

Perancangan dan Implementasi *Smart Scarecrow* Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Tenaga Surya untuk Pengusiran Hama Burung

I Gede Suryananda Adikartika^{1*}, I Nyoman Purnama², I Gede Juliana Eka Putra³
^{1*,2,3}Universitas Primakara

*Email: igedesuryanandaadikartika@gmail.com

Abstract

Bird pest attacks on rice crops remain a serious problem that can reduce agricultural yields, while the pest control methods commonly used by farmers are still traditional and less effective. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based Smart Scarecrow system that is automatic, energy-efficient, and capable of being monitored and controlled remotely. The research employs a prototype method, which includes system design, hardware and software implementation, and functional testing in rice field environments. The proposed system integrates a Passive Infrared (PIR) sensor, ESP32-CAM, servo motors as bird-repellent actuators, and a solar panel with a solar charge controller (SCC) as a standalone power source. Experimental results show that the system operates stably, detects bird movement with an effective range of up to ± 7 meters under high-temperature conditions and ± 5 meters under lower-temperature conditions, and supports real-time monitoring and control through the Blynk application. This study contributes an IoT- and renewable energy-based Smart Scarecrow system that has the potential to support smart farming implementation in rice agriculture.

Keywords: Internet of Things (IoT), smart scarecrow, solar energy, blynk

Abstrak

Serangan hama burung pada tanaman padi masih menjadi permasalahan serius yang dapat menurunkan hasil panen, sementara metode pengusiran yang digunakan petani umumnya masih bersifat tradisional dan kurang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Scarecrow* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang otomatis, hemat energi, serta dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *prototype* yang meliputi tahap perancangan, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian fungsional sistem di lingkungan sawah. Sistem dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor *Passive Infrared* (PIR), ESP32-CAM, motor servo sebagai aktuator pengusir burung, serta panel surya dengan *solar charge controller* (SCC) sebagai sumber daya mandiri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil, mendeteksi pergerakan burung dengan jarak efektif hingga ± 7 meter pada kondisi suhu tinggi dan ± 5 meter pada suhu lebih rendah, serta mendukung fungsi monitoring dan kendali *real-time* melalui aplikasi *blynk*. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa rancangan sistem *Smart Scarecrow* berbasis IoT dan energi terbarukan yang berpotensi mendukung penerapan smart farming pada sektor pertanian padi.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), orang-orangan sawah pintar, energi surya, blynk

1. Pendahuluan

Pertanian padi memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional dan global. Berdasarkan laporan Pengeluaran untuk Konsumsi Penduduk Indonesia Maret 2024, rata-rata konsumsi beras masyarakat Indonesia mencapai sekitar 6,5 kg per kapita per bulan, lebih tinggi dibandingkan rata-rata konsumsi beras global sebesar 53 kg per tahun atau sekitar 4,4 kg per bulan menurut OECD-FAO [1],[2]. Tingginya tingkat konsumsi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan produksi padi sangat krusial bagi stabilitas pangan dan sosial ekonomi. Namun demikian, proses produksi padi di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan yang berpotensi menurunkan hasil panen.

Salah satu tantangan utama dalam pertanian padi adalah serangan hama, khususnya hama burung pipit yang dapat menyebabkan penurunan hasil panen secara signifikan [3]. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa serangan hama burung dapat mengakibatkan penurunan produksi padi hingga 30–50%, terutama pada fase bulir padi [4]. Penurunan produksi beras ini berdampak langsung terhadap perekonomian, seperti terjadinya kenaikan harga beras di berbagai wilayah Indonesia yang memicu inflasi pangan [5]. Di sisi lain, mayoritas petani masih mengandalkan metode pengusiran hama secara tradisional dan manual, seperti orang-orangan sawah dan lonceng, yang dinilai kurang efektif dan tidak efisien dari segi waktu serta tenaga [6].

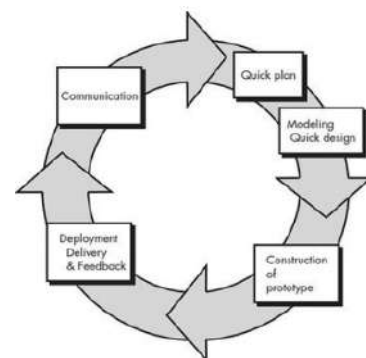
Beberapa penelitian telah mengembangkan alat pengusir hama burung pada tanaman padi berbasis sistem otomatis dan energi terbarukan. Simanjuntak dkk. [7] mengimplementasikan robot orang-orangan sawah bertenaga surya yang mampu mendeteksi suara burung serta menghasilkan gerakan dan suara bising secara otomatis. Sistem pengusir hama burung dan tikus berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sensor PIR dan notifikasi *real time* dikembangkan oleh Suja'i dan Samsumar [8], namun sistem tersebut masih bergantung pada sumber listrik konvensional. Prayitno [9]

mengembangkan alat pengusir burung berbasis sensor PIR dan metode suara otomatis dengan dukungan ESP32-Cam dan panel surya, meskipun efektivitas pengusiran terbatas pada jarak dekat. Selain itu, Santoso dkk. [10] serta Saputra dan Nasirudin [11] mengimplementasikan sensor PIR, motor servo, dan panel surya untuk menghasilkan sistem pengusiran hama burung otomatis, namun masih memiliki keterbatasan pada sensitivitas sensor dan fitur pemantauan.

Berbagai penelitian sebelumnya berhasil mengembangkan alat pengusir hama burung berbasis sensor, aktuator, dan energi terbarukan, namun sebagian besar sistem tersebut masih memiliki keterbatasan pada aspek integrasi sistem, khususnya pada fitur monitoring visual dan kendali jarak jauh secara *real time* [12]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem *Smart Scarecrow* berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor PIR, ESP32-Cam, motor servo, serta sumber energi panel surya, yang dilengkapi dengan sistem monitoring dan kendali daring melalui aplikasi *blynk* [13]. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi awal yang efisien, ramah energi, dan mudah dipantau, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian *Smart Scarecrow* Berbasis Iot Dengan metode *Prototype* [14].



Gambar 1. Metode Penelitian *Prototype*

Metode *prototype* terdiri dari lima tahapan utama, yaitu:

2.1. *Communicating*

Tahapan *communicating* bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan nyata yang dihadapi petani dalam pengendalian hama burung serta menentukan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan pada penelitian ini.



Gambar 2. Tempat Observasi

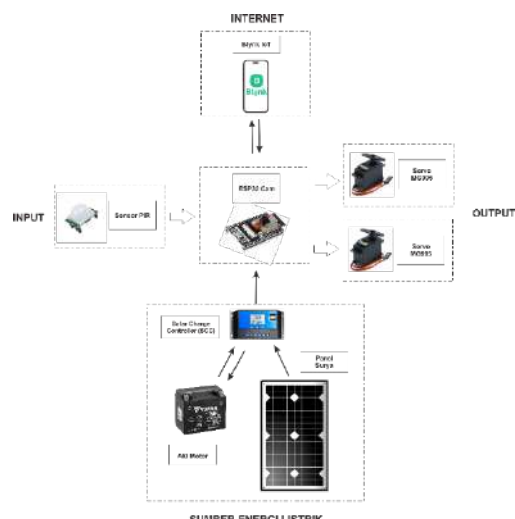
Berdasarkan hasil observasi di area persawahan Desa Sibang Kaja, Kabupaten Badung, Bali, dengan luas sekitar 1 are pada fase padi bulir matang, ditemukan bahwa serangan hama burung pipit terjadi cukup intens, baik secara bergerombol maupun individu. Dalam periode pengamatan, burung datang berulang kali pada waktu yang tidak menentu, sementara metode pengusiran yang digunakan petani masih bersifat tradisional dan manual, seperti orang-orangan sawah dan lonceng. Kondisi ini menyebabkan petani harus terus berjaga di sawah sepanjang hari, namun serangan burung tetap terjadi, sehingga sistem pengusiran yang ada dinilai kurang efektif dan tidak efisien.

Hasil wawancara dengan petani menunjukkan bahwa hama burung pipit merupakan masalah utama yang menyebabkan penurunan hasil panen dan peningkatan beban kerja petani. Petani harus bolak-balik ke sawah beberapa kali dalam sehari hanya untuk mengusir burung, sementara metode tradisional sudah tidak lagi efektif. Seluruh responden menyatakan bahwa alat pengusir hama otomatis

sangat dibutuhkan, terutama yang dapat bekerja mandiri, menggunakan energi surya karena tidak tersedianya listrik PLN, serta memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui perangkat seluler. Penerapan teknologi tersebut dinilai mampu mengurangi kelelahan, menghemat waktu kerja, dan memungkinkan petani melakukan aktivitas lain tanpa mengabaikan keamanan tanaman padi.

2.2. *Quick Plan*

Berdasarkan observasi di Desa Sibang Kaja, Badung, petani masih mengalami kendala dalam pengusiran hama burung dan pengawasan sawah yang dilakukan secara tradisional, sehingga pada tahap *Quick Plan* dirancang *scarecrow* otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efisiensi perlindungan tanaman padi.



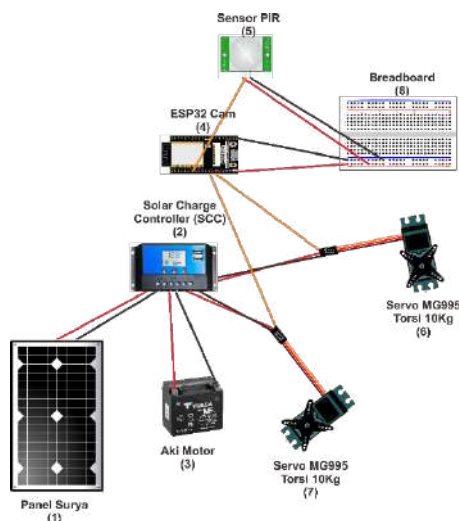
Gambar 3. Blok Diagram *Smart Scarecrow*

Pada gambar di atas menunjukkan alur kerja *Smart Scarecrow* yang terdiri dari input, proses, output, dan sumber energi. Sensor PIR bertindak sebagai input untuk mendeteksi pergerakan burung dan mengirimkan sinyal ke ESP32-CAM sebagai pusat kendali. ESP32-CAM memproses sinyal tersebut, mengirim status ke aplikasi *blynk*, dan mengaktifkan dua servo MG995 sebagai output untuk pengusir burung. Seluruh sistem disuplai oleh panel surya yang diatur oleh *Solar Charge Controller* (SCC) dan disimpan dalam aki, sehingga alat

dapat beroperasi secara otomatis dan mandiri tanpa listrik eksternal.

2.3. Modeling Quick Design

Tahap modeling quick design bertujuan untuk menggambarkan rancangan awal sistem *Smart Scarecrow* secara konseptual sebagai dasar pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak. Alur kerja sistem divisualisasikan untuk menunjukkan hubungan antar komponen serta mekanisme kerja alat secara keseluruhan.



Gambar 4. Rancangan Komponen *Smart Scarecrow*

Berdasarkan gambar rancangan di atas, alur kerja sistem alat terdiri dari beberapa bagian yaitu, (1) Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang menyuplai daya listrik ke (2) *Solar Charge Controller* (SCC). SCC bertugas mengatur dan menstabilkan proses pengisian daya sebelum energi disimpan ke dalam (3) aki sebagai media penyimpanan daya. (4) ESP32-CAM berperan sebagai pusat kendali sistem yang menerima suplai daya dari aki.

Selain sebagai pengendali utama, ESP32-CAM juga digunakan untuk monitoring kondisi area sawah melalui fitur kamera. (5) Sensor PIR berfungsi sebagai sistem input yang mendeteksi adanya pergerakan hama burung di area persawahan. Ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan, sinyal dikirimkan ke ESP32-CAM untuk diproses lebih lanjut. Setelah menerima

sinyal deteksi dari sensor PIR, ESP32-CAM mengaktifkan sistem pengusiran berupa (6) dan (7) motor servo MG995.

Motor servo ini menggerakkan tali yang dilengkapi lonceng sebagai mekanisme pengusiran hama burung. Seluruh komponen elektronik pada sistem ini saling terhubung melalui (8) *breadboard* yang berfungsi sebagai media distribusi rangkaian dan memudahkan proses perakitan serta pengujian. Dengan rancangan tersebut, sistem dapat bekerja secara mandiri di lapangan tanpa ketergantungan pada sumber listrik eksternal dan mampu beroperasi secara otomatis berdasarkan hasil deteksi hama burung.

2.4. Construction of Prototype

Proses perakitan alat merupakan tahap penyusunan dan penggabungan seluruh komponen perangkat keras agar alat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Proses ini dilakukan secara bertahap untuk memastikan setiap komponen terhubung dengan benar.



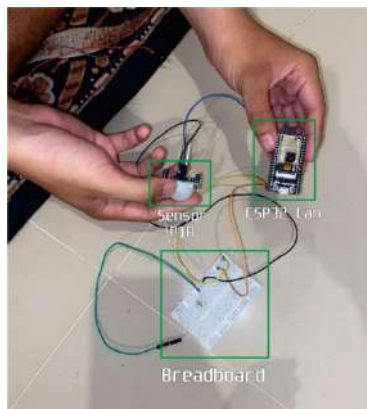
Gambar 5. Menghubungkan panel surya dan aki dengan SCC

Tahap awal perakitan dengan menghubungkan panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), dan aki untuk membentuk sistem catu daya mandiri pada alat.



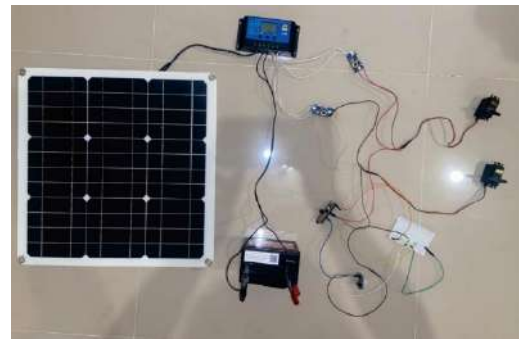
Gambar 6. Menghubungkan motor servo dengan SCC

Selanjutnya dua motor servo MG995 dihubungkan ke bagian *load* SCC yang mana tegangan dari Aki ke SCC akan diturunkan dengan *step down* supaya motor servo MG995 dapat ditenagai dengan tegangan dari Aki yang membuat motor servo MG995 dapat memaksimal kinerja torsinya untuk memperkuat tarikan dari pengusiram hama burung menggunakan tali dan lonceng.



Gambar 7. Menghubungkan komponen sensor PIR, ESP32 Cam, dan SCC

Setelah itu sensor PIR, ESP32 Cam akan disambung dengan menggunakan *breadboard* supaya bisa saling terhubung, yang mana sumber energi dari ESP32 Cam akan di *supply* dari SCC yang sudah disambungkan Aki dan Panel Surya dengan Kabel mikro USB.



Gambar 8. Bentuk Keseluruhan Rancangan Komponen Alat

Hasil akhir pada rancangan penelitian akan terlihat pada gambar di atas, yang dimana semua komponen akan dihubungkan dari panel surya yang dihubungkan ke Aki dengan menggunakan SCC sebagai pengontrol supaya tidak *over charger*, lalu motor servo disambungkan lewat *port load* SCC dengan menurunkan tegangan dari Aki menggunakan *step down*, dan ESP32 Cam dihubungkan dengan PIR sensor menggunakan *breadboard* sebagai papan sirkuit penghubungnya.



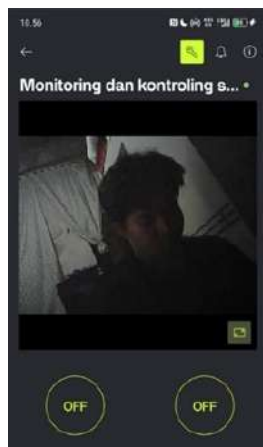
Gambar 9. Finishing dan perapihan konstruksi *prototype*

Pada tahap terakhir dilakukan proses pemasangan seluruh komponen pada kerangka alat yang telah dibuat, serta dilakukan perapihan seluruh kabel. Perapihan kabel bertujuan untuk meningkatkan estetika alat sekaligus menjaga keamanan selama alat digunakan.



Gambar 10. Hasil akhir alat *Smart Scarecrow*

Hasil akhir alat yang telah terpasang dengan rapi, aman, dan berfungsi dengan baik, sehingga dapat diimplementasikan langsung pada lokasi penggunaan yang sebenarnya.



Gambar 11. Hasil tampilan antarmuka aplikasi *blynk*

Gambar di atas merupakan tampilan keseluruhan dari aplikasi *blynk* yang sudah terhubung dengan alat *Smart Scarecrow*. Pada bagian atas, jendela video streaming menampilkan visual kondisi area secara *real-time*, sedangkan di bagian bawah terdapat dua buah tombol kontrol (*Button*) yang berfungsi untuk menggerakkan motor servo ke kiri dan ke kanan secara manual. Indikator lingkaran hijau kecil di pojok kanan atas nama proyek tetap menyala, menandakan bahwa sistem *Smart Scarecrow* berada dalam status aktif dan siap digunakan.

2.5. Deployment, Delivery & Feedback

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk dapat mengetahui apakah *smart scarecrow* dapat mendeteksi dan mengusir hama burung secara otomatis.



Gambar 12. Implementasi di Lapangan

Gambar di atas merupakan pengujian *prototype* pada area sawah di desa Sibang Kaja, Kabupaten Badung, Bali, dengan rentan waktu pengujian dari jam 14:00 WITA sampai dengan 17:00 WITA.

3. Hasil Penelitian

a. Pengujian *Prototype* di Lapangan

Tabel 1. Pengujian *Prototype* di Lapangan dengan *Black Box Testing*

N o.	Pengujian	Hasil harapan	Hasil	Catatan
1	Serangan burung (14:05)	Sensor aktif dan servo bergerak.	Gagal	Sensor PIR gagal karena suhu panas.
2	Serangan burung (14:36)	Sensor aktif dan servo bergerak.	Gagal	Sensor PIR gagal karena suhu panas.
3	Serangan burung (15:27)	Sensor aktif dan servo bergerak.	Sukses	Suhu turun, sensor aktif, servo bergerak.
4	Serangan burung (16:02)	Sensor aktif dan servo bergerak.	Sukses	Suhu turun, sensor aktif, servo bergerak.
5	Serangan burung (16:07)	Sensor aktif dan	Sukses	Suhu turun, sensor aktif,

		servo bergerak.		servo bergerak.
6	Serangan burung (16:29)	Sensor aktif dan servo bergerak.	Sukses	Suhu turun, sensor aktif, servo bergerak.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, sistem *Smart Scarecrow* berhasil mendeteksi dan merespons 4 dari 6 kejadian serangan hama burung, sementara dua kegagalan deteksi terjadi pada kondisi suhu lingkungan yang tinggi. Kegagalan tersebut disebabkan oleh menurunnya sensitivitas sensor PIR akibat kecilnya perbedaan radiasi inframerah antara tubuh burung dan lingkungan sekitar, mengingat sensor PIR bekerja berdasarkan deteksi perubahan radiasi panas [15].

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa performa sensor PIR dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan kontras termal objek [11]. Setelah suhu lingkungan menurun, sensor kembali bekerja optimal dan mampu mengaktifkan motor servo sebagai mekanisme pengusiran burung secara otomatis. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi sesuai dengan perancangan, namun masih memiliki keterbatasan pada kondisi cuaca panas ekstrem, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan deteksi pada berbagai kondisi lingkungan.

b. Pengujian Sistem Kendali dan Monitoring dengan *blynk*

Tabel 2. Pengujian Sistem Kendali dan Monitoring pada *Blynk* dengan *Black Box Testing*

N o.	Pengujian	Input Pengguna	Hasil Harapan	Hasil
1	Aplikasi <i>Blynk</i> dijalankan	Membuka aplikasi	Aplikasi terhubung	Sukses
2	Kontrol servo kiri	Tombol kiri ditekan	Servo kiri bergerak.	Sukses
3	Kontrol servo kanan	Tombol kanan ditekan	Servo kanan bergerak.	Sukses
4	Kontrol bersamaan	Tombol kiri dan kanan ditekan	Kedua servo bergerak.	Sukses

5	Akses video streaming	Membuka widget kamera	Video tampil real-time	Sukses
6	Video tampil <i>real-time</i>	Aplikasi aktif selama 5 menit.	Video tetap tampil stabil	Sukses

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, seluruh fungsi utama sistem *Smart Scarecrow* dapat berjalan sesuai dengan perancangan. Aplikasi *blynk* mampu terhubung secara stabil dengan ESP32-CAM, yang ditunjukkan oleh keberhasilan akses video *streaming* untuk menampilkan kondisi sawah secara *real-time* dan tetap stabil selama aplikasi aktif, sebagaimana juga dilaporkan pada penelitian sistem monitoring IoT berbasis *blynk* sebelumnya [16]. Selain itu, fitur kontrol manual melalui tombol pada aplikasi berhasil menggerakkan motor servo ke arah kiri dan kanan, baik secara terpisah maupun bersamaan, dengan respon sistem yang cepat dan tanpa kesalahan perintah, yang menunjukkan bahwa mekanisme kendali jarak jauh telah bekerja secara andal. Hasil ini menguatkan temuan penelitian terdahulu bahwa integrasi aplikasi *blynk* dan perangkat IoT mampu mendukung sistem monitoring dan kendali jarak jauh [17].

c. Pengujian Deteksi Sensor dan Gerakan Servo

Pengujian deteksi sensor PIR dilakukan untuk mengukur tingkat keakuratan saat sensor mendeteksi hama burung, proses pengujiannya menggunakan meteran. Pengujian dilakukan 10 kali pada sensor dengan jarak yang berbeda, berawal dekat dengan sensor hingga jauh dari sensor. Hasil dari pengujian sensor dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Pengujian Sensor PIR dan Servo Suhu Lingkungan Rendah dengan *Black Box Testing*

N o.	Pengujian	Jarak (m)	Hasil Harapan	Hasil
1	Objek Manusia Bergerak	1	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
2	Objek Manusia Bergerak	2	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses

3	Objek Manusia Bergerak	3	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
4	Objek Manusia Bergerak	4	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
5	Objek Manusia Bergerak	5	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
6	Objek Manusia Bergerak	6	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
7	Objek Manusia Bergerak	7	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
8	Objek Manusia Bergerak	8	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal
9	Objek Manusia Bergerak	9	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal
10	Objek Manusia Bergerak	10	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal

Tabel 4. Pengujian Sensor PIR dan Servo Suhu Lingkungan Tinggi dengan *Black Box Testing*

N o.	Pengujian	Jarak (m)	Hasil Harapan	Hasil
1	Objek Manusia Bergerak	1	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
2	Objek Manusia Bergerak	2	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
3	Objek Manusia Bergerak	3	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
4	Objek Manusia Bergerak	4	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
5	Objek Manusia Bergerak	5	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
6	Objek Manusia Bergerak	6	Sensor aktif, servo bergerak	Sukses
7	Objek Manusia Bergerak	7	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal
8	Objek Manusia Bergerak	8	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal
9	Objek Manusia Bergerak	9	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal
10	Objek Manusia Bergerak	10	Sensor aktif, servo bergerak	Gagal

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 dan Tabel 4, sensor PIR menunjukkan kinerja deteksi yang dipengaruhi oleh kondisi suhu lingkungan. Pada suhu lingkungan yang lebih rendah, sensor mampu mendeteksi pergerakan objek hingga jarak efektif 7 meter, sedangkan pada suhu lingkungan yang lebih tinggi jarak deteksi efektif menurun menjadi sekitar 6 meter. Penurunan kinerja ini terjadi karena pada suhu tinggi perbedaan radiasi inframerah antara objek dan lingkungan menjadi lebih kecil, sehingga sensitivitas sensor PIR berkurang, sebagaimana dijelaskan pada karakteristik kerja sensor PIR pada penelitian sebelumnya [11]. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa motor servo selalu merespons dengan baik setiap kali sensor berhasil mendeteksi pergerakan, dan tidak aktif saat tidak ada deteksi, yang menandakan bahwa integrasi antara sensor dan servo telah berjalan stabil dan sesuai dengan prinsip kerja sistem kendali otomatis berbasis IoT [18].

d. Pengujian Ketahanan Daya

Tabel 5. Pengujian Sumber Daya dengan *Black Box Testing*

N o.	Pengujian	Kondisi	Hasil Harapan	Hasil
1	Panel terkena sinar matahari	Cahaya matahari pada siang hari	Panel surya mengisi Aki	Berhasil mengisi aki
2	Intensitas cahaya berkurang	Cahaya matahari pada sore hari	Panel surya mengisi Aki.	Berhasil mengisi aki
3	Tidak ada cahaya	Panel Surya tertutup	Panel surya mengisi Aki.	Tidak berhasil mengisi Aki

Berdasarkan hasil pada Tabel 5, sistem catu daya *Smart Scarecrow* yang terdiri dari panel surya, SCC, dan aki bekerja sesuai dengan perancangan. Panel surya mampu mengisi aki secara optimal pada kondisi cahaya matahari langsung dan tetap melakukan pengisian pada intensitas cahaya rendah, sedangkan pada kondisi tanpa cahaya sistem tetap beroperasi menggunakan energi yang

tersimpan pada aki. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem catu daya mandiri berbasis energi surya berfungsi andal untuk mendukung keberlanjutan operasi perangkat IoT di lingkungan pertanian terbuka [12],[19].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem *Smart Scarecrow* berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mengintegrasikan sensor PIR, mikrokontroler, aktuator pengusir burung, serta modul IoT untuk pemantauan kondisi perangkat secara real-time. Pemanfaatan panel surya sebagai sumber daya utama terbukti mampu mendukung operasi sistem secara mandiri tanpa bergantung pada listrik konvensional.

Hasil pengujian di lingkungan sawah menunjukkan bahwa sistem bekerja efektif dan sesuai tujuan. Sensor PIR mampu mendeteksi burung secara stabil dengan jarak rata-rata ± 7 meter pada suhu tinggi dan ± 5 meter pada suhu lebih rendah, yang menunjukkan pengaruh suhu terhadap sensitivitas sensor. Aktuator merespons dengan baik setiap deteksi gerakan, menandakan integrasi sensor dan aktuator berjalan optimal. Pengujian daya juga menunjukkan sistem hemat energi dengan penurunan tegangan aki yang masih dalam batas aman, sehingga secara keseluruhan sistem responsif, stabil, dan mampu membantu petani mengurangi gangguan hama burung di area persawahan.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi sistem *Smart Scarecrow*, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan akurasi deteksi dan efisiensi energi. Keterbatasan sensor PIR yang dipengaruhi kondisi suhu lingkungan dapat diatasi dengan penambahan sensor pendukung, sedangkan optimalisasi sistem catu daya diperlukan untuk menjaga kestabilan operasi saat intensitas cahaya menurun. Selain itu, fitur monitoring dapat dikembangkan lebih lanjut agar mendukung pemantauan dan pengendalian sistem secara lebih efektif di lapangan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, “Pengeluaran untuk Konsumsi Penduduk Indonesia, Maret 2024,” Indonesia, Mar. 2024. doi: <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/10/18/b392b2e96c87c090a6f8d9c2/pengeluaran-untuk-konsumsi-penduduk-indonesia-maret-2024.html>.
- [2] OECD-FAO, “OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032,” OECD, Jul. 2023. doi: [10.1787/08801ab7-en](https://doi.org/10.1787/08801ab7-en).
- [3] M. Sayuthi *et al.*, “Distribusi Hama Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) pada Fase Vegetatif dan Generatif di Provinsi Aceh,” *J. Agroecotenia*, vol. 3, no. 1, pp. 1–0, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.22437/agroecotenia.v3i1.11286>.
- [4] M. Y. Hardiansyah, “Pengusir Hama Burung Pemakan Padi Otomatis Dalam Menunjang Stabilitas Pangan Nasional,” *Jurnal ABDI*, vol. 2, no. 1, pp. 85–103, Jan. 2020.
- [5] CNN Indonesia, “Produksi Kurang, Harga Beras di 25 Provinsi Naik Baca artikel CNN Indonesia ‘Produksi Kurang, Harga Beras di 25 Provinsi Naik’ selengkapnya di sini: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20240802132252-92-1128449/produksi-kurang-harga-beras-di-25-provinsi-naik>.
- [6] T. Andriani, S. Bahri, and A. Satriawansyah, “Alat Pengusir Hama Burung pada Tanaman Padi Menggunakan Proteksi Ganda dengan Memanfaatkan Sinar Matahari Sebagai Sumber Energi Listrik,” *Dielektrika – Department of Electrical Engineering University of Mataram*, vol. 10, no. 1, pp. 34–40, Feb. 2023, doi: <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v10i1.323>.
- [7] A. D. Simanjuntak, J. E. Hutagalung, and A. K. Syahputra, “Implementasi Robot Orang-Orangan Sawah Supply Energi Matahari Memakai Microcontroller,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 2, pp. 759–767, Sep. 2022, doi: [10.47065/bits.v4i2.2101](https://doi.org/10.47065/bits.v4i2.2101).
- [8] A. Suja and D. L. Samsumar, “Implementasi Alat Pengusir Hama Burung & Tikus pada Tanamaan Padi Berbasis Internet Of Things,” *Journal Of Computer Science And Informatics Engineering | Cosie*, vol. 03, no. 4, pp. 211–219, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.55537/cosie.v3i4.919>.

- [9] R. Prayitno, "Implementasi Alat Pengusir Burung Menggunakan Metode Suara Otomatis Dan Solar Cell (Studi Kasus: Persawahan Darurruhama Kota Palembang)," *Jurnal Teliska*, vol. 18, no. 1, pp. 21–30, Mar. 2025, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15052381>.
- [10] L. H. Santoso, R. Fitri, and D. Suntoso, "Alat Pengusir Hama Burung Berbasis Arduino Uno Menggunakan Panel Surya di Desa Tambakdahan Kabupaten Subang," *Jurnal Infotex*, vol. 3, no. 1, pp. 2964–5352, Oct. 2024, Accessed: May 09, 2025.
- [11] F. Sidik, D. Saputra, M. Nasirudin, K. A. Wahab, and H. Jombang, "Prototype Alat Pengusir Hama Burung Pipit Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor PIR (Passive Infra Red)," *Exact Papers in Compilation*, vol. 4, no. 2, pp. 545–550, May 2022, doi: <https://doi.org/10.32764/epic.v4i2.711>.
- [12] R. Meiardi and N. Fithri, "Alat Pengusir Hama Burung Pemakan Padi Di Sawah (Scarecrow) Menggunakan Panel Surya Sebagai Sumber Energi," *Jurnal Darma Agung*, vol. 31, no. 5, pp. 407–415, Oct. 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v31i5.3609>.
- [13] E. Ernawati *et al.*, "Inovasi Pertanian: Scarecrow Pintar Berbasis Esp32 Untuk Mengusir Hama Secara Otomatis Di Desa Tegal Waru Kecamatan Ciampea," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Institut Agama Islam Sahid Bogor*, vol. 3, no. 2, pp. 57–65, Dec. 2024, doi: 10.56406/jsm.v3i02.616.
- [14] R. Pramudita and K. Setyawan, "Sistem Smart Class Berbasis Internet Of Things Dengan Menggunakan Metode Prototype," *SMARTICS Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 28–34, Apr. 2022, doi: 10.21067/smartics.v8i1.7209.
- [15] P. Houngue, R. Sagbo, G. Dahoue, and J. Komaclo, "Smart Monitoring System using Internet of Things: Application for Agricultural Management in Benin," *IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 12, p. 2022, Jan. 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.01312114.
- [16] T. W. O. Putri, G. Alvianingsih, and P. Maharani, "Perancangan Sistem Monitoring Pada Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 15, no. 1, p. 31, Jul. 2023, doi: 10.33322/energi.v15i1.1942.
- [17] I. Inayah, N. Hayati, A. Nurcholis, A. Dimiyati, and M. G. Prasetya, "Realtime Monitoring System of Solar Panel Performance Based on Internet of Things Using Blynk Application," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 7, no. 2, pp. 135–143, Feb. 2023, doi: 10.21831/elinvo.v7i2.53365.
- [18] H. Z. Ramadhan, "Pengembangan Sistem Kendali Penerangan Berbasis IoT dengan Sensor Gesture dan Aplikasi Blynk," *SANTIKA: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 15, no. 1, pp. 1–8, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.37150/gj5mke84>.
- [19] M. Saleh Al Amin, I. F. Kartika, and Y. Irwansi, "Penggunaan Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Pada Alat Pengereng Makanan," *Jurnal Ampere*, vol. 7, no. 1, pp. 15–21, Jun. 2022, doi: 10.31851/ampere.