNN (Kasinathan *et al.*, 2021)

### Pengendalian Hama; Teknologi sensor berbasis AI yang membantu dalam melestarikan hutan

Stevens of Technology menggabungkan sensor getaran yang sensitive, data set serangga vibro akuastik dan AI dalam mendeteksi keberadaan serangga *Agrilus planipennis* (Emerald Ash Borer) serangga yang menyerang pohon abu (*Fraxinus* spp.) yang tersembunyi dalam pohon. Sensor yang digunakan yang terlihat pada gambar yang diikatkan pada pohon, alat tersebut mengumpulkan getaran kecil yang dihasilkan oleh *Agrillus*, dilakukan analisis menggunakan alat sensor yang digunakan dan mengimplementasikan konsep AI dalam memisahkan getaran dari serangga non target, sehingga dapat mendeteksi hama yang menyerang dengan akurat (Rahman & Ravi, 2022).



Gambar 18. a) alat sensor yang di ikatkan pada pohon *Fraxinus* spp, b) spektrogram penggerak pohon abu dan kumbang tanduk panjang yang terdeteksi di Asia (Rahman & Ravi, 2022).

### Monitoring Lahan Berbasis *Internet Of Thing (IoT)*

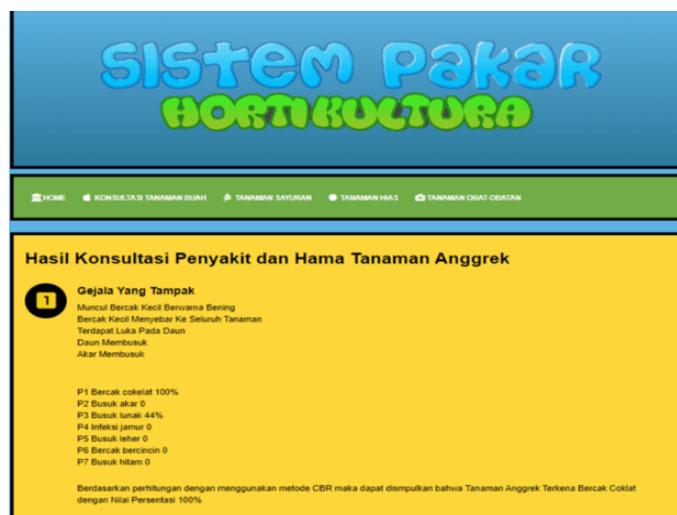
Pemantauan menggunakan teknologi yang dapat meningkatkan hasil panen, yaitu dengan meningkatkan kualitas dan kuantitas, perawatan lahan pertanian. Dengan menggunakan pemodelan IoT yang menggunakan metode *fuzzy sugeno* dan *naïve bayes* dalam pengendalian hama pada tanaman padi untuk mendeteksi pH dan kelembaban, system ini mendukung untuk memonitor kondisi lahan dalam bentuk aplikasi *Mobile Smart Form* (Praseptiawan *et al.*, 2022).



Gambar 19. Aplikasi *smart farm* a) panduan penggunaan aplikasi b) hasil monitoring lahan pertanian c) rekomendasi yang dapat dilakukan d) notifikasi yang didapat pada smartphone (Praseptiawan *et al.*, 2022).

### Metode *Case Base Reasoning* Dalam Diagnosa Penyakit dan Hama pada Tanaman Hortikultura

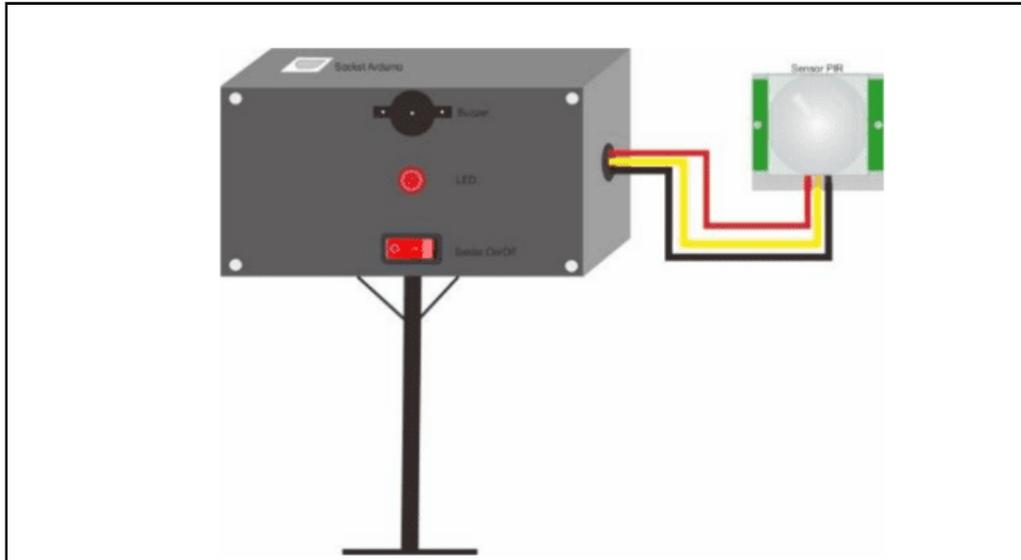
Sistem pakar berbasis CBR model penalaran dengan AI menggunakan Riwayat pengalaman masa lalu untuk memecahkan masalah baru. Proses tahapan menentukan penyakit dan gejala, diawali dengan menentukan relasi penyakit dan gejala, lalu menentukan bobot setiap gejala yang timbul, dan menentukan kemiripan gejala yang di pilih user dengan penyakit tanaman hortikultura. Pada CBR juga dilakukan perbandingan nilai kemiripan setiap penyakit dan mengambil kesimpulan penyakit yang terdapat tanaman hortikultura. Diagnosis penyakit atau hama dapat menjadi lebih akurat dan cepat dengan akurasi dapat mencapai 80%, pengujian system dengan perangkat lunak (Aldo *et al.*, 2022). Metode menggunakan *case base reasoning* yang digunakan dapat juga digunakan pada pengendalian hama tanaman jambu air dengan akurasi sebesar 93% (Aldo, 2023).



Gambar 20. Hasil pengujian system (Aldo *et al.*, 2022).

### **Pengendalian Hama Tikus Sawah dengan Teknologi Ultrasonik dan Arduino Uno**

System sensor keamanan yang dirancang dapat mendeteksi dan memberi peringatan, Arduino uno merupakan mikrokontroler yang mudah digunakan untuk membangun system sensor keamanan, Arduino uno berfungsi sebagai otak system, akan memproses data dari sensor dan mengendalikan respon system. Alat pendeteksi hama tikus dilengkapi dengan sensor ultrasonic, sensor ultrasonic memancarkan gelombang suara dan mendeteksi pantulannya yang digunakan untuk menentukan jarak objek dan mendeteksi gerakan (Iqbal & Rahayu, 2022).



Gambar 21. Skema Blue print perangkaian alat (Iqbal & Rahayu, 2022)

Prototipe diatas memanfaatkan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan tikus, dan dengan speaker buzzer mengeluarkan gelombang ultrasonik dapat mengganggu pendengaran tikus, LED merah memiliki arti adanya gerakan biru tikus tidak terdeteksi (Iqbal & Rahayu, 2022). Dengan frekuensi terbaik dalam mengganggu 50 khz (Wijanarko *et al.*, 2019).

### **Sensor PIR Berbasis Android Dan Tenaga Surya Untuk Mengusir Hama Secara Otomatis**

Alat ini memanfaatkan sensor PIR (sensor PIR mendeteksi gerakan, akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler yang mengendalikan sistem pengusir hama) dalam mengusir hama utama tanaman padi yaitu burung dan tikus. Perakitan komponen sesuai dengan skema rangkaian elektronik dan diagram blok yang dirancang, selanjutnya sensor-sensor yang digunakan dipasang posisinya. Setelah itu, untuk memudahkan dalam penggunaan dilakukan proses visualisasi 3D dan integrasi model alat dengan software dengan komponen utama NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler. Pengembangan aplikasi dilakukan sedemikian rupa sehingga user dapat mengontrol alat ini dengan login dan memasukkan email dan password yang diawali dengan proses registrasi terlebih dahulu (Joddy *et al.*, 2021).



Gambar 22. a) Visualisasi alat dengan model 3D b) Implementasi pada aplikasi (Joddy *et al.*, 2021)

Pada aplikasi yang dibuat dapat mengontrol lampu UV mati atau hidup dan fitur ultrasonic (Joddy *et al.*, 2021).

### **Sistem Pengusir Hama berbasis Computer Vision menggunakan Jetson Nano dan Arduino Uno**

System pengusir berbasis computer vision Jetson Nano dan Arduino Uno untuk mendeteksi burung secara langsung menggunakan kamera. Sistem ini akan terhubung langsung dengan alat buzzer dan servo untuk mengusir burung. Kamera modul, Jetson Nano Arduino UNO, servo, buzzer dan tali. Spesifikasi penggunaan jarak ideal adalah 30 meter ketika cuaca cerah tidak berawan dan mendung (objek tidak terdeteksi) ketika cuaca mendung objek harus di lihat pada jarak 20 meter agar terlihat (Oklanri *et al.*, 2023).



Gambar 23. Implementasi Alat (Oklanri *et al.*, 2023)

Jetson Nano akan mengirimkan data tentang objek yang terdeteksi ke Arduino Uno melalui komunikasi serial. Data ini dapat berupa informasi tentang jenis objek, lokasinya dalam citra, dan waktu deteksi (Oklanri *et al.*, 2023).

### **Perangkap Serangga dengan Sensor Kamera**

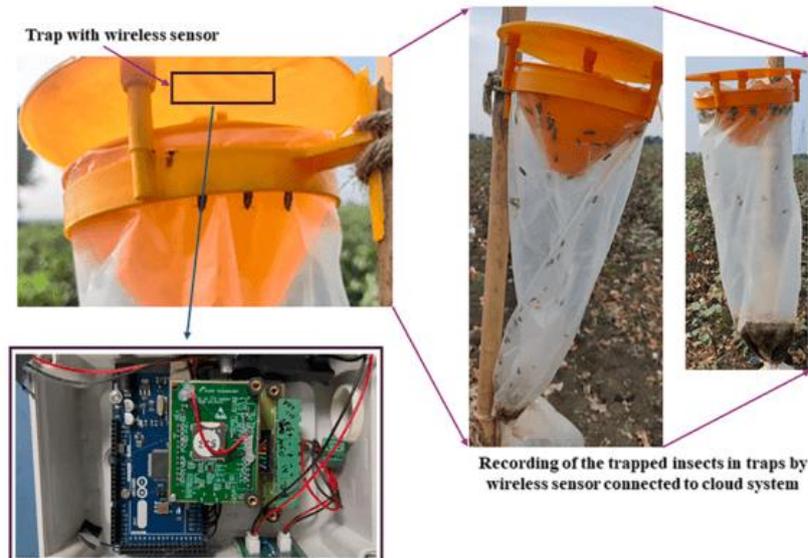
Serangga yang terperangkap dengan insect trap ini direkam secara real time oleh sensor gambar. Cara kerja system ini diawali dengan perangkap serangga menarik serangga

*Editor: Siti Herlinda et. al.*

*ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)*

*Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)*

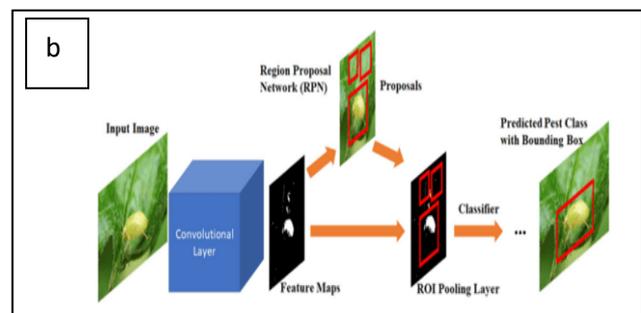
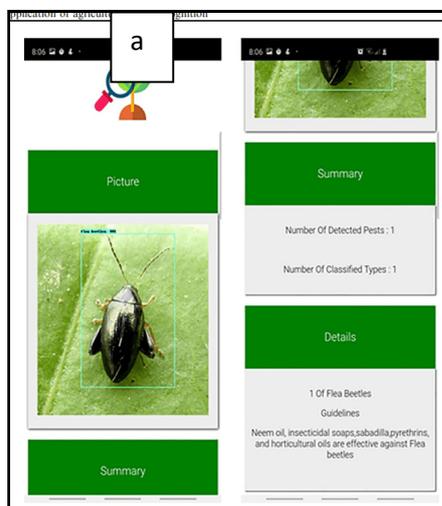
menggunakan umpan. Ketika ada serangga masuk kedalam kantong, akan dikenali oleh kamera yang dipasang dan dikirim pada system cloud dan dianalisis informasi mengenai spesies serangga serta jumlahnya (Kariyanna & Sowjanya, 2024).



Gambar 24. Perangkat serangga dengan sensor kamera terpasang; serangga yang terperangkap dalam perangkat direkam secara real-time oleh sensor gambar (Kariyanna & Sowjanya, 2024).

### **A New Mobile Application of Agricultural Pests Recognition Using Deep Learning in Cloud Computing System**

Aplikasi mobile baru yang secara otomatis dalam mengklasifikasikan hama yang mendukung petani, aplikasi yang dikembangkan memanfaatkan jaringan konvolusional berbasis daerah yang lebih cepat (*Faster R-CNN*) untuk menyelesaikan tugas pengenalan hama serangga berdasarkan komputasi cloud. Selain itu, basis data pestisida yang direkomendasikan terhubung dengan hama tanaman yang terdeteksi untuk memberikan panduan kepada petani pada *Aphids*, *Cicadellidae*, *Flax Budworm*, *Flea Beetles*, dan *Red Spider*. *Faster R-CNN* yang diusulkan menunjukkan hasil pengenalan yang akurat tertinggi yaitu 99,0% (Esmail *et al.*, 2021).



Gambar 25.a) Tangkapan layar aplikasi seluler yang dikembangkan untuk mengenali hama tanaman dengan pestisida terkait. b) alur kerja dasar dari *Faster R-CNN* untuk deteksi dan klasifikasi kelas objek target, yaitu hama tanaman b) (Esmail *et al.*, 2021).

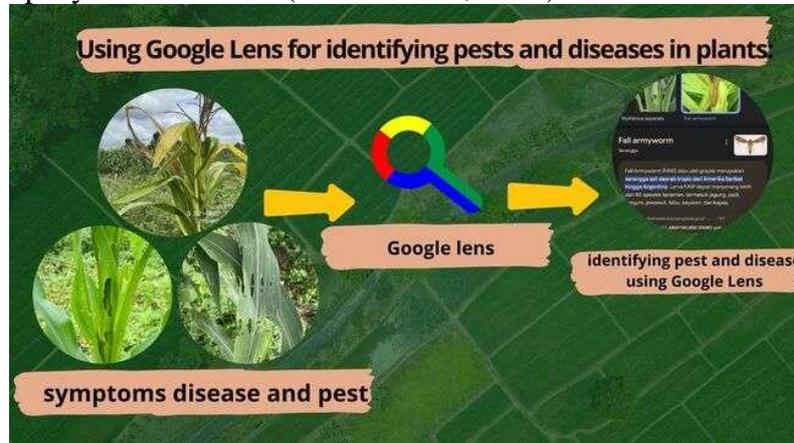
Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

### Penggunaan *Google Lens* dalam Identifikasi Hama Tanaman

Salah satu pemanfaatan teknologi menggunakan *google lens* untuk membantu proses pengenalan tanaman, identifikasi serangga, menjadi lebih efisien dan praktik pertanian dapat dilakukan dengan akurat (Annisa, 2023). *Google Lens* merupakan alat yang efektif dalam identifikasi dalam mengenali berbagai makhluk hidup umumnya tanaman, serangga, gejala serangan penyakit dan hama (Nuraini *et al.*, 2022).



Gambar 26. Penggunaan Google lens dalam identifikasi hama dan penyakit

### Penggunaan *GenArtificial Intelligence* dalam Perguruan Tinggi

Penggunaan Artificial Intelligence oleh mahasiswa dan dosen dibawah ini merujuk pada buku “Panduan Penggunaan Generative *Artificial Intelligence* pada Pembelajaran di Perguruan Tinggi” yang diterbitkan oleh (Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2024).

#### Penggunaan GenAI oleh Mahasiswa

Mahasiswa dapat memanfaatkan berbagai aplikasi GenAI, baik yang berbayar maupun gratis, untuk berbagai keperluan, salah satunya adalah:

- Pencarian referensi dan literatur. GenAI dapat membantu mahasiswa menemukan sumber-sumber bacaan dan referensi yang relevan dengan topik penelitian atau studi mereka. aplikasi seperti, Open Knowledge Maps dan Connected Papers.
- Memberikan ide penulisan, GenAI dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan ide-ide penulisan yang relevan dan membantu mahasiswa dalam mengembangkan karya tulis mereka.
- GenAI dapat membantu dalam penulisan serta penyusunan presentasi dan materi multimedia. GenAI dapat membantu mahasiswa dalam menyusun penulisan, membuat presentasi, serta memberikan saran desain dan konten yang sesuai. *Magic Slide*, yang dapat membantu mahasiswa dalam menyusun draf awal presentasi mereka.
- Menghasilkan materi belajar, GenAI dapat membantu membuat soal-soal latihan yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar mahasiswa, QuizBot yang dapat menghasilkan soal latihan yang relevan dengan topik studi mahasiswa.
- Membantu memahami materi belajar yang sulit, GenAI dapat mempermudah pemahaman konsep-konsep materi yang sulit, membantu mahasiswa memahami pelajaran dengan lebih jelas dan mudah.

Rekomendasi penggunaan AI bagi mahasiswa agar ChatGPT secara etis dan produktif, baik sebagai alat penulisan, mitra belajar, atau peningkat keterampilan coding, agar

mahasiswa dapat menggunakan dengan bijak harus memiliki kompetensi dari Tingkat dasar dan lanjut;

- a) Kompetensi *human centered mindset* (manusia yang mengatur AI, pencipta AI, melakukan re check pemafaatan AI sebagai alat belajar), kompetensi *ethics of AI* (menguraikan dilema dan etika AI, pemanfaatan AI secara bertanggung jawab, AI bekerja sesuai prinsip etika), kompetensi *AI techniques and application* (memahami prinsip kerja, analisis AI, disesuaikan dengan kebutuhan), kompetensi *AI system design* (masalah bisa diselesaikan AI, menguji pengembangan AI)
- b) Hormati hukum dan peraturan ujian
- c) Refleksi tujuan pembelajaran
- d) Gunakan ChatGPT sebagai mitra penulisan
- e) Gunakan ChatGPT sebagai mitra belajar
- f) Iterasi dan diskusi dengan ChatGPT
- g) Ringkas materi pembelajaran ChatGPT
- h) Tingkatkan keterampilan coding dengan ChatGPT
- i) Waspadaai penggunaan ChatGPT
- j) Baca daftar periksa diakhir bagaian ini sebelum menggunakan ChatGPT

### **Penggunaan Gen AI oleh Dosen**

Dosen dapat memanfaatkan GenAI untuk berbagai kebutuhan dalam proses pembelajaran sebagai berikut;

- a) Personalisasi materi belajar (membuat materi belajar sesuai kemampuan mahasiswa)
- b) Perancangan kurikulum berbasis OBE (*Outcome Based Education*)
- c) Penyusunan materi kuliah
- d) Menstrukturkan ulang materi ajar lama
- e) Membuat tutur berbasis AI
- f) Pengelompokan rombongan belajar sesuai profil mahasiswa

Rekomendasi untuk dosen dalam penggunaan ChatGPT dalam proses pengajaran di Pendidikan tinggi

- a) Merancang tujuan pembelajaran
- b) Membuat cakupan materi pembelajaran dengan ChatGPT
- c) Melengkapi materi pembelajaran dengan kuis
- d) Meningkatkan pembelajaran dengan ChatGPT
- e) Memberikan kesempatan mahasiswa menggunakan ChatGPT dengan etis

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abbas, A., Zhang, Z., Zheng, H., Alami, M. M., Alrefaei, A. F., Abbas, Q., Naqvi, S. A. H., Rao, M. J., Mosa, W. F. A., & Abbas, Q. (2023). Drones in plant disease assessment, efficient monitoring, and detection: a way forward to smart agriculture. *Agronomy*, 13(6), 1524.
- Akram, A., Fayakun, K., & Ramza, H. (2023). Klasifikasi Hama Serangga pada Pertanian Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 5(2), 397–406. <https://doi.org/10.47065/bits.v5i2.4063>
- Aldo, D. (2023). Identifikasi Dan Pengendalian Hama Tanaman Jambu Air Dengan Pendekatan Case Based Reasoning Berbasiskan Sistem Pakar. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 10(3), 491–502. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20231036556>

- Aldo, D., Nur, Y. S. R., Lanyak, A. C. F., Hulqi, F. Y. A., & Hikmah, R. N. (2022). Penerapan Metode Case Base Reasoning Dalam Diagnosa Penyakit dan Hama pada Tanaman Hortikultura. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 4(2), 1111–1122. <https://doi.org/10.47065/bits.v4i2.1888>
- Annisa, P. (2023). Penerapan Teknologi Google Lens dan QR Code pada Tanaman Pertanian. *Dedikasi Sains Dan Teknologi*, 3(2), 240–245. <https://doi.org/10.47709/dst.v3i2.3130>
- Christakakis, P., Papadopoulou, G., Mikos, G., Kalogiannidis, N., Ioannidis, D., Tzovaras, D., & Pechlivani, E. M. (2024). Smartphone-Based Citizen Science Tool for Plant Disease and Insect Pest Detection Using Artificial Intelligence. *Technologies*, 12(7), 1–21. <https://doi.org/10.3390/technologies12070101>
- Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan T. (2024). *Buku Panduan Penggunaan Generative Artificial Intelligence pada Pembelajaran di Perguruan Tinggi* (3D Animation” Generative AI, University, Learning & Edisi (eds.); 1st ed.). Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Eli-Chukwu, N. C. (2019). Applications of artificial intelligence in agriculture: A review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(4).
- Esmail, M., Alsunaydi, F., Albusaymi, S., & Alotaibi, S. (2021). A new mobile application of agricultural pests recognition using deep learning in cloud computing system. *Alexandria Engineering Journal*, 60(5), 4423–4432. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.03.009>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *Fall Armyworm Monitoring and Early Warning System (FAMEWS)*.
- Fuentes-Peñailillo, F., Gutter, K., Vega, R., & Silva, G. C. (2024). Transformative technologies in digital agriculture: Leveraging Internet of Things, remote sensing, and artificial intelligence for smart crop management. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 13(4), 39.
- Holzinger, A., Langs, G., Denk, H., Zatloukal, K., & Müller, H. (2019). Causability and explainability of artificial intelligence in medicine. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(4), e1312.
- Iqbal, M., & Rahayu, A. U. (2022). Alat Pengusir Hama Tikus Sawah Berbasis Arduino Uno Dan Gelombang Ultrasonik. *Journal of Energy and Electrical Engineering (Jeee)*, 1(1), 2022.
- Jafar, A., Bibi, N., Naqvi, R. A., Sadeghi-Niaraki, A., & Jeong, D. (2024). Revolutionizing agriculture with artificial intelligence: plant disease detection methods, applications, and their limitations. *Frontiers in Plant Science*, 15(March), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1356260>
- Joddy, L. B., Maulana, M. S., Tria, F., Fauzan, M. F., Suhada, V. R., Falah, N. A., Dewi, M. F., Rahmani, P. D., Wirastuti, M. A., Fakhiratunisa, N., Al-ars, K. R., Kusumah, B. R., & Siskandar, R. (2021). Implementasi alat pengusir hama sawah dengan cara tradisional dan modern bertenaga surya menggunakan sensor PIR berbasis Android. *Indonesian Journal of Science*, 2(3), 129–140.
- Kariyanna, B., & Sowjanya, M. (2024). Unravelling the use of artificial intelligence in management of insect pests. *Smart Agricultural Technology*, 8(June), 100517. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100517>

- Kasinathan, T., Singaraju, D., & Uyyala, S. R. (2021). Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques. *Information Processing in Agriculture*, 8(3), 446–457. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.09.006>
- Khan, F., Zafar, N., Tahir, M. N., Aqib, M., Waheed, H., & Haroon, Z. (2023). A mobile-based system for maize plant leaf disease detection and classification using deep learning. *Frontiers in Plant Science*, 14(May), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079366>
- Kurniawan, H., & Rahmad, I. F. (2012). Perancangan sistem pakar untuk mendeteksi penyakit pada tanaman cabe dengan metode certainty factt. *Creative Communication and Inovative Technology*, 5(061), 186–206.
- McFarland, D. A., & McFarland, H. R. (2015). Big data and the danger of being precisely inaccurate. *Big Data & Society*, 2(2), 2053951715602495.
- Mulyadi, & Wahyudi, D. (2022). Sistem Pakar Dalam Diagnosa Penyakit Pada Tanaman. *Jurnal Tika*, 7(1), 39–47. <https://doi.org/10.51179/tika.v7i1.1084>
- Naganna, R., Scholar, J., Kachot, A., .... (2020). Present Status of New Invasive Pest fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in India: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(2), 150–156.
- Nuraini, N., Bania, A. S., Faridy, N., & Nursamsu, N. (2022). Identification of Ornamental Plants Via Google Lens Based on Intersemiotic. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1243–1251. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1627>
- Oklanri, R. B., Raharjo, J., & Rizal, S. (2023). Implementasi Sistem Pengusir Hama Burung Berbasis ComputerVision Menggunakan Jetson Nano Dan Arduino Uno. *EProceedings ...*, 8(6), 3124–3129.
- Pernando, F., & Fauzi, A. (2019). Sistem Pakar Diagnosa Hama Penyakit Tanaman Padi Dan Holtikultura Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Android. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 5(2), 174–180. <https://doi.org/10.31294/jtk.v4i2>
- Pillai, R., & Sivathanu, B. (2020). Adoption of artificial intelligence (AI) for talent acquisition in IT/ITeS organizations. *Benchmarking: An International Journal*, 27(9), 2599–2629.
- Popescu, D., Dinca, A., Ichim, L., & Angelescu, N. (2023). New trends in detection of harmful insects and pests in modern agriculture using arti fi cial neural networks . a review. *Plant Science, November*, 1–29. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1268167>
- Praseptiawan, M., Untoro, M. C., Millennium, L. V., & Affandi, M. (2022). Sistem Informasi Monitoring Lahan Pertanian dan Pengusiran Hama Berbasis Internet of Thing. *Journal of Computer Science and Applied Informatics*, 4(2), 162–170. <https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v4i2.460>
- Rahman, S. M., & Ravi, G. (2022). Role of Artificial Intelligence in Pest Management. *Current Topics in Agricultural Sciences Vol. 7*, 7(4), 64–81. <https://doi.org/10.9734/bpi/ctas/v7/2141b>
- Ramcharan, A., McCloskey, P., Baranowski, K., Mbilinyi, N., Mrisho, L., Ndalaha, M., Legg, J., & Hughes, D. P. (2019). A mobile-based deep learning model for cassava disease diagnosis. *Frontiers in Plant Science*, 10(March), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00272>
- Selvaraj, M. G., Vergara, A., Ruiz, H., Safari, N., Elayabalan, S., Ocimati, W., & Blomme, G. (2019). AI - powered banana diseases and pest detection. *Plant Methods*, 15(92), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
- Shylesha, A. N., Jalali, S. K., Gupta, Ankita, Varshney, Richa, Venkatesan, T., Shetty, Pradeeksha, Ojha, Rakshit, Ganiger, Prabhu C., Navik, Omprakash, Subaharan, K.,

- Bakthavatsalam, N., Ballal, Chandish R., & A., Raghavendra. (2018). Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *Journal of Biological Control*, 32(3), 145–151. <https://doi.org/10.18311/jbc/2018/21707>
- Singh, T., Kumar, K., & Bedi, S. (2021). A Review on Artificial Intelligence Techniques for Disease Recognition in Plants A Review on Artificial Intelligence Techniques for Disease Recognition in Plants. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1022/1/012032>
- SM, K., & Chandrappa. (2023). Plant Leaf Disease Detection Using Efficient Image Processing and Machine Learning Algorithms. *Journal of Robotics and Control*, 4(6), 840–848. <https://doi.org/10.18196/jrc.v4i6.20342>
- Sujawat, G. S., & Chouhan, J. S. (2021). Application of Artificial Intelligence in detection of diseases in plants: A Survey. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(3), 3301–3305. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1581>
- Sumardi, I., & Daryono, B. S. (2019). Diversity wild banana species ( *Musa* spp .) in Sulawesi , Indonesia. *Biodiversitas*, 20(3), 824–832. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200328>
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58–73.
- Unjiya, Lady, Kumar, S., & Mahera A. (2021). Trend Analysis of Area Production and Productivity of Sugarcane in India. *Agro-Economist*, 13(9), 1–4. <https://doi.org/10.30954/2394-8159.01.2019.2>
- Venverloo, T., & Duarte, F. (2024). Towards real-time monitoring of insect species populations. *Scientific Reports*, 14(1), 18727. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68502-8>
- Widiarta, I. N. (2021). Information Tecnology Based Decision Support System for Integrated Pest Management on Rice. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 40(1), 9. <https://doi.org/10.21082/jp3.v40n1.2021.p9-20>
- Wijanarko, D., Widiastuti, I., & Widya, A. (2019). Gelombang Ultrasonik Sebagai Alat Pengusir Tikus Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, 4(1), 65–70. <https://doi.org/10.25047/jtit.v5i1.79>