

Prototype Sistem Deteksi Burung Menggunakan ESP32-Cam dan Algoritma YOLO

Muhammad Riesky Pratama¹, Dewi Laksmiati²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta 10450

*Korespondensi penulis: dewi.dlk@bsi.ac.id

Abstract. *The agriculture and plantation sectors play a crucial role in the economies of many countries, including Indonesia, but often experience productivity declines due to pests. Technologies such as IoT and artificial intelligence now offer modern and more effective solutions to these problems. This research develops an automated system for repelling pests based on the ESP32-CAM camera module utilizing the YOLO object detection algorithm and OpenCV image processing. The system is designed to accurately and in real-time recognize and repel birds, and can be accessed and controlled remotely through an IoT platform. Previous studies have used various sensors, including ultrasonic and PIR sensors, but these often suffer from limitations in accuracy and flexibility. The YOLO algorithm was chosen for its ability to provide superior speed and detection accuracy. The research results show that the developed bird detection has a precision value of 0.998, a recall of 0.981, and an F1 Score of 0.989, with an overall accuracy reaching 98%. These figures indicate that the system can effectively detect and repel bird pests, reducing economic losses for farmers. This system offers a more environmentally friendly alternative to pesticide use and can improve pest control efficiency. It is hoped that this innovation can help farmers maintain the productivity of their land and contribute positively to the development of agricultural technology.*

Keywords: *ESP32-Cam, YOLO, Object Detection, Internet of Things*

Abstrak. Sektor pertanian dan perkebunan memainkan peran penting dalam perekonomian banyak negara, termasuk Indonesia, namun kerap mengalami penurunan produktivitas akibat hama. Teknologi seperti IoT dan kecerdasan buatan kini menawarkan solusi modern dan lebih efektif untuk masalah ini. Penelitian ini mengembangkan sistem otomatis untuk mengusir hama berbasis modul kamera Esp32-Cam yang memanfaatkan algoritma deteksi objek YOLO dan pemrosesan gambar OpenCV. Sistem ini dirancang untuk mengenali dan mengusir burung secara akurat dan real-time, serta dapat diakses dan dikendalikan dari jarak jauh melalui platform IoT. Studi sebelumnya menggunakan berbagai sensor, termasuk ultrasonik dan PIR, namun seringkali terbatas dalam hal akurasi dan fleksibilitas. Algoritma YOLO dipilih karena kemampuannya dalam memberikan kecepatan dan ketepatan deteksi yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deteksi burung yang dikembangkan memiliki nilai precision 0,998, recall 0,981, dan F1 Score 0,989 dengan akurasi keseluruhan mencapai 98%. Angka-angka ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengusir hama burung secara efektif, mengurangi kerugian ekonomi bagi petani. Sistem ini memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan pestisida dan dapat meningkatkan efisiensi pengendalian hama. Diharapkan, inovasi ini dapat membantu petani menjaga produktivitas lahan mereka dan memberikan kontribusi positif bagi pengembangan teknologi pertanian.

Kata kunci: *ESP32-Cam, YOLO, Objek Deteksi, Internet of Things*

PENDAHULUAN

Pertanian dan perkebunan merupakan sektor penting dalam perekonomian banyak negara, termasuk Indonesia. Namun, produktivitas sektor ini sering kali terganggu oleh hama yang merusak tanaman [1]. Berbagai metode pengendalian hama telah dikembangkan, mulai dari penggunaan jaring hingga metode lainnya [2]. Dalam era digital dan teknologi saat ini, penerapan teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) dalam bidang pertanian telah membuka peluang baru untuk mengatasi masalah hama secara lebih efektif dan efisien. Salah satu teknologi yang semakin populer adalah penggunaan sistem deteksi objek berbasis kamera untuk mengenali dan mengusir hama secara otomatis. Penelitian terkait sistem pengusir hama otomatis telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan. Beberapa studi menggunakan sensor ultrasonik, sensor PIR atau perangkat elektronik lainnya untuk mengusir hama [3]. Namun, kebanyakan dari sistem tersebut masih memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan fleksibilitas. deteksi objek terbaru seperti algoritma YOLO menawarkan keunggulan dalam kecepatan dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode sebelumnya [4], sehingga dapat meningkatkan efektivitas sistem pengusir hama otomatis.

Penelitian ini akan menggunakan mikrokontroler ESP32-Cam dan OpenCV sebagai program yang menjalankan algoritma YOLO. Dengan modul wifi dan kamera bawaan dari ESP32-Cam, dapat dilakukan video stream untuk memantau area persawahan dimana nantinya akan digunakan sebagai input untuk program OpenCV yang selanjutnya akan dilakukan pemrosesan pendeteksian hama burung menggunakan algoritma YOLO. Dan sebagai output, sistem akan mengontrol buzzer dan motor servo serta memberikan notifikasi ke aplikasi Blynk pada perangkat pengguna.

Penelitian ditujukan untuk mengembangkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Jalaludin dan Laksmiati. Dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan input dari sensor PIR, kemudian diproses oleh ESP32-Cam yang kemudian outputnya adalah mengontrol motor servo sebagai media orang-orangan sawah [5]. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan program OpenCV yang dapat mendeteksi burung secara real time dengan algoritma YOLO

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini terfokus pada sistem deteksi burung yang menggunakan mikrokontroler *ESP32-Cam*. Tujuan utama perancangan ini adalah untuk mengembangkan sistem pengusir hama otomatis. Sistem ini tidak hanya mengandalkan *ESP32-Cam*, melainkan juga dilengkapi algoritma *YOLO* untuk mendeteksi burung melalui program *OpenCV* yang berkomunikasi dengan *HTTP*. *HTTP* digunakan karena memungkinkan aplikasi perangkat lunak untuk berkomunikasi satu sama lain untuk bertukar data [6]. Perancangan ini melibatkan beberapa komponen, antara lain mikrokontroler *ESP32-Cam* dengan modul wifi dan modul kamera bawaan, buzzer dan motor servo. Selain itu, untuk memberikan informasi kepada pengguna tentang jumlah burung yang terdeteksi, sistem ini akan terintegrasi dengan *Internet of Things (IoT)*. Integrasi ini memungkinkan pengiriman notifikasi kepada pengguna dan memberikan kemampuan pemantauan secara real time dari jarak jauh.

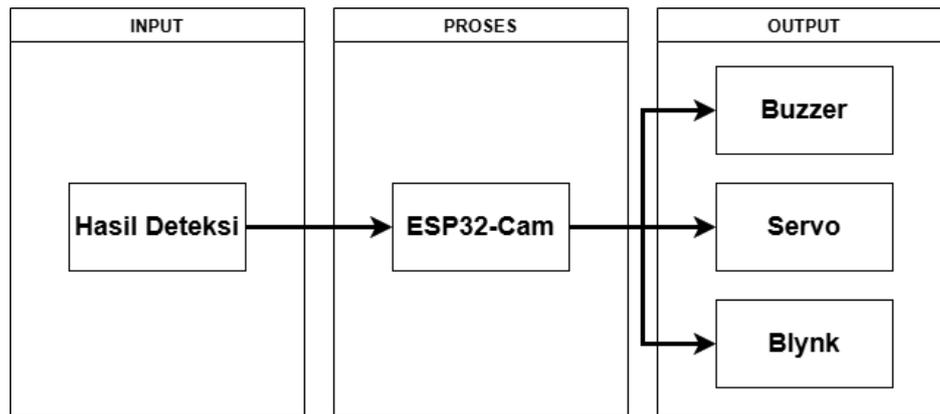
Perancangan diterapkan dalam bentuk prototipe yang dilengkapi dengan buzzer dan miniatur orang-orangan sawah yang dapat bergerak secara otomatis berdasarkan hasil deteksi burung yang telah diproses pada program *OpenCV*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan motor servo yang digunakan sebagai penggerak miniatur orang-orangan sawah berjumlah 2. Motor Servo DC digunakan karena lebih cocok digunakan pada aplikasi yang lebih kecil [7]. Buzzer diuji dengan rentang jarak tertentu terhadap posisi burung dan memiliki respon yang sedikit lambat pada jarak lebih dari 2 meter. Prototipe sistem deteksi burung menggunakan *ESP32-Cam* dan algoritma *YOLO* bekerja dengan baik dalam kecepatan dan respon terhadap keberadaan burung yang diterima.

Rancang Bangun Alat

Tahap pertama perancangan adalah membuat blok diagram sistem, kemudian skema rangkaian serta melakukan pemilihan komponen baik mikrokontroler, sensor dan motor pendukung, kemudian pembuatan flowchart sistem

Blok Diagram Sistem

Pada saat perancangan dibuat diagram blok untuk merumuskan alur yang akan dilalui mulai diterimanya input hasil deteksi dari program *OpenCV* melalui protocol *HTTP*, lalu diproses oleh *ESP32-cam* menjadi output seperti mengontrol motor servo dan menyalakan buzzer, serta menotifikasi pada smartphone pengguna dengan aplikasi *Blynk*.

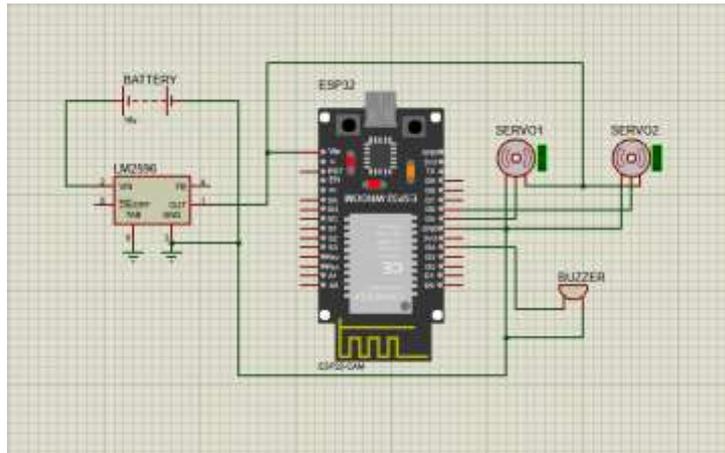


Gambar 1. Blok Diagram

Secara rinci, alur kerja dari sebuah sistem terdiri dari tiga tahap utama: input, proses, dan output. Pada tahap input, sistem menerima hasil deteksi yang berasal dari program *OpenCV* yang dikirim melalui protocol *HTTP*, yang berisi data tentang adanya burung beserta jumlah yang diperoleh dari proses deteksi oleh algoritma *YOLO*. Data ini kemudian dikirim ke tahap proses, yang ditangani oleh modul **ESP32-Cam**. **ESP32-Cam** bertindak sebagai pusat pemrosesan yang menerima hasil deteksi dan melakukan pengolahan data, seperti pengenalan objek atau pengiriman data ke komponen output. Setelah data diproses, sistem mengaktifkan berbagai komponen output berdasarkan hasil pemrosesan. Komponen output yang terhubung meliputi **Buzzer** (sebagai alat peringatan suara), **Servo** (untuk menggerakkan mekanisme tertentu), dan **Blynk** (untuk mengirimkan notifikasi atau data ke aplikasi Blynk). Sistem ini secara keseluruhan bertujuan untuk mendeteksi dan merespons kondisi tertentu berdasarkan input yang diterima.

Skema Rangkaian

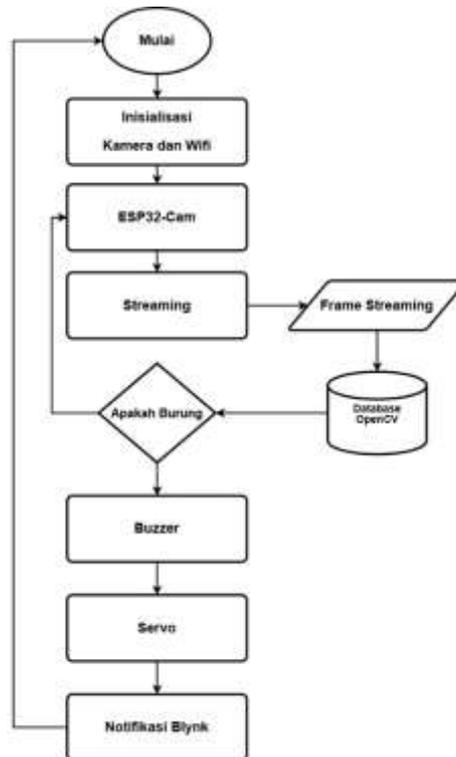
Setelah diagram sistem dibuat, selanjutnya dilakukan pemilihan komponen. Kemudian buat rangkaian berdasarkan komponen yang dipilih. Rangkaian dibuat berdasarkan keterhubungan buzzer dan motor servo terhadap *ESP32-Cam*. *ESP32-Cam* dipilih dikarenakan beroperasi dengan CPU 240 MHz, RAM 512 KiB, serta didukung dengan modul kamera dan modul Wi-Fi sehingga memungkinkan untuk mengirim dan menerima data melalui jaringan internet



Gambar 2. Sekama Rangkaiam

Flowchart

Untuk menggambarkan langkah-langkah yang diambil oleh sistem untuk mendeteksi burung di sawah menggunakan ESP32-Cam, serta tindakan yang dilakukan saat burung terdeteksi. Dibuat flowchart yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. Flowchart

Berdasarkan diagram alur atau *flowchart* di atas dapat dilihat cara kerja sistem ini sebagai berikut: Sistem ini dimulai dengan inisialisasi ESP32-Cam dan koneksi WiFi, lalu ESP32-Cam menangkap dan melakukan streaming video secara real-time. Frame-frame video yang dihasilkan kemudian dikirim dan diproses menggunakan OpenCV dan algoritma YOLOv8 sehingga dapat mendeteksi keberadaan burung dalam setiap frame. Jika burung terdeteksi, buzzer diaktifkan sebagai peringatan, dan servo motor digunakan untuk mengusir burung. Sistem juga mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui platform Blynk, memberikan informasi real-time tentang jumlah burung yang terdeteksi. Setelah notifikasi dikirim, sistem kembali ke tahap streaming untuk terus memantau dan mendeteksi burung dalam frame-frame berikutnya.

Pembuatan Alat

Setelah proses perancangan selesai, langkah selanjutnya adalah implementasi pembuatan alat sesuai dengan desain yang telah dibuat. Pada tahap ini, dilakukan proses konstruksi, pengadaan komponen, dan perakitan alat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tahap Pengujian

Setelah selesai proses pembuatan alat, langkah berikutnya adalah tahap pengujian. Pada tahap ini, dilakukan serangkaian uji coba terhadap alat untuk memastikan bahwa fungsinya sesuai dengan tujuan penelitian dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan untuk mengukur performa alat, keandalan, ketepatan, dan kinerja sistem secara menyeluruh.

Tahap Pengambilan Data

Langkah akhir adalah tahap pengumpulan data. Pada tahap ini, peneliti memanfaatkan alat yang telah dikembangkan untuk mengumpulkan data yang relevan dengan tujuan penelitian. Data yang terkumpul berasal dari tahap pengujian yang kemudian dianalisis dan dievaluasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan prototype siap dan sudah terprogram, berikutnya dilakukan uji fungsional dan uji keseluruhan. Berbeda dengan Sistem Pengusir Hama yang dibuat Oleh Jalaludin dan Laksmiati [5]. Dalam perancangan ini turut digunakan protocol HTTP sehingga ESP32-Cam dan program OpenCV dapat saling menerima dan mengirim data yang sesuai dengan yang dibutuhkan system.

Pengujian Deteksi Burung

Pengujian ini bertujuan untuk menguji keandalan sistem dalam membedakan objek dalam proses mendeteksi burung. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan burung dara dan menambahkan objek lain seperti orang dan kucing sebagai bagian dari pengujian. Sehingga memastikan kemampuan sistem dalam membedakan burung dari objek lain serta memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi burung dengan baik.

Tabel 1. Pengujian Pendeteksian

Objek	Burung Dara	Orang	Kucing
Pengujian 1	TP	FP	TN
Pengujian 2	TP	TN	TN
Pengujian 3	TP	TN	TN
Pengujian 4	TP	FP	TN
Pengujian 5	TP	TN	TN

Keterangan:

TP (True Positives): Mendeteksi burung dengan benar.

TN (True Negatives): Mendeteksi dengan benar bahwa objek lain bukan burung.

FP (False Positives): Mendeteksi objek lain sebagai burung (kesalahan deteksi).

FN (False Negatives): Burung yang tidak terdeteksi/terdeteksi sebagai objek lain.

		Samping	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
		Belakang	×	×	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×
	90°	Depan	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
		Samping	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
		Belakang	×	×	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×
Burung Kecil	45°	Depan	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×
		Samping	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×
		Belakang	×	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×
	90°	Depang	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×
		Samping	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×
		Belakang	×	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×

Dari hasil serangkaian pengujian, menunjukkan bahwa burung besar tidak terdeteksi pada jarak 5 cm dan 10 cm karena memenuhi seluruh frame kamera, sehingga tidak dapat mengidentifikasi bentuk burung dengan jelas. Berbeda dengan burung kecil, yang hanya mengisi sebagian kecil frame kamera. Pendeteksian lebih akurat pada sudut 45° dan 90°, dengan sisi depan dan samping memberikan hasil lebih baik dibandingkan sisi belakang.



Gambar 4. Pengujian ESP32-Cam

Selain itu, juga dilakukan pengujian di sawah untuk menilai kinerja deteksi dalam lingkungan alami. Hal ini penting untuk mengevaluasi efektivitas algoritma YOLOv8 pada ESP32-Cam di kondisi nyata, dengan variabel lingkungan yang bervariasi seperti pencahayaan, latar belakang, dan pergerakan burung.

Tabel 3. Pengujian pada Sawah

Jarak	Gambar	Hasil
2 Meter	 <p>Gambar 5. Pengujian pada sawah</p>	Terdeteksi
3 Meter	 <p>Gambar 6. Pengujian pada sawah</p>	Terdeteksi

Pengujian Buzzer

Pengujian buzzer bertujuan untuk menentukan seberapa jauh jangkauan efektif suara buzzer dalam mengusir burung. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan pengukuran jarak antara letak buzzer dengan burung yang di uji dengan 5 kali percobaan

Tabel 4. Pengujian Buzzer

Jarak dari Buzzer (cm)	Pengujian ke-				
	1	2	3	4	5
50	✓	✓	✓	✓	✓
100	✓	✓	✓	✓	✗
200	✓	✗	✓	✓	✗
300	✗	✓	✗	✗	✗
400	✗	✗	✗	✗	✗

Berdasarkan tabel diatas maka nilai persentase efektivitas jangkauan suara buzzer dalam mengusir burung dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Persentase Efektivitas Buzzer

Jarak dari Buzzer (cm)	Intensitas Suara (dB)	Efektivitas Pengusiran Burung (%)
50	80	100%
100	78	80%
200	72	60%
300	67	20%
400	60	0%

Pengujian Servo

Pengujian ini untuk mengetahui apakah servo berfungsi dengan baik saat sistem berhasil terdeteksi seekor burung Pada sistem ini menggunakan 2 servo yang berfungsi sebagai penggerak orang-orangan sawah. Proses pengujian dilakukan 5 percobaan dengan mengontrol servo berputar pada besaran sudut tertentu.

Tabel 6. Pengujian Servo

Servo	Sudut	Pengujian Ke-							
		1	2	3	4	5	Rata-Rata	Error	Akurasi
Servo 1	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0	100%
	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	0	100%
	180°	180°	180°	180°	180°	180°	180°	0	100%
Servo 2	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0	100%
	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	0	100%
	180°	180°	180°	180°	180°	180°	180°	0	100%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua servo memiliki konsistensi dan akurasi yang sangat baik, mencapai sudut target (0°, 90°, 180°) dengan akurasi 100% tanpa deviasi atau error, membuktikan kinerja yang optimal.

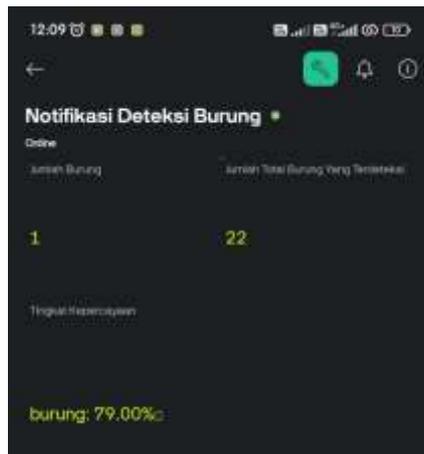
Pengujian Aplikasi Blynk

Tujuan dari pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi error terhadap jumlah yang terdeteksi dengan jumlah yang di tampilkan pada aplikasi Blynk, sehingga dapat mengetahui apakah komunikasi antara ESP32-Cam dengan platform blynk berfungsi dengan baik atau tidak. Melalui integrasi dengan Blynk, jumlah dari burung yang terdeteksi akan ditampilkan, dan sistem akan mengirimkan notifikasi saat jumlah tertentu terpenuhi.

Tabel 7. Pengujian Aplikasi Blynk

Jumlah Burung	Pengujian ke-					Total Jumlah Burung	Error	Akurasi
	1	2	3	4	5			
Serial Monitor	2	1	4	1	1	9	0%	100%
Aplikasi <i>Blynk</i>	2	1	4	1	1	9		

Hasil pengujian menunjukkan bahwa serial monitor dan aplikasi Blynk berhasil mendeteksi 9 burung dalam 5 kali pengujian dengan akurasi 100% tanpa error, mengindikasikan sistem berfungsi dengan baik dan Blynk menampilkan hasil deteksi secara akurat.



Gambar 7. Contoh Tampilan pada Aplikasi Blynk

Pengujian Tegangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah tegangan yang dihasilkan oleh baterai melalui modul stepdown LM2596 sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh system.

Tabel 8. Pengujian Tegangan

Komponen	Gambar	Hasil Pengukuran
1 Baterai 18650	 <p style="text-align: center;">Gambar 8. Pengujian Baterai 18650</p>	4,4 VDC

4 Baterai 18650 seri	 <p data-bbox="663 546 1023 571">Gambar 9. Pengujian Baterai 18650 seri</p>	16,16 VDC
Stepdown LM2596	 <p data-bbox="663 927 1023 981">Gambar 10. Pengujian Output Tegangan Stepdown LM2596</p>	4,93 VDC
ESP32-Cam	 <p data-bbox="663 1337 1023 1391">Gambar 11. Pengujian Input Tegangan ESP32-Cam</p>	4,93 VDC

KESIMPULAN

Sistem pengusir hama otomatis berbasis ESP32-CAM dengan algoritma YOLOv8 yang telah dikembangkan menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam mendeteksi burung hama dan merespons secara otomatis dengan menggerakkan servo serta mengaktifkan buzzer untuk pengusiran. Dengan akurasi deteksi sebesar 89,7% dan True Negative Rate (TNR) 80%, sistem ini mampu mengidentifikasi burung dengan tepat dan membedakannya dari objek lain seperti manusia dan kucing. Uji coba di lapangan menunjukkan bahwa kamera ESP32-CAM efektif mendeteksi burung dalam jarak 50 cm hingga 350 cm, dengan deteksi optimal di sisi depan dan samping burung. Sistem ini meningkatkan efisiensi operasional di bidang pertanian dengan mengurangi kerusakan tanaman, menghemat waktu, dan memudahkan petani melalui monitoring real-time yang akurat. Aplikasi Blynk mendukung kemampuan ini dengan menampilkan jumlah burung yang terdeteksi secara tepat dan memberikan notifikasi yang responsif. Selain itu, penggunaan baterai 18650 dan modul stepdown LM2596 memastikan sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada sumber daya listrik eksternal, menjadikannya solusi yang fleksibel dan handal untuk digunakan di lingkungan pertanian yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ardjansyah, J. Budi Hernowo, and D. Swastiko Priyambodo, "PENGARUH SERANGAN BURUNG BONDOL TERHADAP KERUSAKAN TANAMAN PADI DI BOGOR (The Influences of Bondol Attack Against Paddy Damage in Bogor)," 2017.
- [2] A. Kahfiani, "(ref 8) Jaring sebagai Cara Jitu Kendalikan Hama Burung Pipit," 2023.
- [3] A. Taufiqurrahman Akbar, A. Latief Arda, and I. Taufiq, "ALAT PENGUSIR BURUNG PADA TANAMAN PADI BERBASIS IoT," vol. 8, no. 2, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>
- [4] I. Putu, S. Yoga, G. Sukadarmika, R. S. Hartati, and Y. Divayana, "Pendeteksi Jumlah Orang pada Sistem Bangunan Pintar Menggunakan Algoritma You Only Look Once," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 1, 2023, doi: 10.24843/MITE.
- [5] R. Jalaludin and D. Laksmiati, "Perancangan Sistem Kendali Irigasi Otomatis dan Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Sensor PIR," *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 122–134, Sep. 2023, doi: 10.38043/telsinas.v6i2.4565.
- [6] Indobot Academy, "Mengenal Arsitektur Internet of Things," Indobot Academy. Accessed: Jun. 23, 2024. [Online]. Available: https://blog.indobot.co.id/mengenal-arsitektur-internet-of-things/#Arsitektur_Layer_Internet_of_Things
- [7] E. A. Prastyo, "Pengertian dan Prinsip Kerja Motor Servo," *Arduino Indonesia*. Accessed: Aug. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.arduinoindonesia.id/2022/10/pengertian-dan-prinsip-kerja-motor-servo.html>