

# Rancang Bangun *Smart Farming System* Monitoring dan Pengusir Hama Burung Berbasis Raspberry Pi 4 dengan Pengaplikasian Algoritma YOLOv5

## Design and Development of Smart Farming System for Monitoring and Bird Pest Control Based on Raspberry Pi 4 with Implementation of YOLOv5 Algorithm

Muhammad Deagama Surya Antariksa<sup>[1]</sup>, Ario Yudo Husodo<sup>[1]</sup>, Raphael Bianco Huwae<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, Indonesia

Email: deagama08@gmail.com, [ario, raphael.bianco.huwae]@unram.ac.id

**Abstract** Farmers often face pest problems in their fields, but new solutions have emerged with advancements like the Internet of Things and computer vision. In this study, a bird pest detection system was developed using Raspberry Pi 4, a webcam, and connected speakers. The webcam, equipped with YOLOv5 and OpenCV algorithms, detected bird pests in real-time. When the pest population exceeded a set threshold, the system sent notifications via a Telegram chatbot and captured monitoring photos. Testing demonstrated the webcam's efficacy across different conditions. The Raspberry Pi 4 processed images at a speed of 0.78-0.8 FPS and reached temperatures of 58.4-61.8 °C during testing. The speakers successfully deterred bird pests in a reachable area, though some returned. This technology offers farmers a solution to combat bird pest problems in their fields.

**Key words:** Pest Birds, Raspberry Pi 4, Webcam, Speaker, Telegram.

### I. PENDAHULUAN

Tanaman padi sangat penting bagi manusia. Lebih dari setengah penduduk dunia mengandalkan padi sebagai sumber makanan harian. Di Indonesia, padi menjadi makanan utama hampir seluruh penduduk. Selain nilai pangan, padi juga memiliki nilai-nilai spiritual, budaya, ekonomi, dan politik yang memengaruhi banyak orang. Karena itu, penting untuk menjaga kelestariannya[1].

Hama burung merupakan masalah serius dalam budidaya padi. Serangan mereka dapat mengakibatkan penurunan produksi yang signifikan. Rata-rata, setiap hama burung dapat mengkonsumsi 5 gram padi per hari, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan produksi sebanyak 30-50%. Biasanya, serangan burung terjadi pada padi yang sudah memasuki masa masak susu atau pada usia 70 hari. Serangan ini lebih sering terjadi saat cuaca teduh dan dilakukan oleh burung secara bergerombol. Dampaknya sangat merugikan bagi petani, menyebabkan keresahan dan kerugian yang besar. Oleh karena itu,

diperlukan tindakan preventif untuk mengendalikan serangan hama burung pada tanaman padi dan menjaga produksi dengan baik[2].

Petani sering menggunakan cara-cara seperti membuat orang-orangan sawah atau menggantung tali dengan kaleng bekas untuk mengusir hama burung pada tanaman padi. Namun, jika tidak berhasil, mereka harus turun langsung ke sawah untuk mengusir burung tersebut. Meskipun melelahkan, beberapa petani masih mengandalkan cara ini, terutama saat tanaman padi telah menguning, terutama pada jam-jam kritis seperti jam 6-10 pagi dan jam 2-6 sore. Beberapa petani mempekerjakan orang untuk menjaga sawah, meskipun ini tidak efektif dan efisien karena biaya upahnya. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian hama burung yang lebih efektif dan efisien agar petani dapat mencapai produksi padi maksimal tanpa biaya tambahan yang besar. Meskipun penggunaan bahan kimia menjadi pertimbangan, harus dilakukan dengan hati-hati karena dapat merugikan tanaman dan lingkungan. Petani perlu mempertimbangkan penggunaan bahan kimia secara bijaksana dan mengambil langkah-langkah yang aman dan berkelanjutan untuk menjaga lingkungan dan keseimbangan ekosistem[3].

Salah satu alternatif terbaik untuk mengendalikan serangan hama burung pada tanaman padi adalah dengan menerapkan *Internet of Things* (IoT) menggunakan Raspberry Pi 4. Raspberry Pi 4 merupakan perangkat yang terjangkau dan memiliki kemampuan prosesor yang cepat serta memori yang besar. Dengan menggunakan Raspberry Pi 4, dapat dilakukan deteksi objek secara *real-time* melalui kamera yang terhubung dan pengolahan citra dengan bantuan *library OpenCV*. Selain itu, Raspberry Pi 4 juga dilengkapi dengan kemampuan pemutaran audio, dukungan berbagai format audio, dan konektivitas yang lengkap seperti *port USB*, *Ethernet*, dan *Wi-Fi*. Dengan memanfaatkan teknologi ini, petani dapat mengendalikan

serangan hama burung secara efektif dan efisien dalam budidaya tanaman padi[4].

Telegram Messenger merupakan *platform Instant Messenger* yang mendukung berbagai sistem operasi, termasuk Raspberry Pi 4 yang menggunakan sistem operasi yang sama. Salah satu fitur yang populer dalam Telegram adalah Telegram bot. Telegram bot adalah bot yang diprogram dengan serangkaian perintah untuk menjalankan instruksi yang diberikan oleh *user*. Bot ini sangat berguna untuk melakukan otomatisasi tugas-tugas tertentu, seperti mengirim pesan dan memproses data. Dengan menggunakan Telegram bot, *user* dapat dengan mudah dan efisien melakukan berbagai tugas secara otomatis, yang membantu dalam mengelola sistem dan aplikasi yang terpasang pada perangkat tersebut[5].

Solusi alternatif untuk mengatasi masalah serangan hama burung pada tanaman padi adalah dengan menciptakan *Smart Farming System Monitoring* dan Pengusir Hama Burung Berbasis Raspberry Pi 4 yang menggunakan algoritma YOLOv5. Sistem ini menggabungkan konsep *Internet of Things (IoT)* dan teknologi *Computer Vision* untuk memantau dan mengontrol tanaman padi secara efektif. Dengan menggunakan algoritma YOLOv5 dan *OpenCV*, sistem dapat mendeteksi objek secara *real-time* melalui *webcam* yang terhubung dengan Raspberry Pi 4. Data hasil pemrosesan dikirim ke Raspberry Pi 4 dan *user* dapat mengontrol serta memantau sistem melalui *chatbot* Telegram. Selain itu, Raspberry Pi 4 juga terhubung dengan *speaker* yang digunakan untuk mengusir hama burung secara efektif. Dengan solusi ini, diharapkan petani dapat mengurangi dampak serangan burung pada tanaman padi dan meningkatkan hasil panen dengan lebih efisien.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Anthonius Adi Nugroho melakukan penelitian tentang Pengusir Hama Burung Berbasis *Computer Vision* dengan menggunakan Raspberry Pi dan *webcam*. Metode *background subtraction* digunakan untuk mendeteksi burung pada lahan sawah. Proses pengolahan video menggerakkan aktuator sebagai pengusir hama burung. Uji coba menunjukkan keberhasilan 16 kali dengan hanya 2 kali *error* karena faktor eksternal seperti angin[6].

Penelitian tentang Perancangan Wireless Sensor Actuator Networks untuk Optimisasi Panen Padi Berbasis *Computer Vision* dilakukan oleh Ahmad Roihan, Hani Dewi Ariessanti, dan Saria Rizki Pratama. Tujuan penelitian ini adalah mengatasi masalah hama burung dalam pertanian dengan sistem pengusir hama burung otomatis. *Webcam* digunakan untuk menangkap gambar burung yang kemudian diproses oleh Raspberry Pi. Jika burung terdeteksi, ESP8266 akan mengaktifkan aktuator suara dengan frekuensi 20 kHz - 50 kHz untuk mengusir burung. Informasi mengenai aktivitas pengusiran burung akan dikirimkan melalui Telegram[7].

Penelitian yang dilakukan oleh Robby Juniansyah Arifandi, Mochammad Junus, dan Mila Kusumawardani

mengenai Sistem Pengusir Hama Burung dan Hama Tikus Berbasis Raspberry Pi menunjukkan pengembangan alat pengusir hama yang inovatif untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Alat ini menggunakan Raspberry Pi 3 sebagai penghubung antara sensor PIR dan kamera, serta terintegrasi dengan aplikasi *smartphone* dan *speaker*. Hasil pengujian menunjukkan efektivitas pengusiran hama tikus dengan frekuensi ultrasonik 34 - 35 kHz, sedangkan hama burung terganggu dengan frekuensi 60 kHz. Sensor PIR dapat mendeteksi keberadaan hama tikus dalam rentang jarak 5 - 50 cm, dan kamera dapat mendeteksi gerakan kelompok burung dengan akurasi pengujian sebesar 44,4% dan rata-rata *delay* 1,08 detik[8].

Penelitian tentang Perancangan Purwarupa *Bird Repellent Device* sebagai Optimisasi Panen Padi Berbasis IoT menghasilkan alat pengusir hama burung yang menggunakan teknologi *computer vision*. Dalam penelitian ini, kamera digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi burung, sedangkan Raspberry Pi berfungsi sebagai penghubung antara kamera dan aktuator frekuensi suara. Sistem ini telah diuji dan menunjukkan hasil yang baik, dengan deteksi burung menggunakan kamera dan notifikasi melalui Telegram berjalan lancar, serta aktuator berfungsi dengan baik saat burung terdeteksi[9].

Penelitian tentang Rancang Bangun *Smart Field System* Berbasis IoT sebagai Alat Pemantau dan Pengontrol Keadaan Sawah melalui Aplikasi *Smartphone* melalui Internet menghasilkan solusi inovatif dalam pemantauan dan pengendalian sistem pertanian secara *real-time*. Sistem ini menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk memperkuat koneksi antara sensor kelembapan tanah dan kualitas tanah sawah padi. Terdiri dari komponen seperti kamera, motor servo, dan *buzzer* berfrekuensi tinggi, sistem ini mampu memantau kondisi sawah pada waktu tertentu serta mengusir hama burung dan tikus. Informasi hasil pemantauan dapat diakses melalui aplikasi *smartphone*, memungkinkan petani untuk meningkatkan kualitas panen dan produktivitas pertanian secara efektif[10].

Penelitian mengenai Sistem Pengusir Hama Burung pada Tanaman Padi menggunakan Sensor PIR dan ESPCamera berbasis *Internet of Things* menghasilkan alat inovatif. Alat ini mendeteksi hama dengan sensor gerak dan PIR, menggerakkan orang-orangan sawah secara otomatis, dan dilengkapi *buzzer* untuk mengusir hama tikus. Dengan penerapan IoT, petani dapat mengontrol dan memantau sistem ini secara efisien, meningkatkan hasil panen dengan efektif[11].

Penelitian oleh Andi Taufiqurrahman Akbar, Abdul Latief Arda, dan Imran Taufiq menghasilkan Alat Pengusir Burung Berbasis *Internet of Things*. Alat ini menggunakan sensor ultrasonik dan motor DC untuk mengusir hama burung dengan suara lonceng. Sistem ini menggunakan energi dari solar *cell* dan aki, memberikan operasi yang stabil dan efektif. Penelitian ini melibatkan metode R&D dengan penggunaan laptop, Arduino IDE, dan App Inventor sebagai instrumen penelitian. Hasilnya

menunjukkan keberhasilan dalam mengusir hama burung pada tanaman padi[12].

Ana Diego dan Mohamen Abou Shousha melakukan penelitian tentang Sistem Pencitraan Segmen Mata Anterior Portabel untuk *Teleftamologi*. Penelitian ini menggunakan dua sensor *autofocus* IMX219 Arducam yang terhubung ke Raspberry Pi Zero W. Dengan menggunakan 1 Raspberry Pi, sistem ini dapat menjalankan beberapa kamera secara simultan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu mendiagnosis dan memantau kondisi mata pasien dengan lebih efisien[13].

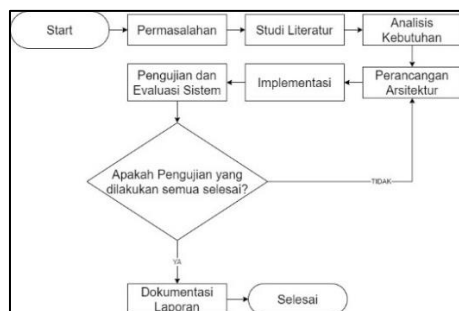
Penelitian yang akan dilakukan memiliki relevansi dengan penelitian terkait karena keduanya menggunakan Raspberry Pi sebagai penghubung dengan *webcam* untuk pendeteksian objek hama burung. Namun, penelitian yang akan dilakukan memiliki tambahan inovatif dengan menerapkan algoritma YOLOv5 dan menggunakan *speaker* untuk mengusir burung menggunakan suara bising. Selain itu, sistem ini juga terintegrasi dengan *chatbot* Telegram untuk mengirimkan notifikasi dan hasil foto pendeteksian burung.

### III. METODE PENELITIAN

Pada Tahapan penelitian ini meliputi analisis kebutuhan, rancangan arsitektur sistem dan perangkat keras, perancangan *chatbot* Telegram, implementasi, pengujian, dan evaluasi pada sistem

#### A. Alur Penelitian

Untuk melakukan penelitian rancang bangun *smart farming system* pengusir hama burung berbasis Raspberry Pi 4 dengan pengaplikasian algoritma YOLOv5 dilakukan beberapa tahapan. Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan untuk membangun *smart farming system* pengusir hama burung berbasis Raspberry Pi 4 dengan pengaplikasian algoritma YOLOv5 adalah sebagai berikut:

TABLE I. ALUR PENELITIAN

Tahap	Penjelasan
permasalahan	Mencari dan mengidentifikasi masalah/kebutuhan, pengumpulan informasi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi.

studi literatur	Riset dan analisis informasi terkait dengan masalah/kebutuhan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, artikel, dan sumber penelitian lainnya.
analisis	Menganalisis kebutuhan sistem, termasuk alat dan bahan yang diperlukan, untuk merancang dan membangun sistem.
perancangan arsitektur	Menentukan komponen-komponen sistem yang saling terhubung dan bagaimana mereka akan mencapai tujuan yang ditentukan.
implementasi	Mewujudkan sistem yang direncanakan dengan membuat perangkat keras dan perangkat lunak sesuai rancangan, serta menyiapkan infrastruktur yang diperlukan untuk menjalankan sistem.
pengujian dan evaluasi sistem	Menguji sistem yang telah dibuat untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan harapan. Jika tidak sesuai, dilakukan perbaikan pada tahap perancangan perangkat.
dokumentasi laporan	Menyusun laporan yang menjelaskan secara detail proses pembuatan sistem dari tahap studi literatur hingga tahap peluncuran. Laporan mencakup semua tahap yang dilakukan.

#### B. Analisis Kebutuhan

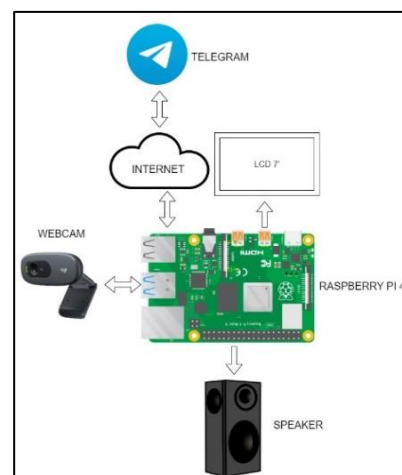
Pada analisis kebutuhan sistem pengusir hama burung, dilakukan analisis alat dan bahan yang diperlukan. Perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

TABLE II. PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

Perangkat Keras	Perangkat Lunak
Raspberry Pi 4	Raspberry Pi OS
LCD Touchscreen	Thonny IDE
Webcam Logitech C270	Telegram
Speaker Joysus JS03R	

#### C. Rancangan Arsitektur Sistem

Pada rancangan arsitektur sistem, desain serta alur kerja dari sistem yang ditunjukkan pada Gambar 2.



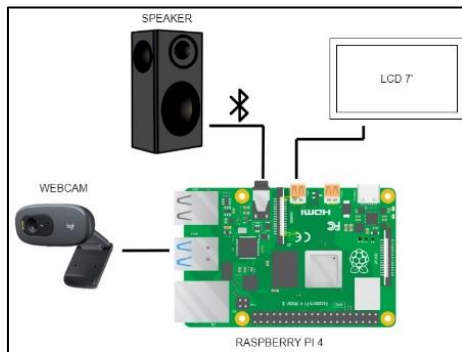
Gambar 2. Arsitektur sistem.

Sistem menggunakan Raspberry Pi 4, LCD, Webcam, dan *Speaker* sebagai komponen perangkat keras. Konektivitas internet digunakan untuk menghubungkan perangkat keras ke *chatbot* Telegram. Data dikirimkan dan ditampilkan pada *chatbot* Telegram. Adapun proses yang dilakukan, yaitu:

Perangkat Keras dan Telegram	Fungsi
Webcam	Mengambil gambar dan mengirimkan data ke Raspberry Pi 4.
Raspberry Pi 4	Memproses data yang ditangkap oleh webcam, melakukan deteksi objek burung secara <i>real-time</i> menggunakan algoritma YOLOv5, dan terhubung ke internet.
LCD	Output dengan menampilkan informasi pada perangkat Raspberry Pi 4.
Speaker	Digunakan untuk mengusir burung dengan menghasilkan suara keras.
Telegram	Untuk membuat chatbot untuk sistem yang mengontrol suara pada speaker, menjalankan perintah untuk mengambil foto, dan menerima pesan notifikasi.

#### D. Rancangan Perangkat Keras pada Raspberry Pi 4

Pada rangkaian ini, terdapat perangkat keras yang terhubung pada Raspberry Pi 4 untuk mendeteksi objek hama burung. Gambarnya untuk rancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.

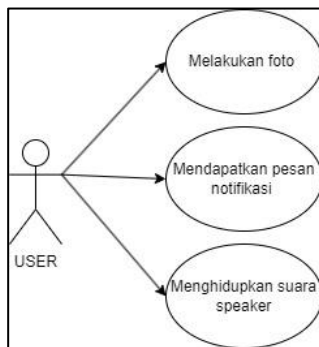


Gambar 3. Rancangan perangkat keras pada Raspberry Pi 4.

Pada Gambar 3, terdapat rancangan perangkat keras untuk sistem yang dibuat, terdapat Raspberry Pi 4 terhubung dengan LCD 7", webcam dan speaker yang terhubung dengan perantara bluetooth sehingga menjadi satu perangkat.

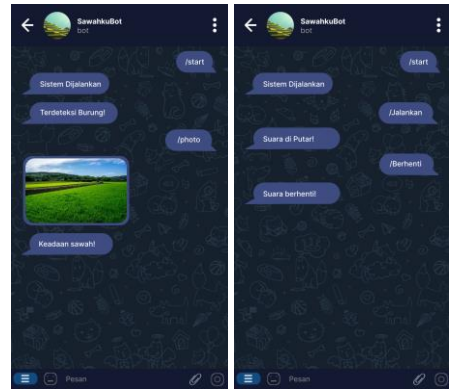
#### E. Rancangan Chatbot Telegram

Pada tahap perancangan chatbot Telegram, dilakukan perancangan chatbot Telegram untuk mendapatkan notifikasi apabila terdeteksi burung, melakukan foto dan dapat menghidupkan dan mematikan suara bisping pada speaker.



Gambar 4. Use case diagram.

Gambar 4 merupakan use case diagram dari sistem yang akan dibuat. User dapat mengelola sistem dan melakukan perintah foto untuk melihat keadaan. Sistem akan memberikan pesan notifikasi jika terdeteksi adanya burung. Selain itu, user dapat mengontrol suara bisping pada speaker melalui chatbot Telegram.

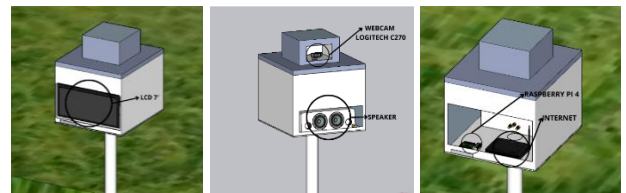


Gambar 5. User interface chatbot Telegram.

Gambar 5. Merupakan user interface chatbot Telegram. Notifikasi hama burung bertugas mengirimkan pesan notifikasi jika sistem mendeteksi adanya hama burung. user dapat berinteraksi melalui Telegram dan menggunakan perintah "/photo" untuk mengambil foto. Kontroler speaker digunakan untuk mengendalikan sistem pengusir hama burung. user dapat memerintahkan chatbot menggunakan perintah "/play" untuk menghidupkan suara bisping pada speaker, dan "/end" untuk menghentikan suara pada speaker.

Gambar 6. User interface kontroler speaker.

#### F. Ilustrasi Perangkat Keras



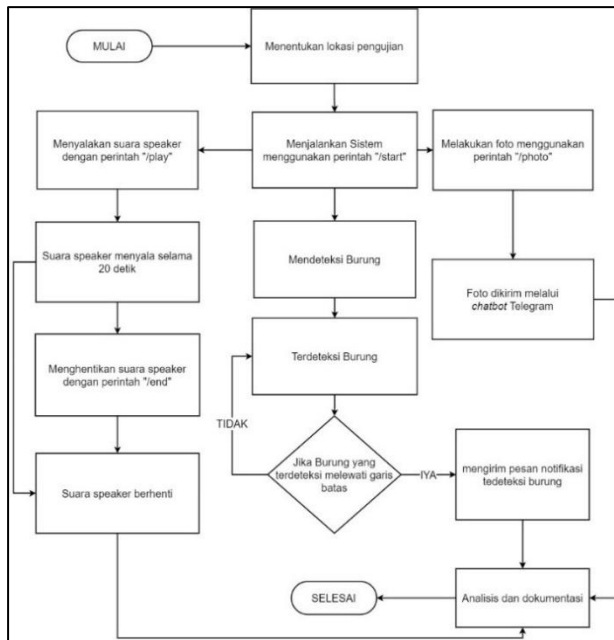
Gambar 7. Ilustrasi perangkat keras.

Gambar 7. merupakan ilustrasi perangkat keras untuk mengusir hama burung. Terdapat LCD, Raspberry Pi 4, Webcam, dan speaker.

#### G. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Tahap pengujian dan analisis sistem melibatkan uji coba di dalam ruangan yang disimulasikan dengan adanya hama burung, dengan tujuan memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai harapan dan menganalisis kinerja sistem secara menyeluruh. Metode pengujian yang digunakan adalah black box, di mana pengujian dilakukan berdasarkan data uji tanpa memperhatikan implementasi internal sistem. Penjelasan lebih rinci mengenai tahapan-tahapan pengujian dapat dilihat pada subbab selanjutnya.

### G.1. Skenario Pengujian Sistem Pengusir Hama Burung



Gambar 8. Skenario pengujian sistem pengusir hama burung.

Gambar 8 merupakan tahap skenario pengujian sistem pengusir hama burung. Dilakukan langkah-langkah dalam pengujian terhadap sistem. Adapun tahap skenario pengujiannya sebagai berikut:

1. Langkah pertama dimulai dengan menentukan lokasi pengujian.
2. Langkah kedua menjalankan sistem menggunakan perintah “/start” pada *chatbot* Telegram.
3. Langkah selanjutnya sistem akan mendeteksi burung, jika burung yang terdeteksi melewati garis batas maka sistem akan mengirim pesan notifikasi terdeteksi hama burung ke *chatbot* Telegram.
4. Sistem dapat melakukan foto dengan perintah “/photo” pada *chatbot* Telegram dan hasil foto dikirim ke *chatbot* Telegram.
5. Sistem dapat menyalakan suara pada *speaker* dengan perintah “/play” pada *chatbot* Telegram.
6. Setelah meng-input perintah “/play” pada *chatbot* Telegram, *speaker* mengeluarkan suara bising untuk mengusir hama burung selama 20 detik.
7. Untuk menghentikan suara pada *speaker*, masukkan perintah “/end” pada perintah *chatbot* Telegram.
8. Setelah semua sistem berjalan sesuai dengan skenario, dilakukan analisis dan dokumentasi.

### G.2. Pengujian Batas Garis

Pada tahap pengujian batas garis, dilakukan serangkaian uji coba untuk memastikan sistem dapat mengenali dan mendeteksi saat hama burung melewati batas garis yang telah ditentukan. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi sistem dalam mengidentifikasi, serta untuk mengevaluasi apakah pesan notifikasi berhasil

dikirimkan sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Skenario pengujian batas garis dapat dilihat pada Tabel II.

TABLE III. PENGUJIAN BATAS GARIS

Skenario	Pengujian
Pengujian Fungsionalitas Pembuatan Batas Garis	Pembuatan Batas Garis dilakukan untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam membuat batas garis yang sesuai dengan kondisi lapangan.
Pengujian Deteksi Pelanggaran Batas Garis	Pengujian menggunakan video atau <i>frame</i> dengan hama burung sebagai <i>input</i> untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam mendeteksi pelanggaran batas garis dan memberikan respons yang tepat, seperti menampilkan pesan “Danger” atau mengirimkan notifikasi ke <i>chatbot</i> Telegram.
Pengujian Respon Sistem	Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem merespons dengan benar saat terjadi pelanggaran batas garis. Sistem memberikan tanda visual yang jelas dan mengirimkan pesan notifikasi ke <i>chatbot</i> Telegram dengan informasi yang relevan.

### G.3. Pengujian Chatbot Telegram

Pada tahap pengujian *chatbot* Telegram, akan dilakukan pengujian terhadap perintah-perintah yang digunakan untuk mengakses dan mengontrol sistem. Berikut adalah beberapa perintah yang akan diuji dapat dilihat pada Tabel IV.

TABLE IV. PENGUJIAN PERINTAH *CHATBOT* TELEGRAM

Perintah	Keterangan
/start	Perintah “/start” dijalankan untuk memastikan sistem <i>chatbot</i> Telegram merespons dengan baik dan siap digunakan.
/photo	Perintah ini mengambil dan mengirimkan foto ke <i>chatbot</i> Telegram. Pengujian memverifikasi kemampuan sistem dalam proses pengambilan dan pengiriman foto.
/play	Perintah ini mengaktifkan suara bising pada <i>speaker</i> dan memberikan notifikasi “Suara Diputar” ke <i>chatbot</i> Telegram setelah menerima perintah “/play” selama 20 detik.
/end	Perintah ini menghentikan suara bising pada <i>speaker</i> setelah menerima perintah “/end”. Sistem akan mengirim pesan notifikasi “Suara Berhenti” ke <i>chatbot</i> Telegram.
/stop	Perintah “/stop” menghentikan sistem dan memastikan bahwa sistem tidak menerima input dari <i>user</i> ..

### H. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan alat memenuhi tujuan, spesifikasi, dan kebutuhan pengguna. Pengujian melibatkan *webcam*, *speaker*, dan Raspberry Pi 4, dan hasilnya digunakan untuk identifikasi masalah dan perbaikan. Pengujian alat yang dilakukan yaitu *webcam*, *speaker*, dan Raspberry Pi 4 yang akan dijelaskan pada subbab selanjutnya.

#### H.1. Pengujian Webcam Deteksi Hama Burung

Pengujian *webcam* Deteksi Hama Burung dilakukan untuk memverifikasi kemampuan *webcam* dalam mendeteksi hama burung dan mengukur jarak deteksi. Berikut adalah skenario pengujian dilihat pada Tabel V.

TABLE V. PENGUJIAN WEBCAM DETEKSI HAMA BURUNG

Skenario	Deteksi	Jarak Hasil Deteksi Webcam	Dokumentasi
Objek hama burung di area webcam dalam kondisi kosong	Terdeteksi	80 cm	-
	Terdeteksi	120 cm	-
	Sampai Tidak Terdeteksi	>120 cm	-
Objek hama burung di area webcam dalam kondisi menyerupai sawah	Terdeteksi	80 cm	-
	Terdeteksi	100 cm	-
	Sampai Tidak Terdeteksi	>100 cm	-

Pengujian dilakukan dengan dua skenario yang berbeda untuk menguji kemampuan *webcam* dalam mendeteksi hama burung. Pada skenario pertama, pengujian dilakukan dalam kondisi kosong tanpa adanya gangguan atau interferensi lain selain hama burung yang menjadi target deteksi. Tujuan dari skenario ini adalah untuk menguji kemampuan *webcam* dalam mengenali dan mendeteksi hama burung secara akurat ketika tidak ada gangguan dari objek lain di sekitarnya.

Skenario kedua melibatkan pengujian dalam kondisi yang menyerupai sebuah sawah dengan latar belakang proyektor. Hal ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kinerja *webcam* dalam menghadapi situasi pengawasan yang lebih realistis, di mana latar belakangnya lebih kompleks dan terdapat objek lain yang mungkin mempengaruhi kemampuan deteksi *webcam* terhadap hama burung. Dengan melakukan pengujian dalam skenario ini, dapat dievaluasi sejauh mana *webcam* dapat menyesuaikan diri dengan latar belakang yang berbeda dan tetap mengenali hama burung dengan akurasi yang tinggi.

Hasil dari kedua skenario pengujian tersebut akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kinerja *webcam* dalam berbagai kondisi pengawasan. Informasi ini dapat menjadi acuan penting dalam pengembangan selanjutnya, memungkinkan peningkatan kualitas dan efektivitas sistem deteksi hama burung menggunakan *webcam*.

### H.2. Pengujian Speaker

Pengujian sistem *speaker* dengan tujuan mengusir hama burung adalah langkah yang umum dilakukan untuk mengatasi masalah kehadiran burung yang mengganggu area tertentu. Dalam pengujian ini, *speaker* ditempatkan di sekitar area yang terdapat hama burung dan suara bising diaktifkan untuk mencoba mengusir hama burung.

### H.3. Pengujian Performa Raspberry Pi 4

Pengujian performa Raspberry Pi 4 melibatkan dua aspek utama, yaitu kecepatan pemrosesan gambar dan pengujian suhu. Kedua pengujian ini memberikan informasi mengenai kemampuan dan kinerja Raspberry Pi 4 dalam sistem deteksi hama burung. Detail pengujian dapat dilihat pada Tabel VI.

TABLE VI. PENGUJIAN PERFORMA RASPBERRY PI 4

Jenis Pengujian Performa	Keterangan
Kecepatan Pemrosesan Gambar	Pengujian ini mengevaluasi kecepatan pemrosesan gambar Raspberry Pi 4 dalam deteksi hama burung. FPS diukur saat menjalankan algoritma YOLOv5.
Uji Suhu	Pengujian suhu bertujuan untuk memastikan Raspberry Pi 4 tidak mengalami overheating selama pengoperasian sistem deteksi hama burung. Stabilitas suhu yang aman menunjukkan kinerja yang efisien.

### I. Dokumentasi dan Laporan

Pada tahap dokumentasi dan laporan, hasil pengujian sistem dicatat dan dianalisis. Kesimpulan yang diperoleh dari analisis tersebut digunakan sebagai acuan penting untuk pengembangan selanjutnya.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian hasil dan pembahasan, penelitian yang dilakukan dengan judul “Rancang Bangun *Smart Farming System Monitoring* dan Pengusir Hama Burung Berbasis Raspberry Pi 4 dengan Pengaplikasian Algoritma YOLOv5” menghasilkan beberapa temuan seperti penerapan arsitektur sistem dan hasil pengujian sistem.

### A. Implementasi Sistem

Pada tahapan ini, akan dibahas mengenai implementasi *perancangan* perangkat keras dan pembuatan sistem berdasarkan *perancangan* yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

#### A.1. Implementasi Rancangan Perangkat Keras

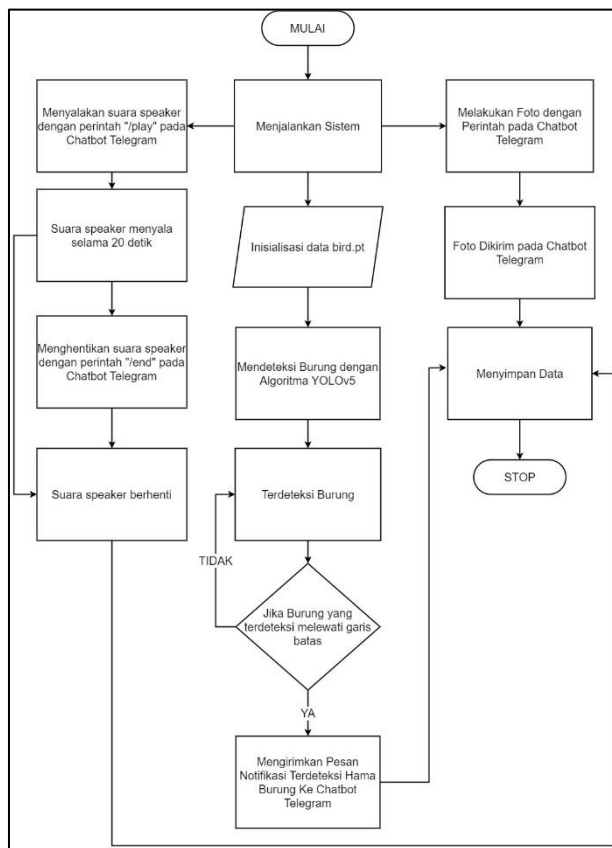
Pada tahap ini menggunakan Raspberry Pi 4 yang terhubung dengan *webcam* dan *speaker* sebagai perangkat keras (*hardware*). Tampilan Raspberry Pi 4 yang terhubung dengan *webcam* dan *speaker* dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Raspberry Pi 4, LCD, *webcam*, dan *speaker*.

Pada tahap implementasi, Raspberry Pi 4 digunakan dengan komponen utama seperti LCD, *webcam*, dan *speaker*. LCD berfungsi untuk menampilkan *output*, *webcam* digunakan untuk menangkap gambar dan deteksi hama burung menggunakan algoritma YOLOv5. Hasil deteksi dapat dikirimkan ke *chatbot* Telegram untuk notifikasi dan foto dapat diambil menggunakan perintah *chatbot* Telegram. *Speaker* terhubung ke Raspberry Pi 4 untuk mengeluarkan suara bising yang mengusir hama burung, dengan kontrol melalui *chatbot* Telegram.

## A.2. Implementasi Pembuatan Control Application

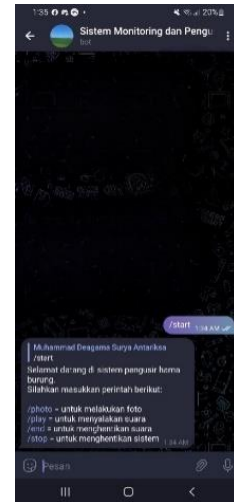
Untuk pengimplementasian *control application* digunakan bahasa pemrograman *python* dengan modul yang bisa digunakan untuk membantu pengembangan sistem ini. Dibuatlah *flowchart* program pada Gambar 10.



Gambar 10. Alur struktur pembangunan *control application*.

Dalam pembangunan *control application*, sistem dijalankan terlebih dahulu sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 10. Langkah pertama adalah inisialisasi “bird.pt” menggunakan algoritma YOLOv5 untuk mendeteksi hama burung. Selanjutnya, dilakukan pendeteksian hama burung menggunakan algoritma YOLOv5, dan jika hama burung terdeteksi melewati garis batas yang telah ditentukan, sistem akan mengirim pesan notifikasi ke *chatbot* Telegram dan menyimpan data terkait pada *chatbot* tersebut. Untuk mengambil foto, pengguna dapat meng-*input* perintah “/photo” melalui *chatbot* Telegram, dan hasil foto akan disimpan pada *chatbot* tersebut. Selain itu, dengan perintah “/play”, pengguna dapat menyalakan *speaker* yang akan mengeluarkan suara bising selama 20 detik. Pengguna dapat menghentikan suara secara manual dengan meng-*input* perintah “/end”, dan data terkait pesan suara yang dinyalakan dan dimatikan juga akan disimpan pada *chatbot* Telegram.

## A.3. Implementasi Chatbot Telegram



Gambar 11. Tampilan *chatbot* Telegram.

Gambar 11 menampilkan tampilan pada *chatbot* Telegram yang digunakan dalam sistem. Pengguna akan menerima pesan notifikasi ketika hama burung terdeteksi, dan mereka dapat meng-*input* perintah melalui *chatbot* Telegram. Beberapa perintah yang dapat dilakukan adalah mengambil foto, menghidupkan atau mematikan suara pada *speaker*. Tampilan ini memberikan pengguna kemudahan untuk berinteraksi dengan sistem melalui *chatbot* Telegram, memanfaatkan fitur-fitur yang disediakan seperti notifikasi, pengambilan foto, dan pengontrolan suara pada *speaker*.

## B. Hasil Pengujian Batas Garis

Pada pengujian batas garis, digunakan *frame* visual dengan garis batas untuk mendeteksi perlintasan hama burung. Garis batas tersebut digunakan sebagai acuan untuk memastikan sistem hanya memberikan notifikasi saat terjadi pelanggaran batas garis oleh hama burung. Tujuan penggunaan garis batas adalah untuk menghindari notifikasi yang tidak perlu bagi pengguna. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel VI.

TABLE VII. HASIL PENGUJIAN BATAS GARIS


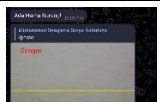



Skenario	Hasil Pengujian	Dokumentasi
Dibuatkan batas garis pada sistem (sesuai kondisi lapangan)	Berhasil	
Sistem mendeteksi hama burung di atas batas garis	Sistem tidak mengirimkan pesan notifikasi	
Sistem mendeteksi hama burung melewati batas garis	Sistem menampilkan pesan “Danger” pada <i>frame</i> dan mengirimkan pesan notifikasi ke <i>chatbot</i> Telegram.	

Pengujian batas garis pada sistem berhasil menunjukkan hasil yang valid. Sistem mampu membuat batas garis sesuai dengan kondisi lapangan. Respons sistem saat tidak ada pelanggaran batas garis sesuai harapan, dengan tidak mengirimkan pesan notifikasi. Saat terjadi pelanggaran batas garis, sistem merespons dengan menampilkan pesan “Danger” pada *frame* dan mengirimkan pesan notifikasi ke *chatbot* Telegram. Hal ini memvalidasi kemampuan sistem dalam mengenali dan merespons pelanggaran batas garis sesuai skenario yang ditentukan.

### C. Hasil Pengujian Perintah Chatbot Telegram

Pengujian perintah *chatbot* Telegram dilakukan untuk memastikan respon yang baik terhadap perintah dari *user* dan menjalankan fitur yang terkait. Hasil pengujian perintah pada *chatbot* Telegram dilihat pada Tabel VIII.

TABLE VIII. HASIL PENGUJIAN PERINTAH CHATBOT TELEGRAM







Skenario	Berhasil/Tidak	Dokumentasi
Meng- <i>input</i> perintah /start untuk menjalankan sistem pada <i>chatbot</i> Telegram.	Berhasil	
Mengirimkan pesan “Ada Hama Burung” pada <i>chatbot</i> Telegram jika sistem yang terdeteksi hama burung melewati batas garis.	Berhasil	
Meng- <i>input</i> perintah /photo untuk melakukan foto pada <i>chatbot</i> Telegram.	Berhasil	
Meng- <i>input</i> perintah /play untuk menghidupkan suara pada <i>speaker</i> selama 20 detik dan perintah /end untuk menghentikan suara pada <i>speaker</i> .	Berhasil	
Meng- <i>input</i> perintah /stop pada <i>chatbot</i> Telegram untuk menghentikan sistem secara keseluruhan.	Berhasil	

Tabel VIII menunjukkan penggunaan *chatbot* Telegram dengan fitur lengkap. *User* dapat memulai *chatbot* dengan perintah “/start” dan mengakses fitur notifikasi deteksi hama burung, pengambilan foto, pemutaran suara *speaker*, dan penghentian sistem. Fitur notifikasi berhasil memberikan informasi tentang kehadiran hama burung, sementara pengambilan foto dan pemutaran suara memberikan visual dan audio yang diinginkan. Dengan fitur-fitur ini, *chatbot* Telegram memungkinkan *user* mengatasi hama burung.

### D. Hasil Pengujian Webcam Deteksi Hama Burung

Pada pengujian jangkauan *webcam*, dilakukan beberapa skenario untuk menguji kemampuan *webcam* dalam mendeteksi hama burung secara *real-time*. Pengujian bertujuan untuk menentukan jarak optimal untuk mendeteksi keberadaan hama burung menggunakan *webcam*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IX yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi hama burung pada berbagai jarak yang diuji.

TABLE IX. HASIL PENGUJIAN WEBCAM DETEKSI HAMA

Skenario	Deteksi	Jarak Hasil Deteksi Webcam	Dokumentasi
Objek hama burung di area <i>webcam</i> dalam kondisi kosong	Terdeteksi	80 cm	
	Terdeteksi	400 cm	
	Tidak Terdeteksi	>400 cm	
Objek hama burung di area <i>webcam</i> dalam kondisi menyerupai sawah	Terdeteksi	80 cm	
	Terdeteksi	200 cm	
	Tidak Terdeteksi	>200 cm	

Pada pengujian, sistem mampu mendeteksi keberadaan hama burung dalam kondisi kosong dengan rentang jarak antara 80 cm sampai 400 cm. Namun, di atas 400 cm, hama burung tidak terdeteksi karena ukuran objek terlalu kecil. Dalam kondisi menyerupai sawah, sistem mampu mendeteksi hama burung pada jarak 80 cm sampai 200 cm, tetapi terdapat *false positive* pada jarak 200 cm. Jarak di atas 200 cm mengakibatkan ketidakterlihatan hama burung karena cahaya proyektor yang tidak cukup. Pengujian ini memberikan informasi tentang jarak optimal dan batasan jarak dalam mendeteksi hama burung.

TABLE X. HASIL PENGUJIAN FALSE POSITIVE

Skenario	Terdeteksi	Dokumentasi
Objek selain hama burung	Terdeteksi	



	Terdeteksi	
--	------------	---

Tabel X menunjukkan kesalahan deteksi hama burung pada sistem, yang disebabkan oleh adanya objek yang mirip dengan hama burung. Kesalahan tersebut terjadi karena adanya kemiripan visual antara objek yang terdeteksi dengan hama burung, seperti bentuk, ukuran, warna, atau pola yang serupa.



Gambar 12. Solusi jika terjadi kesalahan deteksi (*false positive*).

Solusi untuk mengatasi *false positive* adalah dengan menggunakan fitur foto pada *chatbot* Telegram. Dengan fitur ini, *user* dapat memverifikasi apakah objek yang terdeteksi sebagai hama burung benar-benar merupakan hama burung atau terjadi kesalahan deteksi. *User* dapat melihat gambar hasil tangkapan dan membuat penilaian sendiri terhadap keakuratan deteksi yang dilakukan oleh sistem.

#### E. Hasil Pengujian Speaker Mengusir Hama Burung

Pada pengujian *speaker*, sebagian hama burung bereaksi terhadap suara bising dan langsung terbang menjauh dari area yang terkena suara tersebut. Namun, ada beberapa hama burung yang terlihat lebih tahan terhadap suara bising dan hanya terbang dengan jarak yang tidak terlalu jauh. Hal ini dapat diamati pada Gambar 13.



Gambar 13. Respon Hama Burung.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan sistem *speaker* yang terhubung pada Raspberry Pi 4 dengan menggunakan suara bising dapat mengusir sebagian besar hama burung. Dengan demikian, metode ini memiliki potensi sebagai solusi untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh serangan hama burung.

#### F. Hasil Pengujian Performa Raspberry Pi 4

Hasil pengujian performa pada Raspberry Pi 4 menunjukkan bahwa kecepatan pemrosesan gambar menggunakan komputasi algoritma YOLOv5 adalah sekitar 0.78 hingga 0.8 FPS (*frame per second*). Gambar 14 memberikan visualisasi hasil pengujian tersebut.



Gambar 14. Hasil kecepatan menangkap gambar.

Meskipun pemrosesan gambar pada Raspberry Pi 4 menggunakan algoritma YOLOv5 relatif lambat, sistem tetap mampu mendeteksi hama burung.

Pengujian suhu pada Raspberry Pi 4 dilakukan selama 1 jam untuk mengevaluasi stabilitas suhu sistem. Hasil pengujian suhu dapat dilihat pada Tabel XI yang memberikan gambaran tentang suhu yang tercatat selama pengoperasian Raspberry Pi 4 dalam waktu yang panjang.

TABLE XI. HASIL PENGUJIAN FALSE POSITIVE

Waktu	Suhu
00:00	58.4 °C
00:10	60.3 °C
00:20	61.8 °C
00:30	60.8 °C
00:40	61.8 °C
00:50	60.3 °C
01:00	61.8 °C

Pengujian suhu selama 1 jam pada Raspberry Pi 4 menunjukkan bahwa suhu berkisar antara 58,4 hingga 61,8 °C, menunjukkan stabilitas suhu yang baik. Stabilitas suhu yang terjaga pada Raspberry Pi 4 memastikan pengelolaan suhu yang efektif dan mencegah peningkatan suhu yang berlebihan. Hal ini penting karena suhu yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kinerja perangkat dan berpotensi merusak komponen. Dengan suhu yang stabil, Raspberry Pi 4 dapat beroperasi secara optimal dan dapat diandalkan dalam menjalankan sistem tanpa risiko suhu yang berlebihan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, digunakan teknologi *internet of things* dan *computer vision* dengan menggunakan perangkat seperti Raspberry Pi 4, LCD, *webcam*, dan *speaker*. Selain itu,

*chatbot* Telegram telah berhasil dibangun dan dapat menjalankan perintah serta menampilkan informasi yang diinginkan. Pengujian sistem menunjukkan kemampuan dalam membuat batas garis yang sesuai dengan kondisi lapangan dan merespons dengan tepat terhadap pelanggaran batas garis oleh hama burung. Sistem dapat mendeteksi hama burung dalam jarak 80 cm - 400 cm pada kondisi umum, dan pada kondisi menyerupai sawah, sistem dapat mendeteksi hama burung pada jarak 80 cm - 200 cm, namun terjadi *false positive* pada jarak 200 cm. Solusi untuk mengatasi *false positive* adalah dengan menggunakan fitur foto pada *chatbot* Telegram sebagai verifikasi, yang akan membantu meningkatkan akurasi deteksi ke depannya. Penggunaan suara bising pada *speaker* dapat mengusir hama burung, meskipun beberapa hama burung mungkin tahan terhadap suara tersebut. Penggunaan algoritma YOLOv5 pada Raspberry Pi 4 mampu memproses gambar dengan kecepatan 0.78 hingga 0.8 FPS (*frame per second*), sehingga mampu mendeteksi hama burung dengan baik. Selain itu, hasil pengujian suhu Raspberry Pi 4 selama 1 jam menunjukkan suhu stabil antara 58,4 hingga 61,8 °C, menunjukkan kemampuan perangkat dalam mengelola suhu dengan baik dan tidak mengalami kenaikan suhu yang berlebihan.

#### B. Saran

Jika dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penelitian ini ke depannya, disarankan untuk menggunakan *hardware* yang lebih baik dari Raspberry Pi 4 atau menambahkan GPU pada Raspberry Pi 4 untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan gambar saat menggunakan algoritma YOLOv5 dalam mendeteksi hama burung. Selain itu, penggunaan kamera dengan lensa berdiameter lebih panjang dapat memperluas jarak jangkauan deteksi. Sistem *monitoring* dan pengusir hama burung dapat dikembangkan lebih lanjut agar tidak hanya mampu mengusir hama burung, tetapi juga dapat mendeteksi dan mengusir hama tikus serta jenis hama lainnya, serta mempertimbangkan penambahan fitur otomatis lainnya. Dalam mengusir hama burung, diharapkan sistem dapat menggunakan metode selain suara bising. Disarankan juga untuk mencoba algoritma yang sesuai dengan kemampuan Raspberry Pi 4 guna mencapai performa optimal pada sistem pengusir hama burung. Penting juga untuk menguji sistem *monitoring* dan pengusir hama burung di sawah untuk memperoleh hasil pengujian yang lebih representatif dan informasi yang lebih akurat mengenai kinerja sistem tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Zulman Harja Utama, *Budidaya Padi pada Lahan Marginal: Kiat Meningkatkan Produksi Padi*. Penerbit Andi, 2015.
- [2] A. Ardjansyah, J. Budi Hernowo, dan D. Swastiko Priyambodo, "Pengaruh Serangan Burung Bondol Terhadap Kerusakan Tanaman Padi Di Bogor," *Media Konservasi*, vol. 22, no. 2, hlm. 101–110, Agu 2017.
- [3] Syahminan, "Prototype Pengusir Burung Pada Tanaman Padi Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Jurnal SPIRIT*, vol. 9, no. 2, hlm. 26–34, Nov 2017.
- [4] E. F. Ristyawan, E. Mulyanto, dan A. Kurniawan, "Digital Signage Berbasis Raspberry Pi 3," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, hlm. A171–A174, 2018.
- [5] R. Rifandi, Sutarti, dan Anharudin, "Rancang Bangun Kamera Pengawas Menggunakan Raspberry Dengan Aplikasi Telegram Berbasis Internet Of Things," *Jurnal PROSISKO*, vol. 8, no. 1, hlm. 18–32, Mar 2021.
- [6] A. A. Nugroho, "Prototipe Sistem Pengusir Hama Burung Berbasis Computer Vision," Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2018.
- [7] A. Roihan, H. Dewi Ariessanti, dan S. R. Pratama, "Perancangan Wireless Sensor Actuator Networks Sebagai Optimasi Panen Padi Di Bidang Pertanian Berbasis Computer Vision," *Journal Universitas Raharja*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [8] R. Juniansyah Arifandi, M. Junus, dan M. Kusumawardani, "Sistem Pengusir Hama Burung dan Hama Tikus Pada Tanaman Padi Berbasis Raspberry pi," *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, vol. 11, no. 2, 2021.
- [9] A. Roihan, M. Hasanudin, E. Sunandar, dan S. R. Pratama, "Perancangan Purwarupa Bird Repellent Device Sebagai Optimasi Panen Padi Di Bidang Pertanian Berbasis Internet Of Things," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 11, no. 1, Apr 2020.
- [10] R. R. Kusuma, N. Alawiyah, dan M. Anwar, "Rancang Bangun Smart Field System Berbasis IoT sebagai Alat Pemantau dan Pengontrol Keadaan Sawah dengan Aplikasi Smartphone Melalui Internet," *National Conference PKM Center Sebelas Maret University*.
- [11] S. F. Nabilah, R. Agustin, dan F. N. Fauziah, "Sistem Monitoring Pengusir Hama Burung Pada Tanaman Padi Menggunakan Sensor PIR Dan ESPCamera Berbasis Internet Of Things," Politeknik Harapan Bersama, Tegal, 2020.
- [12] A. Taufiqurrahman Akbar, A. Latief Arda, dan I. Taufiq, "Alat Pengusir Hama Burung Pada Tanaman Padi Berbasis IoT," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 2, hlm. 101–107, Sep 2022.
- [13] A. Diego dan M. A. Shousha, "Portable Anterior Eye Segment Imaging System for Teleophthalmology," *Transl Vis Sci Technol*, vol. 12, no. 1, hlm. 1–11, Jan 2023, doi: 10.1167/tvst.12.1.11.