

## **Implementasi Sistem Monitoring dan Pengendalian Hama Berang-Berang Bertenaga Surya dengan Integrasi Telegram**

### **Implementation of A Solar-Powered Beaver Pest Monitoring and Control System with Telegram Integration**

**Dwi Ovelita Cahyani<sup>1</sup>, Denny Irawan<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

<sup>1,2</sup> Jl. Sumatera No. 101, Randuagung, Gresik 61121, Indonesia

email: <sup>\*</sup>1dwiovelitac14@gmail.com, <sup>2</sup>den2mas@umg.ac.id

#### **Informasi Artikel**

Diajukan, 10 Mei 2025  
 Diterima, 17 Juni 2025  
 Diterbitkan, 24 Juni 2025

#### **Kata Kunci :**

Panel Surya, Sensor Ultrasonik, Hama, Telegram, Berang-Berang

#### **ABSTRACT**

Karena porsi makan mereka 20% dari berat tubuhnya, berang-berang adalah salah satu hama yang paling merugikan petani ikan. Meskipun berbagai metode tradisional telah digunakan untuk membasmi hama ini, metode-metode ini dianggap tidak efektif dan tidak efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membantu petani tambak mengatasi dan mengoptimalkan pengendalian hama berang-berang. Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dan terintegrasi dengan Telegram, bersama dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor PIR untuk mendeteksi hama. Selain itu, panel surya 10Wp dengan baterai 12V 5Ah berfungsi sebagai catu daya, yang memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 dan PIR mendeteksi objek dengan akurat hingga 4 meter dengan error rata-rata < 0,2% dibandingkan jarak sebenarnya. Selain itu, panel surya bekerja paling baik pada cuaca cerah dengan suhu 31°C, menghasilkan nilai tegangan tertinggi 12,2V, tetapi pada cuaca mendung, dengan suhu 26°C, nilai tegangan hanya 10,4V. Ini menunjukkan adanya korelasi antara tegangan yang diserap dan cuaca, dengan nilai tegangan yang lebih tinggi cenderung meningkat ketika suhu lebih tinggi dan sebaliknya. Efektivitas sistem ini dibuktikan dapat mengurangi keberadaan hama sebesar 83,33% dihitung berdasarkan berdasarkan pengamatan terhadap 6 ekor hama (jumlah data terbatas). Data yang dihasilkan dikirim dalam bentuk notifikasi melalui Telegram secara *real-time*.

#### **ABSTRACT**

Because their food intake accounts for 20% of their body weight, otters are one of the most detrimental pests to fish farmers. Despite the use of various traditional methods to eradicate this pest, these methods are considered ineffective and inefficient. Therefore, this study aims to help fish farmers monitor and optimize the control of otter pests. The system uses ESP32 as the main microcontroller and is integrated with Telegram, along with HC-SR04 ultrasonic sensors and PIR sensors to detect pests. In addition, a 10Wp solar panel with a 12V 5Ah battery serves as a power supply, allowing the system to operate independently. The results showed that the HC-SR04 and PIR sensors detected objects accurately up to 4 meters with an average error of <0.2% compared to the actual distance. In addition, the solar panel worked best in sunny weather with a temperature of 31°C, producing the highest voltage value of 12.2V, but in cloudy weather, with a temperature of 26°C, the voltage value was only 10.4V. This shows a correlation between the voltage absorbed and the weather, with higher voltage values tending to increase when the temperature is higher and vice versa. The effectiveness of this system has been proven to reduce the presence of pests by up to 83.33%, calculated based on the results of observations of 6 pests (limited data). The resulting data is sent in the form of notifications via Telegram in real-time.

#### **Keyword :**

Solar Panel, Ultrasonic Sensor Pest, Telegram, Beaver

## 1. PENDAHULUAN

Dengan melimpahnya sumber daya laut dan wilayah perairan yang luas di Indonesia, sektor budidaya perikanan menjadi sektor penting dalam perekonomian negara, bahkan kemungkinan untuk menembus pasar ekspor[1]. Kementerian Kelautan dan Perikanan Dirjen Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan menyatakan bahwa periode September 2024, nilai ekspor perikanan di Indonesia meningkat sebesar 3,1% dari periode tahun sebelumnya dengan total volume ekspor sebesar 1,02 juta ton hingga mencapai USD 4,23 miliar[2]. Dengan peningkatan tersebut, kota Gresik menjadi pemasok perikanan terbesar di Jawa Timur.

Budidaya perikanan dapat mengurangi import ikan dari luar negeri, sehingga memberi manfaat ekonomi bagi para petani ikan dalam negeri[1]. Seperti pada umumnya pertanian, tentu terdapat permasalahan yang merugikan petani ikan karena menyebabkan terhambatnya produksi, bahkan mengakibatkan gagal panen salah satunya adalah hama. Di pertanian tambak terdapat berbagai macam hama yaitu leseh, ular air, kelompok ikan predator dan sero atau biasa disebut berang-berang[3].

Berang-berang merupakan salah satu hama yang merugikan karena makanan utama berang-berang adalah ikan, sehingga petani ikan merasa tidak nyaman karena porsi makan berang-berang 20% dari berat tubuhnya per hari[4]. Karena kerugian yang disebabkan oleh hewan tersebut cukup signifikan, para petani tambak mencoba berbagai cara untuk mengatasi permasalahan tersebut. Banyak metode konvensional yang dilakukan yaitu dengan menjaga tambak pada malam hari, memasang jaring atau perangkap, menyempatkan wewangian sekeliling tambak, memukul kaleng bekas atau benda apapun yang menghasilkan suara keras[5]. Metode tersebut tentu memerlukan waktu dan tenaga tambahan yang menjadi faktor penghambat efisiensi dalam pemberdayaan Sumber Daya Manusia (SDM).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, sistem deteksi hama pertanian ini pernah dibahas diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Septa Yudha Prasetya et al (2020) yang membahas tentang sistem pendeteksi hama menggunakan metode CNN (*Convolution Neural Network*) untuk pengolah Gambar dan metode *Fast Fourier Transform* untuk pengolah suara[1], Alfian Maghfuri et al (2023) yang mana penelitian tersebut menggunakan Node MCU sebagai pemroses data dengan input sensor yang diam ditempat atau tidak bergerak untuk memindai area[6]. Pada penelitian yang dilakukan Silvia Agustin et al (2021) membahas tentang panel surya sebagai catu daya yang menyuplai ATmega 328 untuk mengendalikan output berupa suara bising dari speaker[7]. Namun, penelitian ini tidak dilengkapi dengan sistem monitoring untuk memudahkan pemilih dalam memantau area sawah.

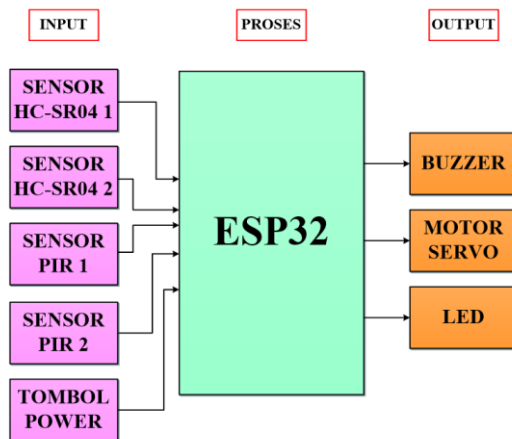
Dari uraian di atas, penelitian spesifik tentang sistem monitoring pengontrol hama berang-berang masih sedikit, sebagian besar penelitian tentang pengendalian hama terfokus pada wilayah persawahan. Oleh karena itu, penulis menciptakan teknologi baru berupa implementasi sistem pengendali hama berang-berang berbasis tenaga surya yang terintegrasi Telegram. Sistem ini dirancang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler yang populer karena harganya yang terjangkau[8] dengan fitur lengkap yang terintegrasi dengan internet[9], apabila sensor mendeteksi berang-berang maka ESP32 akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram secara *real-time* dan mengaktifkan *buzzer* untuk mengusir objek. Sensor yang digunakan yaitu sensor ultrasonik dan sensor PIR yang terpasang pada motor servo yang berputar 180 derajat[10], sehingga memungkinkan sensor untuk mengkondisikan area tambak yang luas. Penelitian ini diharapkan dapat membantu petani ikan dalam memantau area tambak secara fleksibel, sehingga memungkinkan pengoptimalan tenaga dan waktu untuk pemeliharaan lainnya. Selain itu, sistem ini menggunakan *solar cell* sebagai catu daya untuk mengatasi keterbatasan sumber listrik di tambak, sekaligus meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara mengumpulkan data penelitian untuk mengimplementasikan tahapan rencana yang telah dibuat. Penelitian ini menggunakan metode berupa eksperimen dengan tahapan yang pertama perancangan sistem, perancangan panel surya, kalibrasi sensor, implementasi kemudian yang terakhir pengujian sistem.

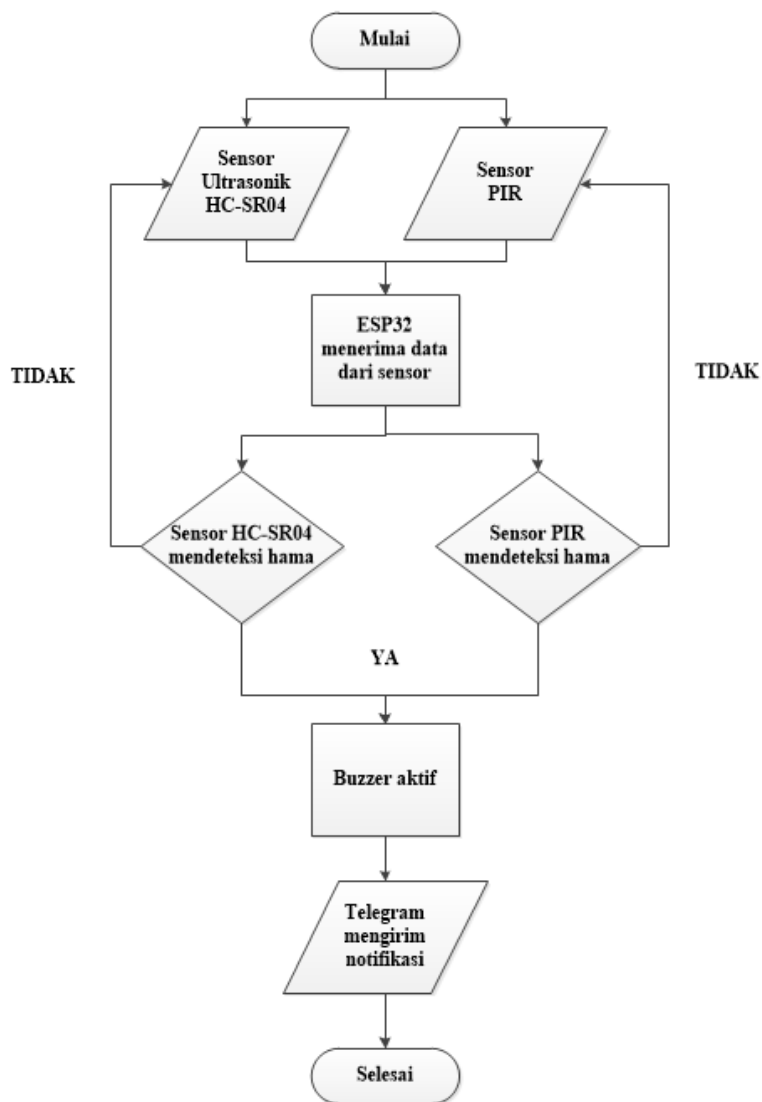
### 2.1. Perancangan Sistem

Proses perancangan sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama yang diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke papan mikrokontroler[11]. Sedangkan, untuk monitoring sistem ini menggunakan perangkat lunak Telegram. Salah satu fitur Telegram dapat digunakan untuk monitoring dan mengendalikan alat melalui pesan teks[12]. Gambaran umum dari proses pembuatan sistem pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



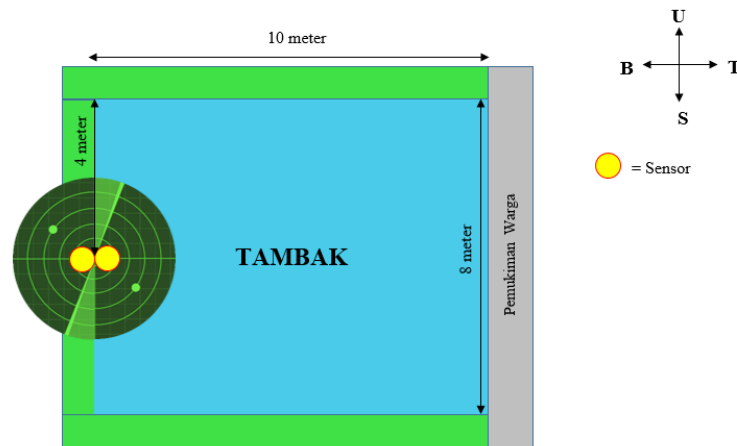
Gambar 1. Diagram Blok Sistem Monitoring Hama Berang-Berang

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa terdapat tiga tahap yaitu *input*, *proses*, dan *output*. Masukan data sistem diperoleh dari dua buah sensor HC-SR04 dan dua buah sensor PIR (*Passive Infrared*) yang terpasang pada masing-masing motor servo secara vertikal, bertujuan agar sensor dapat memindai area secara maksimal. ESP32 berfungsi sebagai pemroses data dengan keluaran *buzzer* untuk mengusir hama dan lampu LED sebagai indikator. Penjelasan alur kerja sistem disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Sistem Monitoring Hama Berang-Berang

Sesuai Gambar 2, prinsip kerja dari sistem dimulai dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor PIR mengambil data untuk diproses oleh ESP32. Sensor ultrasonik HC-SR04 mendeteksi adanya hama berdasarkan jarak, sedangkan sensor PIR mendeteksi adanya hama berdasarkan pancaran inframerah. Ketika sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor PIR mendeteksi adanya hama, maka *buzzer* akan diaktifkan untuk mengusir keberadaan hama tersebut, kemudian sistem akan mengirimkan pesan kepada pengguna melalui aplikasi Telegram. Di dalam Telegram terdapat fitur khusus pemberitahuan sekaligus mengendalikan secara otomatis melalui sebuah virtual robot dengan memanfaatkan bot API (*Application Programming Interface*)[13]. Dengan adanya fitur tersebut, sistem monitoring ini menjadi lebih responsif dan efisien.

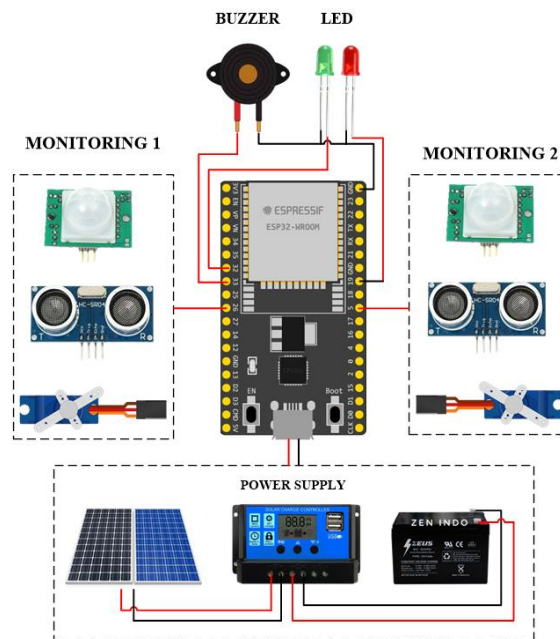


Gambar 3. Desain Perancangan di Lapangan

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi dari desain perancangan sistem di lapangan, terlihat bahwa sensor ditempatkan di bagian barat tengah tambak untuk memaksimalkan pemindaian hama, sehingga seluruh area tambak yang rawan dilewati berang-berang terpantau dengan baik. Sensor ini diposisikan menghadap jalur akses dan tambak bertujuan untuk mencegah masuknya berang-berang ke area tambak serta mengusir jika berang-berang terlanjur masuk tambak.

## 2.2. Perancangan *Hardware*

Pada bagian ini, desain *hardware* dirancang untuk mengetahui tata letak komponen dan memastikan komponen terhubung dengan tepat agar sistem dapat bekerja secara optimal dan sesuai. Adapun perancangan desain *hardware* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Perancangan *Hardware*

Untuk tata letak pin lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Tata Letak Desain Perancangan *Hardware*

| Komponen Input   | Pin ESP32                    | Komponen Output | Pin ESP32 |
|------------------|------------------------------|-----------------|-----------|
| Sensor HC-SR04 1 | - Trig : G25<br>- Echo : G27 | Buzzer          | G33       |
| Sensor HC-SR04 2 | - Trig : G16<br>- Echo : G4  | LED 1           | G32       |
| Sensor PIR 1     | G12                          | LED 2           | G19       |
| Sensor PIR 2     | G2                           | Motor Servo 1   | G13       |
| Power Supply     | V.in                         | Motor Servo 2   | G0        |

Dari Tabel 1 terdapat daftar komponen *input* dan *output* sistem beserta pin ESP32 yang digunakan untuk menghubungkan masing-masing komponen. Berdasarkan Tabel 1 sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki dua pin yang dihubungkan ke ESP32 yaitu, pin *Trigger (Trig)* untuk memulai pengukuran dan pin *Echo* untuk menerima pantulan ultrasonik[14] yang terhubung pada pin G25 dan G27. Hal itu dikarenakan sensor ultrasonik membutuhkan komunikasi dua arah dengan ESP32, sedangkan komponen lainnya memiliki satu pin saja, yang mana data dikirim langsung setelah sensor mendeteksi suatu perubahan.

### 2.3. Perancangan Panel Surya

Perancangan panel surya meliputi perhitungan kebutuhan daya sistem untuk menentukan kapasitas panel surya dan baterai selama pemakaian satu hari. Penentuan ini sangat penting karena berpengaruh terhadap tingkat efisiensi dan keefektifan panel surya sebagai catu daya pada sistem ini. Untuk perhitungan kebutuhan daya sistem menggunakan persamaan (1).

$$Wh = P \times h \tag{1}$$

Keterangan

Wh = Daya Pemakaian per hari (Watt *hours*)

P = Daya beban yang dipakai (Watt)

h = Lama pemakaian per jam (jam)

Tabel 2. Kebutuhan Daya Sistem

| No.          | Komponen       | Daya (Watt) | Pemakaian (Jam) | Jumlah | Total Daya (Wh) |
|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------|-----------------|
| 1.           | Sensor HC-SR04 | 0,1         | 12              | 4      | 4,8             |
| 2.           | Sensor PIR     | 0,1         | 12              | 2      | 2,4             |
| 3.           | Motor Servo    | 1,25        | 12              | 2      | 30              |
| 4.           | Buzzer         | 0,15        | 0.16            | 1      | 0,024           |
| 5.           | LED            | 0,1         | 12              | 2      | 2,4             |
| Total Daya : |                |             |                 |        | 36,624          |

Informasi yang disajikan dalam Tabel 2 mencakup kebutuhan daya beban sistem yang diasumsikan pemakaian 12 jam sesuai perhitungan persamaan (1) diatas. Setelah mengetahui jumlah daya yang dibutuhkan sistem, langkah selanjutnya adalah menentukan kapasitas panel surya. Di Indonesia rata-rata penyerapan matahari yang optimal berlangsung selama 5 jam per hari[15], sehingga kapasitas panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$Wp = \frac{Wh}{t} \tag{2}$$

Keterangan

Wp = Kapasitas panel surya (Watt *peak*)

Wh = Daya Pemakaian per hari (Watt *hours*)

t = Lama penyinaran matahari optimal per hari (jam)

Menurut hasil perhitungan menggunakan persamaan (2), dengan penyinaran matahari optimal selama 5 jam, penelitian ini membutuhkan kapasitas panel surya sebesar 7,3 Wp untuk memenuhi kebutuhan daya sistem sebesar 36,624 Wh. Namun, sistem dirancang menggunakan panel surya sebesar 10 Wp untuk memenuhi kebutuhan daya beban jika panel bekerja maksimal.

Selain menentukan kapasitas panel surya, diperlukan penentuan kapasitas baterai untuk menyimpan energi yang berasal dari penyerapan panel surya. Perhitungan kapasitas baterai untuk sistem ini dihitung menggunakan persamaan (3) sebagai berikut.

$$Ah = \frac{Wh}{v} \tag{3}$$

**Keterangan**

- Ah = Kapasitas baterai (Ampere hours)
- Wh = Daya Pemakaian per hari (Watt hours)
- V = Tegangan baterai (Volt)

Hasil perhitungan menggunakan persamaan (3) menunjukkan bahwa penelitian ini membutuhkan kapasitas baterai sebesar 3,052 Ah dengan daya pemakaian per hari sebesar 36,624 Wh dan tegangan baterai sebesar 12 Volt. Oleh karena itu, untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik diperlukan baterai sebesar 12 V 5 Ah.

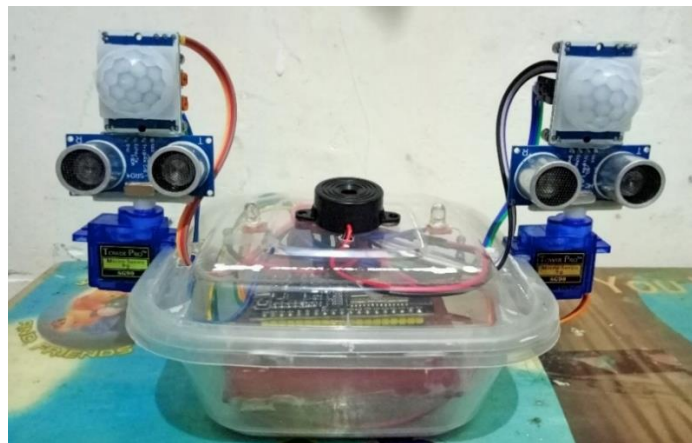
**2.4. Perhitungan Efektivitas Sistem**

Keefektifan sistem dapat dilihat dari berapa kali alat memberikan output yang sesuai saat mendeteksi berang-berang. Untuk mengetahui seberapa efektif alat terhadap pengaruh keberadaan berang – berang, digunakan pendekatan kuantitatif melalui perhitungan dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Efektivitas Alat (\%)} = \frac{\text{Jumlah berang-berang yang terdeteksi}}{\text{Total percobaan}} \times 100 \tag{4}$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

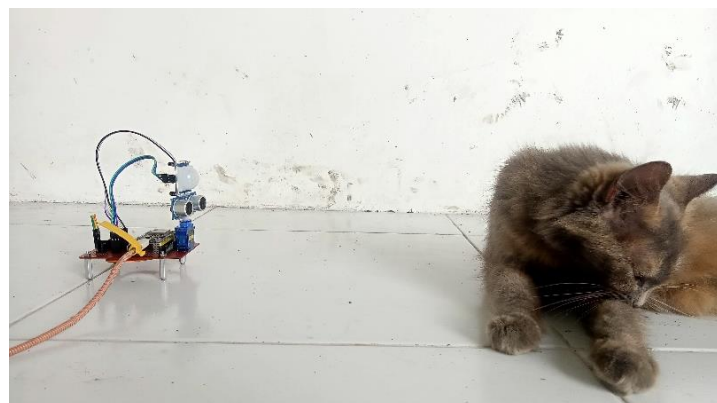
Setelah pembuatan alat selesai, langkah berikutnya adalah pengujian alat tersebut. Dalam proses pengujian ini, beberapa aspek yang dianalisis meliputi pengujian sensor ultrasonik, sensor PIR, panel surya, serta pengujian secara keseluruhan dan sistem Telegram. Hasil prototipe perancangan sistem disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Prototipe Perancangan Sistem

**3.1. Pengujian Sensor**

Pengujian sensor dibagi menjadi dua bagian yakni pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor PIR. Pengujian ini dilakukan 9 kali dengan pengambilan data reaksi sensor terhadap objek yang terdeteksi. Tujuan dari pengujian tersebut yaitu untuk mengetahui kinerja sensor sesuai fungsi atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil deteksi sensor terhadap nilai aktualnya. Pengujian sensor disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Pengujian Sistem

Data yang diambil dari pengujian ini adalah reaksi sensor terhadap suatu objek. Objek yang digunakan berupa kucing. Hasil data pengujian sensor ultrasonik dan sensor PIR ditunjukkan Tabel 3 dan Tabel 4. Untuk mencari nilai eror pada pengujian digunakan persamaan (5).

$$Error (\%) = \frac{(Nilai \text{ Aktual} - Nilai \text{ Sensor})}{Nilai \text{ Aktual}} \times 100 \quad (5)$$

Tabel 3. Data Pengujian Sensor HC-SR04

| No.             | Sensor HC-SR04 | Aktual (cm) | Error (%) |
|-----------------|----------------|-------------|-----------|
| 1.              | 10.00          | 10.05       | 0.498     |
| 2.              | 50.00          | 50.13       | 0.259     |
| 3.              | 100.00         | 100.09      | 0.090     |
| 4.              | 150.00         | 150.25      | 0.166     |
| 5.              | 200.00         | 200.15      | 0.075     |
| 6.              | 250.00         | 250.20      | 0.080     |
| 7.              | 300.00         | 300.10      | 0.033     |
| 8.              | 350.00         | 350.00      | 0.000     |
| 9.              | 400.00         | 400.50      | 0.125     |
| Rata-Rata Error |                |             | 0.147     |

Sesuai Tabel 3, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai jarak yang terdeteksi sensor ultrasonik HC-SR04 dengan nilai jarak aktual memiliki rata-rata eror sebesar 0,147% yang artinya sensor HC-SR04 dinyatakan akurat. Hal ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh M. Zikri et al (2022) bahwa sensor HC-SR04 mampu mendeteksi hingga jarak 4 meter dengan baik[16].

Tabel 4. Data Pengujian Sensor PIR

| No.             | Sensor PIR | Aktual (cm) | Error (%) |
|-----------------|------------|-------------|-----------|
| 1.              | 10.00      | 10.00       | 0.000     |
| 2.              | 50.00      | 50.02       | 0.040     |
| 3.              | 100.00     | 100.06      | 0.060     |
| 4.              | 150.00     | 150.00      | 0.000     |
| 5.              | 200.00     | 200.10      | 0.050     |
| 6.              | 250.00     | 250.05      | 0.020     |
| 7.              | 300.00     | 300.04      | 0.013     |
| 8.              | 350.00     | 350.03      | 0.009     |
| 9.              | 400.00     | 400.00      | 0.000     |
| Rata-Rata Error |            |             | 0.021     |

Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa perbandingan jarak yang terdeteksi oleh sensor PIR dengan jarak aktual memiliki rata-rata eror sebesar 0,021% yang berarti sensor PIR dinyatakan akurat. Ditinjau dari penelitian yang dilakukan oleh Dilan et al (2024), sensor PIR hanya mampu mendeteksi jarak 1-2 meter saja[17]. Sedangkan, pada penelitian ini sensor mampu mendeteksi hingga jarak 4 meter.

Pada sistem ini, penggunaan sensor ultrasonik dan sensor PIR dimaksudkan untuk meningkatkan kinerja dan akurasi dalam proses deteksi. Sensor ultrasonik bekerja dengan memanfaatkan pantulan gelombang suara untuk mendeteksi keberadaan objek secara lurus di depan sensor. Mekanisme ini menjadikan sensor ultrasonik sangat presisi dalam mengukur jarak secara langsung ke arah tertentu. Di sisi lain, sensor PIR memiliki cakupan sudut deteksi yang luas yaitu mencapai 110° sehingga memungkinkan sensor memantau area yang lebih lebar. Korelasi kedua sensor ini sangat penting karena dapat mengurangi kesalahan deteksi dan meningkatkan responsifitas dalam mengaktifkan *buzzer*.

### 3.2. Pengujian Panel Surya

Pada tahap pengujian kedua adalah pengujian panel surya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu, suhu serta kondisi cuaca yang memungkinkan panel surya menyerap energi secara maksimal. Pengujian panel surya disajikan pada Gambar 7.



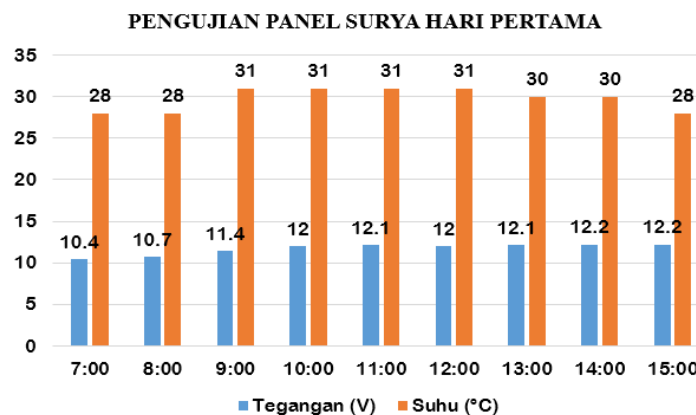
Gambar 7. Pengujian Panel Surya

Pengujian dilakukan 2 kali dengan pengambilan data setiap 1 jam sekali. Untuk pengujian hari pertama dilakukan pada tanggal 10 Februari 2025, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Panel Surya Hari Pertama

| Tanggal   | Pukul (WIB) | Tegangan (V) | Cuaca   | Suhu (°C) |
|-----------|-------------|--------------|---------|-----------|
| 10/2/2025 | 07.00       | 10,4         | Mendung | 26°       |
|           | 08.00       | 10,7         | Berawan | 28°       |
|           | 09.00       | 11,4         | Berawan | 28°       |
|           | 10.00       | 12,0         | Berawan | 31°       |
|           | 11.00       | 12,1         | Berawan | 31°       |
|           | 12.00       | 12,0         | Mendung | 28°       |
|           | 13.00       | 12,1         | Mendung | 28°       |
|           | 14.00       | 12,2         | Berawan | 28°       |
|           | 15.00       | 12,2         | Berawan | 31°       |

Dari pengujian panel surya pada hari pertama tanggal 10 Februari 2025, pengukuran dilakukan pukul 07.00 hingga 15.00 WIB. Pengukuran tersebut menghasilkan nilai tegangan terendah yaitu 10,4V saat cuaca mendung dan nilai tegangan tertinggi mencapai 12,2V saat cuaca berawan dengan suhu 31°C. Dapat dilihat grafik perbandingan antara tegangan dan suhu sepanjang waktu pengukuran hari pertama pada Gambar 8.



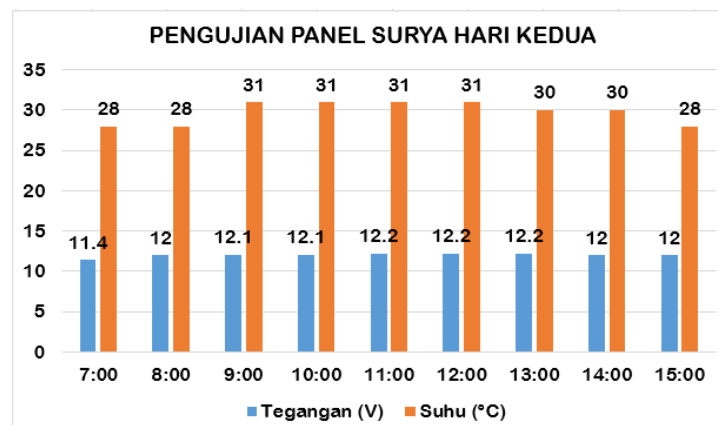
Gambar 8. Grafik Pengujian Panel Surya Hari Pertama

Sedangkan, pengujian kedua dilakukan tanggal 11 Februari 2025, untuk hasil pengujian hari kedua dapat dilihat pada Tabel 6. Pengujian panel surya hari kedua menghasilkan penyerapan energi yang lebih stabil berkisar antara 12-12,2V. Hal tersebut terjadi pukul 09.00 s.d 13.00 WIB saat cuaca cerah dengan suhu 31°C. Dilihat dari Tabel 6, nilai tegangan terendah yaitu 11,4V saat cuaca mendung dengan suhu 28°C dan nilai tegangan tertinggi yaitu 12,2V saat cuaca cerah dengan suhu 31°C.

Tabel 6. Pengujian Panel Surya Hari Kedua

| Tanggal   | Pukul (WIB) | Tegangan (V) | Cuaca   | Suhu (°C) |
|-----------|-------------|--------------|---------|-----------|
| 11/2/2025 | 07.00       | 11,4         | Mendung | 28°       |
|           | 08.00       | 12,0         | Berawan | 28°       |
|           | 09.00       | 12,1         | Cerah   | 31°       |
|           | 10.00       | 12,1         | Cerah   | 31°       |
|           | 11.00       | 12,2         | Cerah   | 31°       |
|           | 12.00       | 12,2         | Cerah   | 31°       |
|           | 13.00       | 12,2         | Cerah   | 30°       |
|           | 14.00       | 12,0         | Mendung | 30°       |
|           | 15.00       | 12,0         | Mendung | 28°       |

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa adanya korelasi antara kondisi cuaca dengan tegangan yang diserap oleh panel surya, yang mana nilai tegangan cenderung tinggi saat cuaca cerah dan suhu tinggi, namun tegangan akan mengalami penurunan ketika cuaca mendung dengan suhu rendah di pagi dan sore hari. Grafik perbandingan tegangan dan suhu pada pengujian hari kedua dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengujian Panel Surya Hari Kedua

### 3.3. Pengujian Keseluruhan

Pengujian terakhir yaitu pengujian keseluruhan sistem. Pengujian ini dilakukan di tambak Sidayu, tepatnya berada di Desa Purwodadi, Sidayu, Kabupaten Gresik. Tujuannya adalah untuk memastikan kinerja sistem sesuai dengan yang diharapkan serta sinkronisasi antara *hardware* dan *software* pada sistem ini.



Gambar 10. Pengujian Alat di Tambak

Dari Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian alat secara nyata di lapangan. Dapat dilihat bahwa panel surya diletakkan menghadap matahari langsung sebagai sumber listrik sistem. Di sisi lain, sensor diletakkan di pinggir tambak dan terhubung ke panel surya melalui kabel 11 meter.



Gambar 11. Penempatan Panel Surya di Tambak

Gambar 11 menunjukkan instalasi panel surya di area tambak. Panel diletakkan menghadap ke arah timur agar memaksimalkan proses penyerapan energi di pagi sampai siang hari.



Gambar 12. Penempatan Sensor di Tambak

Gambar 12 menunjukkan penempatan sensor di pinggir tambak. Sensor diletakkan sedikit lebih rendah dan dekat dengan permukaan air agar tidak mengganggu jalur akses pemilik tambak.

Tabel 7. Hasil Pengujian Alat

| Tanggal   | Pukul (WIB) | Monitor 1 |      | Monitor 2 |      | Jumlah | Buzzer |
|-----------|-------------|-----------|------|-----------|------|--------|--------|
|           |             | HC-SR04   | PIR  | HC-SR04   | PIR  |        |        |
| 20/2/2025 | 02.29       | 0         | low  | 234       | high | 1      | high   |
|           | 02.37       | 150       | high | 0         | low  | 1      | high   |
|           | 02.42       | 128       | low  | 0         | low  | 0      | low    |
|           | 03.24       | 197       | low  | 289       | high | 1      | high   |
|           | 03.28       | 0         | low  | 79        | high | 1      | high   |
|           | 03.29       | 30        | low  | 361       | high | 1      | high   |

Dari Tabel 7 terlihat bahwa sensor HC-SR04 akan mencatat jarak objek dan sensor PIR berstatus *high* jika mendeteksi berang-berang. Ketika sensor HC-SR04 tidak mendeteksi apapun, maka sensor PIR berstatus

*low*. Buzzer akan aktif jika salah satu sensor mendeteksi adanya objek, baik pada sistem monitoring 1 maupun 2. Selain itu, ketika sensor HC-SR04 berhasil mendeteksi jarak namun sensor PIR berstatus *low* berarti objek tersebut bukan berang-berang sehingga *buzzer* tetap aktif *low*. Pada Tabel 7 menunjukkan jumlah berang-berang yang terdeteksi dalam satu waktu. Untuk itu sesuai persamaan (4), dapat dihitung efektivitas alat dalam mencegah hama sebagai berikut.

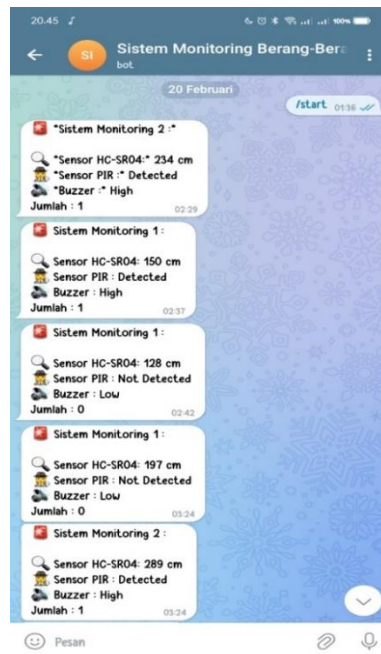
Diketahui,

- Jumlah berang-berang yang terdeteksi = 5 ekor (ditandai dengan *buzzer* aktif *high*)
- Total percobaan terdeteksi berang-berang = 6 kali, maka :

$$\text{Efektivitas Alat (\%)} = \frac{5}{6} \times 100 = 83,33\%$$

Sesuai data Tabel 7, diasumsikan bahwa terjadi serangan hama sebanyak 6 ekor perharinya. Dengan menggunakan alat ini, sebanyak 5 ekor hama berhasil dideteksi dan dicegah masuk ke tambak sehingga hanya 1 ekor yang berhasil lolos. Efektivitas alat dalam mengurangi serangan hama sebesar 83,33% ini dihitung berdasarkan berdasarkan pengamatan terhadap 6 ekor hama (jumlah data terbatas). Efektivitas alat dapat meningkat apabila jumlah data yang diamati semakin banyak sehingga persentase keberhasilan dan keakuratan akan semakin tinggi.

Data yang dihasilkan dari sistem saat mendeteksi adanya berang-berang akan dikirim menuju Telegram dalam bentuk notifikasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.




Gambar 13. Hasil Monitoring Data Pengujian di Telegram

Adapun fitur *chatbot* yang diintegrasikan dengan ESP32 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perintah *ChatBot*

| Perintah <i>ChatBot</i> | Fungsi Perintah    | Respon <i>ChatBot</i>  |
|-------------------------|--------------------|--|
| <code>/start</code>     | Untuk memulai chat |  |

| Perintah ChatBot | Fungsi Perintah  | Respon ChatBot   |
|------------------|--|--|
| /status          | Untuk menampilkan semua data monitoring sistem secara <i>real-time</i> |  |

Dari seluruh pengujian diatas menunjukkan sistem berjalan sesuai prinsip kerjanya. Dengan memanfaatkan bot Telegram yang dapat mengirimkan notifikasi sekaligus perintah untuk monitoring tambak secara *real-time* terbukti efektif.

#### 4. KESIMPULAN

Pembacaan sensor HC-SR04 dan sensor PIR terbukti akurat dalam mendeteksi objek hingga jarak 4 meter dengan rata-rata eror kurang dari 0,2% dibandingkan dengan jarak aktual. Integrasi sistem dengan Telegram juga terbukti berhasil yang mana Telegram memberikan notifikasi dan dapat melakukan monitoring jarak jauh secara *real-time* melalui *chatbot*. Selain itu, panel surya sebagai catu daya terbukti efektif dengan penyerapan energi maksimal pada cuaca cerah dengan suhu 31°C yang menghasilkan nilai tegangan tertinggi yaitu 12,2V. Oleh karena itu, memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada sumber listrik konvensional.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa sistem monitoring pengendali hama berang-berang menggunakan Telegram berbasis tenaga surya beroperasi dengan baik dengan efektivitas alat dalam mengurangi keberadaan hama sebesar 83,33% dihitung berdasarkan data 6 ekor hama (data kecil). Efektivitas alat dapat meningkat apabila jumlah data yang diamati semakin banyak sehingga persentase keberhasilan dan keakuratan akan semakin tinggi. Namun, pengujian sistem ini belum dilakukan secara menyeluruh dalam skala besar. Selain itu, sensor yang digunakan memiliki jangkauan terbatas hingga 4 meter dan tidak memiliki ketahanan terhadap air, mengingat habitat berang-berang berada di area perairan. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan sensor dengan jangkauan deteksi yang lebih luas dan tahan terhadap kondisi lingkungan basah, serta memperbanyak jumlah data observasi agar hasil pengukuran lebih akurat dan efisiensi kinerja alat mencapai hasil yang maksimal.

#### REFERENCE

- [1] S. Y. Prasetya, I. K. Somawirata, A. Soetedjo, and R. P. M. D. L., "Sistem Deteksi Hama Pada Kolam Budidaya Ikan Berbasis Audio dan Video," *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 119–129, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i2.911.
- [2] K. K. dan Perikanan, "Surplus Ekspor Perikanan Melonjak Jadi Kado Spesial HUT Ke-25 KKP," in *Oktober*, Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2024. [Online]. Available: <https://kkp.go.id/news/news-detail/surplus-ekspor-perikanan-melonjak-jadi-kado-spesial-hut-ke-25-kkp-ROQY.html>
- [3] I. Ramadhani and H. Ariefi, "Analisis Usaha Budidaya Ikan Lele ( *Clarias sp* ) Pada Kelompok Budidaya di Kampung Buana Bakti Kecamatan Kerinci Kanan Kabupaten Siak," *J. Sos. Ekon. PESISIR*, vol. 2, no. 4, pp. 17–25, 2021.
- [4] M. Bowden-Parry, E. Postma, and N. J. Boogert, "Effects of food type and abundance on begging and sharing in Asian small-clawed otters (*Aonyx cinereus*)," *PeerJ*, vol. 8, 2020, doi: 10.7717/peerj.10369.
- [5] R. Simanjuntak, "KONFLIK BERANG-BERANG (SUBFAMILI : LUTRINAE) DENGAN PETANI IKAN AIR TAWAR DI KOTA PADANG," Universitas Andalas, 2019. [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/48297>
- [6] D. Ngadirejo, "Perancangan alat pengusir hama pertanian menggunakan gelombang frekuensi berbasis nodemcu di desa ngadirejo kecamatan widang," *Pros. Senakama*, vol. 2, pp. 713–722, 2023.
- [7] Nonik Silvia Agustin, K. Joni, Diana Rahmawati, and A. K. Saputro, "Microcontroller-based Bird Pest Repellent in Rice Plants," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i1.762.
- [8] A. Wagyana and Rahmat, "Prototype Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)," *J. Ilm. Setrum*, vol. 8, no. 1, pp. 238–247, 2019.
- [9] M. Nizam, H. Yuana, F. T. Informasi, U. Islam, B. Blitar, and M. D. Switch, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022.
- [10] R. Al Hayubi, S. Aulia, and D. A. Gunawan, "Implementasi Sistem Penggerak Servo SG 90 Berbasis Arduino Uno dengan Kontrol Sudut Dinamis," *Mars J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 6, pp. 130–140, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/mars.v2i6.535>.

- [11] U. M. Tyas *et al.*, “Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital,” *J. Pendidik. dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [12] D. A. N. Kontrol, K. Air, and M. Esp, “Telegram untuk monitoring dan kontrol kualitas air menggunakan esp32,” *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 9, no. 3, pp. 1292–1306, 2024, doi: <https://doi.org/10.29100/jupi.v9i3.5329>.
- [13] Haripuddin, E. S. Rahman, Massikki, and M. I. Burhan, “SMART HOME BERBASIS IoT MENGGUNAKAN TELEGRAM MESSENGER,” *J. MEDIA Elektr.*, vol. 20, no. 2, pp. 8–13, 2023.
- [14] D. Abreu, J. Toledo, and B. Codina, “Low-Cost Ultrasonic Range Improvements for an Assistive Device,” *MDPI*, no. 12, pp. 1–24, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/s21124250>.
- [15] J. P. Senaen, A. Rampengan, and F. Tumimomor, “Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya Di Universitas Negeri Manado,” *J. Arjuna Publ. Ilmu Pendidikan, Bhs. dan Mat.*, vol. 1, no. 6, pp. 220–231, 2023, doi: <https://doi.org/10.61132/arjuna.v1i6.327>.
- [16] M. H.M.Zikri, I.Muhammad, “Perancangan Perangkat Keras Alat Pengusir Hama Burung menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino Uno,” *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 7, no. 4, pp. 945–953, 2022.
- [17] A. Nurfauzan, Ruslan, and Sanatang, “Pengembangan Alat Pengusir Hama Tikus di Lahan Persawahan Menggunakan Sensor PIR dan Penguatan Ultrasonik untuk Petani,” *INTEC J. Inf. Technol. Educ. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 12–19, 2023.

