

# Penerapan Internet Of Things (IoT) Pada Sistem Pengusir Hama Realtime Control dengan Thingsboard

<sup>1</sup>Hermin Susilo, <sup>2</sup>Riva Abdillah Aziz, <sup>3</sup>Maman Firmansyah

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Universitas Saintek Muhammadiyah, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Manajemen, Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Sistem Informasi, Institut Bisnis Nusantara, Jakarta, Indonesia

\*Korespondensi: [riva.raz@bsi.ac.id](mailto:riva.raz@bsi.ac.id)

Submit : 30 Jan 2026 | Diterima : 12 Mei 2026 | Terbit : 18 Mei 2026

## ABSTRACT

*Rat and grasshopper pest attacks on ornamental plants in greenhouse environments can reduce productivity by up to 80%. The massive use of chemical pesticides has a negative impact on the ecosystem, so more environmentally friendly alternative solutions are needed. This research aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based pest repellent system using an ESP32 microcontroller. This system integrates a Passive Infrared (PIR) sensor to detect pest movement, a Light Dependent Resistor (LDR) sensor to determine operational conditions, and four ultrasonic actuator units as pest repellents. In addition, the system is equipped with temperature and humidity sensors for real-time environmental monitoring through a cloud platform. Test results show that the sensor has a detection range of 5 meters with a coverage area of 78.53 m<sup>2</sup>, while the ultrasonic actuator can cover an area of up to 1200 m<sup>2</sup>. The system has a very fast actuator activation response, which is 0.12 seconds after pests are detected, with an average time for pests to move away from the target area within 4 seconds. The implementation of this system has proven effective in automatically detecting and repelling pests, while also supporting the concept of a sustainable smart greenhouse.*

**Keywords:** ESP32, Greenhouse, IoT, Pest, Ultrasonic.

## ABSTRAK

Serangan hama tikus dan belalang pada tanaman hias di lingkungan greenhouse dapat menurunkan produktivitas hingga 80%. Penggunaan pestisida kimia secara masif berdampak buruk bagi ekosistem, sehingga diperlukan solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengusir hama berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini mengintegrasikan sensor Passive Infrared (PIR) untuk mendeteksi pergerakan hama, sensor Light Dependent Resistor (LDR) sebagai penentu kondisi operasional, serta empat unit aktuator ultrasonik sebagai pengusir hama. Selain itu, sistem dilengkapi sensor suhu dan kelembaban untuk pemantauan kondisi lingkungan secara real-time melalui platform cloud. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor memiliki jangkauan deteksi sejauh 5 meter dengan luas cakupan 78,53 m<sup>2</sup>, sementara aktuator ultrasonik mampu menjangkau area hingga 1200 m<sup>2</sup>. Sistem memiliki respon aktivasi aktuator yang sangat cepat, yaitu 0,12 detik setelah hama terdeteksi, dengan rata-rata waktu hama menjauhi area sasaran dalam 4 detik. Implementasi sistem ini terbukti efektif dalam mendeteksi dan mengusir hama secara otomatis, sekaligus mendukung konsep smart greenhouse yang berkelanjutan.

**Kata Kunci:** ESP32, Greenhouse, Hama, IoT, Ultrasonik.

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian, khususnya budidaya tanaman hias di lingkungan greenhouse, masih menghadapi berbagai permasalahan serius, salah satunya adalah serangan hama. Hama seperti tikus dan belalang merupakan organisme pengganggu tanaman yang memiliki tingkat mobilitas tinggi dan kemampuan adaptasi yang baik, sehingga sulit dikendalikan. Serangan kedua jenis hama tersebut dapat menyebabkan kerusakan fisik pada tanaman, menurunkan kualitas

estetika, bahkan mengakibatkan penurunan produktivitas hingga mencapai 80% apabila tidak dilakukan pengendalian secara efektif.

Upaya pengendalian hama yang umum dilakukan oleh petani masih didominasi oleh penggunaan pestisida kimia. Meskipun relatif efektif dalam jangka pendek, penggunaan pestisida secara berlebihan menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan manusia, serta kerusakan ekosistem di sekitar area pertanian. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan dalam mengendalikan hama di lingkungan greenhouse.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar dalam penerapan sistem otomasi pertanian berbasis sensor dan aktuator cerdas. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT adalah ESP32, yang telah dilengkapi dengan kemampuan pemrosesan data yang tinggi serta konektivitas nirkabel. Dengan memanfaatkan ESP32, sistem pengendalian hama dapat dirancang untuk bekerja secara otomatis, real-time, dan terintegrasi dengan layanan cloud sehingga memudahkan proses monitoring jarak jauh.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengusir hama tikus dan belalang berbasis ESP32 yang diterapkan pada lingkungan greenhouse. Sistem ini memanfaatkan kombinasi sensor Passive Infrared (PIR) untuk mendeteksi pergerakan hama, sensor Light Dependent Resistor (LDR) untuk menentukan kondisi siang dan malam, serta aktuator berupa gelombang ultrasonik sebagai media pengusir hama. Selain itu, sistem dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban serta antarmuka tampilan dan monitoring berbasis cloud guna mendukung konsep smart greenhouse.

Diharapkan dengan adanya sistem ini, pengendalian hama dapat dilakukan secara lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Implementasi sistem pengusir hama berbasis ESP32 ini juga diharapkan dapat menjadi solusi inovatif yang mendukung peningkatan produktivitas dan keberlanjutan pertanian modern.

### Pendahuluan & Kajian Teori

Pengendalian hama merupakan tantangan terbesar bagi petani tanaman hias. Serangan hama tikus dan belalang mampu menyebabkan turunnya produksi tanaman hias hingga 80%. Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan konsep Smart Green House dengan mengusung tema Rancang Bangun Sistem Pengusir Hama (Tikus dan Belalang) Berbasis ESP32 untuk menurunkan populasi hama tikus dan belalang pada tanaman hias.



Gambar 1 Kaktus yang rusak karena hama

Prinsip kerja sistem ini adalah mengganggu sistem pendengaran hama yang berada di area jangkauan alat. Sistem ini menggunakan mikrokontroler atmega328 dengan board ESP32. Sistem ini dilengkapi sensor Light Dependent Resistor (LDR) sebagai penentu kondisi aktif masing-masing sensor pendeteksi hama, dalam perangkat ini menggunakan Passive Infrared Resistor (PIR) dan untuk aktuator yang digunakan adalah ultrasonic sebanyak 4 (empat) unit. Aktuator dan sensor dipasang pada langit-langit ruangan bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja sistem dalam mendeteksi pergerakan hama dan mengusir hama tersebut menggunakan ultrasonic.

Aktuator sistem kendali mampu menjangkau 1200 m<sup>2</sup>, sedangkan sensor mampu mendeteksi keberadaan gangguan pada kisaran 78,53 m<sup>2</sup>. Jarak maksimal sensor dengan objek 5 (lima) meter. Sistem kendali dapat mengenali gangguan dan menyalakan aktuator sebesar 100%. Respon sistem kendali untuk mengaktifkan aktuator saat hama berada pada area sensor PIR adalah 0,12 detik. Rerata waktu hama menghindar dan menjauhi umpan karena pengaruh gelombang suara ultrasonik adalah 4 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem kendali telah mampu mendeteksi dan mengganggu hama tikus saat berada pada jangkauan sistem kendali.

## METODE PENELITIAN

Pengembangan perangkat lunak pada sistem monitoring *IoT* berbasis *ESP32* dilakukan menggunakan metode ***Rational Unified Process (RUP)***. Metode RUP dipilih karena memiliki tahapan yang terstruktur dan iteratif sehingga cocok digunakan dalam pengembangan sistem monitoring berbasis sensor dan *Internet of Things*. Sistem ini memanfaatkan beberapa sensor seperti *PIR* Sensor, *Ultrasonic* Sensor, *DHT22*, serta *LDR* Sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan dan mengirimkan data ke platform ThingsBoard menggunakan protokol *MQTT*.

### *Inception (Tahap Permulaan)*

Pada tahap inception dilakukan identifikasi kebutuhan sistem dan analisis masalah. Penelitian dimulai dengan menentukan tujuan sistem yaitu membangun sistem monitoring lingkungan dan deteksi gerakan berbasis *IoT* yang dapat dipantau secara realtime melalui komputer dan smartphone. Pada tahap ini ditentukan kebutuhan perangkat keras seperti *ESP32*, sensor *PIR*, sensor ultrasonik, *DHT22*, *LDR*, *LCD I2C*, *LED*, dan *buzzer*, serta kebutuhan perangkat lunak berupa *Arduino IDE*, koneksi *MQTT*, dan dashboard ThingsBoard. Selain itu dilakukan analisis kebutuhan pengguna terkait monitoring jarak, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta notifikasi alarm otomatis.

### *Elaboration (Tahap Perancangan)*

Tahap elaboration berfokus pada perancangan arsitektur sistem dan desain perangkat lunak. Pada tahap ini dibuat rancangan komunikasi antara sensor dengan *ESP32*, alur pengolahan data, serta pengiriman data menuju server *IoT* menggunakan protokol *MQTT/TCP-IP*. Perancangan antarmuka monitoring dilakukan menggunakan dashboard ThingsBoard agar data sensor dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan indikator realtime.

### *Construction (Tahap Konstruksi)*

Pada tahap construction dilakukan implementasi perangkat lunak dan integrasi seluruh komponen sistem. Pemrograman *ESP32* dilakukan menggunakan *Arduino IDE* dengan bahasa *C/C++*. Program dibuat untuk membaca data dari sensor *PIR*, ultrasonik, *DHT22*, dan *LDR* secara berkala. Selanjutnya *ESP32* memproses data tersebut untuk menentukan kondisi sistem, seperti mendeteksi gerakan atau objek pada jarak tertentu. Jika kondisi tertentu terpenuhi maka *LED* dan *buzzer* akan aktif sebagai notifikasi. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirim ke server ThingsBoard melalui koneksi *Wi-Fi* menggunakan *MQTT*. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian komunikasi data, pengujian tampilan *LCD*, serta pengujian dashboard monitoring pada komputer dan smartphone.

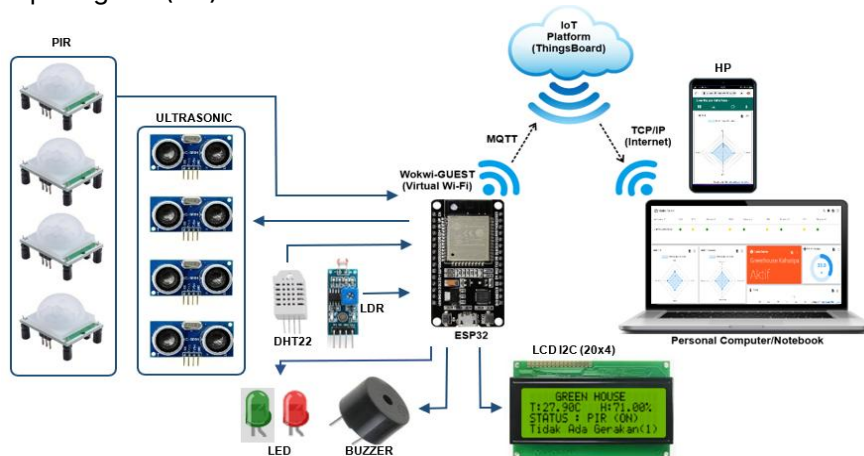
### *Transition (Tahap Implementasi dan Pengujian)*

Tahap transition merupakan tahap akhir berupa implementasi sistem secara keseluruhan dan pengujian langsung pada lingkungan pengguna. Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh sensor bekerja dengan baik, data dapat dikirim secara realtime, dan dashboard monitoring dapat diakses melalui perangkat mobile maupun komputer. Selain itu dilakukan evaluasi terhadap performa sistem seperti kecepatan pengiriman data, akurasi sensor, dan kestabilan koneksi internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring kondisi lingkungan dan deteksi gerakan secara realtime serta memberikan notifikasi melalui *LED*, *buzzer*, dan dashboard *IoT* dengan baik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Design Implementasi

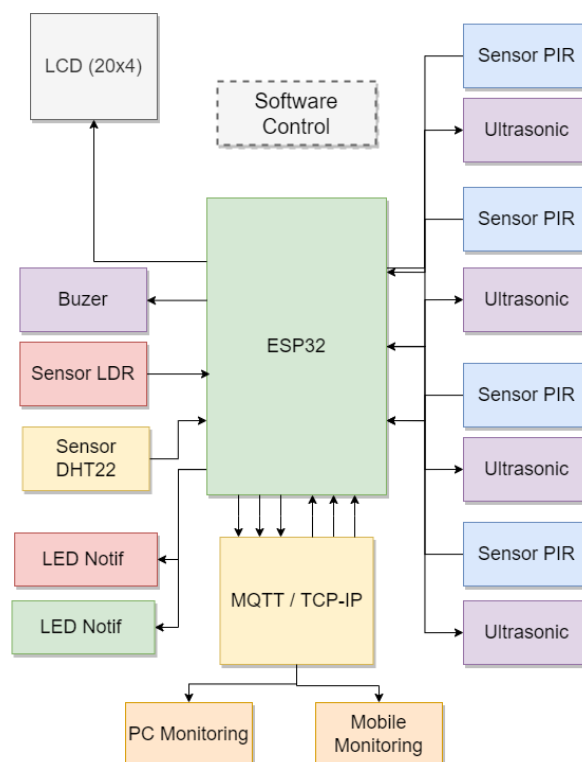
#### 1. Konsep Diagram (Riil)



Gambar 1. Konsep Diagram (a)

Sistem pada gambar 1. merupakan konsep diagram monitoring berbasis *IoT* menggunakan *ESP32* sebagai pusat pengendali yang menerima dan mengolah data dari beberapa sensor. *PIR* sensor berfungsi mendeteksi gerakan manusia berdasarkan pancaran inframerah, sedangkan Ultrasonic Sensor digunakan untuk mengukur jarak objek dengan metode pantulan gelombang *ultrasonik*. Perhitungan jarak dilakukan menggunakan rumus per dua dari jarak objek adalah kecepatan suara di udara (sekitar 343 m/s) dikali waktu tempuh gelombang *ultrasonik*.

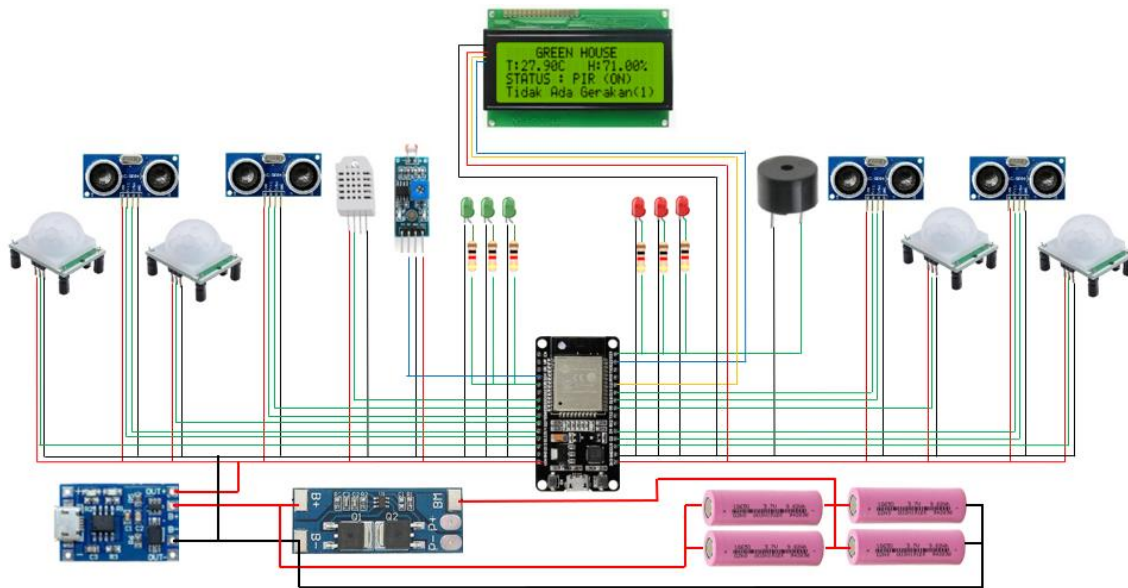
Selain itu, *DHT22* membaca suhu dan kelembapan udara, sementara *LDR* Sensor mendeteksi intensitas cahaya di lingkungan sekitar. Data dari seluruh sensor diproses oleh *ESP32* untuk kemudian mengontrol output seperti *LED* sebagai indikator visual dan *Buzzer* sebagai alarm suara. Informasi hasil pembacaan sensor juga ditampilkan secara langsung pada *LCD I2C 20x4* agar pengguna dapat memantau kondisi sistem secara lokal. Selanjutnya, *ESP32* mengirim data melalui jaringan *Wi-Fi* menggunakan protokol *MQTT* menuju platform *ThingsBoard* sehingga data dapat dimonitor secara realtime melalui komputer maupun smartphone yang terhubung ke internet.



Gambar 2. Konsep Diagram (b)

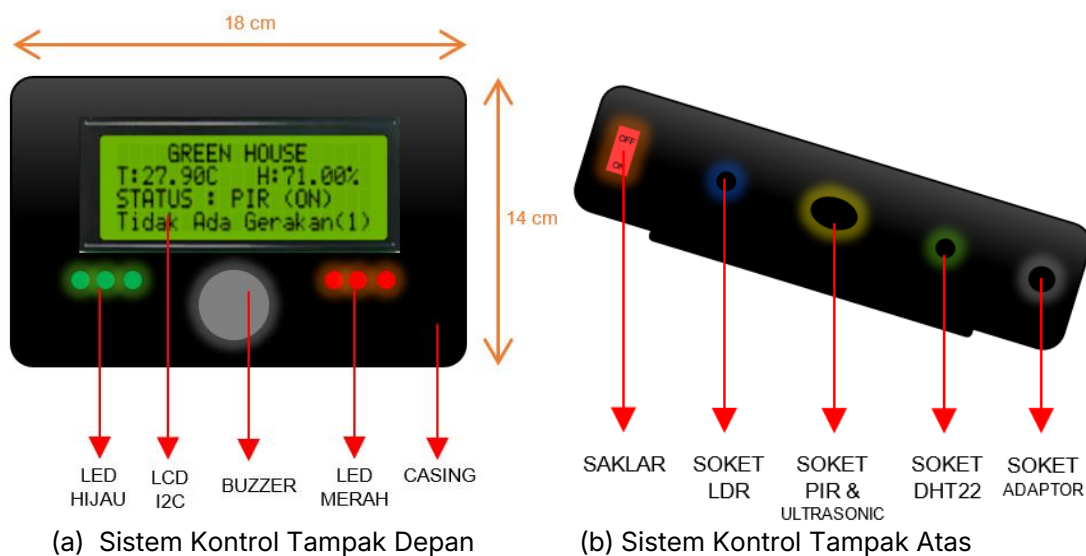
Gambar 2 tersebut konsep diagram blok sistem monitoring berbasis *IoT* dengan *ESP32* sebagai pusat kendali utama. *ESP32* menerima data dari beberapa sensor yang terdiri dari beberapa *PIR* Sensor untuk mendeteksi gerakan manusia dan beberapa Ultrasonic Sensor untuk mengukur jarak objek di beberapa titik area pemantauan. Selain itu, sistem juga menggunakan LDR Sensor untuk mendeteksi intensitas cahaya dan *DHT22* untuk membaca suhu serta kelembapan lingkungan. Semua data sensor diproses oleh *ESP32* sesuai program pada bagian software control. Hasil pemrosesan kemudian digunakan untuk mengaktifkan perangkat output seperti Buzzer sebagai alarm suara dan *LED* notifikasi sebagai indikator kondisi sistem. Informasi kondisi sensor dan status sistem juga ditampilkan pada *LCD I2C 20x4* sehingga pengguna dapat memantau data secara langsung. Selanjutnya, *ESP32* mengirimkan data melalui komunikasi *MQTT* atau *TCP/IP* ke sistem monitoring berbasis komputer dan perangkat mobile sehingga seluruh kondisi sistem dapat dipantau secara realtime melalui jaringan internet.

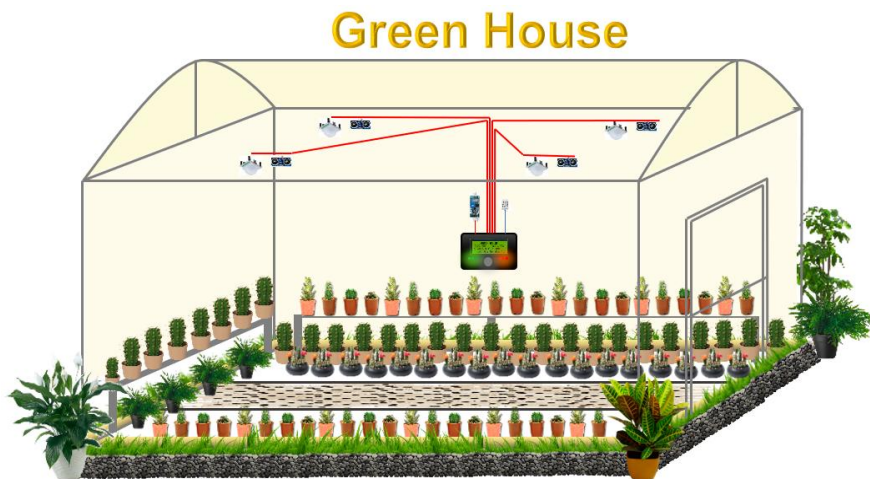
## 2. Wiring Diagram (Riil)



Gambar 3. Wiring Diagram (Riil)

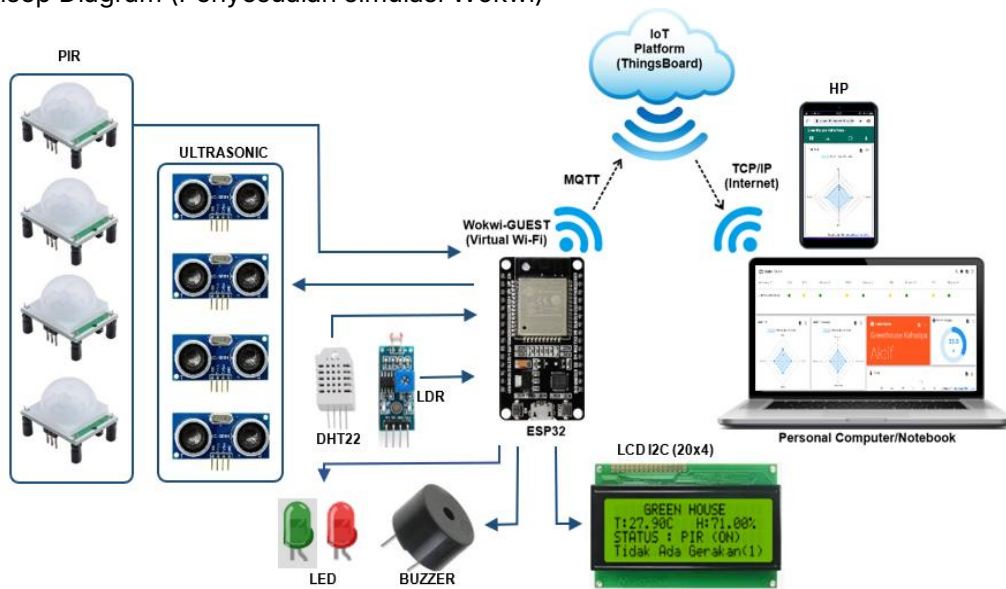
## 3. Design Implementasi





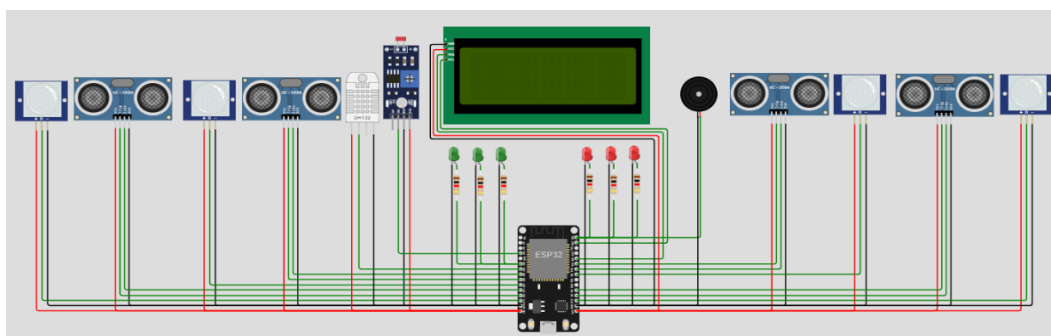
(c) Implementasi Rancang Bangun Sistem Pengusir Hama Berbasis ESP32 pada Green House.  
Gambar 4. Design Alat (3D View)

#### 4. Konsep Diagram (Penyesuaian simulasi Wokwi)



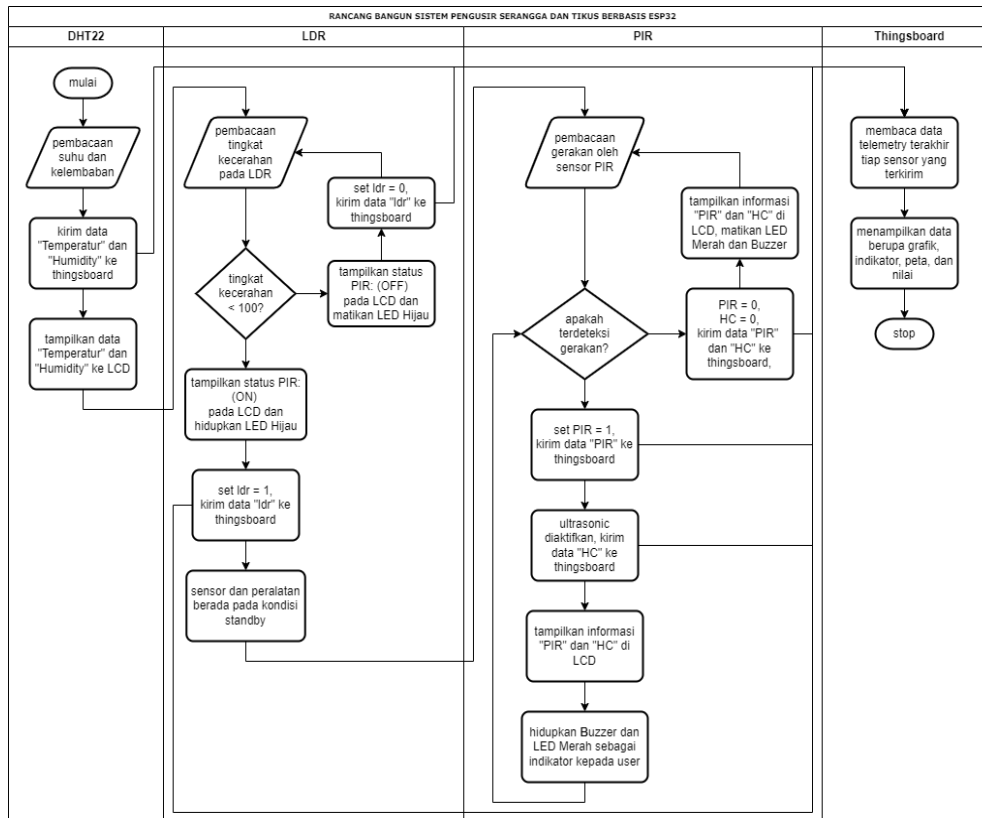
Gambar 5. Konsep Diagram (Simulasi Wokwi)

#### 5. Wiring pada Wokwi

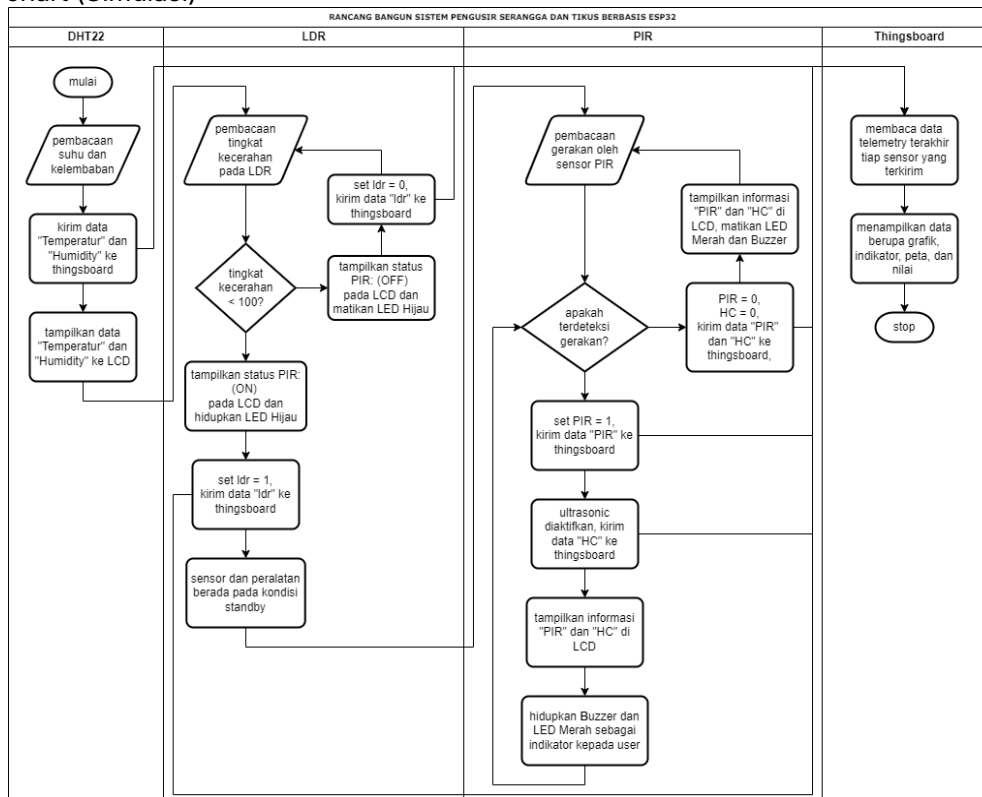


Gambar 6. Wiring Diagram (Wokwi)

## 6. Flowchart (Riil)



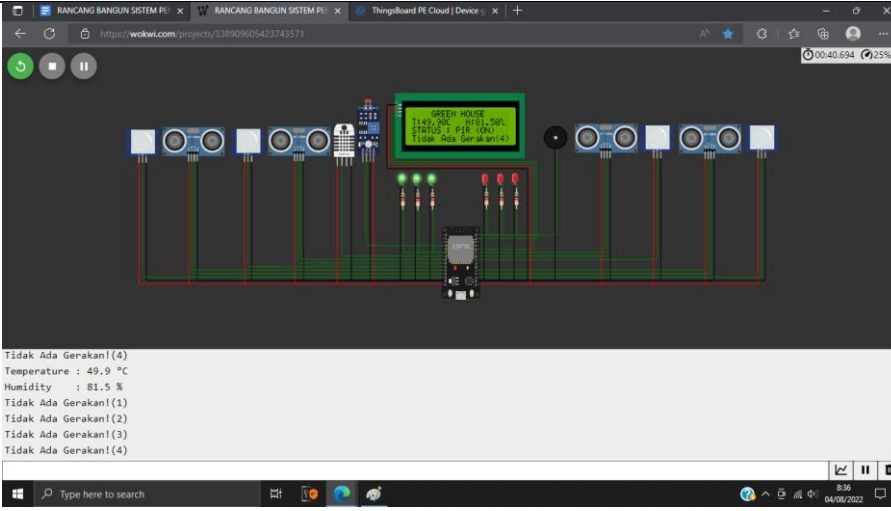
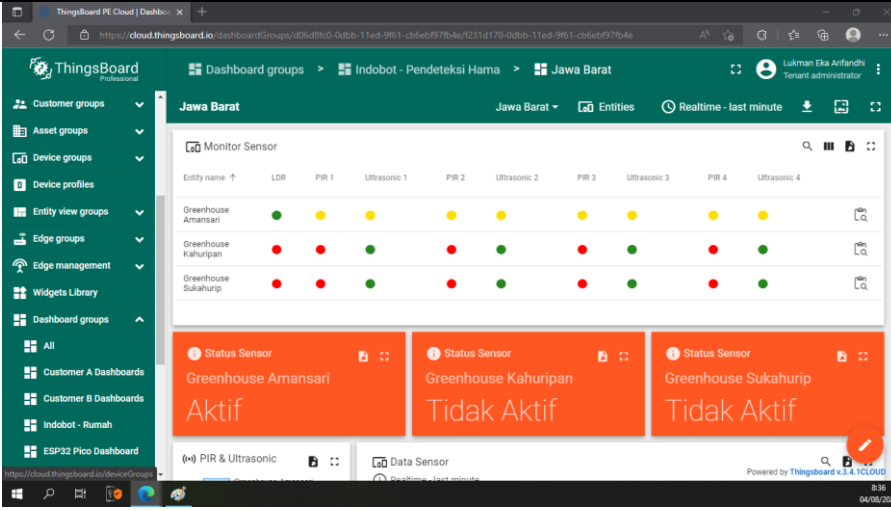
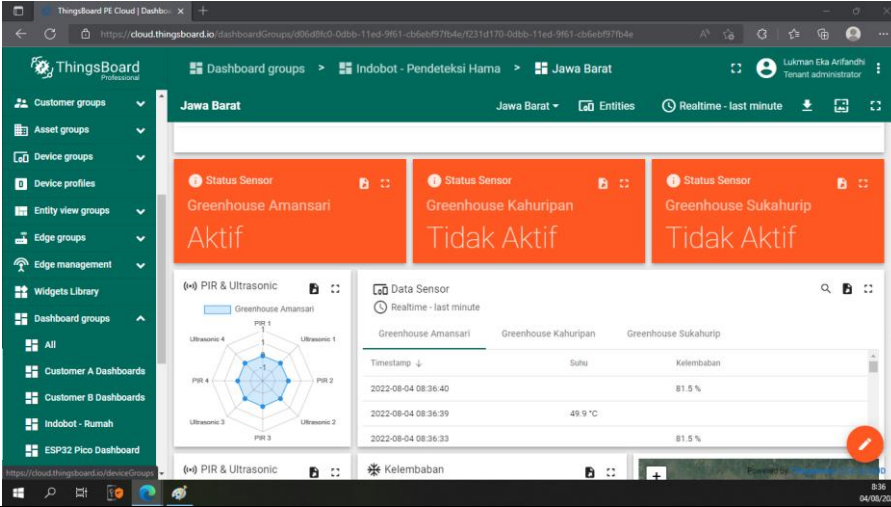
## 7. Flowchart (Simulasi)

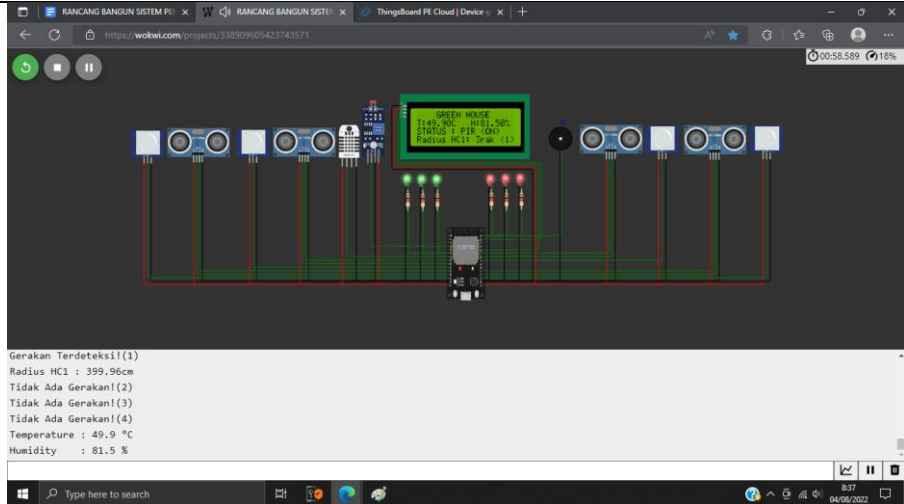
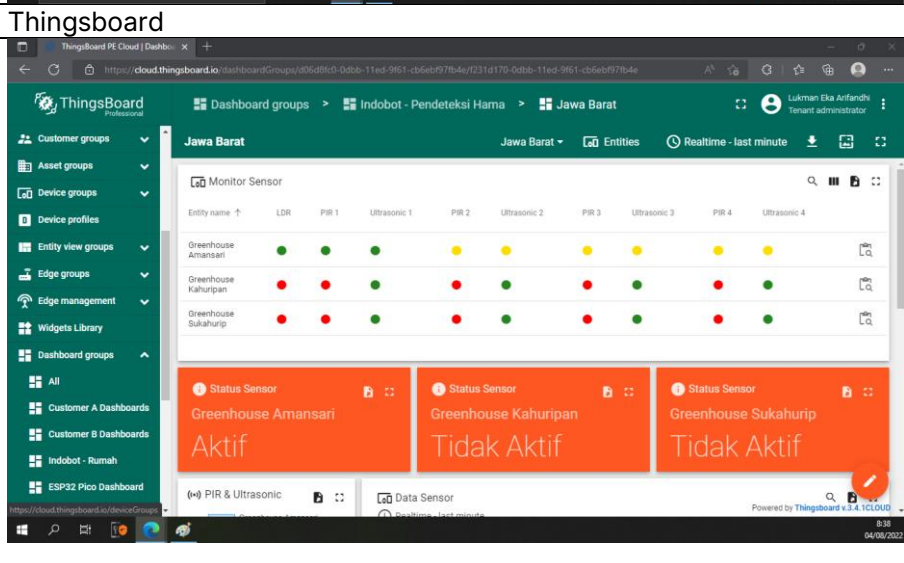
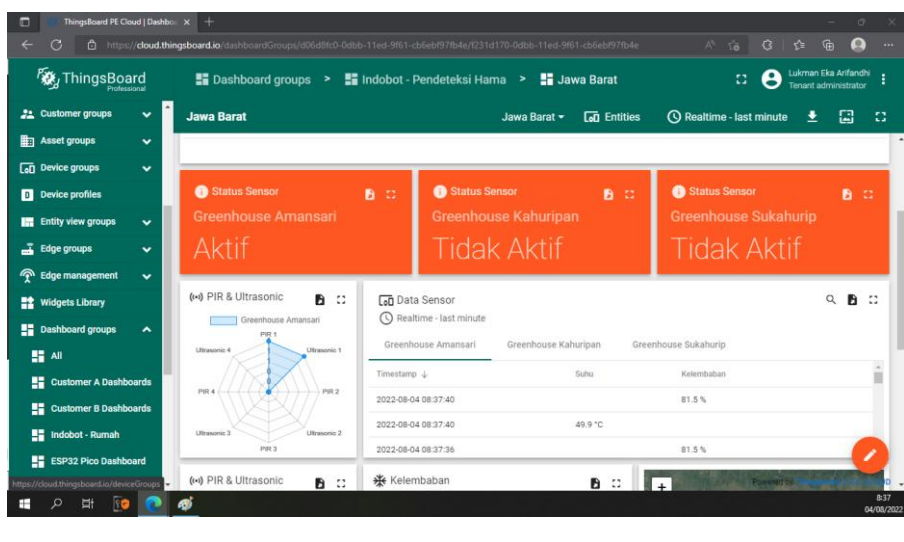


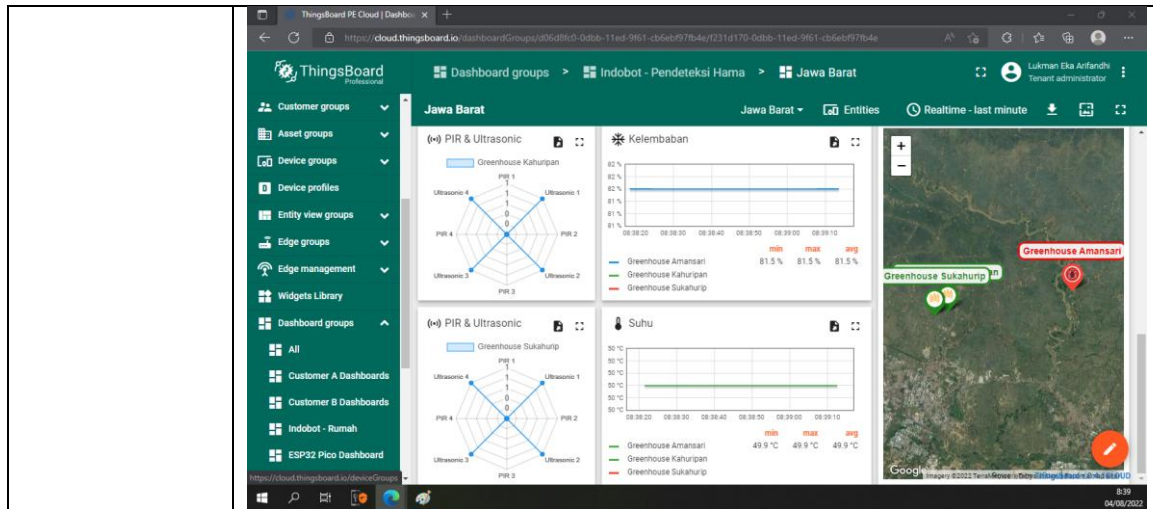
**Hasil & Pembahasan**

1. Simulasi pada Wokwi dan tampilan dashboard pada ThingsBoard

<p><b>Skenario 1</b></p> <p>Contoh kasus pada Greenhouse Amansari:</p> <p>Saat sensor LDR mendeteksi siang, maka sensor PIR dan ultrasonic tidak akan aktif dan alat hanya akan mengirimkan data suhu serta kelembaban ke thingsboard.</p> <p>Informasi status PIR yang tidak aktif, data suhu, dan kelembaban akan ditampilkan pada LCD.</p>	<p><b>Wokwi</b></p> 
	<p><b>Thingsboard</b></p>  

Skenario 2	Wokwi																																								
<p>Contoh kasus pada Greenhouse Amansari:</p> <p>Saat sensor LDR mendeteksi bahwa kondisi sudah malam, maka sensor PIR dan ultrasonic akan stand by dan akan aktif saat mendeteksi hama di area jangkauan alat.</p>																																									
<p>LED warna hijau akan menyala sebagai penanda bahwa PIR berada pada kondisi aktif.</p> <p>Informasi status PIR yang aktif, data suhu, data kelembaban dan hasil pendeteksian akan ditampilkan pada LCD.</p>	<p><b>Thingsboard</b></p>  <table border="1"> <caption>Monitor Sensor Data</caption> <thead> <tr> <th>Entity name</th> <th>LDR</th> <th>PIR 1</th> <th>Ultrasonic 1</th> <th>PIR 2</th> <th>Ultrasonic 2</th> <th>PIR 3</th> <th>Ultrasonic 3</th> <th>PIR 4</th> <th>Ultrasonic 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Greenhouse Amansari</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Greenhouse Kahuripan</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Greenhouse Sukahurip</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> </tbody> </table>	Entity name	LDR	PIR 1	Ultrasonic 1	PIR 2	Ultrasonic 2	PIR 3	Ultrasonic 3	PIR 4	Ultrasonic 4	Greenhouse Amansari	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Greenhouse Kahuripan	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Greenhouse Sukahurip	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Entity name	LDR	PIR 1	Ultrasonic 1	PIR 2	Ultrasonic 2	PIR 3	Ultrasonic 3	PIR 4	Ultrasonic 4																																
Greenhouse Amansari	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																
Greenhouse Kahuripan	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																
Greenhouse Sukahurip	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																
	 <table border="1"> <caption>Data Sensor Realtime Data</caption> <thead> <tr> <th>Greenhouse</th> <th>Timestamp</th> <th>Suhu</th> <th>Kelembaban</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Greenhouse Amansari</td> <td>2022-08-04 08:36:40</td> <td></td> <td>81.5 %</td> </tr> <tr> <td>Greenhouse Kahuripan</td> <td>2022-08-04 08:36:39</td> <td>49.9 °C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Greenhouse Sukahurip</td> <td>2022-08-04 08:36:33</td> <td></td> <td>81.5 %</td> </tr> </tbody> </table>	Greenhouse	Timestamp	Suhu	Kelembaban	Greenhouse Amansari	2022-08-04 08:36:40		81.5 %	Greenhouse Kahuripan	2022-08-04 08:36:39	49.9 °C		Greenhouse Sukahurip	2022-08-04 08:36:33		81.5 %																								
Greenhouse	Timestamp	Suhu	Kelembaban																																						
Greenhouse Amansari	2022-08-04 08:36:40		81.5 %																																						
Greenhouse Kahuripan	2022-08-04 08:36:39	49.9 °C																																							
Greenhouse Sukahurip	2022-08-04 08:36:33		81.5 %																																						

Skenario 3	Wokwi
<p>Contoh kasus pada Greenhouse Amansari: Jika PIR mendeteksi pergerakan hama, maka ultrasonic akan diaktifkan untuk mengusir hama tersebut.</p> <p>Kemudian jika pada interval 5 detik PIR tidak mendeteksi adanya gerakan hama, maka ultrasonic akan mati secara otomatis.</p> <p>Buzzer dan LED warna merah juga akan hidup untuk memberikan notifikasi kepada petani yang ada di greenhouse.</p> <p>Informasi status PIR yang aktif, data suhu, data kelembaban dan hasil pendeteksian akan ditampilkan pada LCD.</p>	<div data-bbox="443 203 1350 705"> <p><b>Wokwi</b></p>  </div> <div data-bbox="443 705 1350 1265"> <p><b>Thingsboard</b></p>  </div> <div data-bbox="443 1265 1350 1805">  </div>



### Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah beberapa rangkaian pengujian yang telah dilakukan pada setiap komponen yang ada, maka tahap selanjutnya akan dilakukan pengujian keseluruhan pada sistem yang dibuat. Tahap pertama yang dilakukan yaitu merangkai semua komponen, selanjutnya mengupload program kedalam *chip Microcontroller* ESP32.

Adapun beberapa pengujian yang dilakukan pada sistem keseluruhan antara lain :

1. Pengujian pertama yaitu mengetahui cara kerja sensor ultrasonik, dimana fungsi masing-masing dapat mendeteksi dan mengetahui nilai jarak hama dengan alat.
2. Setelah ke empat sensor ultrasonik mendeteksi jarak hama sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan, kemudian akan menjalankan *output buzzer* dengan mengeluarkan bunyi sesuai dengan posisi sensor ultrasonik yang mendeteksi.

#### a. Uji Coba Validasi

Tahap ini dilakukan untuk menguji dari kondisi parameter yang dibuat untuk menjalankan *output* melalui nilai sensor yang didapatkan. Pengujian sensor ultrasonik sebagai *input* sistem dengan menguji sensor dengan beberapa sampel jakar suatu benda.

#### b. Uji Coba Validasi pada Parameter Alat

Uji coba ini dilakukan untuk melakukan tes pada *output* yang akan dijalankan melalui parameter kondisi yang sudah dibuat seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Parameter Uji Validasi

Ultrasonik Depan (cm)	Ultrasonik Belakang (cm)	Ultrasonik Kanan (cm)	Ultrasonik Kiri (cm)	<i>Output</i>
< 100	>100	>100	>100	<i>Buzzer</i> depan menyala
> 100	<100	>100	>100	<i>Buzzer</i> belakang menyala
> 100	>100	<100	>100	<i>Buzzer</i> kanan menyala
> 100	>100	>100	<100	<i>Buzzer</i> kiri menyala
> 100	>100	>100	>100	Semua <i>buzzer</i> mati
< 100	<100	<100	<100	Semua <i>buzzer</i> menyala

Keterangan :

1. Ultrasonik dan *Buzzer* 1 digunakan untuk dari arah depan
2. Ultrasonik dan *Buzzer* 2 digunakan untuk dari arah kanan
3. Ultrasonik dan *Buzzer* 3 digunakan untuk dari arah kiri
4. Ultrasonik dan *Buzzer* 4 digunakan untuk dari arah belakang

**Tabel 2.** Data Uji Coba alat

No.	Sensor Ultrasonik				Output
	Sensor 1 (cm)	Sensor 2 (cm)	Sensor 3 (cm)	Sensor 4 (cm)	Buzzer
1	78	302	247	102	Menyala
2	278	36	106	103	Menyala
3	83	62	303	253	Menyala
4	22	68	91	52	Menyala
5	203	373	102	137	Menyala

Berdasarkan hasil pengujian data sensor ultrasonik yang masuk, maka diperoleh dalam kondisi jarak kurang dari 1 meter (100 cm) maka sensor akan mengirimkan ke *ESP32* dan akan menjalankan *output buzzer* untuk menghasilkan bunyi. Sedangkan data sensor yang diperoleh lebih dari 1 meter (100 cm) Arduino tidak mengirimkan sinyalnya kepada *relay* sehingga *buzzer* tidak akan menyala. Dari hasil pengujian yang dilakukan nilai suatu jarak hama akan menentukan *output* manakah yang akan dijalankan dengan posisi sensor yang mendeteksi sesuai parameter yang sudah di tentukan.

### KESIMPULAN

Alat dapat mendeteksi hama dengan baik sehingga bisa membantu petani dalam mengusir tikus dan belalang yang dapat merusak tanaman. Monitoring alat secara realtime dengan menggunakan thingsboard cloud sangat membantu petani untuk mengetahui kondisi greenhouse secara remote. Automasi pendeteksian hama dengan menggunakan ESP32 dapat bekerja secara efektif dan efisien sehingga penggunaan pestisida, sebagai salah satu cara mengusir hama, yang mengandung bahan kimia berbahaya bagi lingkungan sekitar dapat diminimalisir. Pengendalian gangguan hama (tikus dan belalang) pada tanaman hias di greenhouse bisa dilakukan dengan efektif dan efisien.

Penggunaan speaker ultrasonic untuk penyempurnaan ke depan karena memiliki jangkauan area yang lebih luas. Perlu implementasi AI untuk meningkatkan presisi dalam pendeteksian tikus dan belalang. Operasional alat ditingkatkan untuk bisa diaktifkan sepanjang hari, meskipun di dalam greenhouse masih ada kegiatan. Penambahan kamera sebagai sensor tambahan agar bisa meningkatkan presisi dalam mendeteksi tikus dan belalang.

### REFERENSI

- Bana, Muhammad Sulton, dkk. 2020, "Rancang Bangun Alat Pengusir Tikus Dan Burung Pada Tanaman Padi Berbasis Tenaga Surya", J-Eltrik, Vol. 2, No. 1, <http://dx.doi.org/10.30649/j-eltrik.v2i1.53>
- Pramana, Dicky, Nugraha, Permana Dendy, Prasetya, Henri. 2017, "ALTEKNO-DENHAWER: ALAT TEKNOLOGI PENDETEKSI DAN PEMBASMI HAMA WERENG BERBASIS SMARTPHONE", Jurnal Scientific Pinisi, Volume 3, Nomor 2
- de-Tekno.com.2018, "Mengenal Battery Lithium-Ion 18650, battery dengan power besar", <https://de-tekno.com/2018/05/mengenal-battery-18650-battery-dengan-power-besar/>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.36 WIB
- Al Khairi, Muhammad Habib. 2022, "Cara Kerja Sensor Ultrasonik dan Aplikasinya Dalam Kehidupan", <https://www.mahirelektro.com/2020/11/cara-kerja-sensor-ultrasonik-dan-aplikasinya.html>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.38 WIB
- 2019, "ESP32 Series Datasheet", Espressif Inc
- "The Internet of Things with ESP32", <http://esp32.net/>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.56 WIB
- "wokwi-pir-motion-sensor Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-pir-motion-sensor>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.40 WIB
- "wokwi-hc-sr04 Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-hc-sr04>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.42 WIB

- "wokwi-dht22 Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-dht22>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.44 WIB
- "wokwi-photoresistor-sensor Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-photoresistor-sensor>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.46 WIB
- "wokwi-lcd2004 Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-lcd2004>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.48 WIB
- "wokwi-buzzer Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-buzzer>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.50 WIB
- "wokwi-led Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-led>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.52 WIB
- "wokwi-resistor Reference", <https://docs.wokwi.com/parts/wokwi-resistor>, diakses pada 3 Agustus 2022 pukul 10.54 WIB