

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING SECARA LIVE DAN  
MENDETEKSI HAMA TIKUS PADA LAHAN SAWAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA DECISION TREE**

**DISUSUN OLEH**

**MUHAMMAD REZA**

**2209020222**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2026**

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING SECARA LIVE DAN  
MENDETEKSI HAMA TIKUS PADA LAHAN SAWAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA DECISION TREE**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer  
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

**MUHAMMAD REZA**

**2209020222**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2026**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Judul Skripsi : PERANCANGAN SISTEM MONITORING SECARA  
LIVE DAN MENDETEKSI HAMA TIKUS PADA  
LAHAN SAWAH MENGGUNAKAN ALGORITMA  
DECESION TREE

Nama Mahasiswa : Muhammad Reza  
NPM : 2209020222  
Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui  
Komisi Pembimbing



(Fatma Sari Hutagalung, M.Kom)  
NIDN. 0117019301

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, M.Kom)  
NIDN. 0117019301

Dean



(Denny Mubandazmi, S.Kom., M.Kom.)  
NIDN. 0127099201

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING SECARA LIVE DAN  
MENDETEKSI HAMA TIKUS PADA LAHAN SAWAH  
MENGUNAKAN ALGORITMA DECISION TREE**

**SKRIPSI**

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 14 April 2026

Yang membuat pernyataan



Muhammad Reza

2209020222

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Reza  
NPM : 2209020222  
Program Studi : Teknologi Informasi  
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**perancangan sistem monitoring secara live dan mendeteksi hama tikus pada lahan sawah menggunakan algoritma decision tree**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 14 April 2026

Yang membuat pernyataan



Muhammad Reza

2209020222

## RIWAYAT HIDUP

### DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Muhammad Reza  
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan/1 Mei 2004  
Alamat Rumah : Srigunting Blok i no 9,Sunggal Kanan  
Telepon/Faks/HP : 081930466628  
E-mail : muhammadreza2209020222@gmail.com  
Instansi Tempat Kerja : -  
Alamat Kantor : -

### DATA PENDIDIKAN

SD : SD Negeri 104181 Medan TAMAT: 2016  
SMP : SMP Negeri 9 Medan TAMAT: 2019  
SMA : SMA Negeri 15 Medan TAMAT: 2022

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Secara Live dan Mendeteksi Hama Tikus pada Lahan Sawah Menggunakan Algoritma Decision Tree” dengan baik dan tepat pada waktunya .

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI), Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Tahun 2026.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan, baik dari segi penulisan maupun implementasi sistem. Namun, berkat bimbingan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
3. Ibu Dr. Firaahmi Rizky, M.kom Selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom. Wakil Dekan III Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom M.Kom. Ketua Program Studi Teknologi Informasi. Sekaligus Dosen Pembimbing yang senantiasa telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan sebaik-baiknya.
6. Bapak Okvi Nugroho S.Kom, M.Kom. Sekertaris Program Studi Teknologi Informasi.
7. Pembahas Proposal saya bapak Martiano, S.Pd., S.Kom., M.Kom
8. Pembahas Skripsi saya Dr. Irvan, M.SI
9. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
10. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis.
11. Teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, khususnya dalam pengembangan sistem monitoring berbasis IoT dan deteksi hama menggunakan metode Decision Tree.

**Medan, 14 April 2026**



**Muhammad Reza**

## ABSTRAK

Permasalahan hama tikus pada lahan persawahan masih menjadi salah satu kendala utama yang sering dihadapi oleh petani, karena dapat menyebabkan kerusakan tanaman dan menurunkan hasil panen. Proses pemantauan yang masih dilakukan secara manual dinilai kurang efektif karena membutuhkan waktu dan tenaga yang besar serta tidak dapat dilakukan secara terus-menerus. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan monitoring secara real-time sekaligus mendeteksi keberadaan hama secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring lahan sawah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32-CAM yang mampu melakukan pemantauan secara live serta mendeteksi hama tikus menggunakan algoritma Decision Tree. Sistem bekerja dengan cara mendeteksi pergerakan objek, kemudian secara otomatis mengambil gambar dan mengirimkannya ke server untuk diproses lebih lanjut. Data citra yang diperoleh akan dilakukan ekstraksi fitur dan diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu hama (tikus) dan bukan hama menggunakan metode Decision Tree. Hasil dari proses klasifikasi akan disimpan ke dalam database dan ditampilkan pada dashboard berbasis web secara real-time yang mencakup live streaming, hasil deteksi, riwayat kejadian, serta grafik kemunculan hama. Sistem yang dikembangkan mampu membantu proses pemantauan lahan sawah menjadi lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan metode konvensional. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat berjalan dengan baik dalam melakukan monitoring dan deteksi objek secara otomatis, meskipun masih terdapat keterbatasan pada kondisi pencahayaan dan kualitas jaringan. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif dalam mendukung pengelolaan lahan pertanian berbasis teknologi.

Kata Kunci: Internet of Things, ESP32-CAM, Monitoring, Deteksi Hama Tikus, Decision Tree

## ABSTRACT

The problem of rat pests in rice fields is still one of the main challenges faced by farmers, as it can damage crops and reduce harvest yields. The monitoring process, which is still carried out manually, is considered less effective because it requires significant time and effort and cannot be performed continuously. Therefore, a system is needed that can perform real-time monitoring while automatically detecting the presence of pests. This study aims to design and develop a rice field monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using ESP32-CAM, which is capable of performing live monitoring and detecting rat pests using the Decision Tree algorithm. The system works by detecting object movement, then automatically capturing images and sending them to a server for further processing. The captured image data is processed through feature extraction and classified into two categories, namely pests (rats) and non-pests using the Decision Tree method. The classification results are stored in a database and displayed on a web-based dashboard in real-time, including live streaming, detection results, history data, and pest occurrence graphs . The developed system can improve the effectiveness and efficiency of monitoring rice fields compared to conventional methods. Based on the testing results, the system is able to perform monitoring and object detection automatically, although it still has limitations in lighting conditions and network quality. Therefore, this system can be an alternative solution to support technology-based agricultural management.

Keywords: Internet of Things, ESP32-CAM, Monitoring System, Rat Pest Detection, Decision Tree

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ivx</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>8</b>
2.1 Sistem Otomasi.....	8
2.2 Internet of Things (IoT).....	9
2.3 Monitoring Sistem Secara Live .....	10
2.4 AI Detector .....	12
2.5 Algoritma Decision Tree dalam Sistem Deteksi .....	13
2.6 Web Dashboard Control .....	15
2.7 Perangkat Keras (Hardware) .....	16
2.7.1 ESP32 Cam AI Thinker .....	16
2.7.2 Port TTL Downloader usb CH340 .....	19
2.7.3 Usb kirim data.....	20
2.8 Perangkat Lunak (Software).....	21
2.8.1 PhpMyAdmin.....	21
2.8.2 Arduino IDE .....	22
2.8.3 Draw.io .....	23
2.8.4 Xampp.....	24
2.8.5 Visual Studio Code .....	25
2.8.6 command Prompt.....	26
2.9 Prinsip Kerja dan Data Keluaran Sistem .....	28
2.9.1 Data Keluaran Sistem .....	28
2.10 Prinsip Pengambilan Keputusan Menggunakan Decision Tree .....	31
2.11 Penelitian Terdahulu.....	34
2.12 Analisis Gap .....	35
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>37</b>
3.1 Metode Penelitian.....	37
3.2 Prosedur Penelitian.....	39
3.3 Alur Sistem.....	42
3.4 Lokasi .....	46
3.5 Alat dan Bahan Penelitian .....	47

3.5.1 Perangkat Keras (Hardware).....	47
3.5.2 Analisis Kebutuhan Bahan Perancangan .....	49
3.5.3 Perangkat Lunak (Software) .....	50
3.6 Perancangan Prototipe .....	51
3.7 Diagram Blok .....	53
3.8 Rancangan Web.....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Hasil Perancangan Sistem .....	59
4.2 Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem.....	60
4.2.1 Implementasi Perangkat ESP32-CAM .....	60
4.2.2 Implementasi Sistem Pengolahan Data (AI).....	61
4.2.3 Implementasi Database .....	63
4.3 Hasil Pengujian Sistem.....	71
4.3.1 Pengujian Deteksi Pergerakan .....	71
4.3.2 Pengujian Klasifikasi Objek .....	71
4.3.3 Pengujian Integrasi Sistem.....	71
4.4 Pembahasan .....	71
4.4.1 Analisis Kinerja Sistem .....	72
4.4.3 Kesesuaian dengan Tujuan Penelitian .....	73
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>74</b>
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 ESP32 Cam AI Thinker .....	18
Tabel 2.2 Port TTL Downloader usb CH340.....	20
Tabel 2.3 Data Keluaran Sistem.....	30
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu .....	34
Tabel 3.1 Perangkat keras .....	48
Tabel 3.2 Kebutuhan Bahan Perancangan .....	49
Tabel 3.3 Perangkat Lunak (Software) .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32 Cam AI Thinker.....	18
Gambar 2.2 Port TTL Downloader usb CH340 .....	19
Gambar 2.3 Usb Kirim Data .....	21
Gambar 2.4 Arduino IDE .....	23
Gambar 2.5 Draw.io .....	24
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	39
Gambar 3.2 Alur Sistem.....	44
Gambar 3.3 Perancangan Prototipe.....	51
Gambar 3.4 Diagram Blok .....	54
Gambar 3.5 Rancangan Web.....	56
Gambar 4.1 Codingan Esp32 cam AI Thinker.....	60
Gambar 4.2 Codingan AI Machine Learning Decesion Tree .....	62
Gambar 4.3 Database .....	64
Gambar 4.4 Dashboard Web .....	65
Gambar 4.5 Tampilan live cameranya .....	65
Gambar 4.6 Hasil gambar objek bergerak.....	66
Gambar 4.7 Hasil Hama tikus terdeteksi.....	68
Gambar 4.8 Riwayat Hama Yang terdeteksi.....	69
Gambar 4.9 Riwayat Bukan hama .....	69
Gambar 4.10 Esp 32cam control.....	70
Gambar 4.11 Grafik hama.....	70
Gambar 4.12 Kerja sistem di esp32 cam.....	72
Gambar 4.13 Kerja sistem di Machine Learning dan ai Detektornya.....	73

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pertanian sawah hingga saat ini masih menjadi sektor yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, khususnya dalam produksi padi. Namun demikian, dalam pelaksanaannya para petani sering menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah serangan hama seperti tikus serta organisme pengganggu tanaman lainnya. Serangan hama tersebut dapat merusak tanaman dan berpotensi menurunkan hasil panen apabila tidak segera ditangani dengan baik (Patil et al., 2022). Pada umumnya, proses pemantauan kondisi sawah masih dilakukan secara manual dengan cara melakukan pengamatan langsung di lapangan. Cara ini tentu membutuhkan waktu dan tenaga yang tidak sedikit, serta tidak memungkinkan dilakukan secara terus-menerus, terutama pada waktu malam hari ketika aktivitas hama cenderung meningkat. Menurut, keterbatasan jarak dan waktu menjadi salah satu penyebab utama kurang optimalnya proses pengawasan lahan pertanian(Lee et al., 2021).

Di wilayah persawahan Kabupaten Deli Serdang, permasalahan hama tikus masih sering terjadi dan menjadi keluhan utama para petani. Serangan tikus biasanya muncul secara tiba-tiba, khususnya pada malam hari, sehingga sulit untuk dipantau secara langsung. Kondisi ini menyebabkan tanaman padi mengalami kerusakan yang berdampak pada terganggunya pertumbuhan serta berpotensi menurunkan hasil panen(Saleheen et al., 2022). Upaya pengendalian hama yang selama ini dilakukan umumnya masih bersifat konvensional, seperti melakukan

penjagaan langsung di sawah atau menggunakan orang-orangan sawah tradisional. Metode tersebut dinilai kurang efektif karena membutuhkan tenaga yang besar serta tidak mampu memberikan pemantauan secara berkelanjutan. Selain itu, petani juga kesulitan untuk mengetahui secara pasti seberapa sering hama memasuki area persawahan dan kapan waktu kemunculannya (Wolfert et al., 2022; Ahmed et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi, muncul berbagai inovasi yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan lahan pertanian, salah satunya adalah teknologi Internet of Things (IoT). Teknologi ini memungkinkan perangkat seperti mikrokontroler dan kamera untuk saling terhubung melalui jaringan internet dan mengirimkan data secara real-time, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh (Kumar et al., 2023; Patil et al., 2022). Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem smart agriculture berbasis IoT yang memanfaatkan ESP32-CAM sebagai perangkat utama untuk melakukan pemantauan kondisi sawah secara langsung (live). Sistem ini dilengkapi dengan mekanisme deteksi pergerakan yang memungkinkan kamera mengambil gambar secara otomatis ketika terdapat aktivitas pada area pemantauan. Gambar yang diperoleh kemudian dikirimkan ke server untuk diproses lebih lanjut (Priyadharshini, 2022).

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan algoritma Decision Tree yang berfungsi untuk mengklasifikasikan objek yang terdeteksi menjadi dua kategori, yaitu hama (tikus) dan bukan hama. Proses klasifikasi ini didasarkan pada fitur citra yang diekstraksi dari gambar, sehingga sistem mampu memberikan keputusan secara otomatis terhadap objek yang terdeteksi (R. Bemthuis, 2023; M.

A. Rahman et al., 2024). Hasil dari proses klasifikasi tersebut kemudian disimpan ke dalam database dan ditampilkan melalui sebuah dashboard berbasis web secara real-time. Dashboard ini menyediakan berbagai informasi, seperti tampilan live streaming kamera, hasil deteksi hama dan bukan hama, riwayat kejadian, serta grafik jumlah kemunculan hama dalam periode tertentu. Dengan adanya sistem ini, petani dapat memantau kondisi sawah secara lebih mudah dan memperoleh informasi yang lebih akurat terkait aktivitas hama(Kunt, 2025).

Dibandingkan dengan sistem berbasis sensor, penggunaan kamera dalam sistem ini memiliki keunggulan karena mampu mengenali objek secara visual, sehingga dapat mengurangi kesalahan deteksi terhadap objek lain seperti manusia atau hewan selain tikus. Integrasi antara teknologi IoT dan machine learning menjadikan sistem ini lebih cerdas dalam melakukan proses pengambilan keputusan (Sharipah et al., 2025). Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem monitoring berbasis IoT yang mampu melakukan pemantauan kondisi sawah secara live sekaligus mendeteksi keberadaan hama tikus secara otomatis menggunakan algoritma Decision Tree. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani dalam mengelola lahan secara lebih efektif, efisien, serta mendukung penerapan teknologi digital dalam bidang pertanian (D. Muhammed, 2024).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan kondisi lahan sawah secara langsung (live) dan berkelanjutan?
2. Bagaimana mengembangkan mekanisme yang dapat mendeteksi adanya aktivitas atau pergerakan objek pada area pemantauan secara otomatis?
3. Bagaimana merancang sistem yang mampu mengolah data hasil tangkapan gambar untuk mendukung proses identifikasi objek?
4. Bagaimana menentukan metode yang tepat untuk mengklasifikasikan objek yang terdeteksi menjadi kategori hama dan bukan hama?
5. Bagaimana merancang media berbasis web yang mampu menampilkan hasil pemantauan dan deteksi secara real-time, termasuk riwayat dan grafik data?
6. Bagaimana mengevaluasi kinerja sistem dalam melakukan pemantauan dan deteksi hama secara otomatis pada lahan sawah?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak melebar dari tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup penelitian dibatasi sebagai berikut:

1. Sistem yang dibuat dalam penelitian ini masih dalam tahap prototipe, sehingga pengujian hanya dilakukan pada kondisi lingkungan terbatas dan belum diterapkan secara langsung pada lahan sawah dengan skala yang luas atau kondisi yang lebih kompleks dan hanya menggunakan esp32 cam untuk prototipe jadi untuk grafiknya terbatas dan hanya berfokus pada pembuatan sistemnya.
2. Proses deteksi pada sistem ini hanya difokuskan untuk membedakan dua kategori objek, yaitu hama (tikus) dan bukan hama, sehingga tidak mencakup jenis hama lain seperti serangga atau hewan lainnya.

3. Data yang digunakan dalam sistem ini hanya berupa gambar yang diambil dari kamera, tanpa menggunakan sensor tambahan seperti sensor suhu, kelembaban, atau sensor lainnya, sehingga proses identifikasi sepenuhnya bergantung pada citra yang diperoleh.
4. Metode yang digunakan untuk proses klasifikasi objek hanya menggunakan satu algoritma, yaitu Decision Tree, sehingga tidak dilakukan perbandingan dengan metode lain seperti CNN atau algoritma pembelajaran mesin lainnya.
5. Hasil dari proses monitoring dan deteksi ditampilkan melalui website yang berjalan pada jaringan lokal, sehingga belum mencakup pengembangan dalam bentuk aplikasi mobile maupun sistem berbasis cloud.
6. Sistem yang dikembangkan hanya berfungsi untuk melakukan monitoring dan deteksi, sehingga belum dilengkapi dengan fitur tindakan lanjutan seperti pengusiran hama atau pengendalian otomatis.
7. Deteksi pergerakan yang digunakan sebagai pemicu pengambilan gambar masih memiliki keterbatasan, terutama pada kondisi tertentu seperti perubahan cahaya, bayangan, atau pergerakan objek lain yang bukan hama dan dibatasi dalam pengembangan sistem saja yang berfokus pada prototipe sawah sawahan 15 x 15 cm.
8. Tingkat akurasi sistem sangat bergantung pada data yang digunakan saat pelatihan, sehingga kemungkinan hasil deteksi dapat berbeda jika digunakan pada kondisi lingkungan atau objek yang berbeda dari data sebelumnya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang dapat dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun suatu sistem yang dapat digunakan untuk melakukan pemantauan kondisi lahan sawah secara langsung (live) secara berkelanjutan.
2. Mengembangkan mekanisme deteksi pergerakan yang mampu memicu proses pengambilan gambar secara otomatis pada area pemantauan.
3. Membangun sistem pengolahan data berbasis citra yang dapat digunakan untuk membantu proses identifikasi objek yang terdeteksi.
4. Menerapkan metode klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree untuk membedakan objek menjadi kategori hama (tikus) dan bukan hama.
5. Merancang dan mengembangkan tampilan berbasis web yang dapat menampilkan hasil monitoring, deteksi, riwayat, serta grafik secara real-time.
6. Menganalisis kinerja sistem dalam melakukan proses monitoring dan deteksi hama secara otomatis pada lahan sawah.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dan wawasan dalam pengembangan sistem monitoring berbasis teknologi, khususnya yang memanfaatkan pengolahan citra dan metode klasifikasi sederhana.
2. Penelitian ini dapat membantu petani dalam memantau kondisi sawah secara lebih mudah dan praktis tanpa harus selalu berada di lokasi.

3. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan informasi lebih cepat terkait keberadaan hama, sehingga petani dapat mengetahui kondisi sawah secara lebih awal.
4. Penelitian ini dapat menjadi sarana bagi peneliti dalam menerapkan ilmu yang telah dipelajari, terutama dalam bidang sistem monitoring, pengolahan citra, dan pengembangan sistem berbasis web.
5. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu contoh penerapan teknologi dalam bidang pertanian, khususnya dalam pengembangan sistem monitoring yang lebih modern dan berbasis digital.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Sistem Otomasi**

Sistem otomasi merupakan suatu konsep yang memungkinkan suatu proses dapat berjalan secara mandiri dengan bantuan perangkat elektronik dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Dengan adanya sistem ini, pekerjaan yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat dialihkan menjadi otomatis berdasarkan program yang telah dirancang, sehingga proses kerja menjadi lebih efektif, terstruktur, dan tidak selalu bergantung pada campur tangan manusia (Gatkal et al., 2024). Dalam bidang pertanian, penerapan sistem otomasi mulai banyak digunakan untuk membantu berbagai aktivitas pengelolaan lahan, seperti pemantauan kondisi lingkungan, pengaturan irigasi, serta pengendalian hama. Pemanfaatan sistem ini dapat membantu meningkatkan efisiensi kerja karena proses yang berjalan dapat dilakukan secara berkelanjutan tanpa harus diawasi secara langsung (Wolfert et al., 2022).

Pada penelitian ini, sistem otomasi diterapkan dalam bentuk sistem monitoring dan deteksi hama yang bekerja secara terintegrasi. Proses dimulai dari pemantauan area sawah menggunakan kamera yang terhubung dengan perangkat pengolah data. Sistem melakukan pengawasan secara terus-menerus, kemudian ketika terdeteksi adanya pergerakan pada area tertentu, kamera secara otomatis mengambil gambar sebagai data masukan (Hasib & Akib, 2026). Gambar yang diperoleh selanjutnya dikirimkan ke sistem pengolahan untuk dianalisis menggunakan metode klasifikasi. Pada tahap ini, sistem akan mengidentifikasi objek yang tertangkap dan menentukan apakah termasuk kategori hama atau bukan.

Seluruh proses tersebut berjalan secara otomatis tanpa memerlukan perintah langsung dari pengguna (Kalaivani et al., 2025).

Hasil dari proses klasifikasi kemudian disimpan dan ditampilkan melalui sistem berbasis web yang dapat diakses secara real-time. Dengan adanya mekanisme ini, pengguna dapat memantau kondisi sawah, melihat hasil deteksi, serta mengetahui riwayat kejadian yang terjadi sebelumnya (Saleheen et al., 2022). Dengan demikian, sistem otomasi yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga mampu melakukan proses deteksi dan penyajian informasi secara otomatis, sehingga dapat membantu proses pengawasan lahan menjadi lebih efisien dan praktis (Pendyala et al., 2021).

## **2.2 Internet of Things (IoT)**

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep yang memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat bertukar data secara otomatis. Dengan adanya teknologi ini, perangkat yang digunakan tidak hanya berfungsi secara mandiri, tetapi juga dapat berkomunikasi dan bekerja secara terintegrasi tanpa harus selalu dikendalikan secara langsung oleh manusia (Al-Fuqaha et al., 2022).

Dalam penerapannya di bidang pertanian, IoT dimanfaatkan untuk membantu proses pemantauan kondisi lahan secara jarak jauh. Perangkat yang terhubung dapat mengirimkan data secara berkala maupun real-time sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi yang terjadi tanpa harus datang langsung ke lokasi. Informasi yang diperoleh kemudian dapat ditampilkan melalui sistem berbasis web agar lebih mudah diakses dan dipahami (Kumar et al., 2023).

Pada penelitian ini, konsep IoT diterapkan dengan menghubungkan perangkat kamera berbasis ESP32 dengan sistem pengolahan data dan platform monitoring berbasis web. Perangkat tersebut berfungsi untuk mengambil data berupa gambar dari area pemantauan, kemudian mengirimkannya melalui jaringan ke server untuk diproses lebih lanjut (Saleheen et al., 2022).

Data yang telah diproses selanjutnya disimpan dan ditampilkan dalam bentuk informasi yang dapat diakses secara real-time melalui dashboard web. Dengan adanya integrasi ini, pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi sawah secara langsung serta mengetahui hasil deteksi yang dilakukan oleh sistem tanpa harus berada di lokasi (Pendyala et al., 2021).

Dengan demikian, penerapan Internet of Things pada penelitian ini memungkinkan seluruh proses, mulai dari pengambilan data, pengolahan, hingga penyajian informasi, dapat berjalan secara terhubung dan otomatis dalam satu sistem yang terintegrasi (Dattatraya et al., 2025).

### **2.3 Monitoring Sistem Secara Live**

Monitoring secara live merupakan proses pemantauan yang dilakukan secara langsung sesuai dengan kondisi yang sedang terjadi di lapangan, sehingga pengguna dapat melihat perubahan yang terjadi secara cepat tanpa adanya jeda waktu yang signifikan. Dengan sistem ini, informasi yang diperoleh menjadi lebih aktual dan dapat membantu dalam memahami kondisi yang terjadi secara lebih tepat (Lee et al., 2021).

Dalam penelitian ini, sistem monitoring diterapkan dengan memanfaatkan perangkat ESP32-CAM sebagai komponen utama dalam pengambilan data visual. ESP32-CAM digunakan karena telah dilengkapi dengan modul kamera dan

konektivitas jaringan, sehingga mampu menangkap gambar sekaligus mengirimkan data melalui jaringan secara langsung. Perangkat ini berfungsi untuk memantau kondisi area sawah dan menampilkan hasilnya dalam bentuk live streaming (Hasib & Akib, 2026).

Melalui ESP32-CAM, pengguna dapat melihat kondisi lahan sawah secara real-time melalui tampilan web tanpa harus berada di lokasi. Selain menampilkan video secara langsung, perangkat ini juga berperan dalam proses pengambilan gambar secara otomatis ketika terdeteksi adanya pergerakan pada area pemantauan. Proses tersebut menjadi bagian penting dalam sistem karena digunakan sebagai data awal untuk proses analisis lebih lanjut (Muhammed, 2024).

Gambar yang dihasilkan oleh ESP32-CAM kemudian dikirimkan ke sistem pengolahan untuk dilakukan proses klasifikasi. Hasil dari proses tersebut akan ditampilkan pada dashboard dalam bentuk informasi deteksi, baik yang termasuk kategori hama maupun bukan hama. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga mampu memberikan informasi tambahan terkait kondisi yang terjadi (Bojanowski et al., 2017).

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur pendukung seperti riwayat deteksi dan grafik yang menampilkan frekuensi kemunculan hama. Informasi tersebut membantu pengguna dalam memahami pola kejadian yang terjadi pada lahan sawah dalam periode tertentu (Sharipah et al., 2025).

Dengan adanya penerapan ESP32-CAM dalam sistem monitoring ini, proses pengawasan menjadi lebih efektif karena dapat dilakukan secara terus-menerus dan dapat diakses dari jarak jauh. Sistem mampu memberikan informasi

secara langsung serta mendukung proses pemantauan yang lebih praktis dibandingkan dengan metode manual (Pendyala et al., 2021).

## **2.4 AI Detector**

AI Detector dalam penelitian ini merupakan bagian dari sistem yang berfungsi untuk melakukan analisis terhadap data gambar yang diperoleh dari proses monitoring. Komponen ini berperan dalam membantu sistem untuk mengenali objek yang tertangkap kamera serta menentukan apakah objek tersebut termasuk kategori hama atau bukan (Hasib & Akib, 2026).

Pada prosesnya, gambar yang diambil oleh perangkat kamera terlebih dahulu dikirim ke sistem pengolahan data untuk dianalisis. Sebelum dilakukan klasifikasi, gambar akan melalui tahap awal berupa pengolahan citra, seperti perubahan ke bentuk grayscale dan ekstraksi fitur tertentu. Fitur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi nilai rata-rata intensitas cahaya, standar deviasi, serta informasi tepi (edge) dari objek yang terdapat pada gambar (Kunt, 2025).

Setelah proses ekstraksi fitur selesai, data tersebut digunakan sebagai input untuk proses klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree. Algoritma ini bekerja dengan membentuk struktur pohon keputusan berdasarkan data pelatihan yang telah disiapkan sebelumnya. Setiap cabang dalam pohon keputusan merepresentasikan kondisi tertentu yang digunakan untuk menentukan hasil akhir dari klasifikasi (Kalaivani et al., 2025). Melalui proses tersebut, sistem akan mengelompokkan objek yang terdeteksi menjadi dua kategori, yaitu hama (tikus) dan bukan hama. Hasil klasifikasi ini kemudian dikirim kembali ke sistem utama untuk ditampilkan pada dashboard dan disimpan sebagai data riwayat (Rahman et al., 2024).

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme deteksi pergerakan sebagai tahap awal sebelum proses analisis dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi pemrosesan data yang tidak diperlukan, sehingga hanya gambar yang mengandung aktivitas tertentu yang akan dianalisis lebih lanjut oleh AI Detector (Kumar et al., 2023).

Dengan adanya AI Detector, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga mampu melakukan proses pengambilan keputusan secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh. Hal ini menjadikan sistem lebih efisien dalam membantu proses identifikasi hama pada lahan sawah (Dattatraya et al., 2025).

## **2.5 Algoritma Decision Tree dalam Sistem Deteksi**

Decision Tree merupakan salah satu metode dalam klasifikasi data yang menggunakan struktur berbentuk pohon keputusan untuk menentukan suatu hasil. Metode ini dikenal cukup sederhana dan mudah dipahami karena proses pengambilan keputusannya mengikuti alur percabangan berdasarkan kondisi tertentu. Selain itu, algoritma ini juga cukup ringan sehingga dapat diterapkan pada sistem dengan keterbatasan sumber daya (M. A. Rahman et al., 2024).

Pada penelitian ini, algoritma Decision Tree digunakan sebagai bagian dari sistem deteksi untuk mengolah data berupa citra yang diperoleh dari kamera. Berbeda dengan pendekatan berbasis sensor, data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil tangkapan gambar, sehingga proses klasifikasi didasarkan pada karakteristik visual dari objek yang terdeteksi (Kumar et al., 2023).

Sebelum dilakukan proses klasifikasi, gambar terlebih dahulu melalui tahap pengolahan awal untuk mengekstraksi fitur tertentu. Fitur yang digunakan antara

lain nilai rata-rata intensitas (mean), penyebaran nilai piksel (standar deviasi), serta informasi tepi (edge) dari objek. Fitur-fitur tersebut kemudian dijadikan sebagai input dalam proses pembentukan keputusan pada algoritma Decision Tree (Hasib & Akib, 2026).

Melalui struktur pohon keputusan yang telah dibangun dari data pelatihan, sistem akan menentukan apakah objek yang terdapat pada gambar termasuk kategori hama (tikus) atau bukan hama. Setiap keputusan diambil berdasarkan aturan yang telah terbentuk dari proses pelatihan sebelumnya (Kalaivani et al., 2025).

Hasil dari proses klasifikasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai informasi utama dalam sistem. Data yang telah diklasifikasikan akan disimpan dan ditampilkan pada dashboard berbasis web dalam bentuk informasi deteksi. Dengan demikian, pengguna dapat mengetahui hasil identifikasi objek secara langsung melalui sistem monitoring yang telah disediakan (Sharipah et al., 2025).

Berbeda dengan sistem pengendalian otomatis, penelitian ini hanya berfokus pada proses deteksi dan penyajian informasi, sehingga hasil dari algoritma Decision Tree tidak digunakan untuk mengaktifkan perangkat pengusir hama, melainkan sebagai dasar informasi dalam proses pemantauan (Mohapatra, 2025).

Dengan penerapan algoritma Decision Tree dalam sistem ini, proses identifikasi objek dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan data citra yang diperoleh, sehingga sistem mampu membantu dalam membedakan antara objek hama dan bukan hama secara lebih sistematis (Bemthuis, 2023).

## 2.6 Web Dashboard Control

Web dashboard control merupakan bagian dari sistem yang berfungsi sebagai media utama bagi pengguna untuk memantau dan melihat hasil dari proses yang terjadi pada sistem secara keseluruhan. Melalui dashboard ini, seluruh informasi yang dihasilkan oleh sistem dapat ditampilkan dalam bentuk yang lebih mudah dipahami dan dapat diakses secara langsung melalui browser (Pendyala et al., 2021).

Pada penelitian ini, web dashboard dirancang untuk menampilkan kondisi lahan sawah secara real-time dengan memanfaatkan data yang dikirim dari perangkat monitoring. Salah satu fitur utama yang disediakan adalah tampilan live streaming yang berasal dari kamera, sehingga pengguna dapat melihat situasi di lapangan secara langsung tanpa harus berada di lokasi (Kalaivani et al., 2025).

Selain menampilkan kondisi secara live, dashboard juga digunakan untuk menampilkan hasil deteksi yang telah dilakukan oleh sistem. Hasil tersebut dibedakan menjadi dua kategori, yaitu objek yang teridentifikasi sebagai hama dan objek yang bukan hama. Masing-masing hasil ditampilkan pada bagian yang berbeda agar pengguna dapat dengan mudah membedakan kondisi yang terjadi (Pendyala et al., 2021).

Dashboard juga dilengkapi dengan fitur riwayat (history) yang berfungsi untuk menyimpan data deteksi sebelumnya. Informasi yang ditampilkan meliputi gambar hasil tangkapan, waktu kejadian, serta status hasil klasifikasi. Dengan adanya fitur ini, pengguna dapat melihat kembali kejadian yang telah terjadi dan melakukan analisis sederhana terhadap pola yang muncul (Priyadharshini, 2022).

Selain itu, sistem juga menyediakan tampilan grafik yang digunakan untuk menunjukkan jumlah kemunculan hama dalam periode tertentu. Grafik ini membantu pengguna dalam memahami intensitas gangguan hama yang terjadi pada lahan sawah dari waktu ke waktu (Mohapatra, 2025).

Web dashboard yang dikembangkan dalam penelitian ini dibangun menggunakan teknologi berbasis web sehingga dapat diakses melalui jaringan lokal dengan menggunakan browser. Data yang ditampilkan diperoleh dari database yang telah menyimpan hasil deteksi secara otomatis dari sistem utama (Saleheen et al., 2022).

Dengan adanya web dashboard control ini, pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi sawah secara lebih praktis dan terpusat. Seluruh informasi yang dibutuhkan tersedia dalam satu tampilan, sehingga memudahkan dalam memahami kondisi yang terjadi tanpa perlu melakukan pengecekan secara manual di lapangan (Kumar et al., 2023).

## **2.7 Perangkat Keras (Hardware)**

### **2.7.1 ESP32 Cam AI Thinker**

ESP32-CAM merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang telah dilengkapi dengan modul kamera dan kemampuan konektivitas jaringan, sehingga dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan yang berkaitan dengan pengambilan dan pengiriman data berbasis gambar. Perangkat ini menjadi salah satu solusi yang cukup praktis karena mampu menggabungkan fungsi pengolahan data dan pengambilan citra dalam satu modul yang relatif sederhana.

Pada penelitian ini, ESP32-CAM digunakan sebagai perangkat utama dalam proses monitoring kondisi lahan sawah. Perangkat ini berfungsi untuk menangkap

gambar serta menampilkan kondisi area pemantauan secara langsung melalui fitur live streaming. Dengan adanya fitur tersebut, pengguna dapat melihat situasi di lapangan secara real-time melalui tampilan berbasis web.

Selain digunakan untuk menampilkan video secara langsung, ESP32-CAM juga berperan dalam proses pengambilan gambar secara otomatis ketika sistem mendeteksi adanya pergerakan pada area yang dipantau. Gambar yang dihasilkan kemudian dikirimkan melalui jaringan ke server untuk dilakukan proses pengolahan lebih lanjut.

Dalam proses pengiriman data, ESP32-CAM terhubung dengan sistem pengolahan yang bertugas untuk menganalisis gambar menggunakan metode klasifikasi. Proses ini memungkinkan perangkat tidak hanya berfungsi sebagai alat pengambil gambar, tetapi juga sebagai bagian dari sistem yang mendukung proses deteksi secara otomatis.

Penggunaan ESP32-CAM dalam penelitian ini dipilih karena memiliki ukuran yang relatif kecil, konsumsi daya yang cukup rendah, serta kemampuan untuk terhubung langsung dengan jaringan tanpa memerlukan perangkat tambahan. Hal ini menjadikan perangkat tersebut cukup efektif untuk digunakan dalam sistem monitoring berbasis jaringan.

Dengan memanfaatkan ESP32-CAM, sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan secara terus-menerus, mengambil data secara otomatis, serta mengirimkan informasi secara langsung ke sistem utama. Hal ini membuat proses monitoring menjadi lebih praktis dan tidak lagi bergantung pada pengamatan manual secara langsung di lapangan.



**Gambar 2.1 ESP32 Cam AI Thinker**

**Tabel 2.1 ESP32 Cam AI Thinker**

Parameter	Spesifikasi
Tipe	ESP32-CAM (AI Thinker)
Tegangan Kerja	3.3V – 5V
Prosesor	Dual Core 240 MHz
Memori Flash	± 4 MB
Kamera	OV2640 (2 Megapixel)
Konektivitas	WiFi (802.11 b/g/n)
Bluetooth	Bluetooth 4.2 (BLE)
Jumlah Pin I/O	± 16 Pin (terbatas karena kamera)
Antarmuka	UART, SPI, I2C, PWM
Penyimpanan Tambahan	Slot MicroSD
Resolusi Kamera	Hingga UXGA (1600x1200)

Fungsi Utama	Pengambilan gambar, streaming, dan pengiriman data
--------------	--

### 2.7.2 Port TTL Downloader usb CH340

Port TTL Downloader USB CH340 digunakan sebagai media penghubung antara komputer dan ESP32-CAM dalam proses pemrograman serta komunikasi data secara serial. Pada proyek ini, perangkat tersebut berperan penting untuk mengunggah kode program ke ESP32-CAM, termasuk program yang mengatur pengambilan gambar, pengiriman data ke server, serta koneksi ke jaringan. Selain itu, USB CH340 juga digunakan untuk memantau proses kerja sistem melalui Serial Monitor, seperti melihat status koneksi WiFi, hasil pengiriman data ke sistem AI, serta mendeteksi jika terjadi kesalahan pada perangkat. Dengan adanya alat ini, proses pengembangan dan pengujian sistem menjadi lebih mudah karena seluruh aktivitas ESP32-CAM dapat dipantau secara langsung dari komputer.



**Gambar 2.2 Port TTL Downloader usb CH340**

**Tabel 2.2 Port TTL Downloader usb CH340**

Parameter	Spesifikasi
Tipe	USB to TTL Converter (CH340)
Chipset	CH340G / CH340C
Tegangan Kerja	3.3V dan 5V (dapat dipilih)
Interface	USB ke Serial TTL
Kecepatan Data	Hingga 2 Mbps
Port Komunikasi	TX, RX, GND, VCC
Dukungan Sistem	Windows, Linux, MacOS
Fungsi Utama	Upload program dan komunikasi serial

### **2.7.3 Usb kirim data**

USB kabel data 5V digunakan sebagai media penghubung antara komputer dengan perangkat ESP32-CAM melalui modul USB TTL CH340. Kabel ini berfungsi untuk menyalurkan daya sekaligus sebagai jalur komunikasi data saat proses upload program ke mikrokontroler.

Pada penelitian ini, USB kabel data 5V juga digunakan untuk memastikan perangkat mendapatkan suplai daya yang stabil selama proses pemrograman dan pengujian sistem. Selain itu, kabel ini memungkinkan proses monitoring melalui Serial Monitor dapat berjalan dengan baik karena data dari ESP32-CAM dapat dikirim langsung ke komputer.



**Gambar 2.3 Usb Kirim Data**

## **2.8 Perangkat Lunak (Software)**

### **2.8.1 PhpMyAdmin**

phpMyAdmin merupakan salah satu aplikasi berbasis web yang digunakan untuk mengelola database MySQL secara lebih mudah melalui tampilan antarmuka. Dengan menggunakan phpMyAdmin, pengguna dapat melakukan berbagai pengelolaan data seperti membuat database, tabel, serta melakukan penyimpanan dan pengambilan data tanpa harus menggunakan perintah secara langsung (Dattatraya et al., 2025).

Dalam penelitian ini, phpMyAdmin digunakan sebagai media untuk mengelola database yang berfungsi menyimpan seluruh data hasil deteksi dari sistem. Data yang disimpan meliputi gambar hasil tangkapan kamera, status klasifikasi objek (hama atau bukan hama), serta waktu kejadian. Penyimpanan data ini dilakukan secara otomatis setiap kali sistem mendeteksi adanya aktivitas pada area pemantauan (Kalaivani et al., 2025).

Database yang digunakan terhubung dengan sistem backend berbasis PHP yang berfungsi sebagai penghubung antara proses pengolahan data dan tampilan web. Ketika sistem AI selesai melakukan klasifikasi, hasilnya akan dikirimkan ke server melalui script PHP untuk kemudian disimpan ke dalam database (Muhammed, 2024). Selanjutnya, data yang telah tersimpan di dalam database akan diambil kembali oleh sistem web untuk ditampilkan dalam bentuk informasi pada dashboard. Informasi tersebut meliputi hasil deteksi terbaru, riwayat kejadian sebelumnya, serta data yang digunakan dalam pembuatan grafik (Kumar et al., 2023).

Dengan adanya penggunaan phpMyAdmin sebagai pengelola database, proses penyimpanan dan pengolahan data menjadi lebih terstruktur dan mudah untuk diakses. Hal ini mendukung sistem agar dapat menampilkan informasi secara real-time dan terorganisir dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna (Pendyala et al., 2021).

### **2.8.2 Arduino IDE**

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai media untuk menulis, mengedit, serta mengunggah program ke mikrokontroler. Aplikasi ini menyediakan tampilan yang cukup sederhana sehingga memudahkan pengguna dalam proses pengembangan sistem berbasis mikrokontroler (Priyadharshini, 2022).

Pada penelitian ini, Arduino IDE digunakan untuk mengembangkan program yang dijalankan pada ESP32-CAM. Program yang dibuat meliputi pengaturan koneksi jaringan, proses pengambilan gambar, serta pengiriman data ke

sistem pengolahan. Seluruh proses tersebut dikendalikan melalui kode yang ditulis dan diunggah menggunakan Arduino IDE (Kunt, 2025).

Selain digunakan untuk menulis program, Arduino IDE juga menyediakan fitur Serial Monitor yang dimanfaatkan untuk melihat proses kerja sistem secara langsung. Melalui fitur ini, pengguna dapat mengetahui status koneksi, hasil pengiriman data, serta mendeteksi jika terjadi kesalahan pada perangkat selama proses pengujian (Saleheen et al., 2022).

Dalam implementasinya, Arduino IDE berperan sebagai penghubung utama antara pengguna dan perangkat ESP32-CAM, terutama pada tahap pengembangan dan pengujian sistem. Dengan menggunakan aplikasi ini, proses pembuatan program menjadi lebih mudah dan terstruktur, sehingga mendukung jalannya sistem monitoring dan deteksi yang dikembangkan dalam penelitian ini (Kalaivani et al., 2025).



**Gambar 2.4 Arduino IDE**

### **2.8.3 Draw.io**

Draw.io digunakan sebagai aplikasi untuk membuat diagram blok dan flowchart sistem yang dirancang. Diagram tersebut berfungsi untuk

menggambarkan hubungan antar komponen, alur kerja sistem, serta proses pengambilan keputusan menggunakan algoritma Decision Tree(Zulkarnain, 2024). Dengan adanya diagram, pembaca dapat memahami cara kerja sistem secara lebih jelas tanpa harus mempelajari kode program secara langsung. Selain itu, penggunaan Draw.io juga membantu dalam menyusun laporan penelitian agar lebih terstruktur dan mudah dipahami(Putra & Wibowo, 2022).



**Gambar 2.5 Draw.io**

#### **2.8.4 Xampp**

XAMPP merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan sebagai server lokal untuk menjalankan aplikasi berbasis web. Aplikasi ini menyediakan beberapa layanan utama seperti Apache sebagai web server, MySQL sebagai database, serta phpMyAdmin untuk pengelolaan data. Dengan adanya XAMPP, proses pengembangan dan pengujian sistem web dapat dilakukan secara lokal tanpa memerlukan koneksi ke server internet (Kunt, 2025).

Pada penelitian ini, XAMPP digunakan sebagai media untuk menjalankan sistem backend yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP. Server lokal ini berperan sebagai penghubung antara sistem pengolahan data dan tampilan

web, sehingga seluruh proses penyimpanan dan pengambilan data dapat dilakukan dalam satu lingkungan yang terintegrasi (Dattatraya et al., 2025).

Dalam implementasinya, XAMPP digunakan untuk menampung file API seperti script yang berfungsi menerima data hasil klasifikasi dari sistem pengolahan. Data yang diterima kemudian disimpan ke dalam database melalui proses yang berjalan secara otomatis. Selain itu, XAMPP juga digunakan untuk menjalankan halaman web yang menampilkan hasil monitoring, deteksi, riwayat, serta grafik secara real-time (Pendyala et al., 2021).

Penggunaan XAMPP dalam penelitian ini memudahkan proses pengembangan sistem karena seluruh komponen dapat dijalankan dalam satu platform lokal. Hal ini juga membantu dalam proses pengujian, karena sistem dapat diakses langsung melalui browser tanpa perlu konfigurasi server tambahan (Dattatraya et al., 2025).

Dengan demikian, XAMPP berperan sebagai pusat pengelolaan data dan layanan web dalam sistem yang dikembangkan, sehingga seluruh proses mulai dari penerimaan data hingga penyajian informasi dapat berjalan dengan baik dan terstruktur (Kunt, 2025).

### **2.8.5 Visual Studio Code**

Visual Studio Code merupakan salah satu aplikasi editor kode yang digunakan untuk menulis dan mengelola berbagai jenis bahasa pemrograman. Aplikasi ini banyak digunakan karena memiliki tampilan yang sederhana, ringan, serta mendukung berbagai ekstensi yang dapat membantu dalam proses pengembangan system (Pendyala et al., 2021).

Dalam penelitian ini, Visual Studio Code digunakan sebagai media utama untuk mengembangkan bagian sistem berbasis web dan backend. Melalui aplikasi ini, peneliti menulis dan mengelola kode program seperti HTML, CSS, JavaScript, serta PHP yang digunakan untuk membangun tampilan dashboard dan mengatur proses pengolahan data pada server (Muhammed, 2024).

Selain itu, Visual Studio Code juga digunakan untuk mengedit script yang berfungsi sebagai penghubung antara sistem pengolahan data dan database, seperti file yang digunakan untuk menerima data hasil deteksi serta menampilkan informasi ke halaman web. Dengan adanya fitur seperti auto-complete dan integrasi ekstensi, proses penulisan kode menjadi lebih mudah dan terstruktur (Wolfert et al., 2022).

Dalam proses pengembangan, Visual Studio Code membantu peneliti dalam mengatur struktur file proyek agar lebih rapi, sehingga memudahkan dalam proses debugging dan pengujian sistem. Seluruh komponen seperti tampilan web, script backend, serta pengambilan data dari database dapat dikelola dalam satu lingkungan kerja yang terorganisir (Kumar et al., 2023).

Dengan penggunaan Visual Studio Code, proses pengembangan sistem menjadi lebih efisien karena seluruh kode dapat ditulis, diperbaiki, dan diuji dengan lebih mudah. Hal ini mendukung pembuatan sistem monitoring dan deteksi yang berjalan secara terintegrasi sesuai dengan kebutuhan penelitian (Pendyala et al., 2021).

#### **2.8.6 command Prompt**

Command Prompt merupakan salah satu fitur pada sistem operasi yang digunakan untuk menjalankan perintah berbasis teks. Melalui Command Prompt,

pengguna dapat mengakses dan mengelola berbagai proses pada komputer, termasuk menjalankan program, mengatur direktori, serta melakukan konfigurasi system (Kunt, 2025).

Dalam penelitian ini, Command Prompt digunakan sebagai media untuk menjalankan sistem pengolahan data berbasis Python yang berfungsi sebagai bagian dari proses deteksi. Melalui Command Prompt, peneliti menjalankan server yang digunakan untuk menerima data gambar dari perangkat monitoring, kemudian memprosesnya menggunakan algoritma klasifikasi yang telah dibuat (Khaleel, 2024).

Selain itu, Command Prompt juga dimanfaatkan untuk melakukan pengujian sistem, seperti memastikan server berjalan dengan baik, memeriksa koneksi antar komponen, serta melihat pesan kesalahan yang muncul selama proses berjalan. Dengan adanya tampilan log pada Command Prompt, peneliti dapat mengetahui apakah data yang dikirim telah diterima dan diproses dengan benar (Muhammed, 2024).

Penggunaan Command Prompt dalam penelitian ini sangat membantu dalam proses pengembangan dan debugging sistem, terutama pada bagian yang berkaitan dengan pengolahan data dan komunikasi antar perangkat. Seluruh proses dapat dijalankan dan dipantau secara langsung melalui perintah yang dimasukkan oleh pengguna (Mohapatra, 2025).

Dengan demikian, Command Prompt berperan sebagai alat bantu dalam menjalankan dan mengontrol proses backend sistem, sehingga mendukung kelancaran proses deteksi dan integrasi antar komponen dalam sistem yang dikembangkan (Bemthuis, 2023).

## **2.9 Prinsip Kerja dan Data Keluaran Sistem**

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini bekerja secara terintegrasi mulai dari proses pemantauan hingga penyajian informasi kepada pengguna. Proses diawali dengan perangkat kamera yang melakukan pemantauan area sawah secara terus-menerus melalui fitur live streaming. Dengan adanya pemantauan ini, kondisi lapangan dapat diamati secara langsung melalui tampilan web.

Selanjutnya, sistem dilengkapi dengan mekanisme deteksi pergerakan yang berfungsi sebagai pemicu dalam proses pengambilan data. Ketika terdeteksi adanya aktivitas pada area pemantauan, perangkat secara otomatis mengambil gambar sebagai data masukan untuk proses berikutnya.

Gambar yang dihasilkan kemudian dikirimkan ke sistem pengolahan berbasis server untuk dianalisis. Pada tahap ini, sistem melakukan proses pengolahan citra dan klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree untuk menentukan apakah objek yang terdeteksi termasuk kategori hama atau bukan.

Setelah proses klasifikasi selesai, hasilnya akan dikirimkan ke sistem backend untuk disimpan ke dalam database. Data yang tersimpan selanjutnya digunakan untuk ditampilkan pada dashboard berbasis web secara real-time.

Secara keseluruhan, sistem ini bekerja secara otomatis tanpa memerlukan intervensi langsung dari pengguna, mulai dari proses pemantauan, pengambilan gambar, pengolahan data, hingga penyajian informasi.

### **2.9.1 Data Keluaran Sistem**

Data keluaran yang dihasilkan oleh sistem berupa informasi hasil deteksi yang ditampilkan melalui dashboard berbasis web. Informasi tersebut disusun agar mudah dipahami oleh pengguna dan dapat diakses secara langsung.

Data keluaran yang dihasilkan meliputi:

**1. Tampilan Live Monitoring**

Menampilkan kondisi area sawah secara langsung melalui streaming dari kamera, sehingga pengguna dapat melihat situasi secara real-time.

**2. Hasil Deteksi Objek**

Menampilkan hasil klasifikasi objek yang dibedakan menjadi dua kategori, yaitu hama (tikus) dan bukan hama.

**3. Gambar Hasil Deteksi**

Menyimpan dan menampilkan gambar yang diambil saat sistem mendeteksi adanya aktivitas pada area pemantauan.

**4. Waktu Kejadian**

Menampilkan informasi waktu saat proses deteksi terjadi, sehingga pengguna dapat mengetahui kapan aktivitas tersebut berlangsung.

**5. Riwayat Deteksi (History)**

Menyediakan data kejadian sebelumnya yang tersimpan di dalam database untuk keperluan pemantauan lanjutan.

**6. Grafik Kemunculan Hama**

Menampilkan data dalam bentuk grafik untuk menunjukkan frekuensi kemunculan hama dalam periode tertentu.

Dengan adanya data keluaran tersebut, pengguna dapat memperoleh informasi yang lebih lengkap mengenai kondisi lahan sawah serta aktivitas hama yang terjadi, sehingga proses pemantauan menjadi lebih mudah dan terstruktur.

**Tabel 2.3 Data Keluaran Sistem**

No	Jenis Data Keluaran	Deskripsi	Sumber Data	Tampilan Output
1	Live Monitoring	Menampilkan kondisi area sawah secara langsung melalui kamera	ESP32-CAM	Halaman utama (live stream)
2	Status Deteksi	Informasi hasil klasifikasi objek (HAMA / BUKAN)	AI (Decision Tree)	Dashboard (panel kiri & kanan)
3	Gambar Deteksi	Gambar hasil tangkapan saat terjadi pergerakan	ESP32-CAM	Dashboard (foto terbaru)
4	Waktu Kejadian	Informasi waktu saat proses deteksi berlangsung	Sistem / Server	Dashboard & history

5	Riwayat Deteksi (History)	Data hasil deteksi sebelumnya yang tersimpan di database	Database (MySQL)	Halaman riwayat
6	Grafik Kemunculan Hama	Visualisasi jumlah kemunculan hama dalam periode tertentu	Database + Chart.js	Grafik pada dashboard

## 2.10 Prinsip Pengambilan Keputusan Menggunakan Decision Tree

Algoritma Decision Tree digunakan dalam penelitian ini sebagai metode utama dalam proses pengambilan keputusan terhadap objek yang terdeteksi oleh sistem. Metode ini dipilih karena memiliki struktur yang sederhana, mudah dipahami, serta mampu menghasilkan keputusan berdasarkan aturan yang jelas. Selain itu, algoritma ini juga cukup ringan sehingga sesuai digunakan pada sistem dengan keterbatasan sumber daya (J. Bemthuis, 2023).

Pada penelitian ini, proses pengambilan keputusan tidak menggunakan data sensor, melainkan berdasarkan data citra yang diperoleh dari kamera. Gambar yang dihasilkan terlebih dahulu diproses untuk mengekstraksi beberapa fitur penting yang akan digunakan sebagai parameter dalam proses klasifikasi. Fitur yang

digunakan meliputi nilai rata-rata intensitas piksel (mean), standar deviasi, serta informasi tepi (edge) dari objek yang terdeteksi.

Nilai rata-rata (mean) dihitung menggunakan rumus:

$$\mu = (1/N) \sum x_i$$

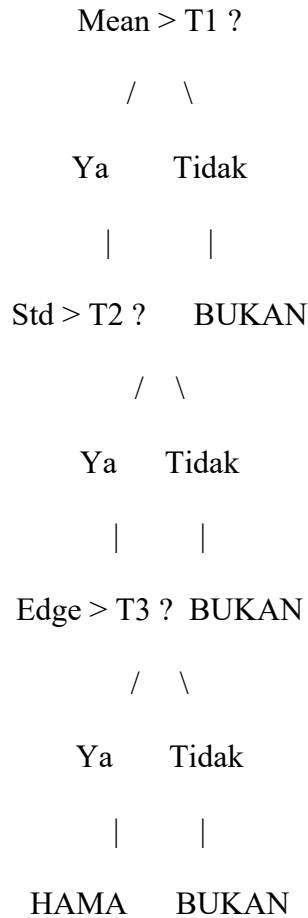
Sedangkan standar deviasi dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{[(1/N) \sum (x_i - \mu)^2]}$$

Dimana  $x_i$  merupakan nilai piksel dan  $N$  adalah jumlah total piksel pada citra. Sementara itu, nilai edge ( $E$ ) diperoleh dari hasil deteksi tepi pada citra yang menggambarkan tingkat detail atau kontur objek.

Setelah nilai-nilai tersebut diperoleh, sistem akan membandingkannya dengan nilai ambang (threshold) yang telah ditentukan dari proses pelatihan model. Proses pengambilan keputusan dilakukan secara bertahap mengikuti struktur pohon keputusan, dimana setiap parameter akan diuji berdasarkan kondisi tertentu.

Secara umum, aturan pengambilan keputusan dalam sistem ini dapat dirumuskan sebagai berikut:



Status = HAMA, jika  $(\mu > T1) \wedge (\sigma > T2) \wedge (E > T3)$

Status = BUKAN, jika kondisi lainnya

Dimana T1, T2, dan T3 merupakan nilai threshold yang diperoleh dari proses pelatihan data.

Dalam implementasinya, sistem akan menerima gambar dari kamera, kemudian melakukan proses konversi ke grayscale dan ekstraksi fitur. Nilai fitur yang diperoleh akan dibandingkan dengan threshold dan mengikuti alur percabangan pada Decision Tree hingga menghasilkan keputusan akhir berupa kategori hama atau bukan hama.

Hasil dari proses klasifikasi tersebut kemudian dikirimkan ke sistem backend untuk disimpan dalam database dan ditampilkan pada dashboard berbasis

web secara real-time. Dengan demikian, sistem mampu melakukan proses pengambilan keputusan secara otomatis berdasarkan karakteristik visual dari objek yang terdeteksi, sehingga membantu dalam proses identifikasi hama secara lebih sistematis dan terstruktur.

## 2.11 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu**

No	Judul Penelitian	Pengarang (Tahun)	Kesimpulan
1	Smart Agriculture Monitoring System Using IoT	Smart Agriculture Monitoring System Using IoT	Smart Agriculture Monitoring System Using IoT
2	IoT-Based Pest Detection Using Image Processing	IoT-Based Pest Detection Using Image Processing	IoT-Based Pest Detection Using Image Processing
3	Real-Time Crop Monitoring Using ESP32-CAM	Real-Time Crop Monitoring Using ESP32-CAM	Real-Time Crop Monitoring Using ESP32-CAM
4	Smart Farming System Using IoT and Machine Learning	Smart Farming System Using IoT and Machine Learning	Smart Farming System Using IoT and Machine Learning
5	Image-Based Pest Detection System in Agriculture	Image-Based Pest Detection System in Agriculture	Image-Based Pest Detection System in Agriculture

## 2.12 Analisis Gap

Analisis gap dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan antara sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang memiliki topik serupa. Berdasarkan hasil studi literatur, sebagian besar penelitian di bidang smart agriculture masih berfokus pada pemantauan kondisi lingkungan menggunakan sensor tertentu, seperti suhu, kelembaban, atau jarak, dengan metode pengambilan keputusan yang relatif sederhana dan berbasis aturan tetap (Conference, 2024).

Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya hanya menitikberatkan pada aspek monitoring tanpa disertai dengan kemampuan untuk melakukan analisis terhadap objek yang terdeteksi. Hal ini menyebabkan sistem hanya mampu menampilkan data tanpa memberikan informasi yang lebih mendalam terkait jenis gangguan yang terjadi pada lahan pertanian (Kumar et al., 2023).

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memanfaatkan pendekatan berbasis citra dengan menggunakan kamera sebagai sumber data utama. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan algoritma Decision Tree untuk mengklasifikasikan objek menjadi kategori hama dan bukan hama. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga mampu melakukan proses identifikasi secara otomatis berdasarkan karakteristik visual objek (Dattatraya et al., 2025).

Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan tampilan berbasis web yang menyajikan informasi secara real-time, meliputi hasil deteksi, riwayat kejadian, serta grafik kemunculan hama. Integrasi antara perangkat monitoring, sistem

pengolahan data, dan dashboard web menjadikan sistem yang dikembangkan lebih terstruktur dan informatif dibandingkan dengan sistem sebelumnya (Kunt, 2025).

Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan pada kondisi jaringan dan kualitas pencahayaan yang dapat mempengaruhi hasil deteksi. Selain itu, tingkat akurasi sistem juga sangat bergantung pada dataset yang digunakan dalam proses pelatihan model (Priyadharshini, 2022).

Berdasarkan analisis tersebut, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring yang tidak hanya menampilkan kondisi secara langsung, tetapi juga mampu melakukan klasifikasi objek secara otomatis. Namun, pengembangan lebih lanjut masih diperlukan untuk meningkatkan performa sistem, seperti penggunaan metode klasifikasi yang lebih kompleks atau penambahan fitur pendukung lainnya agar sistem dapat bekerja lebih optimal pada berbagai kondisi lingkungan (Gatkal et al., 2024).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) karena bertujuan untuk merancang, membangun, serta menguji sebuah sistem monitoring dan deteksi hama berbasis teknologi. Metode ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada pengumpulan data, tetapi juga menghasilkan suatu sistem yang dapat digunakan sebagai solusi terhadap permasalahan yang ada di lapangan.

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, yaitu masih terbatasnya sistem pemantauan hama yang mampu bekerja secara otomatis dan dapat diakses secara langsung. Selain itu, proses pengawasan yang masih dilakukan secara manual dinilai kurang efektif karena membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar.

Selanjutnya dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan berbagai referensi dari jurnal, buku, dan sumber ilmiah lainnya yang berkaitan dengan sistem monitoring, teknologi berbasis jaringan, penggunaan kamera sebagai alat pengambilan data, serta metode klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree. Studi ini bertujuan untuk memperkuat dasar teori serta menjadi acuan dalam pengembangan sistem.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada bagian perangkat keras, sistem menggunakan ESP32-CAM sebagai perangkat utama untuk melakukan pemantauan dan pengambilan gambar. Sedangkan pada bagian perangkat lunak,

sistem dirancang untuk mengatur proses pengambilan data, pengiriman gambar ke server, serta pengolahan data menggunakan algoritma Decision Tree.

Setelah tahap perancangan, dilakukan proses implementasi sistem dengan menggabungkan seluruh komponen yang telah dirancang. Pada tahap ini dilakukan pembuatan program menggunakan Arduino IDE untuk ESP32-CAM, pengembangan sistem pengolahan data menggunakan Python, serta pembuatan sistem backend dan tampilan web menggunakan PHP, JavaScript, dan database MySQL.

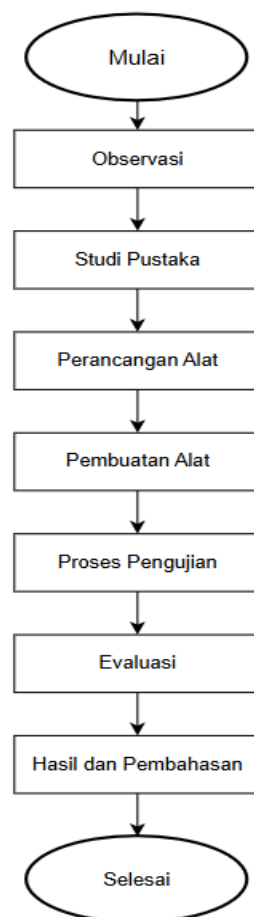
Tahap selanjutnya adalah pengujian sistem yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan mulai dari proses pengambilan gambar, pengiriman data ke sistem pengolahan, proses klasifikasi, hingga penampilan hasil pada dashboard web. Selain itu, dilakukan juga pengujian untuk melihat kemampuan sistem dalam membedakan objek hama dan bukan hama berdasarkan data yang diperoleh.

Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan, termasuk keakuratan hasil klasifikasi serta kestabilan sistem dalam menjalankan proses monitoring dan deteksi secara real-time.

Tahap akhir dalam penelitian ini adalah evaluasi sistem dan penyusunan laporan. Evaluasi dilakukan untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan sistem yang telah dikembangkan, sehingga dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut di masa mendatang. Dengan metode ini, diharapkan sistem yang dihasilkan mampu membantu proses pemantauan lahan sawah secara lebih efektif dan terstruktur.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Metode penelitian pada skripsi ini disusun melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan, dimulai dari proses awal hingga tahap akhir penelitian. Setiap tahapan dirancang secara sistematis untuk menghasilkan suatu sistem monitoring dan deteksi hama pada lahan sawah yang dapat bekerja secara otomatis. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan perangkat kamera sebagai media pemantauan, pengolahan data berbasis algoritma Decision Tree, serta tampilan berbasis web sebagai sarana penyajian informasi. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dijelaskan sebagai berikut :



**Gambar 3.1 Alur Penelitian**

Alur penelitian :

1. Observasi

Tahap observasi merupakan langkah awal dalam penelitian ini. Pada tahap ini, peneliti melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi lahan sawah serta aktivitas petani dalam melakukan pengawasan terhadap hama. Observasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang sering terjadi, seperti keterlambatan dalam mendeteksi hama serta keterbatasan dalam melakukan pemantauan secara terus-menerus. Dari tahap ini diperoleh gambaran mengenai kebutuhan sistem yang mampu melakukan monitoring secara otomatis dan dapat diakses dari jarak jauh.

2. Tahap Studi Pustaka

Setelah observasi, tahap berikutnya adalah studi pustaka. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan berbagai referensi dari jurnal, buku, dan sumber ilmiah lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian. Studi pustaka difokuskan pada pemahaman konsep sistem monitoring, penggunaan kamera sebagai alat pengambilan data, pengolahan citra, serta penerapan algoritma Decision Tree. Hasil dari studi ini digunakan sebagai dasar dalam merancang sistem yang akan dikembangkan.

3. Tahap Perancangan Alat

Tahap perancangan alat bertujuan untuk menyusun desain sistem yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Perancangan dilakukan pada dua bagian, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras dirancang dengan menggunakan ESP32-CAM sebagai alat utama untuk melakukan pemantauan dan pengambilan gambar. Sedangkan perangkat

lunak dirancang untuk mengatur proses pengambilan gambar, pengiriman data ke server, serta proses klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree. Pada tahap ini juga disusun alur kerja sistem dalam bentuk diagram dan flowchart sebagai gambaran proses yang akan berjalan.

#### 4. Tahap Pembuatan Alat

Setelah proses perancangan selesai, tahap selanjutnya adalah pembuatan sistem. Pada tahap ini dilakukan implementasi dari desain yang telah dibuat sebelumnya.

Perangkat ESP32-CAM dikonfigurasi dan diprogram menggunakan Arduino IDE untuk mengatur koneksi jaringan, pengambilan gambar, serta pengiriman data ke server. Selain itu, sistem pengolahan data dikembangkan menggunakan Python untuk proses klasifikasi, serta sistem backend dan web dashboard dibuat menggunakan PHP, JavaScript, dan database MySQL sebagai media penyimpanan dan tampilan data.

#### 5. Tahap Proses Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berjalan sesuai dengan yang telah dirancang. Pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari pengujian perangkat kamera dalam mengambil gambar, pengiriman data ke server, hingga proses klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree. Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap tampilan web untuk memastikan data dapat ditampilkan secara real-time. Pada tahap ini, peneliti juga menguji kemampuan sistem dalam membedakan objek hama dan bukan hama berdasarkan data citra yang diperoleh.

#### 6. Tahap Evaluasi

Setelah pengujian dilakukan, tahap selanjutnya adalah evaluasi sistem. Pada tahap ini, peneliti menganalisis hasil pengujian untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan. Evaluasi meliputi tingkat akurasi deteksi, kestabilan sistem, serta kecepatan dalam menampilkan data. Apabila ditemukan kendala atau kekurangan, maka dilakukan perbaikan agar sistem dapat bekerja dengan lebih optimal.

#### 7. Tahap Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini, hasil penelitian disajikan dalam bentuk data, baik berupa tabel, grafik, maupun penjelasan secara deskriptif. Peneliti membahas bagaimana sistem bekerja, serta membandingkan hasil yang diperoleh dengan teori yang telah dipelajari sebelumnya. Pembahasan juga mencakup analisis terhadap kinerja sistem dalam melakukan monitoring dan deteksi hama secara otomatis.

#### 8. Tahap Penyelesaian Penelitian

Tahap terakhir adalah penyusunan laporan penelitian. Pada tahap ini, seluruh hasil yang telah diperoleh dirangkum dalam bentuk laporan skripsi secara lengkap. Selain itu, dilakukan revisi berdasarkan saran dari pembimbing hingga penelitian dinyatakan siap untuk dipresentasikan pada sidang akhi

### **3.3 Alur Sistem**

Alur sistem pada penelitian ini menggambarkan proses kerja sistem secara umum mulai dari tahap pemantauan hingga penyajian informasi kepada pengguna.

Sistem dirancang agar seluruh proses dapat berjalan secara otomatis dan saling terhubung antara satu komponen dengan komponen lainnya.

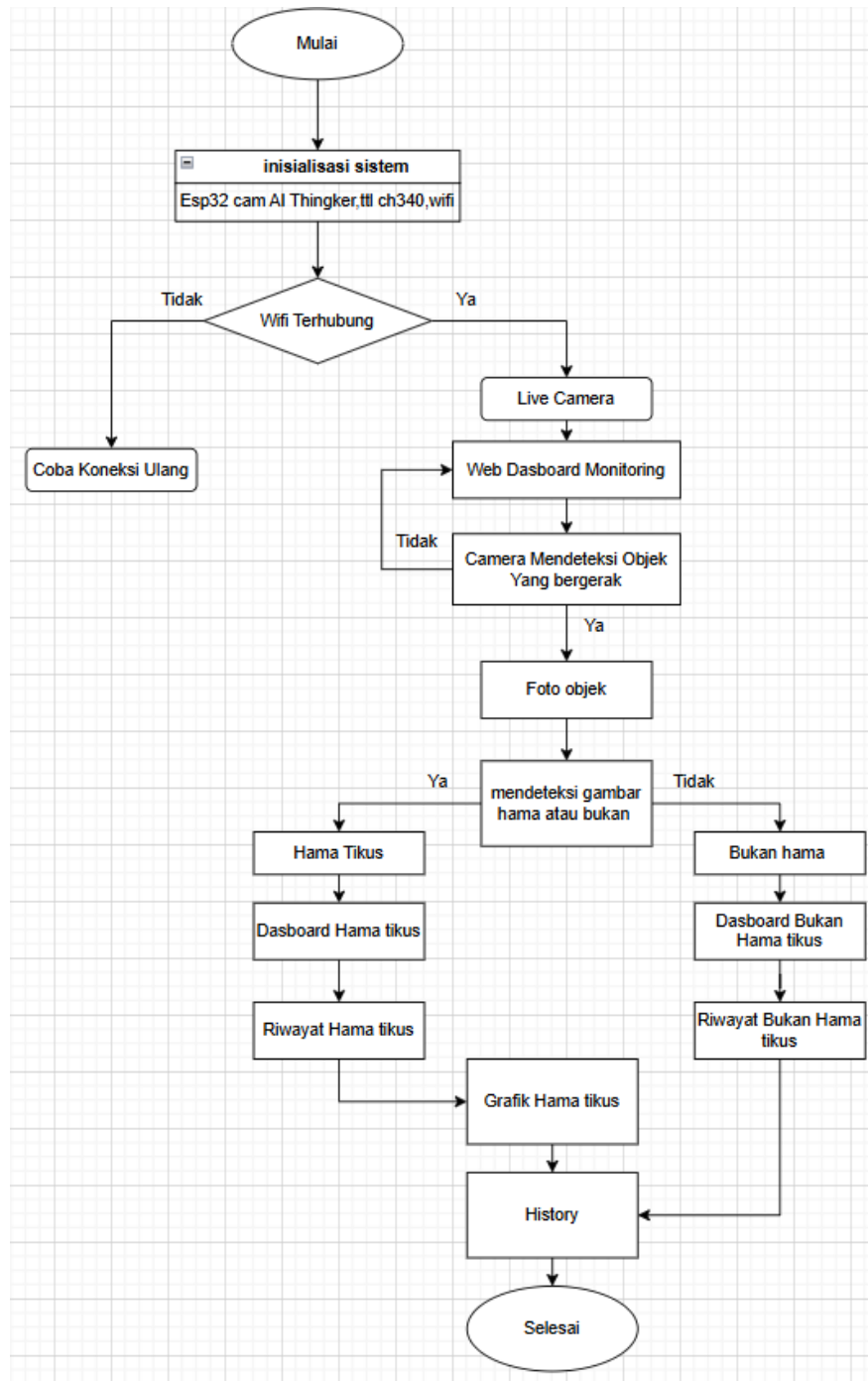
Proses dimulai dari perangkat kamera yang melakukan pemantauan terhadap area yang diamati. Kamera berfungsi untuk menangkap kondisi lingkungan dalam bentuk gambar sebagai data utama yang akan diproses oleh sistem. Pemantauan ini dilakukan secara terus-menerus sehingga setiap perubahan yang terjadi dapat terdeteksi.

Selanjutnya, data berupa gambar yang diperoleh akan dikirimkan ke sistem pengolahan untuk dianalisis. Pada tahap ini, sistem melakukan proses identifikasi terhadap objek yang tertangkap kamera untuk menentukan kategori tertentu sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Setelah proses analisis selesai, hasil yang diperoleh akan dikirimkan ke sistem penyimpanan data. Data tersebut kemudian diolah kembali agar dapat ditampilkan dalam bentuk informasi yang mudah dipahami oleh pengguna.

Tahap terakhir adalah penyajian data melalui tampilan berbasis web. Pada bagian ini, pengguna dapat melihat hasil monitoring, informasi deteksi, serta data pendukung lainnya secara langsung.

Secara keseluruhan, alur sistem ini menunjukkan bahwa seluruh proses mulai dari pengambilan data hingga penyajian informasi dilakukan secara terintegrasi, sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis tanpa memerlukan pengawasan secara terus-menerus.



**Gambar 3.2 Alur Sistem**

Alur kerja sistem pada penelitian ini dimulai dari proses inialisasi seluruh komponen yang digunakan. Pada tahap ini, perangkat ESP32-CAM diaktifkan bersama dengan konfigurasi jaringan WiFi serta sistem pendukung lainnya. Proses

inisialisasi bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dapat berjalan dengan baik sebelum sistem mulai digunakan.

Setelah proses inisialisasi selesai, sistem akan melakukan pengecekan koneksi jaringan. Apabila perangkat belum terhubung dengan WiFi, maka sistem akan secara otomatis mencoba melakukan koneksi ulang hingga berhasil terhubung. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa pengiriman data ke server dapat berjalan dengan lancar.

Ketika koneksi jaringan telah berhasil, sistem mulai menjalankan proses monitoring melalui kamera. Pada tahap ini, ESP32-CAM menampilkan live streaming yang dapat diakses melalui dashboard web sebagai bentuk pemantauan kondisi secara langsung.

Selanjutnya, sistem akan mendeteksi adanya pergerakan pada area yang dipantau. Jika tidak terdapat pergerakan, maka sistem akan tetap berada pada kondisi monitoring dan terus melakukan pengamatan secara berulang. Namun, apabila terdeteksi adanya objek yang bergerak, maka sistem akan mengambil gambar sebagai data untuk proses selanjutnya.

Gambar yang diperoleh kemudian dikirim ke sistem pengolahan untuk dianalisis. Pada tahap ini, sistem melakukan proses klasifikasi menggunakan algoritma Decision Tree untuk menentukan apakah objek yang terdeteksi termasuk kategori hama atau bukan hama.

Apabila hasil klasifikasi menunjukkan bahwa objek tersebut merupakan hama, maka sistem akan menampilkan informasi tersebut pada dashboard khusus hama. Data hasil deteksi juga disimpan sebagai riwayat untuk keperluan

pemantauan selanjutnya. Selain itu, data tersebut akan digunakan dalam pembuatan grafik untuk menunjukkan tingkat kemunculan hama.

Sebaliknya, jika objek yang terdeteksi bukan termasuk hama, maka sistem akan menampilkan hasil tersebut pada dashboard bagian bukan hama. Data tersebut juga disimpan sebagai riwayat sehingga pengguna tetap dapat melihat seluruh aktivitas yang terjadi pada sistem.

Seluruh data hasil deteksi, baik hama maupun bukan hama, akan disimpan dalam database dan ditampilkan dalam bentuk riwayat (history). Informasi tersebut juga diolah dalam bentuk grafik untuk mempermudah pengguna dalam memahami pola kemunculan objek pada area pemantauan.

Setelah seluruh proses selesai, sistem akan kembali ke kondisi awal untuk melanjutkan proses monitoring secara berulang. Dengan demikian, sistem dapat bekerja secara terus-menerus dalam melakukan pemantauan dan deteksi tanpa memerlukan intervensi langsung dari pengguna.

### **3.4 Lokasi**

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan rumah peneliti yang berlokasi di Tanjung Selamat, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang. Lokasi ini dipilih karena mendukung proses perancangan, pembuatan, serta pengujian sistem yang dikembangkan, sehingga seluruh tahapan penelitian dapat dilakukan secara lebih terkontrol.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan prototipe lahan sawah buatan yang dirancang menyerupai kondisi sawah dalam skala kecil. Prototipe tersebut memiliki ukuran 15 cm × 15 cm dan digunakan sebagai media simulasi untuk menguji kinerja sistem monitoring dan deteksi hama.

Pada prototipe ini, perangkat ESP32-CAM ditempatkan pada posisi tertentu untuk memantau area secara keseluruhan. Kamera digunakan sebagai alat utama dalam mengambil data berupa gambar serta menampilkan kondisi area secara langsung melalui sistem monitoring. Dengan pengaturan posisi tersebut, seluruh area prototipe dapat terpantau dengan baik.

Pengujian dilakukan dengan mengamati respon sistem terhadap objek yang berada dalam area pemantauan. Sistem akan secara otomatis mengambil gambar ketika terdeteksi adanya pergerakan, kemudian memproses data tersebut untuk menentukan hasil klasifikasi.

Melalui penggunaan prototipe ini, proses pengujian dapat dilakukan secara berulang dalam kondisi yang lebih terkendali. Hal ini memudahkan peneliti dalam melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem sebelum diterapkan pada kondisi lahan sawah yang sebenarnya.




### **3.5 Alat dan Bahan Penelitian**

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan sistem monitoring secara live dan mendeteksi hama tikus pada lahan sawah menggunakan algoritma decision tree adalah sebagai berikut:

#### **3.5.1 Perangkat Keras (Hardware)**






Untuk membuat perancangan sistem monitoring secara live dan mendeteksi hama tikus pada lahan sawah yang dipakai terdiri dari:

**Tabel 3.1 Perangkat keras**

No	Hardware	Fungsi
1	<p>ESP32 Cam AI Thinker</p> 	<p>Berfungsi sebagai perangkat utama untuk mengambil gambar, melakukan live streaming, serta mengirimkan data ke server melalui jaringan WiFi.</p>
2	<p>Port TTL Downloader usb CH340</p> 	<p>Digunakan sebagai penghubung antara komputer dan ESP32-CAM untuk proses upload program serta komunikasi data melalui Serial Monitor.</p>
3	<p>USB</p> 	<p>Berfungsi untuk menyalurkan daya listrik sekaligus sebagai media transfer data antara komputer dan modul CH340 saat proses pemrograman.</p>
4	<p>Power Supply / Adaptor</p> 	<p>Digunakan untuk memberikan sumber daya listrik agar sistem dapat berjalan secara stabil.</p>

### 3.5.2 Analisis Kebutuhan Bahan Perancangan

**Tabel 3.2 Kebutuhan Bahan Perancangan**

No	Bahan	Fungsi
1	Akrilik 	Digunakan sebagai bahan utama rangka prototipe untuk membuat bentuk petak sawah buatan agar lebih kuat, rapi, dan tahan air.
2	Sawah Sawahan 	Berfungsi sebagai media simulasi area persawahan tempat pengujian sistem pendeteksi hama dalam skala kecil.
3	Lem 	Digunakan untuk merekatkan bagian-bagian prototipe agar tidak mudah lepas saat digunakan.
4	Mainan tikus 	Digunakan sebagai objek simulasi untuk mewakili hama tikus saat proses pengujian sistem.
5	Pisau kater akrilik 	Digunakan untuk memotong dan membentuk akrilik sesuai ukuran prototipe yang dirancang.

### 3.5.3 Perangkat Lunak (Software)

**Tabel 3.3 Perangkat Lunak (Software)**

No	Nama	Fungsi
1	Arduino IDE	Digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke ESP32-CAM, seperti pengaturan WiFi, pengambilan gambar, dan pengiriman data ke server.
2	Visual Studio Code	Digunakan untuk mengembangkan sistem web, termasuk pembuatan tampilan dashboard, serta pengelolaan kode PHP, HTML, CSS, dan JavaScript.
3	phpMyAdmin	Digunakan untuk mengelola database MySQL, seperti menyimpan data hasil deteksi, gambar, dan riwayat sistem.
4	XAMPP	Digunakan sebagai server lokal untuk menjalankan web server (Apache), database MySQL, serta menghubungkan sistem backend dengan web.
5	Command Prompt	Digunakan untuk menjalankan server AI berbasis Python (Flask), serta memantau proses pengolahan data dan debugging sistem.
6	Draw.io	Digunakan untuk membuat diagram sistem, seperti flowchart dan diagram arsitektur sebagai pendukung dokumentasi penelitian.

### 3.6 Perancangan Prototipe



**Gambar 3.3 Perancangan Prototipe**

Prototipe sistem pada penelitian ini dirancang dalam bentuk petak sawah buatan sebagai media simulasi untuk proses pengujian. Prototipe dibuat dengan ukuran 15 cm × 15 cm dan menggunakan bahan akrilik sebagai rangka utama agar tampilan lebih rapi serta mudah dalam pengamatan. Bagian dalam prototipe diisi dengan media yang menyerupai tanaman padi sebagai representasi kondisi lahan sawah.

Pada setiap sudut prototipe ditempatkan miniatur orang-orangan sawah sebagai elemen visual yang menggambarkan kondisi persawahan. Penempatan elemen tersebut juga bertujuan untuk memberikan gambaran lingkungan yang mendekati kondisi nyata, meskipun tidak berfungsi sebagai bagian dari sistem otomatis.

Perangkat utama dalam sistem ini adalah ESP32-CAM yang dipasang pada salah satu sudut prototipe menggunakan tiang penyangga. Posisi kamera dibuat

mengarah ke area tengah sawah sehingga seluruh bagian prototipe dapat terpantau dengan baik. Dengan penempatan tersebut, kamera mampu menangkap gambar secara menyeluruh sebagai data utama dalam proses monitoring dan deteksi.

ESP32-CAM berfungsi sebagai perangkat untuk mengambil gambar, melakukan live streaming, serta mengirimkan data ke server melalui jaringan WiFi. Sistem dirancang agar kamera dapat bekerja secara otomatis dengan mengambil gambar ketika terdeteksi adanya perubahan atau pergerakan pada area pemantauan.

Data gambar yang dihasilkan kemudian dikirim ke sistem pengolahan berbasis server untuk dianalisis menggunakan algoritma Decision Tree. Proses analisis dilakukan dengan mengekstraksi fitur dari citra dan menentukan hasil klasifikasi berupa kategori hama atau bukan hama.

Hasil dari proses klasifikasi tersebut selanjutnya dikirim ke sistem backend untuk disimpan dalam database, kemudian ditampilkan pada dashboard berbasis web dalam bentuk informasi monitoring secara real-time. Tampilan ini meliputi hasil deteksi, gambar, riwayat, serta grafik kemunculan objek.

Sumber daya sistem diperoleh dari adaptor atau power supply yang dihubungkan ke ESP32-CAM, sehingga sistem dapat bekerja secara stabil selama proses pengujian berlangsung. Seluruh komponen disusun secara sederhana tanpa menggunakan banyak perangkat tambahan agar sistem tetap ringan dan mudah dikembangkan.

Dengan rancangan prototipe ini, proses pengujian dapat dilakukan secara terkontrol dalam skala kecil sebelum diterapkan pada kondisi lahan sawah yang

sebenarnya. Hal ini memudahkan dalam melakukan evaluasi serta penyempurnaan sistem agar dapat bekerja dengan lebih optimal.

### **3.7 Diagram Blok**

Diagram blok pada penelitian ini menggambarkan alur kerja sistem yang dirancang untuk melakukan pemantauan serta deteksi hama pada area persawahan secara otomatis. Berbeda dengan pendekatan berbasis sensor, sistem yang dikembangkan memanfaatkan kamera sebagai sumber utama dalam memperoleh data.

Proses kerja sistem diawali dari perangkat ESP32-CAM yang dipasang pada prototipe sawah. Perangkat ini berfungsi untuk mengambil gambar serta melakukan pemantauan secara langsung terhadap area yang diamati. Selain itu, ESP32-CAM juga terhubung dengan jaringan WiFi sehingga dapat mengirimkan data ke server untuk diproses lebih lanjut.

Gambar yang dihasilkan oleh kamera kemudian dikirimkan ke server pengolahan berbasis Artificial Intelligence. Pada tahap ini, sistem melakukan analisis menggunakan algoritma Decision Tree untuk mengklasifikasikan objek yang terdeteksi menjadi dua kategori, yaitu hama dan bukan hama. Proses pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan karakteristik visual dari citra yang diperoleh.

Setelah proses klasifikasi selesai, hasil deteksi berupa status dan data gambar dikirimkan ke sistem backend melalui API berbasis PHP. Data tersebut kemudian disimpan dalam database sebagai riwayat yang dapat digunakan untuk keperluan pemantauan dan analisis lebih lanjut.

Selanjutnya, data yang telah tersimpan akan ditampilkan pada website monitoring dalam bentuk dashboard. Informasi yang ditampilkan meliputi hasil deteksi hama, data bukan hama, riwayat kejadian, serta grafik kemunculan hama. Dengan adanya tampilan ini, pengguna dapat memantau kondisi secara real-time tanpa harus berada langsung di lokasi.

Selain itu, sistem juga memanfaatkan sumber daya listrik dari adaptor atau power supply yang dihubungkan ke perangkat ESP32-CAM agar sistem dapat bekerja secara stabil selama proses monitoring berlangsung.

Dengan alur kerja tersebut, sistem mampu melakukan proses pemantauan dan deteksi secara terintegrasi mulai dari pengambilan gambar, pengolahan data, hingga penyajian informasi. Pendekatan ini memberikan kemudahan dalam memantau kondisi lahan sawah serta membantu dalam mengidentifikasi keberadaan hama secara lebih efektif.



**Gambar 3.4 Diagram Blok**

Gambar diagram blok pada penelitian ini menggambarkan hubungan antar komponen sistem dalam proses monitoring dan deteksi hama pada lahan sawah. Diagram tersebut menunjukkan alur kerja sistem mulai dari proses pengambilan data hingga penyajian informasi kepada pengguna secara terintegrasi.

Proses dimulai dari prototipe lahan sawah yang diamati menggunakan perangkat ESP32-CAM. Perangkat ini berfungsi sebagai media utama untuk menangkap gambar serta melakukan pemantauan secara langsung melalui fitur live streaming. Data berupa gambar yang diperoleh kemudian dikirimkan melalui jaringan WiFi menuju sistem pengolahan.

Pada tahap berikutnya, data gambar diproses oleh server berbasis Artificial Intelligence yang menggunakan algoritma Decision Tree. Proses ini bertujuan untuk mengklasifikasikan objek yang terdeteksi menjadi dua kategori, yaitu hama dan bukan hama berdasarkan karakteristik visual dari gambar.

Setelah proses klasifikasi selesai, hasil berupa status deteksi dan data gambar diteruskan ke sistem backend melalui API berbasis PHP. Data tersebut kemudian disimpan ke dalam database MySQL sebagai data riwayat yang dapat diakses kembali.

Selanjutnya, data yang telah tersimpan ditampilkan pada web dashboard monitoring. Pada bagian ini, informasi ditampilkan dalam beberapa tampilan, seperti dashboard hama, dashboard bukan hama, riwayat deteksi, serta grafik kemunculan hama. Dengan tampilan tersebut, pengguna dapat memantau kondisi secara real-time dan memahami pola kemunculan hama dengan lebih mudah.

Selain itu, sistem juga didukung oleh sumber daya listrik yang diperoleh dari adaptor atau power supply agar seluruh komponen dapat bekerja secara stabil selama proses monitoring berlangsung.

Dengan adanya integrasi antar komponen tersebut, sistem mampu melakukan proses monitoring dan deteksi secara otomatis mulai dari pengambilan gambar, pengolahan data, hingga penyajian informasi. Hal ini menjadikan sistem lebih efektif dalam membantu proses pemantauan lahan sawah dibandingkan dengan metode manual.

### 3.8 Rancangan Web



**Gambar 3.5 Rancangan Web**

Tampilan website monitoring pada sistem ini dirancang untuk menyajikan informasi hasil pemantauan dan deteksi secara langsung dalam satu halaman utama yang terintegrasi. Berdasarkan tampilan yang dihasilkan, antarmuka dibangun dengan konsep pembagian area yang jelas sehingga pengguna dapat dengan mudah memahami kondisi yang terjadi pada lahan sawah tanpa perlu berpindah halaman.

Pada bagian tengah halaman ditampilkan area live sawah yang berfungsi sebagai media pemantauan utama. Tampilan ini berasal dari streaming kamera ESP32-CAM yang menampilkan kondisi sawah secara real-time. Dengan adanya fitur ini, pengguna dapat melihat secara langsung aktivitas yang terjadi pada area pemantauan, terutama pergerakan objek yang berpotensi sebagai hama.

Di sisi kiri halaman terdapat panel “Bukan Hama” yang menampilkan hasil klasifikasi apabila objek yang terdeteksi tidak termasuk kategori hama. Informasi yang ditampilkan berupa status kondisi, seperti “aman”, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat gangguan berbahaya pada area tersebut. Bagian ini secara langsung terhubung dengan hasil pengolahan data dari sistem kecerdasan buatan.

Sementara itu, pada sisi kanan halaman terdapat panel “Hama Terdeteksi” yang digunakan untuk menampilkan informasi apabila sistem mendeteksi adanya hama, khususnya tikus. Informasi yang ditampilkan berupa status deteksi serta keterangan objek yang teridentifikasi. Panel ini menjadi indikator utama adanya gangguan, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi yang memerlukan perhatian.

Berbeda dengan sistem konvensional, hasil yang ditampilkan pada kedua panel tersebut merupakan hasil klasifikasi dari algoritma Decision Tree yang sebelumnya telah memproses gambar yang dikirim oleh ESP32-CAM melalui server AI. Dengan demikian, informasi yang ditampilkan bukan hanya berdasarkan deteksi sederhana, tetapi sudah melalui tahap analisis data.

Di bawah bagian utama terdapat fitur riwayat deteksi yang berfungsi untuk menampilkan data hasil deteksi sebelumnya yang tersimpan di dalam database. Data ini disusun secara kronologis dan mencakup baik kategori hama maupun

bukan hama. Dengan adanya fitur ini, pengguna dapat melakukan peninjauan kembali terhadap kejadian yang telah terjadi pada waktu sebelumnya.

Selanjutnya, terdapat bagian control ESP32-CAM yang digunakan untuk mengakses halaman kontrol perangkat, seperti tampilan stream tambahan atau pengaturan kamera. Fitur ini memudahkan pengguna dalam melakukan pengelolaan perangkat secara langsung melalui sistem web.

Pada bagian paling bawah halaman ditampilkan grafik deteksi hama yang berfungsi untuk memperlihatkan jumlah serta frekuensi kemunculan hama dalam periode waktu tertentu. Grafik ini dibangun berdasarkan data yang tersimpan di database dan diperbarui secara berkala. Dengan adanya grafik tersebut, pengguna tidak hanya melihat kondisi saat ini, tetapi juga dapat memahami pola kemunculan hama dari waktu ke waktu.

Secara keseluruhan, rancangan web ini mengintegrasikan fitur monitoring, hasil deteksi, penyimpanan data, serta analisis dalam satu tampilan yang terstruktur. Hal ini memungkinkan sistem untuk tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai media evaluasi yang membantu pengguna dalam mengambil keputusan secara lebih efektif.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Perancangan Sistem**

Berdasarkan tahapan metodologi penelitian yang telah dijelaskan pada Bab III, penelitian ini menghasilkan sebuah sistem monitoring dan deteksi hama tikus berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu bekerja secara terintegrasi mulai dari proses pengambilan data, pengolahan, hingga penyajian informasi kepada pengguna.

Sistem yang dibangun memanfaatkan perangkat ESP32-CAM sebagai media utama dalam proses pemantauan kondisi lahan sawah secara langsung (live). Perangkat ini berfungsi untuk menangkap gambar secara kontinu serta melakukan pengambilan gambar secara otomatis ketika terdeteksi adanya pergerakan pada area pemantauan. Gambar yang diperoleh kemudian dikirimkan ke server pengolahan berbasis Python untuk dilakukan proses analisis menggunakan algoritma Decision Tree.

Hasil dari proses klasifikasi tersebut selanjutnya disimpan ke dalam database dan ditampilkan melalui dashboard berbasis web dalam bentuk informasi yang mudah dipahami oleh pengguna, seperti status deteksi, waktu kejadian, riwayat data, serta grafik kemunculan hama. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga mampu melakukan proses identifikasi objek secara otomatis.

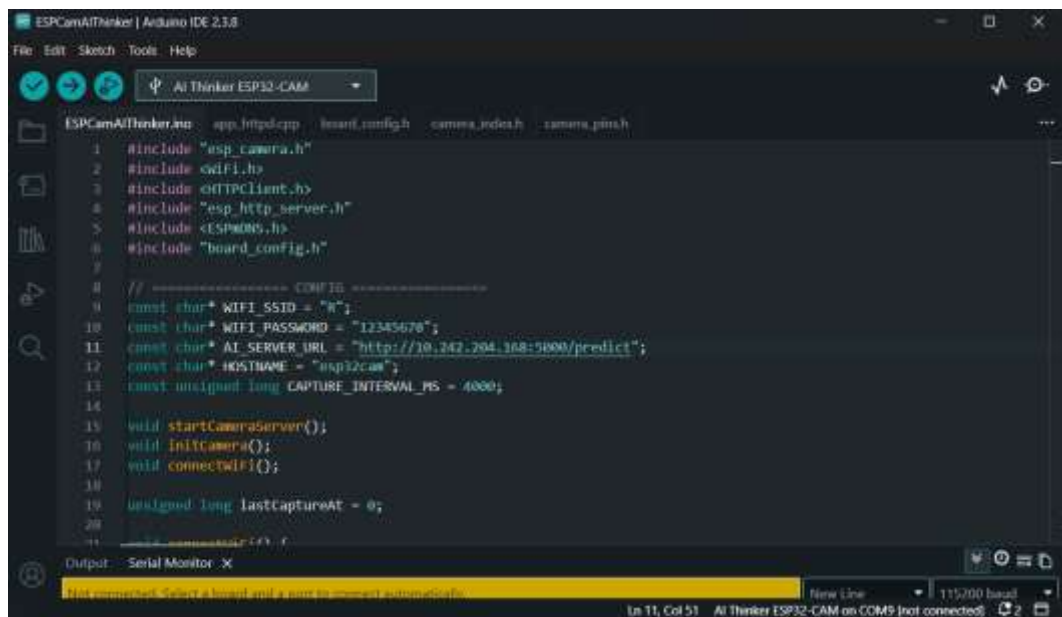
## 4.2 Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem

### 4.2.1 Implementasi Perangkat ESP32-CAM

Pada tahap implementasi perangkat keras, ESP32-CAM berhasil dikonfigurasi sebagai sistem monitoring berbasis kamera yang terhubung dengan jaringan internet. Perangkat ini mampu melakukan beberapa fungsi utama, yaitu:

1. Menghubungkan diri ke jaringan WiFi secara otomatis
2. Menampilkan live streaming kondisi area sawah
3. Mendeteksi adanya pergerakan objek pada area pengamatan
4. Mengambil gambar secara otomatis ketika terjadi aktivitas
5. Mengirimkan data gambar ke server pengolahan

Dalam proses implementasi, dilakukan pengaturan parameter kamera seperti resolusi, kualitas gambar, serta interval pengiriman data agar sistem dapat berjalan secara stabil tanpa mengalami overload. Penggunaan resolusi yang lebih rendah seperti QQVGA terbukti mampu meningkatkan performa sistem, terutama dalam mengurangi beban memori pada ESP32-CAM.



```
ESP32CamAIThinker | Arduino IDE 2.3.8
File Edit Sketch Tools Help
ESP32CamAIThinker
ESP32CamAIThinker.ino app_httpd.cpp board_config.h camera_index.h camera_pins.h
1 #include "esp_camera.h"
2 #include <WiFi.h>
3 #include <HTTPClient.h>
4 #include "esp_http_server.h"
5 #include <ESP8266.h>
6 #include "board_config.h"
7
8 // ===== CONFIG =====
9 const char* WIFI_SSID = "n";
10 const char* WIFI_PASSWORD = "12345678";
11 const char* AI_SERVER_URL = "http://10.242.204.168:5000/predict";
12 const char* HOSTNAME = "esp32cam";
13 const unsigned long CAPTURE_INTERVAL_MS = 4000;
14
15 void startCameraServer();
16 void initCamera();
17 void connectWiFi();
18
19 unsigned long lastCaptureAT = 0;
20
21
```

Gambar 4.1 Codingan Esp32 cam AI Thinker

Ini Adalah codingan untuk menyambungkan esp32 cam dengan wifi agar bisa tersambung ke web server live stream camera nya dan juga harus di setting board nya ke esp32 AI THINKER dan web server camera untuk port nya di com 9 dan menyambungkan ke server ai yang server nya diambil dari IPv6 Address dan di sesuaikan dengan ai server url nya agar semuanya tersambung codingan ini sudah otomatis langsung tersambung ke wifi jika tidak tersambung dia akan otomatis reconnecting sendiri agar tersambung Kembali dan jika sudah tersambung semua kita akan diberikan url server untuk webcamera server nya dan untuk codingan web camera servernya sudah di coding untuk tidak berubah ubah agar web dashboardnya tidak usah di Ganti Ganti url untuk camera web servernya walaupun wifinya diganti tetap tidak akan mempengaruhi url server camera streamnya.

#### **4.2.2 Implementasi Sistem Pengolahan Data (AI)**

Sistem pengolahan data dalam penelitian ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Flask sebagai server API. Sistem ini berfungsi untuk menerima data gambar dari ESP32-CAM, kemudian melakukan proses analisis untuk menentukan jenis objek yang terdeteksi.

Tahapan pengolahan data meliputi:

1. Penerimaan Data Gambar

Gambar dikirim dari ESP32-CAM dalam bentuk file JPEG melalui metode HTTP POST.

2. Preprocessing Citra

Gambar yang diterima diubah menjadi grayscale untuk mempermudah proses analisis.

3. Ekstraksi Fitur

Fitur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Nilai rata-rata intensitas (mean), Standar deviasi (std)

#### 4. Proses Klasifikasi

Data fitur digunakan sebagai input untuk model Decision Tree yang telah dilatih sebelumnya.

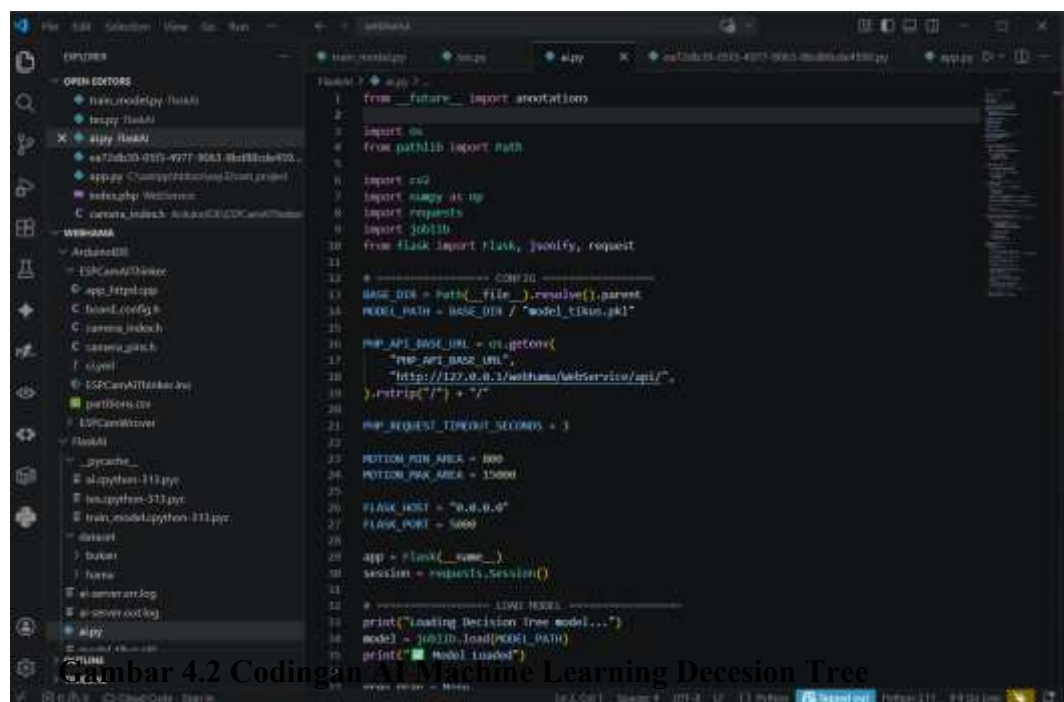
#### 5. Penentuan Status

Hasil klasifikasi dibagi menjadi dua kategori: HAMA (tikus), BUKAN (bukan hama)

#### 6. Pengiriman Data ke Server Web

Jika objek terdeteksi sebagai hama, maka gambar dikirim ke server PHP untuk disimpan ke database.

Pendekatan ini dipilih karena algoritma Decision Tree memiliki struktur sederhana dan ringan, sehingga sesuai untuk sistem dengan keterbatasan sumber daya seperti pada penelitian ini



```
1 from flask import Flask, jsonify, request
2
3 import os
4 from pathlib import Path
5
6 import cv2
7 import numpy as np
8 import requests
9 import joblib
10 from flask import Flask, jsonify, request
11
12 +-----+
13 BASE_DIR = Path(__file__).resolve().parent
14 MODEL_PATH = BASE_DIR / "model_tikus.pkl"
15
16 # Flask API Base URL = os.getenv(
17     "FLASK_API_BASE_URL",
18     "http://127.0.0.1:5000/webService/api/"
19 ).rstrip("/") + "/"
20
21 # Flask Request Timeout Seconds = 1
22
23 # Flask Port = 5000
24 # Flask Host = "0.0.0.0"
25 # Flask Port = 5000
26
27 # Flask Host = "0.0.0.0"
28 # Flask Port = 5000
29
30 app = Flask(__name__)
31 session = requests.Session()
32
33 #-----+
34 print("Loading Decision Tree model...")
35 model = joblib.load(MODEL_PATH)
36 print("Model Loaded")
```

Gambar 4.2 Codingan AI Machine Learning Decesion Tree

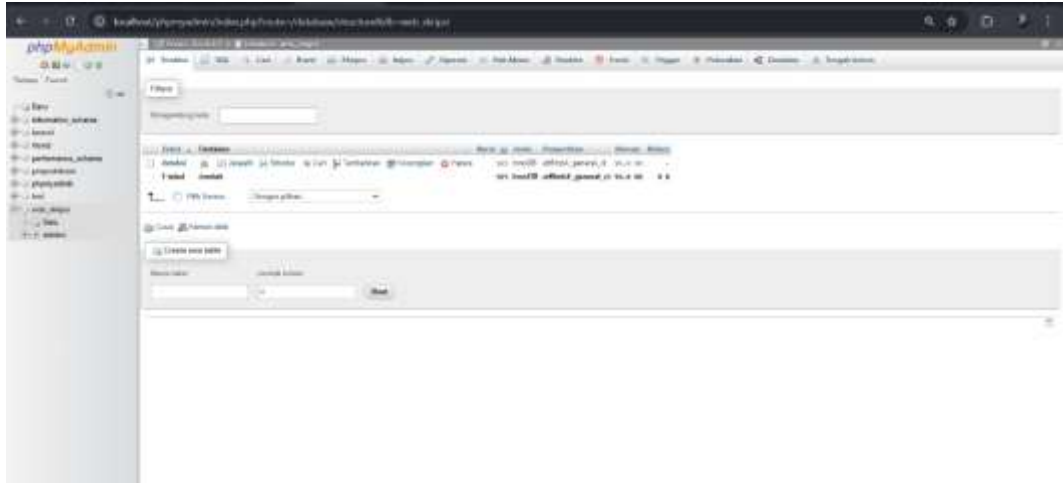
Ini Adalah codingan untuk server ai nya yang akan memproses live stream camera esp32 camnya ini Adalah otak dari system ini yang akan mengambil gambar otomatis dengan men deteksi ada Gerakan dan foto tersebut akan diproses lagi oleh machine learning decision tree untuk menentukan foto objek bergerak itu ada hama tikus atau tidak sebelumnya server ini dilatih oleh train\_model.py untuk melatih machine learning dececion treenya dengan mengisi file data set sebanyak 10.000 foto hama agar lebih akurat mendeteksi tikusnya yang diambil langsung dari esp32 camnya secara langsung setelah sudah dilatih aka nada file model tikus.pkl itu Adalah hasil dari pelatihan yang di latih model\_train.pynya untuk algoritma dececion treenya.

#### **4.2.3 Implementasi Database**

Database yang digunakan dalam penelitian ini adalah MySQL yang dikelola melalui phpMyAdmin. Database berfungsi untuk menyimpan seluruh data hasil deteksi yang dilakukan oleh sistem.

Data yang disimpan meliputi: Nama file gambar, Status deteksi (HAMA / BUKAN), Tanggal kejadian dan Waktu kejadian

Penyimpanan data dilakukan secara otomatis setiap kali sistem menerima hasil klasifikasi dari server AI. Dengan adanya database, sistem mampu menyimpan riwayat deteksi yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



**Gambar 4.3 Database**

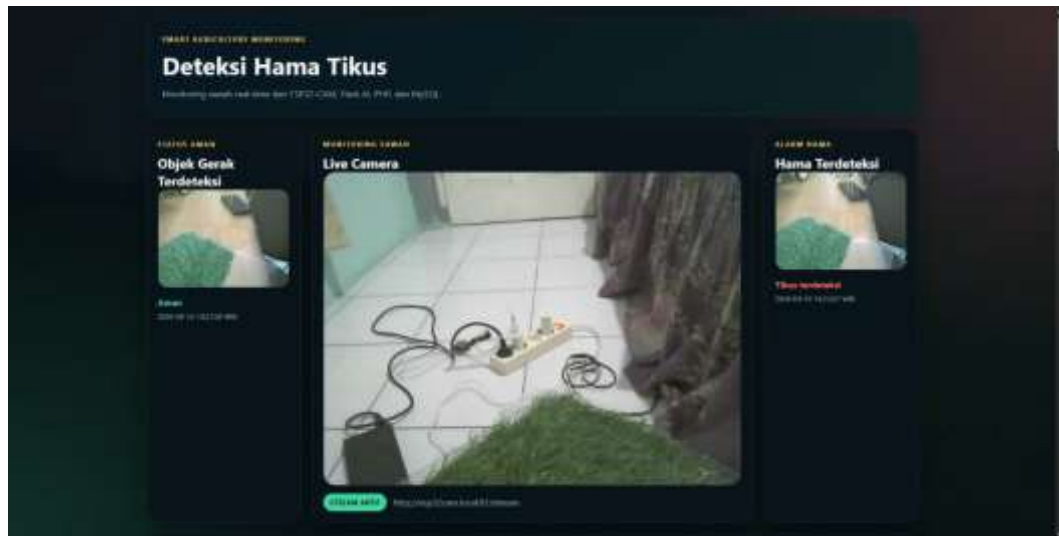
Ini Adalah database yang berperan sebagai tempat penyimpanan history riwayat hama atau pun objek yang terdeteksi

Dashboard berbasis web dikembangkan sebagai media utama untuk menampilkan hasil dari sistem monitoring dan deteksi. Dashboard ini dapat diakses melalui browser pada jaringan lokal.

Fitur utama yang tersedia pada dashboard meliputi:

1. Live Streaming Kamera  
Menampilkan kondisi area sawah secara real-time.
2. Hasil Deteksi Terbaru  
Menampilkan gambar terbaru dari objek yang terdeteksi beserta statusnya.
3. Informasi Waktu Kejadian  
Menampilkan waktu saat proses deteksi terjadi.
4. Riwayat Deteksi (History)  
Menampilkan data deteksi sebelumnya yang tersimpan dalam database.
5. Grafik Kemunculan Hama  
Menampilkan visualisasi jumlah kemunculan hama dalam bentuk grafik.

Dengan adanya dashboard ini, pengguna dapat memantau kondisi sawah secara lebih praktis tanpa harus berada langsung di lokasi.



**Gambar 4.4 Dashboard Web**

Ini adalah dashboard tampilan dashboard nya yang memperlihatkan live camera, hasil citra gambar objek yang terdeteksi, hama hasil citra yang diproses yang ditampilkan jadi hama tikus ini adalah tampilan live dan hasil dari streaming dari esp32 cam AI Thinker.



**Gambar 4.5 Tampilan live cameranya**

Ini adalah tampilan live camera nya yang ada di dashboard web monitoringnya jika cameranya lince makan stream aktif jika tidak maka tidak aktif

dan jika menunggu jaringan maka tulisannya menunggu jaringan dan itu adalah url server web camera server.



**Gambar 4.6 Hasil gambar objek bergerak**

Selanjutnya ini Adalah output dari ai detector flask ainya yang mendeteksi adanya Gerakan di live camera maka dia akan otomatis memfoto nya karna mendeteksi adanya Gerakan dan jika tidak ada nya hama tikus maka dia akan terdeteksi aman dan ada juga harri jam dan tanggal sesuai dengan jam Indonesia jam Dimana gambar itu diambil.

Penjelasan lebih lanjut dari proses tersebut adalah bahwa sistem AI berbasis Flask bekerja sebagai pusat pengolahan data citra yang dikirimkan dari perangkat ESP32-CAM. Ketika kamera aktif melakukan pemantauan secara real-time, sistem akan terus menerima frame gambar yang kemudian dianalisis untuk mendeteksi adanya perubahan atau pergerakan pada area pengamatan. Proses ini menggunakan metode deteksi gerakan (motion detection) yang membandingkan frame

sebelumnya dengan frame saat ini, sehingga sistem dapat mengenali apakah terdapat aktivitas yang signifikan.

Apabila sistem mendeteksi adanya pergerakan yang melebihi ambang batas tertentu, maka secara otomatis sistem akan mengambil gambar (capture) dari kondisi tersebut. Gambar yang telah diambil selanjutnya diproses oleh model klasifikasi berbasis algoritma Decision Tree untuk menentukan apakah objek yang terdeteksi termasuk kategori hama tikus atau bukan. Jika hasil klasifikasi menunjukkan bahwa objek tersebut bukan hama, maka sistem akan memberikan status “AMAN”. Sebaliknya, jika teridentifikasi sebagai hama tikus, maka sistem akan mengkategorikannya sebagai “HAMA” dan menyimpan hasil tersebut ke dalam database.

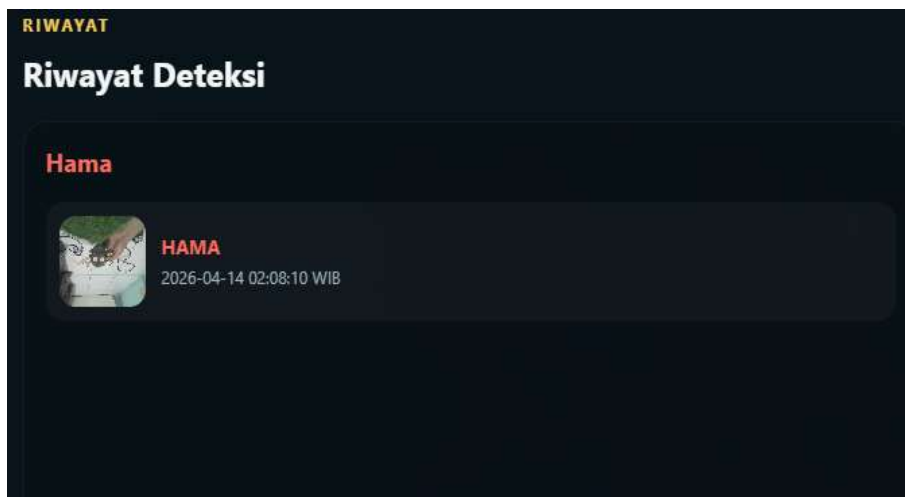
Selain itu, setiap hasil deteksi yang diperoleh juga dilengkapi dengan informasi waktu yang terdiri dari tanggal dan jam pengambilan gambar. Data waktu ini disesuaikan dengan zona waktu Indonesia (WIB) yang telah diatur pada sistem, sehingga informasi yang ditampilkan menjadi lebih akurat dan relevan. Pencatatan waktu ini sangat penting karena dapat digunakan sebagai referensi untuk mengetahui kapan suatu kejadian terdeteksi, serta membantu dalam analisis pola kemunculan hama pada periode tertentu.

Dengan adanya mekanisme ini, sistem tidak hanya mampu mendeteksi objek secara otomatis, tetapi juga mampu mendokumentasikan setiap kejadian yang terjadi dalam bentuk data yang terstruktur. Hal ini memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pemantauan, evaluasi, serta pengambilan keputusan berdasarkan data yang telah tersimpan.



**Gambar 4.7 Hasil Hama tikus terdeteksi**

Selanjutnya ini adalah hasil output dari hasil gambar yang dihasilkan dari objek yang bergerak dan setelah itu machine learning decision tree akan bekerja mendeteksi citra gambar tersebut ada hama atau tidak jika ada hama maka inilah hasilnya akan terdeteksi hama beserta waktu saat pengambilan citra nya machine learning decision tree akan mengambil keputusan sendiri untuk memutuskan gambar itu hama tikus atau tidak dan ini hasil dari latihan dari train\_model.py sebelumnya.



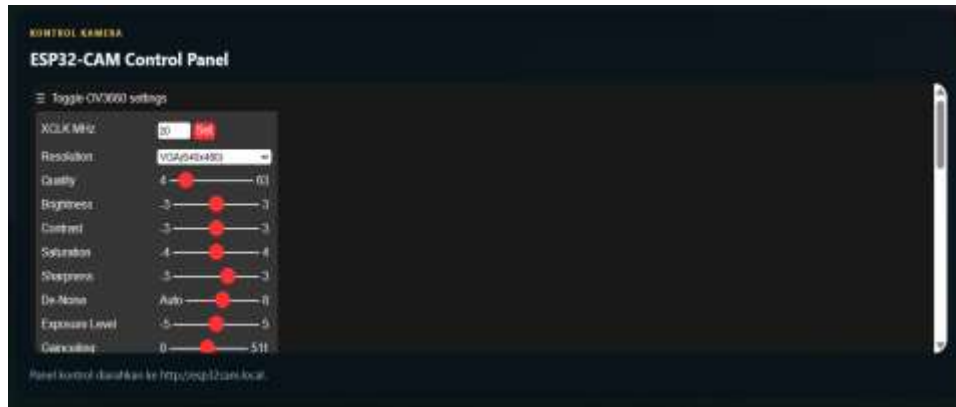
**Gambar 4.8 Riwayat Hama Yang terdeteksi**  
Selanjutnya ini Adalah Riwayat hama hama yang terdeteksi akan masuk ke

Riwayat hama dan akan bisa dilihat history kapan saja terdeteksi hamanya.



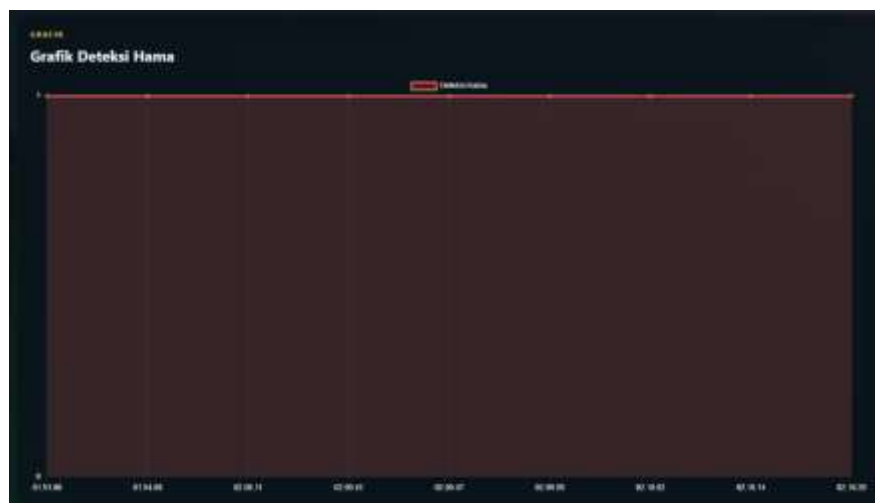
**Gambar 4.9 Riwayat Bukan hama**

Selanjutnya ini Adalah history jika hasil citra yang diambil oleh ai detector dan di proses machine learning bukan hama maka jatuhnya Adalah bukan hama dan akan masuk ke Riwayat bukan hama.



**Gambar 4.10 Esp 32cam control**

Selanjutnya ini Adalah untuk mengontrol esp 32 cam ai thinkernya untuk mengatur pencahayaan besaran dan lainnya pusat control untuk mematikan dan memulai live stream esp32 camnya dari sini.



**Gambar 4.11 Grafik hama**

Selanjutnya ini Adalah grafik hama yang terdeteksi maka akan ada kenaikan dan penurunan untuk jumlah hama yang masuk.

### **4.3 Hasil Pengujian Sistem**

#### **4.3.1 Pengujian Deteksi Pergerakan**

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi adanya pergerakan sebagai pemicu pengambilan gambar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan pada area pengamatan, meskipun masih terdapat pengaruh dari kondisi lingkungan seperti perubahan cahaya.

#### **4.3.2 Pengujian Klasifikasi Objek**

Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa kondisi objek pada area pemantauan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan objek menjadi kategori hama dan bukan hama, meskipun tingkat akurasi masih dipengaruhi oleh kualitas data pelatihan.

#### **4.3.3 Pengujian Integrasi Sistem**

Pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terhubung. Hasil menunjukkan bahwa:

1. ESP32-CAM berhasil mengirim data ke server AI
2. Server AI berhasil memproses data dan mengirim hasil ke server web
3. Data berhasil disimpan ke database
4. Dashboard berhasil menampilkan data secara real-time

### **4.4 Pembahasan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem yang dikembangkan telah mampu memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu membangun sistem monitoring dan deteksi hama tikus secara otomatis berbasis IoT.

#### 4.4.1 Analisis Kinerja Sistem

Sistem menunjukkan performa yang cukup baik dalam:

1. Melakukan monitoring secara real-time
2. Mendeteksi pergerakan objek
3. Mengklasifikasikan objek menggunakan Decision Tree
4. Menampilkan data secara langsung melalui dashboard

Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan, antara lain:

1. Sensitivitas terhadap perubahan cahaya
2. Ketergantungan terhadap kualitas dataset
3. Keterbatasan memori pada ESP32-CAM

```
AI Response: {"status": "AMAN"}  
  
AI Response: {"status": "AMAN"}  
  
AI Response: {"area": 4997, "status": "HAMA"}  
  
cam_hal: FB-OVF  
cam_hal: FB-OVF  
cam_hal: FB-OVF  
cam_hal: FB-OVF  
AI Response: {"area": 3182, "status": "HAMA"}
```

**Gambar 4.12 Kerja sistem di esp32 cam**

Selanjutnya ini adalah hasil keluaran dari kinerja sistem nya jika itu terdeteksi hama maka masuk ke dasbaord hama jika itu bukan hama maka aman dan masuk ke bukan hama

```

10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:05] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:09] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
STATUS: HAMA | area=1541
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:13] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
STATUS: HAMA | area=4669
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:17] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:21] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:25] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:29] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:33] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:37] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:41] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:46] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -
10.242.204.218 - - [14/Apr/2026 02:10:50] "POST /predict HTTP/1.1" 200 -

```

**Gambar 4.13 Kerja sistem di Machine Learning dan ai Detektornya**

Ini Adalah data keluaran di flask ai machine learningnya sama seperti sebelumnya jika dia hama makan masuk ke dashboard dan data base ham ajika bukan hama masuk ke bukan hama yang diproses oleh machine learning dececion tree.

#### **4.4.3 Kesesuaian dengan Tujuan Penelitian**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh tujuan penelitian telah tercapai, yaitu:

1. Sistem monitoring berhasil dibangun
2. Sistem deteksi otomatis berhasil diterapkan
3. Algoritma Decision Tree berhasil diimplementasikan
4. Dashboard web berhasil menampilkan informasi

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah mampu menjawab permasalahan yang telah dirumuskan pada Bab I.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, mulai dari perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mengembangkan suatu sistem monitoring lahan sawah berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan pemantauan secara langsung (real-time) sekaligus mendeteksi keberadaan hama tikus secara otomatis menggunakan algoritma Decision Tree.

Sistem yang dirancang memanfaatkan perangkat ESP32-CAM sebagai komponen utama dalam pengambilan data visual. Perangkat ini terbukti mampu menjalankan fungsi monitoring secara kontinu melalui fitur live streaming yang ditampilkan pada dashboard berbasis web. Dengan adanya fitur ini, pengguna dapat memantau kondisi lahan sawah secara langsung tanpa harus berada di lokasi, sehingga permasalahan keterbatasan waktu dan jarak dalam metode konvensional dapat diatasi dengan lebih efektif.

Selain itu, sistem yang dikembangkan telah dilengkapi dengan mekanisme deteksi pergerakan yang berfungsi sebagai pemicu otomatis dalam proses pengambilan gambar. Mekanisme ini memungkinkan sistem hanya mengambil dan memproses data ketika terdapat aktivitas tertentu pada area pemantauan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara efisien dengan mengurangi pemrosesan data yang tidak diperlukan, sehingga kinerja sistem menjadi lebih optimal.

Dalam aspek pengolahan data, sistem berhasil mengimplementasikan metode klasifikasi berbasis algoritma Decision Tree untuk membedakan objek yang terdeteksi menjadi dua kategori utama, yaitu hama (tikus) dan bukan hama. Proses klasifikasi dilakukan berdasarkan fitur citra seperti nilai rata-rata intensitas, standar deviasi, serta informasi tepi (edge) dari gambar. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu memberikan keputusan secara otomatis terhadap objek yang terdeteksi, sehingga dapat membantu dalam proses identifikasi hama secara lebih sistematis.

Sistem juga telah berhasil mengintegrasikan seluruh komponen, mulai dari perangkat keras (ESP32-CAM), sistem pengolahan berbasis Python (Flask AI), backend berbasis PHP, hingga database MySQL dan tampilan dashboard web. Integrasi ini memungkinkan data hasil deteksi dapat dikirim, diproses, disimpan, dan ditampilkan secara real-time dalam satu sistem yang terhubung. Informasi yang ditampilkan pada dashboard meliputi live monitoring, hasil deteksi, gambar objek, waktu kejadian, riwayat aktivitas, serta grafik kemunculan hama.

Dengan adanya fitur riwayat dan grafik, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga mampu memberikan informasi tambahan yang dapat digunakan untuk menganalisis pola kemunculan hama dalam periode tertentu. Hal ini menjadi nilai tambah dibandingkan metode pemantauan konvensional yang hanya mengandalkan pengamatan langsung tanpa pencatatan data secara terstruktur.

Namun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian sistem dilakukan pada prototipe dengan skala kecil, sehingga belum sepenuhnya mencerminkan kondisi nyata pada lahan sawah yang

lebih luas. Selain itu, tingkat akurasi deteksi masih dipengaruhi oleh kualitas dataset yang digunakan dalam proses pelatihan serta kondisi lingkungan seperti pencahayaan dan pergerakan objek lain yang dapat memicu kesalahan deteksi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT yang dikombinasikan dengan metode klasifikasi sederhana seperti Decision Tree dapat digunakan untuk membangun sistem monitoring dan deteksi hama yang efektif, efisien, serta mampu bekerja secara otomatis. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi awal dalam mendukung digitalisasi sektor pertanian, khususnya dalam meningkatkan efektivitas pengawasan terhadap hama pada lahan sawah.

Selain itu, berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem IoT yang dirancang masih berfokus pada kondisi tertentu, khususnya pada kondisi pencahayaan yang cukup. Hal ini menyebabkan sistem belum mampu bekerja secara optimal dalam keadaan gelap atau minim cahaya, sehingga proses deteksi hama tikus tidak dapat dilakukan secara maksimal pada malam hari.

Kemudian, sistem yang dibuat dalam penelitian ini masih berada pada tahap prototipe, sehingga pengujian yang dilakukan hanya terbatas pada skala kecil dan kondisi lingkungan yang terkontrol. Implementasi sistem belum dilakukan secara langsung pada lahan sawah yang sebenarnya dengan kondisi yang lebih kompleks dan dinamis.

Selain itu, dalam proses pengujian dan pengembangan sistem, objek yang digunakan bukan merupakan tikus asli, melainkan masih menggunakan simulasi atau objek pengganti. Hal ini tentu mempengaruhi tingkat keakuratan sistem dalam

mengenali kondisi nyata di lapangan, sehingga hasil deteksi masih bersifat terbatas pada skenario yang telah disiapkan sebelumnya.

Sistem yang dikembangkan juga hanya memanfaatkan satu jenis perangkat utama yaitu ESP32-CAM tanpa dukungan sensor tambahan lainnya, sehingga proses deteksi sepenuhnya bergantung pada citra gambar yang diperoleh dari kamera. Kondisi ini membuat sistem cukup sensitif terhadap perubahan lingkungan seperti pencahayaan, bayangan, serta gangguan visual lainnya.

Di sisi lain, metode yang digunakan dalam proses klasifikasi hanya menggunakan algoritma Decision Tree tanpa adanya perbandingan dengan metode lain yang lebih kompleks, sehingga performa sistem masih memiliki peluang untuk ditingkatkan. Selain itu, sistem hanya difokuskan pada proses monitoring dan deteksi, sehingga belum dilengkapi dengan mekanisme tindakan lanjutan seperti pengusiran hama secara otomatis.

Tampilan sistem yang berbasis web juga masih berjalan pada jaringan lokal, sehingga akses pengguna masih terbatas dan belum mendukung penggunaan secara luas melalui internet atau perangkat mobile. Data yang ditampilkan pun masih bergantung pada hasil pengujian prototipe sehingga belum mencerminkan kondisi lapangan secara keseluruhan.

Dengan adanya keterbatasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut, baik dari sisi perangkat keras, metode pengolahan data, maupun implementasi di lapangan agar dapat digunakan secara lebih optimal dan sesuai dengan kondisi nyata di lingkungan persawahan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem di masa mendatang agar menjadi lebih optimal dan memiliki cakupan yang lebih luas, antara lain sebagai berikut:

1. Pengembangan Skala Implementasi

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini masih dalam tahap prototipe dengan skala kecil. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan sistem pada lahan sawah yang sebenarnya dengan cakupan area yang lebih luas. Hal ini bertujuan untuk menguji kinerja sistem dalam kondisi lingkungan nyata yang lebih kompleks.

2. Peningkatan Metode Klasifikasi

Algoritma Decision Tree yang digunakan dalam penelitian ini tergolong sederhana dan ringan, namun memiliki keterbatasan dalam tingkat akurasi. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menggunakan metode yang lebih kompleks seperti Convolutional Neural Network (CNN) atau deep learning agar hasil deteksi menjadi lebih akurat dan mampu mengenali lebih banyak jenis objek.

3. Penambahan Dataset yang Lebih Variatif

Akurasi sistem sangat bergantung pada data pelatihan yang digunakan. Oleh karena itu, disarankan untuk menambahkan dataset dengan variasi kondisi yang lebih beragam, seperti pencahayaan yang berbeda, sudut pengambilan gambar, serta variasi objek. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mengenali objek secara lebih akurat.

#### 4. Integrasi dengan Sistem Pengendalian Otomatis

Sistem yang dikembangkan saat ini hanya berfungsi sebagai alat monitoring dan deteksi. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat ditambahkan fitur pengendalian otomatis, seperti pengusir hama berbasis suara atau perangkat lainnya, sehingga tidak hanya mendeteksi tetapi juga dapat memberikan tindakan secara langsung.

#### 5. Pengembangan Berbasis Cloud dan Mobile

Saat ini sistem masih berjalan pada jaringan lokal. Oleh karena itu, disarankan untuk mengembangkan sistem berbasis cloud agar dapat diakses dari mana saja. Selain itu, pembuatan aplikasi mobile juga dapat menjadi solusi agar pengguna lebih mudah dalam melakukan monitoring melalui smartphone.

#### 6. Optimalisasi Performa ESP32-CAM

Pada implementasi saat ini, perangkat ESP32-CAM masih memiliki keterbatasan dalam hal memori dan kestabilan pengambilan gambar. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi program serta manajemen pengambilan data agar sistem dapat berjalan lebih stabil dan mengurangi error seperti buffer overflow.

#### 7. Penambahan Sensor Pendukung

Untuk meningkatkan akurasi dan kelengkapan data, sistem dapat dikombinasikan dengan sensor tambahan seperti sensor gerak (PIR), sensor cahaya, atau sensor lingkungan lainnya. Dengan demikian, sistem tidak hanya bergantung pada citra tetapi juga dapat memanfaatkan data tambahan sebagai pendukung analisis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bemthuis, R. (2023). Business rule extraction using decision tree machine learning for IoT data. *Procedia Computer Science*, 219, 104–111. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923005926>
- Bojanowski, P., Grave, E., Joulin, A., & Mikolov, T. (2017). Enriching Word Vectors with Subword Information. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 5(June), 135–146. [https://doi.org/10.1162/tacl\\_a\\_00051](https://doi.org/10.1162/tacl_a_00051)
- Dattatraya, P. H., Satish, S. T., & Krushnat, T. M. (2025). IOT BASED SMART CROP DISEASE. *10(12)*, 114–118.
- Gatkal, N. R., Patil, S. S., & Deshmukh, P. R. (2024). Review of IoT and electronics enabled smart agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 17(5), 1–12. <https://www.sciopen.com/article/10.25165/j.ijabe.20241705.8496>
- Hasib, A., & Akib, A. S. M. A. S. (2026). *An IoT-Based Smart Plant Monitoring and Irrigation System with Real-Time Environmental Sensing, Automated Alerts, and Cloud Analytics*. 1–6. <http://arxiv.org/abs/2601.15830>
- Kalaivani, T. S., Kamireddy, T., & Govindakumar, S. (2025). *IoT-Enabled Soil and Crop Monitoring System Using Low-Cost Smart Sensors for Precision Agriculture*. 77. <https://doi.org/10.3390/ecsa-12-26537>
- Khaleel, H. Z. (2024). Measurement enhancement and performance review of HC-SR04 ultrasonic sensors. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 9(1), 45–56. <https://ejournal.upi.edu/index.php/ijost/article/download/64843/25196>
- Kumar, R., Singh, M., & Sharma, A. (2023). Design and development of smart agriculture system using Internet of Things. *International Research Journal of*

- Engineering and Technology (IRJET)*, 10(3), 3193–3198.  
<https://www.irjet.net/archives/V10/i3/IRJET-V10I3193.pdf>
- Kunt, Y. E. (2025). *Development of a Smart Autonomous Irrigation System Using Iot and AI*. 1–16. <http://arxiv.org/abs/2506.11835>
- Mohapatra, H. (2025). *A LoRa IoT Framework with Machine Learning for Remote Livestock Monitoring in Smart Agriculture*. 1–26.  
<http://arxiv.org/abs/2510.07322>
- Muhammed, D. (2024). Artificial Intelligence of Things (AIoT) for smart agriculture: Survey and research directions. *Computers in Industry*, 155, 103810.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804524000821>
- Pendyala, H., Kumar Rodda, G., Mamidi, A., Vangala, M., Bonala, S., & Kumar Korlapati, K. (2021). IoT Based Smart Agriculture Monitoring System. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 9(7), 31–34.  
<https://doi.org/10.70729/se21721180744>
- Priyadharshini, M. J. G. (2022). *Review on IoT based smart agriculture monitoring system*. 9(2), 38–43.
- Putra, A. R., & Wibowo, T. (2022). Peran visualisasi diagram dalam penyusunan laporan penelitian. *Jurnal Teknologi Dan Sistem*, 12(3), 165–178.
- Rahman, M. A., Hasan, R., & Hossain, M. (2024). IoT-based pest detection using machine learning techniques. *International Journal of Smart Agriculture*, 5(2), 45–55. <https://www.researchgate.net/publication/379452114>
- Saleheen, M. M. U., Islam, M. S., Fahad, R., Belal, M. J. B., & Khan, R. (2022). IoT-Based Smart Agriculture Monitoring System. *4th IEEE International*

*Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology, IICAIET 2022.* <https://doi.org/10.1109/IICAIET55139.2022.9936826>

Sharipah, N., Ahmad, R., & Latif, M. (2025). IoT-based pest monitoring system in rice fields. *Journal of Smart Farming Technology*, 7(1), 33–41. <https://www.researchgate.net/publication/388173169>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2022). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>

Zulkarnain. (2024). *Penggunaan Draw.io untuk diagram blok dan flowchart sistem.* Laporan Tidak Dipublikasikan.

Solihin, M. K., Lutfiyah, L., & Sujiwo, D. A. C. (2025). Etnomatematika Pada Zakat Mal Pertanian Di Desa Gumuksari Kalisat Jember. *Prismatika: Jurnal Pendidikan Dan Riset Matematika*, 7(2), 216-228.

Hutagalung, F. S., Mawengkang, H., & Efendi, S. (2019). Kombinasi Simple Multy Attribute Rating (SMART) dan Technique For Order Preference by Similarity To Ideal Solution (TOPSIS) dalam Menentukan Kualitas Varietas Padi. *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, 3(2), 109-115