# RANCANG BANGUN ALAT PENGUSIR HAMA BURUNG PEMAKAN BULIR PADI PADA PERSAWAHAN BERBASIS TEKNOLOGI GELOMBANG ULTRASONIK DAN REPEODUKSI SUARA PREDATOR

Engelita Kombong[1],Mustamin[2], Sutarsi Suhaeb[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar
[1]engelitakombong@gmail.com,[2]mustamin@unm.ac.id,
[3]sutarsi.suhaeb@unm.ac.id

## *ABSTRACT*

*Bird attacks on rice grains are a challenge in rice cultivation, particularly because control methods are generally carried out manually and require direct supervision by farmers. This study aims to develop and evaluate a bird-repellent device combining ultrasonic waves and reproduced predator sounds. The study employed a design-and-development method with an experimental approach through the design, assembly, and testing of a prototype based on an ESP32 microcontroller, Passive Infrared (PIR) sensors, a DFPlayer Mini module, and a solar power system. Data were collected through functional testing, observation of bird responses at varying distances, and usability assessment. The results showed a functional test success rate of 100%, a usability score of 67.36% categorized as feasible to use, and an average repelling effectiveness of 58.89% during the tests, increasing to 100% on the third day after system improvements. In those tests, the effective distance reached 4–8 meters, with bird response times of 15–59 seconds. The study concludes that integrating ultrasonic waves and predator sounds has the potential to support an automated bird-control solution for sustainable agriculture.*

*Keywords: Birds Pests, Ultrasonic Waves,Predator Sounds,ESP32,PIR sensor,Solar Power.*

## ABSTRAK

Serangan burung pemakan bulir padi menjadi salah satu kendala dalam budidaya padi, terutama karena upaya pengendaliannya masih umumnya dilakukan secara manual dan memerlukan pengawasan langsung dari petani. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta menguji kinerja alat pengusir burung yang memadukan teknologi gelombang ultrasonik dengan pemutaran suara predator. Penelitian menggunakan metode rancang bangun dengan pendekatan eksperimental melalui perancangan, perakitan, dan pengujian prototipe berbasis mikrokontroler ESP32, sensor Passive Infrared (PIR), modul DFPlayer Mini, serta sistem tenaga surya. Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian fungsional, pengamatan respons burung pada variasi jarak, dan penilaian usability. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan pengujian fungsional sebesar 100%, nilai usability 67,36% dengan

kategori layak digunakan, serta efektivitas pengusiran rata-rata 58,89% selama pengujian, yang meningkat menjadi 100% pada pengujian hari ketiga setelah perbaikan sistem. Pada pengujian tersebut, jarak efektif mencapai 4–8 meter dengan waktu respons burung 15–59 detik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi gelombang ultrasonik dan suara predator berpotensi menjadi solusi pengendalian hama burung otomatis yang mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: Hama Burung, Gelombang Ultrasonik, Suara Predator, ESP32,Sensor PIR, PLTS.

## A. Pendahuluan

Tanaman padi merupakan komoditas penting bagi ketahanan pangan Indonesia. Namun, produktivitasnya terancam oleh serangan burung pemakan bulir padi yang dapat mengurangi hasil panen dan menimbulkan kerugian ekonomi, terutama pada fase pengisian bulir menjelang panen Afif et al., (2023);

Hama burung dapat diperkirakan bisa memakan padi rata-rata 4 sampai 5 kg per hari. Hama burung ini dapat menyerang tanaman pada saat berumur 70-80 hari atau pada saat tanaman padi mulai dalam proses mengisi bulir padi Studi et al., )2023).

Pengendalian terus dilakuakan secara konvensional oleh para petani, seperti orang-orangan sawah, kaleng bersuara, dan penjagaan langsung, masih membutuhkan keterlibatan petani sehingga kurang praktis untuk dilakukan secara terus-menerus.

Perkembangan teknologi elektronika memungkinkan pengembangan alat pengusir burung secara otomatis. Pola gelombang ultrasonik pada frekuensi juga dapat mempengaruhi efektivitas pengusira Belakang et al., (2020). sedangkan reproduksi suara predator dapat menjadi stimulus untuk mendorong burung menjauhi persawahan.

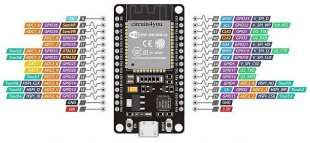
Penelitian oleh Kelvin B (2021) terdahulu mengembangkan alat pengusir burung pipit menggunakan motor servo untuk menggerakkan tali pengusir. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini menggabungkan gelombang ultrasonik dan reproduksi suara predator melalui sistem berbasis deteksi gerakan. Alat yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, enam sensor *Passive Infrared* (PIR), modul *DFPlayer* Mini, amplifier, dan speaker untuk menghasilkan suara predator

serta gelombang ultrasonik. Sistem dirancang untuk mengaktifkan keluaran pengusiran secara otomatis ketika mendeteksi gerakan burung.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat pengusir hama burung pemakan bulir padi serta mengevaluasi kinerjanya melalui pengujian prototipe di persawahan. Pengujian meliputi fungsi komponen, respons burung pada variasi jarak, dan penilaian *usability* oleh pengguna. Hasilnya digunakan untuk mengetahui keberhasilan fungsi sistem, penerimaan pengguna, dan efektivitas pengusiran sebagai alternatif pengendalian hama burung secara otomatis.

**1. Mikrokontroler ESP32**

ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan pada *system embedded* dan aplikasi *Internet of Things* (IoT). Perangkat ini dilengkapi fitur komunikasi nirkabel *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, serta prosesor *dual-core Xtensa LX6* dengan kecepatan hingga 240 MHz sehingga mampu mengolah data secara cepat dan efisien.



Gambar 1 ESP32

**2. Sensor PIR (*Passive Infrared*)**

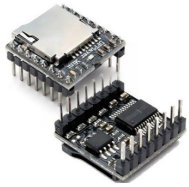
Sensor PIR merupakan komponen elektronik yang mendeteksi keberadaan atau pergerakan makhluk hidup melalui perubahan radiasi inframerah di sekitarnya. Sensor ini bersifat pasif karena hanya menerima radiasi inframerah dari objek tanpa memancarkannya. Modul PIR umumnya menggunakan tegangan DC 5 V dan mampu mendeteksi pergerakan hingga jarak sekitar 5 meter.



Gambar 2 Sensor PIR

***3.*** **Modul *DFPlayer* Mini**

*DFPlayer* Mini merupakan modul pemutar audio digital berukuran kecil yang digunakan pada *system embedded*. Modul ini mampu memutar file audio berformat MP3, WAV, dan WMA dari kartu *microSD*, serta dapat dikendalikan melalui komunikasi serial (UART) atau pin *input/output* sehingga mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32.



Gambar 3 DFPlayer Mini

### *4. Tweeter Speaker Optima OP-65*

*Tweeter* merupakan jenis speaker yang dirancang untuk menghasilkan suara berfrekuensi tinggi. Komponen ini menggunakan bahan piezoelektrik yang mengubah energi listrik menjadi getaran mekanik sehingga menghasilkan gelombang suara dengan nada tinggi.



Gambar 4 Speaker Optima OP-65

### 5. Modul LM2596

*Step down converter* adalah jenis konverter DC–DC yang digunakan menurunkan tegangan listrik dari sumber input menjadi tegangan yang lebih rendah sesuai dengan kebutuhan perangkat yang digunakan. Komponen ini tersedia dalam tegangan keluaran tetap 3,3 V, 5 V, 12 V, maupun versi *output* yang dapat disesuaikan. LM2596 tersedia dalam kemasan 7-pin TO-220 dan 7-pin TO-263 untuk pemasangan permukaan permukaan Utami et al., (2020).



Gambar 5 Modul LM2596

### 6. Amplifier

Amplifier merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi memperkuat sinyal listrik agar mampu menggerakkan speaker dan menghasilkan suara yang lebih jelas. Penguatan dilakukan dengan meningkatkan amplitudo sinyal tanpa mengubah bentuk gelombang aslinya sehingga karakteristik suara yang terkandung dalam sinyal tetap dipertahankan, Sedra & Smith, (2016).



Gambar 6 Amplifier

### 7. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

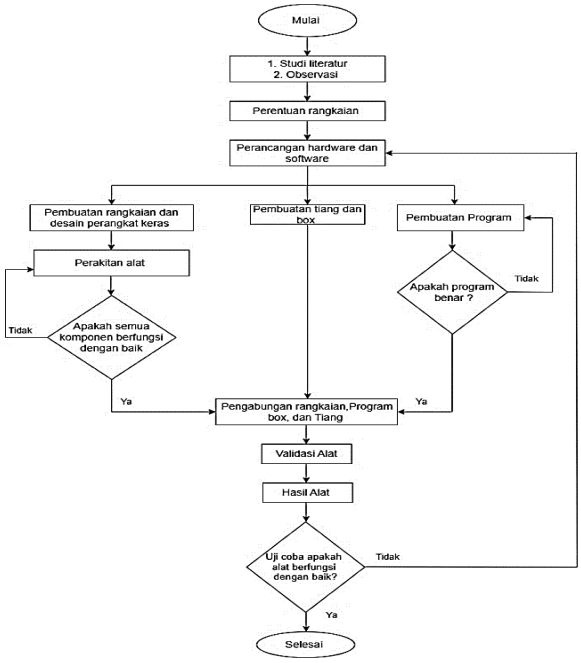
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui teknologi fotovoltaik. Panel surya menghasilkan listrik arus searah (DC) yang dapat diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter jika diperlukan. Komponen utama PLTS meliputi sel surya (*solar cell*), *solar charge controller,* dan baterai sebagai penyimpan energi listrik.

## B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D), yaitu jenis penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk dan menguji tingkat keefektifannya. Metode R&D umumnya digunakan dalam bidang pendidikan maupun pengembangan teknologi untuk menciptakan inovasi yang dapat diimplementasikan.

**1. *Flowchart***

Pada tahapan pertama pembuatan flowchart berfungsi sebagai gambaran alur ataupun proses dari pembuatan alat. *Flowchart* ini memiliki peran penting dalam memvisualkan bagaimana suatu alat akan berfungsi dan memastikan semua tahapan benar. Studi literatur dan juga observasi dilakukan bertujuan untuk mengetahui seperti apa rangkaian yang akan di buat. setelah penentuan rangkaian telah didapatkan selanjutnya masuk ke tahap perancangan alat, perancangan alat terbagi menjadi dua yaitu perancangan rangkaian dan juga perancangan tempat rangkaian.




Gambar 7 Flowchart perakitan alat

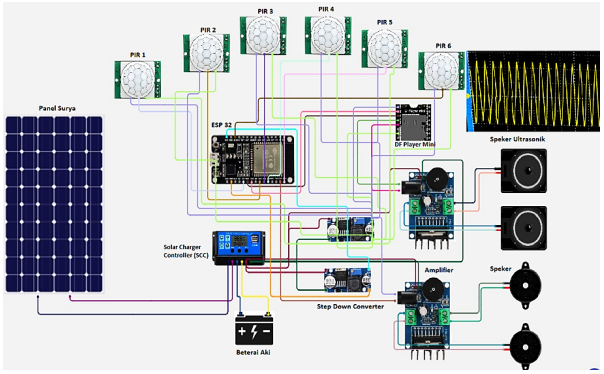
**1. Desain**

Pada tahapan ini, posisi dan susunan seluruh komponen ditetapkan melalui desain jalur serta model rancangan alat. Tahap ini harus mengacu pada spesifikasi sistem yang telah dianalisis sebelumnya, sekaligus memastikan bahwa rancangan mampu berfungsi secara optimal. Setiap komponen memiliki peran tersendiri namun terhubung satu sama lain sehingga membentuk sistem perangkat yang menyeluruh.



Gambar 8 Desain awal 3D alat

Selanjutnya adalah Perancangan skematik rangkaian menggambarkan hubungan antar komponen dengan ESP32 sebagai pusat pengendali yang terhubung ke enam sensor PIR untuk mendeteksi gerakan burung serta modul *DFPlayer Mini* dan speaker sebagai keluaran. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, sinyal dikirim ke ESP32 untuk diproses, kemudian ESP32 memerintahkan *DFPlayer Mini* melalui komunikasi serial TX dan RX untuk memutar audio predator dari kartu *microSD*. Suara tersebut diperkuat oleh amplifier sebelum dikeluarkan melalui speaker *tweeter* untuk mengusir hama burung.




Gambar 9 Rangkaian Skematik

## C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 1. Hasil Realisasi Sistem

Sistem alat pengusir hama burung pemakan bulir pada persawahan dengan teknologi gelombang ultrasonik dan reproduksi suara predator berhasil direalisasikan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. menunjukkan bahwa alat pengusir hama burung yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, enam sensor *Passive Infrared* (PIR), modul *DFPlayer* Mini, amplifier, speaker, serta sistem tenaga surya dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Pengukuran keluaran tweeter Optima OP-65 menggunakan osiloskop menunjukkan frekuensi sebesar 20,01 kHz pada speaker pertama dan 20,05 kHz pada speaker kedua. Hasil tersebut berada sedikit di atas ambang frekuensi ultrasonik, yaitu 20 kHz.



Gambar 10 Realisasi alat

## 2. Uji Coba Komponen

**Tabel 1 Hasil Pengukuran Komponen**

| Jenis Pengujian | Arus | Daya | Kriteria Pengujian | Hasil Pengujian |
|---|---|---|---|---|
| Panel Surya | 4,84 A | 60 W | 12 V | 12.4V |
| Sensor Pir | 65 µA | 0,0003 W | 3.3 V – 5 V | 4.5 V |
| Baterai Aki | 12 Ah | 51 W | 12 V | 12.1 V |
| ESP 32 | 100 mA | 0,38–0,43 W | 5 V | 4.8 V |
| SCC | 20 mA | 0,25 W | 12 V | 12.3 V |
| Tranduser Ultrasonik | 250 mA | 1,38 W | 5 V – 12 V | 5.5 V |
| Step down 1 | - | - | 5 V | 4.9 V |
| Step down 2 | - | - | 5 V | 4.9 V |
| DFPlayer Mini | 50 mA | 0,21 W | 3.2 V – 5 V | 4.2 V |
| Amplifier | 1 A | 5,00 W | 2.5 V- 5.5 V | 5 V |

Pengujian tegangan pada setiap komponen yang ditampilkan pada tabel, dapat diketahui bahwa seluruh bagian sistem telah menerima tegangan kerja yang masih berada dalam batas aman sesuai dengan spesifikasi masing-masing perangkat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem catu daya yang dirancang mampu bekerja dengan baik dalam mendistribusikan tegangan ke seluruh.

Sensor PIR bekerja pada tegangan 4,5 V, ESP32 sebesar 4,8 V, modul step-down sebesar 4,9 V, *DFPlayer* Mini sebesar 4,2 V, dan amplifier sebesar 5 V. Sementara itu, panel surya dan baterai menggunakan tegangan 12 V, sedangkan *solar charger controller* menunjukkan tegangan 12,3 V.

Total konsumsi daya seluruh komponen saat aktif secara bersamaan diperkirakan sebesar 13,65 W. Setelah memperhitungkan efisiensi *step-down* sebesar 90%, daya yang disuplai baterai menjadi sekitar 15,17 W. Dengan kapasitas baterai 12 V 12 Ah atau 144 Wh, sistem secara teoritis dapat beroperasi selama kurang lebih 9–10 jam apabila seluruh komponen aktif terus-menerus.

Sistem menggunakan panel surya berkapasitas 60 W yang diperkirakan menghasilkan energi

efektif sebesar 192 Wh per hari, dengan asumsi empat jam penyinaran matahari efektif dan efisiensi sistem 80%. Energi tersebut lebih besar dibandingkan perkiraan konsumsi harian alat sebesar 23,53–37,94 Wh. Karena alat hanya dioperasikan pada siang hari dan tidak digunakan pada malam hari, baterai diperkirakan mampu bertahan sekitar 4–6 hari tanpa pengisian ulang, bergantung pada frekuensi dan durasi aktivasi sistem.

### 3. Hasil Pengujian Fungsionality

Pengujian functionality dilakukan oleh dua orang validator terhadap 11 komponen dan fungsi utama sistem menggunakan penilaian “Ya” dan “Tidak”. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen memperoleh jawaban “Ya”, dengan total 22 jawaban “Ya” dari 22 penilaian atau tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh komponen, mulai dari panel surya, baterai, sensor PIR, ESP32, modul ultrasonik, DFPlayer Mini, speaker, amplifier, hingga sistem secara keseluruhan, telah berfungsi sesuai dengan rancangan.

**Tabel 2 Hasil Pengujian Fungsionality**

| Komponen yang di Uji | Pernyataan | Skala Penilaian Ya | Tidak |
|---|---|---|---|
| Panel surya | Menghasilkan tegangan | ✓ | |
| SCC | Mengatur pengierai dengan stabil | ✓ | |
| Baterai/ Aki | Menyimpan energi listrik dan mensuplai daya ke sistem | ✓ | |
| Step Down | Menurunkan tegangan Esp 5Vdan menyalurkan tegangan ke seluruh rangkaian alat | ✓ | |
| Esp 32 | Mengontol kerja seluruh system dan berjalan sesuai program | ✓ | |
| Sensor | Sensor mendeteksi da n respon terhadap gerakan | ✓ | |
| Modul Ultrasoni k | Menghasilkan dan memancarkan gelombang ultrasonik | ✓ | |
| DFPlayer Mini | Modul memutar file audio predator | ✓ | |
| Speaker | Speaker menghasilkan suara predator | ✓ | |
| Amplifier Audio | Sinyal audio dapat diperkuat | ✓ | |
| Sistem Keseluruhan | Seluruh alat bekerja normal menggunakan pasokan PLTS | ✓ | |

$$P = \frac{Jumlah\ jawaban\ \text{"ya"}}{Total\ pertanyaan \times jumlah\ responden} \times 100\%$$

$$P\frac{22}{11 \times 2} \times 100\%$$

Jadi:

$$P\frac{22}{22} \times 100\% = 100\ \%$$

## 4. Pengujian *Usability*

Untuk melakukan perhitungan terhadap pengujian *usability* dan dapat mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap alat yang telah di dirancang oleh penulis. Data diperoleh dari hasil kuesioner yang diberikan kepada 4 responden yakni seorang petani dan mahasiswa yang terlibat langsung di lapangan, dengan menggunakan skala penilaian sebagai berikut:

**Tabel 3 Pengujian Usability**

| Pertanyaan | R1 | R2 | R3 | R4 | Total skor |
|---|---|---|---|---|---|
| Alat mampu mengusir hama burung dengan baik | B (3) | K (2) | K (2) | B (3) | 10 |
| Alat dapat digunakan sebagai solusi alternatif pengusir hama yang lebih modern | SB (4) | K (2) | K (2) | B (3) | 11 |
| Alat mudah dioperasikan oleh pengguna | B (3) | B (3) | K (2) | B (3) | 11 |
| Saya dapat menggunakannya tanpa instruksi tertulis | SB (4) | B (3) | B (3) | B (3) | 13 |
| Saya dapat mengoprasikannya setiap saat | B (3) | K (2) | K (2) | K (2) | 9 |
| Pengguna merasa puas dengan kinerja alat | B (3) | SK (1) | K (2) | B (3) | 9 |
| Alat sesuai dengan kebutuhan pengguna di area persawahan | B (3) | B (3) | K (2) | K (2) | 10 |
| Alat mudah digunakan di lingkungan persawahan | SB (4) | B (3) | B (3) | K (2) | 12 |
| Posisi penempatan alat tidak mengganggu aktivitas pengguna di sawah | SB (4) | B (3) | B (3) | K (2) | 12 |

$$\text{Prsentase } usability \frac{\text{Total skor}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

$$\text{Prsentase } usability \frac{97}{144} \times 100\%$$

$$= 67{,}36\%$$

Berdasarkan hasil pengujian usability terhadap empat responden dengan sembilan pernyataan, diperoleh total skor sebesar 97 dari skor maksimal 144. Hasil perhitungan menunjukkan persentase usability sebesar 67,36%, sehingga alat pengusir hama burung yang dikembangkan termasuk dalam kategori layak digunakan berdasarkan rentang penilaian 61%–80%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat telah memenuhi aspek kegunaan dan kemudahan penggunaan, meskipun masih diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pengguna.

## 5. Hasil pengujian Efektivitas Kinerja Alat

**Tabel 4 hasil pengujian efektivitas kinerja alat**

| Tanggal/ waktu | Jarak sensor (cm) | Jumlah burung sebelum alat aktif (ekor) | Jumlah burung setelah alat aktif (ekor) | Respon Burung (terbang/ tidak) | Presentase Menjauh (%) | Waktu respon burung (detik) | ket |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3/4/26 (09:32) WITA | 3 m | 5 | 5 | Tidak | 0% | - | Terjadi kendala pada alat |
| 3/4/26 (11:22) WITA | 3 m | 6 | 4 | Terbang sebagian | 33, 33% | 38 | Kurang efektif |
| 3/4/26 (13:07) WITA | 5 m | 3 | 3 | Tidak | 0% | - | Terjadi kendala pada alat |
| 5/426 (08:12) WITA | 4 m | 8 | 8 | Tidak | 0% | - | Terjadi kendala pada alat |
| 5/4/26 (13:07) WITA | 6 m | 9 | 4 | Terbang sebagain | 55, 56% | 31 | Kurang efektif |
| 6/4/26 (13:36) WITA | 5.5 m | 7 | 0 | Terbang | 100 % | 20 | Efektif |
| 6/4/26 (13: 49) WITA | 5 m | 3 | 0 | Terbang | 100 % | 20 | Efektif |
| 6/4/26 (14: 05) WITA | 4 m | 6 | 0 | Tebang | 100 % | 15 | Efektif |
| 6/4/26 (14: 31) WITA | 7 m | 9 | 0 | Terbang | 100 % | 40 | Efektif |
| 6/4/26 (14: 53) WITA | 8 m | 5 | 0 | Terbang | 100 % | 59 | Cukup efektif |

Analisi rata-rata efektivitas kinerja alat

$$Efektivitas\ \frac{0+33,33+0+0+55,56+100+100+100+100+100}{10} \times 100\% = 58,89\%$$

Pengujian lapangan dilakukan dalam sepuluh percobaan pada jarak 3–8 meter dengan rata-rata efektivitas pengusiran sebesar 58,89%. Pada pengujian awal, respons burung belum konsisten akibat beberapa kendala teknis. Setelah dilakukan pemeriksaan dan penyesuaian sistem, lima percobaan pada hari ketiga menunjukkan efektivitas pengusiran mencapai 100% pada jarak 4; 5; 5,5; 7; dan 8 meter, dengan waktu respons 15–59 detik. Pada jarak 4–5,5 meter, respons terjadi dalam 15–20 detik, sedangkan pada jarak 7–8 meter membutuhkan waktu 40–59 detik.

Perbedaan waktu respons kemungkinan dipengaruhi oleh jarak dan intensitas suara yang diterima burung, meskipun hubungan tersebut belum dapat dipastikan karena faktor lingkungan tidak diukur secara terpisah. Hasil ini menunjukkan pengusiran yang menjanjikan pada jarak 4–8 meter. Sistem juga berpotensi mengurangi pengawasan langsung petani melalui aktivasi suara otomatis berdasarkan deteksi sensor PIR. Namun, pengujian lanjutan dengan lebih banyak percobaan, variasi waktu, untuk memastikan konsistensi efektivitas alat.

## D. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang alat pengusir hama burung pemakan bulir padi berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor PIR, gelombang ultrasonik, reproduksi suara predator, serta sumber daya panel surya dan baterai. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan fungsional sebesar 100% dan nilai usability sebesar 67,36% dengan kategori layak digunakan. Efektivitas pengusiran rata-rata mencapai 58,89%, sedangkan setelah perbaikan dan penyesuaian sistem, keberhasilan pengusiran mencapai 100% pada pengujian hari ketiga, pada jarak 4–8 meter dengan waktu respons 15–59 detik. Temuan ini menjawab tujuan penelitian dalam merancang dan mengevaluasi alat serta menunjukkan bahwa sistem tersebut berpotensi mendukung pengusiran burung secara otomatis dan menjadi alternatif teknologi pengendalian hama di persawahan.

Meskipun menunjukkan hasil pengusiran yang menjanjikan,

penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jangkauan deteksi sensor PIR, jangkauan pancaran suara, dan konsistensi kinerja selama pengujian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan penambahan sensor atau penggunaan sensor dengan jangkauan lebih luas, pengembangan variasi suara predator, serta peningkatan daya amplifier dan optimalisasi speaker ultrasonik. Pengembangan tersebut diharapkan dapat meningkatkan jangkauan dan kinerja alat sehingga penerapannya pada area persawahan yang lebih luas dapat dievaluasi lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

Afif, M. H., Sanjaya, R., Sauri, S., & Prasetyo, S. M. (2023). Sistem perangkat pengusir hama burung emprit atau pipit berbasis sensor PIR dan IoT. *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan, 1*(3), 496–503.

Bangun, R., Otomatis, P., Padi, H., & Pasaribu, D. (2024). Rancang bangun pengusir otomatis hama padi di sawah berbasis Arduino menggunakan daya panel surya.

Belakang, L., Manajemen, M., & Internet, K. (2020). BAB I PENDAHULUAN.

Kelvin, B. (2021). Rancang bangun alat pengusir hama burung pipit di sawah berbasis IoT (Internet of Things).

Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2016). *Microelectronic Circuits* (7th ed.). Oxford University Press.

Studi, P., Komputer, I., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., & Pakuan, U. (2023). *Pengusir Hama Burung Meng gunakan Sensor Ultrasonic Devantech Sr04 Pada Pertanian Di*.

Utami, F. R., Riyadi, M. A., & Christyono, Y. (2020). Perancangan Catu Daya Arus Searah Keluaran Ganda sebagai Penggerak Robot Lengan Artikulasi. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 9(3), 418–427.