



Design of an Intelligent Internet of Things System for Automatic Locust Detection and Repellent

Perancangan Sistem Cerdas Internet of Things Pendeteksi dan Pengusir Hama Belalang Otomatis

Reynaldi Thimotius Abineno^{1*}, Elfis Uumbu Katongu Retang², Arto Ngguli Hunga³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba, Indonesia

²Program Studi Agribisnis, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba, Indonesia

E-Mail: ¹reynaldi@unkriswina.ac.id, ²elfis@unkriswina.ac.id, ³artohunga@gmail.com

Received Nov 15th 2025; Revised Jan 01st 2026; Accepted Jan 25th 2026; Available Online Jan 31th 2026

Corresponding Author: Reynaldi Thimotius Abineno

Copyright ©2026 by Authors, Published by Institut Riset dan Publikasi Indonesia (IRPI)

Abstract

The Food Security Problem is a serious issue affecting all regions of Indonesia. Problems such as climate change and pests reduce rice productivity, leading to higher prices and even scarcity. East Sumba is one of the regions affected by the Kumbara locust pest, which was declared an extraordinary event in 2020 and escalated in scale until 2023. This resulted in a loss for the community, especially rice farmers. This is seen from the average rice productivity from 2018 to 2023, only 3.58 tons/hectares. In addition, locust pests will always be present, even in unworrying amounts. Therefore, Internet of Things (IoT) intelligent systems must be built with Python-based intelligent systems to detect visual content using YOLO algorithms and audio using TensorFlow. C language is used to program ESP32 microcontrollers connected to relays aimed at regulating the entry of electric current to generate ultrasonic frequencies capable of detecting and repelling locust pests automatically using ultrasonic waves at a frequency of 30-40 kHz so that pest attacks on rice food crops can be minimized and increase crop yields. The results of this study showed that the system is running well, where the optimum frequency used to repel locust pests ranges from 30-40 kHz, with the most ideal distance below 200 cm. It is expected that this study is able to provide benefits in addressing the attack of locust pests so that it can affect the increasing crop yields.

Keyword: ESP32, Internet of Things, Paddy, Pest, Ultrasonic Waves

Abstrak

Masalah Ketahanan Pangan saat ini cukup menjadi masalah serius yang dialami seluruh wilayah di Indonesia. Permasalahan seperti perubahan iklim dan hama mengakibatkan turunnya produktivitas padi sehingga terjadinya kelangkaan beras. Sumba Timur menjadi salah satu wilayah yang pernah terdampak masalah hama belalang kumbara hingga ditetapkan sebagai kejadian luar biasa pada tahun 2020 dan meningkat ke skala yang lebih besar hingga tahun 2023. Hal tersebut mengakibatkan Kerugian yang dialami oleh masyarakat khususnya petani padi. Hal ini terlihat dari rata-rata produktivitas padi dari tahun 2018 hingga 2023 hanya 3,58 ton/hektar. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan sistem cerdas *Internet of Things* (IoT) yang dibangun dengan Sistem cerdas yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman python untuk mendeteksi visual menggunakan algoritma YOLO dan deteksi audio menggunakan *TensorFlow*. Bahasa C digunakan untuk memprogram mikrokontroler ESP32 yang terhubung pada relay yang bertujuan untuk mengatur masuk keluarnya arus listrik untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik yang mampu mendeteksi dan mengusir hama belalang secara otomatis menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi 30-40 kHz sehingga serangan hama pada tanaman pangan padi dapat dimitigasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik, dimana frekuensi optimal yang digunakan untuk mengusir hama belalang berkisar pada frekuensi 30-40 kHz dengan jarak paling ideal dibawah 200 cm.

Kata Kunci: ESP32, Gelombang Ultrasonik, Hama, *Internet of Things*, Padi

1. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan adalah program yang disosialisasikan pemerintah sebagai upaya menanggulangi permasalahan terkait pangan. Isi UU No. 18/2012 tentang pangan menyebutkan ketahanan pangan adalah



suatu kondisi dimana terpenuhinya pangan bagi negara hingga perseorangan yang mencerminkan tersedianya pangan yang cukup [1]. Dari undang-undang tersebut dapat dilihat bahwa Ketahanan pangan adalah program yang disosialisasikan pemerintah sebagai upaya menanggulangi permasalahan terkait pangan. Isi UU No. 18/2012 tentang pangan menyebutkan ketahanan pangan adalah suatu kondisi dimana terpenuhinya pangan bagi negara hingga perseorangan yang mencerminkan tersedianya pangan yang cukup [1]. Dari undang-undang tersebut dapat disimpulkan bahwa ketahanan pangan merupakan program yang sangat penting untuk direalisasikan. Salah satu komoditas utama dalam ketahanan pangan yaitu beras. Beras merupakan hasil olahan padi yang menjadi makanan pokok dan utama dalam memenuhi energi tubuh juga kebutuhan gizi bagi seluruh masyarakat Indonesia. Padi menjadi salah satu tanaman pangan terpenting di dunia, tetapi belakangan ini muncul berbagai permasalahan yang mengakibatkan turunnya produktivitas padi sehingga terjadinya kelangkaan beras hingga naiknya harga beras, kurangnya produksi beras sampai pada kelangkaan disebabkan oleh beberapa masalah seperti perubahan iklim dan hama [2].

Padi (*Oryza sativa L*) merupakan salah satu tanaman pangan paling banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia. Mayoritas penduduk Indonesia mengonsumsi bahan olahan padi yaitu beras sebagai makanan pokok. Jumlah produksi padi nasional mencapai 53.980.993,19 ton pada tahun 2023 dan mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2022 yang mencapai 54.748.997,00 ton. Produksi padi nasional juga mengalami penurunan di tahun 2024 dengan total produksi 53.124.726,65 [3].

Pemerintah Kabupaten Sumba Timur berupaya menjadikan Sumba Timur sebagai lumbung pangan dengan memaksimalkan produktivitas lahan kering khususnya untuk komoditas padi [4], namun hal tersebut terkendala dengan perubahan iklim yang mengakibatkan curah hujan yang tak menentu. Perubahan iklim juga sangat berpengaruh pada munculnya hama. Salah satu hama yang peka terhadap perubahan iklim adalah belalang kembara (*locusta migratoria manilensis*), bahkan ada studi yang mengatakan bahwa salah satu ciri tahun belalang adalah kekeringan [5].

Serangan hama belalang kembara (*locusta migratoria manilensis*) ditetapkan Pemerintah Kabupaten Sumba Timur sebagai kejadian luar biasa pada tahun 2020, fenomena ini meningkat dalam skala besar hingga tahun 2023 hingga mengakibatkan kerugian finansial bahkan serta kerusakan lahan pertanian termasuk sawah masyarakat [6], tercatat rata-rata produktivitas padi pada periode 2018 hingga 2023 hanya 3,58 ton/hektar [7]. Saat ini pengendalian populasi belalang berhasil dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Sumba Timur tetapi pengaruh perubahan iklim memungkinkan hama belalang dalam skala besar bisa kembali terjadi karena secara normal hama belalang akan selalu ada walaupun dalam jumlah yang tidak mengkhawatirkan [5]. Kehadiran hama belalang merugikan petani secara finansial karena menurunnya produktivitas hasil panen.

Pembuatan *prototype* sistem cerdas IoT pendeteksi dan pengusiran hama belalang akan menjadi salah satu solusi untuk membantu petani dalam menangani masalah terkait serangan hama belalang yang sulit diprediksi karena faktor perubahan iklim secara extreme yang terjadi di Kabupaten Sumba Timur. Sistem yang dibangun akan mendeteksi hama belalang melalui visual dengan algoritma *YOLO* dan deteksi audio menggunakan *TensorFlow*. jika hama belalang berada pada radius tertentu maka sistem secara otomatis mengeluarkan frekuensi ultrasonik berkisar 30-40 kHz yang dipancarkan melalui tweeter. Sehingga berdasarkan hal tersebut area lahan sawah dapat terjaga dari serangan hama belalang dan dapat membantu meningkatkan produktivitas hasil panen tanaman pangan padi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

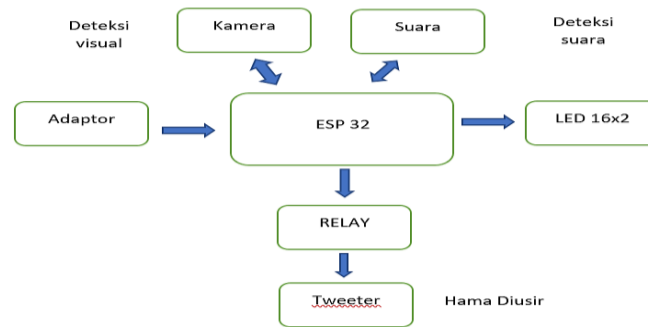
Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang terstruktur dan sistematis. Pendekatan yang digunakan mencakup proses pengumpulan data, perancangan alat dan sistem, serta analisis hasil percobaan. Setiap proses dirancang dengan tujuan agar sistem cerdas yang dibangun dapat bekerja secara baik dan dapat digunakan secara *real-time* dengan koneksi internet. Metodologinya dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1. Pengumpulan Data

Pada tahapan awal penelitian pengumpulan data dilakukan untuk mencari informasi, mencari referensi, dan mengidentifikasi permasalahan yang ada di lingkungan penelitian. Tahapan ini melalui proses wawancara dengan 10 petani dan pemilik sawah sekaligus melakukan observasi pada sawah. Hasil dari wawancara menyimpulkan bahwa para petani mengalami kerugian besar pada tahun 2022 dan Hasil observasi di lapangan juga menunjukkan bahwa belalang tetap ada sepanjang musim walupun dalam jumlah yang tidak mengkhawatirkan.

2.2. Perancangan Sistem

Setelah proses pengumpulan data dilakukan, tahapan berikutnya adalah melakukan perancangan alat dan sistem, Sistem cerdas yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman python untuk mendeteksi visual menggunakan algoritma *YOLO* dan deteksi audio menggunakan *TensorFlow*. Bahasa C digunakan untuk memprogram mikrokontroler ESP32 yang terhubung pada relay yang bertujuan untuk mengatur masuk keluarnya arus listrik untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik. Arsitektur *YOLO* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Design Diagram Blok



Gambar 4. Gambaran Umum Alat

2.6. Literature Review

Ada beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi berkaitan dengan sistem cerdas pengusiran hama. Penelitian yang dilakukan oleh Amirul Haq Al Rasyid dan Ayusta Lukita Wardani. Penelitian ini dikembangkan menggunakan teknologi LoRa sehingga alat ini dapat digunakan dibangun dan dapat bekerja secara efektif untuk mengusir hama pada lahan sawah yang tidak memiliki akses internet yang memadai [8]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Syauqi, *et al.* Penelitian ini dikembangkan dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dengan dua sensor yaitu Sensor Cahara/LDR dan Sensor Ultrasonik. Alat ini dibangun untuk mengusir hama tikus dan wereng [9]. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Santi Aji Dewa Maya, *et al.* Penelitian ini dilengkapi dengan pendeteksi suara tikus menggunakan VR3 (*voice recognition module*). Perangkat ini berfungsi mengusir hama tikus pada malam hari dan hama belalang menggunakan gelombang ultrasonik secara terus menerus [10]. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Praseptiawan, *et al.* Hasil dari penelitian ini, dapat melakukan monitoring dan kontroling lahan hingga pengusiran hama kemudian mengirimkan informasi kepada petani secara *real time* [11].

Penelitian lain yang relevan juga sudah pernah dilakukan oleh [12] [13] bertujuan untuk mendeteksi dan mengusir hama belalang dan tikus dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Hasil dari penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi gelombang di atas 40 kHz mampu mengusir hama dengan efektif, namun adapun rekomendasi bahwa sebaiknya pendeteksian menggunakan metode yang lebih baik. Berdasarkan gap dari berbagai penelitian di atas, penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem cerdas IoT yang dikembangkan dengan bahasa pemrograman phyton untuk mendeteksi visual menggunakan algoritma YOLO dan deteksi audio menggunakan *TensorFlow*. Bahasa C digunakan untuk memprogram mikrokontroler ESP32 yang terhubung pada relay yang bertujuan untuk mengatur masuk keluarnya arus listrik untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik yang mampu mendeteksi dan mengusir hama belalang secara otomatis menggunakan gelombang ultrasonik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

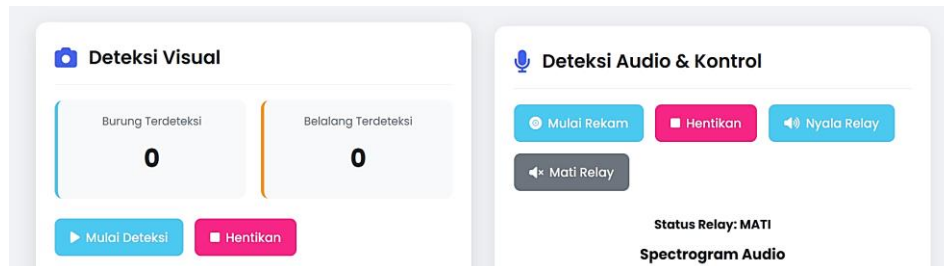
Hasil dari penerapan sistem cerdas IoT pendeteksi dan pengusir hama belalang otomatis di Sumba Timur yang telah dibangun dan diuji. Pengujian fungsionalitas dilakukan terhadap tampilan LCD, pengujian deteksi suara dan visual, hingga pengujian pengusiran hama belalang dimana hasil deteksi juga akan dikirim secara *real-time* ke *dashboard web*.

3.1. Hasil Implementasi

Hasil pengujian yang sudah dilakukan adalah hasil pengujian tampilan pada LCD dan aplikasi, pengujian sensor suara dan kamera. Hasil pengujian tampilan terdiri dari tampilan ketika ada suara belalang terdeteksi, tampilan ketika ada objek terdeteksi, dan tampilan ketika relay aktif dan mengaktifkan suara ultrasonik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 adalah tampilan dari web yang akan digunakan untuk melakukan pendeteksi visual dan audio. Pada web tersebut juga akan mencatat banyaknya objek yang terdeteksi. Gambar 6 adalah tampilan LCD pada alat ketika ada suara belalang yang terdeteksi dalam radius tertentu sehingga secara otomatis alat

akan mengeluarkan frekuensi ultrasonik untuk mengusir objek. Gambar 7 adalah tampilan LCD pada alat yang menampilkan banyaknya objek yang mampu terdeteksi secara visual. Ketika ada objek yang terdeteksi maka secara otomatis alat akan mengeluarkan frekuensi ultrasonik untuk mengusir objek. Gambar 8 adalah tampilan LCD pada alat ketika relay yang digunakan untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik untuk mengusir objek.



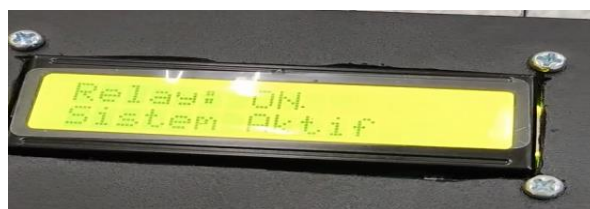
Gambar 5. Tampilan Web



Gambar 6. Tampilan LCD Suara Belalang Terdeteksi



Gambar 7. Tampilan LCD objek belalang terdeteksi



Gambar 8. Tampilan LCD Relay aktif untuk membangkitkan suara ultrasonik

3.2. Pengujian Pendeteksi Suara dan Visual

Tujuan dari dilakukannya pengujian ini agar mengetahui kemampuan dari sistem untuk mendeteksi belalang. Skenario pada pengujian ini dengan menempatkan belalang pada jarak 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, 250 cm, dan 300 cm. Keberhasilan dari hasil pengujian akan mengindikasikan bahwa alat mampu membaca jarak belalang. Hasil pengujian pendeteksi suara pada belalang ditunjukkan pada Tabel 1.

Table 1. Pengujian Deteksi Suara Pada Belalang

No	Jarak (cm)	Hasil Deteksi
1	50	Berhasil
2	100	Berhasil
3	150	Berhasil
4	200	Berhasil
5	250	Berhasil
6	300	Berhasil

Table 2. Pengujian Deteksi Visual Pada Belalang

No	Jarak (cm)	Jumlah Objek	Berhasil	Gagal
1	50	4	4	0
2	100	4	4	0
3	150	4	3	1
4	200	4	3	1
5	250	4	2	2
6	300	4	1	3

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi hama belalang dengan baik meskipun pada deteksi visual terdapat beberapa kali kegagalan yang diakibatkan oleh belalang yang bereaksi dan keluar dari frame kamera dan jarak yang sudah tidak ideal.

3.3. Pengujian Hasil Pengusiran

Tujuan dari dilakukannya pengujian ini agar mengetahui kemampuan dari sistem untuk melakukan pengusiran terhadap belalang. Skenario pada pengujian ini dengan menempatkan belalang pada jarak 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200. Kemudian akan diuji dengan frekuensi 10 kHz, 30 kHz, 40 Khz. Keberhasilan dari hasil pengujian akan mengindikasikan bahwa alat mampu mengusir belalang. Hasil pengujian pengusiran belalang ditunjukkan pada Tabel 3-5.

Table 3. Pengujian Pengusiran Dengan Frekuensi Pada Belalang (10 kHz)

	Jarak (cm)	Jumlah Objek	Diam	Bereaksi
1	50	4	4	0
2	100	4	4	0
3	150	4	3	1
4	200	4	4	0

Table 4. Pengujian Pengusiran Dengan Frekuensi Pada Belalang (30 kHz)

	Jarak (cm)	Jumlah Objek	Diam	Bereaksi
1	50	4	0	4
2	100	4	1	3
3	150	4	2	2
4	200	4	3	1

Table 5. Pengujian Pengusiran Dengan Frekuensi Pada Belalang (40 kHz)

	Jarak (cm)	Jumlah Objek	Diam	Bereaksi
1	50	4	0	4
2	100	4	0	4
3	150	4	2	2
4	200	4	2	2

Berdasarkan hasil pengujian, tingkat keberhasilan alat dan sistem dalam melakukan pengusiran pada objek akan mengalami penurunan ketika bertambahnya jarak. Jarak 50-100 cm, terlihat lebih banyak objek yang bereaksi, khususnya pada frekuensi 30 kHz-40 kHz. Percobaan pada jarak 150-200 cm, reaksi dari belalang mulai berkurang, walaupun terlihat ada beberapa objek yang masih bereaksi.

3.4. Analisis

Hasil penerapan dan pengujian menunjukkan pada penelitian ini *prototype* sistem cerdas IoT pendeteksi dan pengusiran hama belalang yang dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan algoritma *YOLO* untuk deteksi visual dan *TensorFlow* untuk deteksi audio mampu bekerja dengan sangat baik. Penggunaan algoritma *YOLO* untuk mendeteksi objek visual dan audio lebih baik dibandingkan dengan penggunaan sensor HC-SR04, sensor HC-SR04 hanya mampu mendeteksi objek pada jarak maksimal 250 cm [12][25]. Selain itu hasil pengujian juga sejalan dengan hasil dari penelitian [12] [13][25] bahwa penggunaan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz mampu memberikan dampak pada belalang pada jarak ideal kurang dari 300 cm. Jika dievaluasi, Penelitian ini memiliki kelemahan dibandingkan penelitian [8] yang sudah menggunakan LoRa sehingga bisa digunakan secara efektif pada area yang sulit terjangkau internet dan belum menggunakan energi alternatif *Solar Cell* seperti pada penelitian [9].

Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi para petani untuk mengembangkan *smart farming* yang ramah lingkungan dibandingkan penggunaan pestisida yang tidak efektif dalam memitigasi serangan hama belalang dan menimbulkan kerugian finansial sesuai dengan hasil wawancara yang telah dilakukan pada penelitian ini. Implikasi akademik dari penelitian ini adalah memperluas penerapan

penggunaan IoT dan *deep learning* untuk mendeteksi hama yang pada penelitian sebelumnya lebih berfokus pada penggunaan sensor.

Untuk pengembangan, penelitian ini dapat menggunakan sampel yang lebih besar, diuji pada lingkungan pertanian, menggunakan LoRa agar efektif digunakan pada lingkungan yang belum terjangkau internet, dan memiliki alternatif energi mandiri seperti *solar cell*. Secara menyeluruh temuan pada penelitian ini berkontribusi secara akademiki pada bidang IoT dan pertanian juga memiliki nilai terapan yang bisa dikembangkan untuk kemajuan lingkungan pertanian khususnya di Sumba Timur.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan, implementasi rancangan dan implementasi *prototype* sistem cerdas IoT pendeteksi dan pengusiran hama belalang menggunakan bahasa pemrograman python untuk mendeteksi visual menggunakan algoritma *YOLO* dan deteksi audio menggunakan *TensorFlow* berjalan dengan baik, selain itu Bahasa C digunakan untuk memprogram mikrokontroler ESP32 yang terhubung pada relay yang bertujuan untuk mengatur masuk keluarnya arus listrik untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik juga telah berfungsi dengan baik. Frekuensi optimal yang digunakan untuk mengusir hama belalang berkisar pada frekuensi 30-40 kHz dengan jarak paling ideal dibawah 200 cm, selain itu pada penelitian ini sistem sudah mampu mendeteksi suara hingga rentang 300 cm dan mampu mendeteksi visual hingga menghitung banyaknya objek hama dengan sangat baik. Pada penelitian berikut diharapkan untuk bisa meningkatkan efektivitas pengusiran hama dengan menggunakan frekuensi diatas 40 Khz. Kelemahan pada penelitian ini adalah pada penelitian ini sampel yang digunakan masih terlalu kecil dan masih menggunakan sumber listrik.

REFERENSI

- [1] A. Zahira, R. A. Andayani, D. A. Anggraeni, M. R. Radiansyah, and D. N. Hakiki, "Chemical characteristics of meat analog from sorghum, oyster mushroom, and red bean," in *Proceeding International Seminar of Science and Technology*, 2024.
- [2] Moeldoko, "The Innovation of Indonesia's Resource Empowerment Program to Accelerate the National Capacity in Facing Global Challenges," *Jurnal Dinamika Manajemen*, vol. 13, no. 2, pp. 282–293, Okt. 2022.
- [3] M. R. F. Daulay, N. E. Sari, L. Pratiwi, K. Nasution, M. A. Kautsar, P. N. Syukri, and M. F. G. Matondang, "Pemetaan Curah Hujan untuk Tanaman Padi di Kabupaten Serdang Bedagai," *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, vol. 12, no. 2, 2025.
- [4] Kantor Staf Presiden/Sekretariat Kabinet, "Presiden Terus Dorong Pengembangan Lumbung Pangan Di Sejumlah Wilayah Indonesia," www.presidentri.go.id, Okt. 4, 2022. Tersedia: www.presidentri.go.id/siaran-pers/president-terus-dorong-pengembangan-lumbung-pangan-disejumlah-wilayah-indonesia. [Diakses: Apr. 9, 2025].
- [5] Y. Koesmaryono and F. T. Hana, "Analisis Hubungan Tingkat Serangan Hama Belalang Kembara (Locusta Migratoria Manilensis Meyen) Dengan Curah Hujan (Analysis on Infestation of Locusta Migratoria Manilensis Meyen Based on Rainfall Data)," *Agromet*, vol. 19, no. 2, pp. 13–23, 2005.
- [6] F. Ranggalodu, "Hama Belalang Kembara (Locusta Migratoria Manilensis) Di Kabupaten Sumba Timur-NTT: Peran Teologi Sosial dalam Mengurai Benang Kusut Relasi Manusia di Tengah Keutuhan Ciptaan," *CONSCIENTIA: Jurnal Teologi Kristen*, vol. 3, no. 1, 2024. doi: 10.60157/conscientia.v3i1.44.
- [7] BPS Provinsi NTT. (2016). *Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur* [Online]. Tersedia: <https://ntt.bps.go.id/>.
- [8] A. L. Wardani and Amirul Haq Al Rasyid, "Rancang Bangun Pengusir Hama Burung dan Belalang Pada Padi Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Lora," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 11, no. 3, pp. 219–224, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.33795/elposys.v11i3.6347>.
- [9] Achmad Syauqi, et al. *Prototipe Pengusir Hama Tanaman Padi Berbasis Arduino Uno Dengan Energi Alternatif Solar Cell*. Vol. 2, no. 2, 6 Jan. 2021. Accessed 15 Dec. 2025.
- [10] S. A. D. Maya, M. Jasa'afroni, and O. Melfazen, "Pengendali Hama Tikus dan Belalang Menggunakan Gelombang Ultrasonik Bertenaga Surya Berbasis IoT," *Science Electro*, vol. 14, no. 1, 2022.
- [11] M. Praseptiawan, M. C. Untoro, L. V. Millennium, and M. Affandi, "Sistem Informasi Monitoring Lahan Pertanian dan Pengusiran Hama Berbasis Internet of Thing," *ILKOMNIKA*, vol. 4, no. 2, pp. 162–170, 2022.
- [12] E. E. Andika, S. Sumaryo, dan H. Susanti, "Implementasi Gelombang Ultrasonik Untuk Mendeteksi Dan Mengusir Hama Belalang," *eProceedings of Engineering*, vol. 11, no. 4, hlm. 2475-2482, 2024.
- [13] A. A. Mujab, M. Rosmiati, dan M. I. Sari, "Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Menggunakan Gelombang Ultrasonik," *eProceedings of Applied Science*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [14] T. R. Agust, A. Aminudin, and A. Setiawan, "Sistem cerdas pengusik burung pipit sebagai hama padi menggunakan passive infrared dan pembangkit ultrasonik," in *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, vol. 1, no. 1, pp. 429–435, 2019.

- [15] N. Ucik and R. Z. Abidin, "Pencegahan Hama Pada Tanaman Padi Menggunakan Internet Of Things (Iot) Menggunakan Riddex Ultrasonic," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 5, pp. 10240–10247, 2024.
- [16] B. D. A. Nugroho, A. C. Nur, R. Maftukhah, F. Suryandika, U. Hapsari, and et al., "Pengenalan Metode Tanam SRI (System Rice of Intensification) dengan Teknologi untuk Peningkatan Produktifitas dan Ramah Lingkungan," *Jurnal pengabdian dan pengembangan masyarakat*, vol. 3, no. 2, pp. 493–493, Apr. 2021.
- [17] T. Qureshi, M. Saeed, K. Ahsan, A. A. Malik, E. S. Muhammad, and N. Touheed, "Smart Agriculture for Sustainable Food Security Using Internet of Things (IoT)," *Wireless Communications and Mobile Computing*, pp. 1–10, Mei 2022.
- [18] R. Prakash and G. Singh, "Green Internet Of Things (G-Iot) For Sustainable Environment," *EPRA international journal of multidisciplinary research*, pp. 238–241, Mei 2023.
- [19] M. Azhar, I. Santoso, and Y. A. S. Alvin Adi Soetrisno, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dan Algoritma Yolo Dalam Sistem Pendeteksi Uang Kertas Rupiah Bagi Penyandang Low Vision," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 502-509, Sep. 2021, doi: 10.14710/transient.v10i3.502-509.
- [20] N. K. Aryani, O. Penangsang, R. S. Wibowo, A. Soeprijanto, and D. F. U. Putra, "Automasi Pengusiran Hama melalui Aplikasi Smart Farming untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian di Desa Krogowanan, Magelang," *Sewagati*, vol. 9, no. 5, pp. 1091-1100, 2025.
- [21] H. Effendi and R. M. Saryadi, "Perancangan Sistem Deteksi Dan Pengenalan Perintah Suara Menggunakan Modul Esp 32 Dengan Metode Convolutional Neural Network (Cnn)," *SAINSTECH: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, vol. 33, no. 4, 2023.
- [22] D. I. Mulyana and R. F. Putra, "Optimasi deteksi objek dengan segmentasi dan data augmentasi pada hewan siput beracun menggunakan algoritma YOLO," *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, vol. 8, no. 1, 2024.
- [23] H. Herdianto, H. Hafni, D. Nasution, and S. Ramadhan, "Implementasi metode YOLO pada deteksi objek manusia," *METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, vol. 8, no. 2, pp. 234-240, 2024.
- [24] I. H. Al Amin and F. H. Arby, "Implementation of yolo-v5 for a real time social distancing detection," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 6, no. 1, pp. 01-06, 2022.
- [25] F. M. R. Fawwaz, R. Fadhlurrahman, N. E. Putri, R. Akmalano, G. A. Artanto, and R. Hidayat, "Radar Wing Defender (RWD): Sistem untuk membantu para petani dalam mendeteksi dan mengusir hama burung," *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 17-22, 2025.