

# Rancang Bangun Pengusir Hama Burung dan Belalang Pada Padi Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Lora

Amirul Haq Al Rasyid<sup>a)</sup>, Ayusta Lukita Wardani<sup>\*a)</sup>

(Received 21 September 2024 || Revised 22 Oktober 2024 || Accepted 28 Oktober 2024)

**Abstract:** Indonesia, as an agricultural country, faces the challenge of pests in the agricultural sector, one of which is the sparrow that often attacks rice plants, causing a decrease in rice yields. The use of traditional methods such as canned sound is considered less effective, so ultrasonic technology is chosen as a safer alternative to pesticides that can cause side effects to the environment. This research aims to design and test a sparrow and locust pest repellent tool on rice plants using ultrasonic waves based on LoRa technology, with the hope of offering a more efficient and environmentally friendly solution. Tests were conducted to determine the effectiveness of ultrasonic frequencies against sparrow and locust pests, as well as the maximum distance the tool can work. The device was tested with various wave frequencies (30 kHz, 35 kHz, 40 kHz) at different distances, and the LoRa communication range was measured until the signal was lost. The test results show that the optimal frequency to repel sparrows and locusts is 40 kHz with an effective range of up to 3 meters, and the LoRa module is able to transmit signals up to a distance of 63 meters. This research offers an alternative solution for farmers to repel pests effectively without harmful chemicals, as well as providing ease of tool control in areas without internet connection.

**Keywords:** Ultrasonic pest repellent, LoRa-based control system, rice field control, sparrows pest repellent, grasshoppers pest repellent, agriculture pest management.

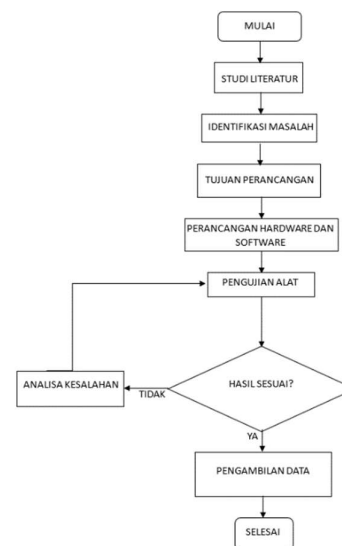
## 1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris, di mana sektor pertanian memegang peran penting dalam menopang perekonomian. Hal ini didukung oleh kondisi geografis Indonesia yang memiliki tanah subur, memungkinkan hasil panen padi yang melimpah [1]. Namun, produktivitas petani padi tidak terlepas dari berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan hama burung pipit dan belalang yang dapat merusak tanaman padi yang mengakibatkan banyaknya menurunnya hasil panen [2]. Biasanya, petani mengusir hama tersebut menggunakan cara-cara tradisional seperti suara bising dari kaleng bekas atau dengan menggunakan bahan kimia, tetapi jika menggunakan bahan kimia memiliki efek samping terhadap lingkungan sekitar [3]. Seiring dengan perkembangan teknologi, metode pengusiran hama kini dapat dilakukan dengan menggunakan gelombang ultrasonik, yang merupakan gelombang suara dengan frekuensi lebih dari 20 kHz [4] [5] [6]. Beberapa inovasi terkait alat pengusir hama ultrasonik sudah dikembangkan, termasuk yang menggunakan panel surya atau diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mempermudah pengontrolan jarak jauh [7]. Namun, penggunaan IoT menimbulkan tantangan tersendiri, terutama di lahan sawah yang sering kali tidak memiliki akses internet yang memadai. Untuk mengatasi masalah tersebut, modul LoRa diperkenalkan sebagai solusi. LoRa dapat bekerja tanpa koneksi internet karena LoRa bekerja menggunakan frekuensi radio [8] [9] [10]. Selain itu juga LoRa hanya memerlukan daya yang rendah [11] [12]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengusir hama burung pipit dan belalang yang berbasis ultrasonik dengan dukungan teknologi LoRa. Alat ini dirancang untuk dapat bekerja secara efektif di lahan sawah yang tidak memiliki akses internet, dan diharapkan mampu meningkatkan produktivitas pertanian serta mengurangi ketergantungan terhadap metode pengusiran hama tradisional dan bahan kimia berbahaya.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan berupa identifikasi masalah, studi literatur, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, data dan analisa, pengambilan kesimpulan.

Maka dari itu, alur penelitian yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



GAMBAR 2. 1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Keterangan:

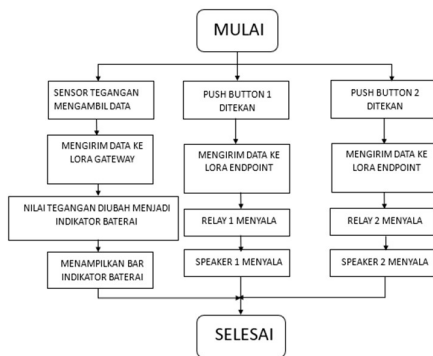
1. Mulai  
Mempersiapkan untuk mencari informasi terkait penelitian yang akan dilakukan.
2. Studi Literatur  
Mencari literatur untuk mendapatkan referensi terkait penelitian yang akan dilakukan.
3. Identifikasi masalah  
Mengidentifikasi masalah disekitar lingkungan terkait penelitian yang akan dilakukan.
4. Tujuan Perancangan  
Memberikan solusi terkait masalah yang sudah diidentifikasi sebelumnya.
5. Perancangan *software* dan *hardware*

\*Korespondensi: [ayustawardani@unesa.ac.id](mailto:ayustawardani@unesa.ac.id)

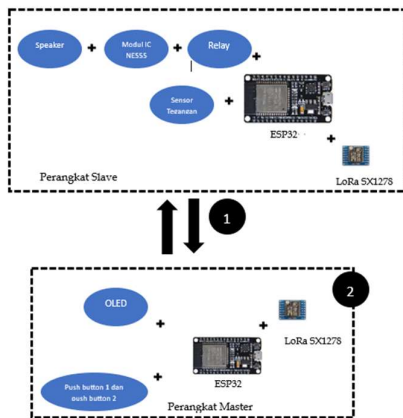
a) Prodi D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231

- Merancang dan merangkai komponen yang dibutuhkan dan merancang program *software*.
- Pengujian alat  
Menguji alat untuk mengetahui alat bekerja sesuai dengan yang diinginkan atau tidak.
  - Analisis kesalahan  
Jika alat yang diuji tidak sesuai, maka dilakukan analisa kesalahan.
  - Pengambilan data  
Mengambil data yang diuji untuk menjawab rumusan masalah.
  - Selesai  
Pada bagian ini laporan akhir siap untuk diajukan penilaian.

Perangkat *master* adalah perangkat yang berfungsi sebagai *remote control* untuk mengontrol perangkat *slave*. Perangkat *master* terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler, LoRa SX1278 sebagai komunikasi antar perangkat, dua buah push button untuk mengontrol relay 2 channel yang ada pada perangkat *slave*, *display* OLED yang berfungsi untuk menampilkan indikator baterai yang ada pada perangkat *slave* kemudian menampilkan juga indikator menyala atau matinya relay dan juga menampilkan status terhubung atau terputusnya komunikasi antar perangkat. Untuk sumber listrik yang digunakan untuk perangkat ini menggunakan adaptor 5 Volt yang biasa digunakan pada *handphone* dengan menggunakan kabel *type-c*.



GAMBAR 2. 2 DIAGRAM ALIR PERANGKAT LUNAK



GAMBAR 2. 3 GAMBARAN UMUM ALAT

Keterangan:

- Perangkat *slave*  
Perangkat *Slave* adalah perangkat yang berfungsi memancarkan gelombang ultrasonik yang berada di sawah. Perangkat ini terdiri ESP32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler, LoRa SX1278 sebagai komunikasi antar perangkat, 2 buah modul IC NE555 sebagai pembangkit sinyal frekuensi, modul relay 2 channel sebagai saklar untuk mematikan atau menyalakan, 2 buah speaker sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan spesifikasi maksimal 40 Khz dan dengan masing-masing memiliki daya 5 watt, dan sensor tegangan untuk mengukur tegangan pada baterai, dan baterai yang digunakan sebesar 3 Ah 8 Volt.
- Perangkat *Master*

### 2.1 Tahapan pengujian pada burung pipit

Tahapan pertama pada pengujian yakni dengan mengatur terlebih dahulu keluaran modul pembangkit sinyal frekuensi sebesar 30 Khz dengan cara mengukur keluaran modul pembangkit sinyal dengan osiloskop sambil memutar trimpot yang ada pada modul sampai keluaran sinyal frekuensi tersebut sesuai dengan yang dibutuhkan. Kemudian dilakukan pengujian terhadap burung dengan cara meletakkan perangkat *slave* di dekat kandang yang berisi burung dengan jarak awal 50 cm. Untuk kondisi awal pada burung diberi makanan berupa beras pada bagian bawah kandang, jadi kondisi awal sebelum diberi gelombang ultrasonik kondisi burung memakan beras pada bagian bawah kandang. Kemudian diberikan pancaran gelombang ultrasonik, setelah itu menunggu 15 menit dan dilakukan observasi terhadap burung, jika burung memberikan reaksi terbang ke bagian atas kandang maka pengujian dilanjutkan pada jarak selanjutnya 100 cm dan seterusnya kelipatan 50 cm sampai burung tidak memberikan reaksi sama sekali kemudian dilanjutkan pada frekuensi 35 Khz dan 40 Khz.

### 2.2 Tahapan pengujian pada belalang

Untuk pengujian pada belalang kurang lebih sama dengan burung, tetapi yang membedakan hanya jaraknya saja, dimana jarak awal yakni 100 cm dan berkelipatan 100 sampai belalang tidak memberikan reaksi sama sekali. Untuk kondisi awal belalang sebelum diberi pancaran gelombang ultrasonik yakni belalang ada di dalam kandang tidak bergerak. Setelah dilakukan pengujian tersebut dapat disimpulkan berapa frekuensi yang optimal untuk mengusir belalang dan burung dan berapa jarak yang terjauh alat dapat mengusir belalang tersebut.

### 2.3 Tahapan pengujian jarak terjauh LoRa

Untuk pengujian jarak terjauh komunikasi dua perangkat dilakukan pengujian dengan cara menjauhkan kedua perangkat tersebut sampai kedua perangkat tersebut terputus koneksinya dengan melihat indikator yang ada pada perangkat *master* yang awalnya tanda ceklis berubah menjadi tanda seru(!) yang menandakan kedua perangkat tersebut terputus, kemudian mengukur dengan *google maps* jarak antara kedua perangkat tersebut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa nilai frekuensi antara 30 Khz, 35 Khz, 40 Khz yang berpengaruh optimal untuk mengusir hama dan mengetahui berapa jarak maksimal alat untuk mengusir hama. Selain itu juga untuk

mengetahui berapa jarak maksimal kedua perangkat LoRa dapat terhubung atau berkomunikasi.

### 3.1 Hasil Desain Alat

Pada penelitian ini pada perangkat *slave* menggunakan baterai sebesar 8 Volt 3 Ah. Sedangkan pada perangkat *master* sumber listrik berasal dari kabel *type-C* yang langsung terhubung ke *adaptor* dengan tegangan 5 Volt. Untuk bahan *case* yang digunakan adalah *box* plastik yang biasa digunakan untuk panel listrik. Untuk ukuran *box* pada perangkat *slave* memiliki ukuran lebar 14,6 cm, panjang 24,2 cm, dan tinggi 11,8 cm. Sedangkan *box* pada perangkat *master* memiliki ukuran dengan lebar 7,5 cm, panjang 10 cm, dan tinggi 3,5 cm

Kemudian pada perangkat *master* terdapat tombol berwarna hijau untuk menyalakan atau mematikan speaker untuk belalang dan tombol biru untuk menyalakan atau mematikan speaker untuk burung pipit.



GAMBAR 3.1 HASIL DESAIN PERANGKAT SLAVE



GAMBAR 3.2 HASIL DESAIN PERANGKAT MASTER

## 3.2 Pembahasan

### 3.2.1 Hasil pengujian pada burung pipit

TABEL 3.1 HASIL PENGUJIAN FREKUENSI 30KHZ PADA BURUNG PIPIT

Jarak (cm)	Percobaan	Jumlah Objek	Reaksi	
			Diam	Terbang
50	1	4	3	1
	2	4	3	1
	3	4	3	1
	4	4	4	0
	5	4	4	0
	6	4	3	1
	7	4	4	0
100	1	4	3	1
	2	4	3	1
	3	4	4	0
	4	4	3	1
	5	4	4	0
	6	4	4	0
	7	4	4	0

150	1	4	4	0
	2	4	4	0
	3	4	4	0
	4	4	4	0
	5	4	4	0
	6	4	4	0
	7	4	4	0

Berdasarkan hasil percobaan dengan berbagai jarak, alat pengusir hama menunjukkan efektivitas yang bervariasi dalam memicu reaksi burung. Pada jarak 50 cm, burung cenderung bergerak atau terbang pada sebagian besar percobaan, meskipun dalam beberapa kasus (percobaan 4, 5, dan 7), semua burung tetap diam. Pada jarak 100 cm, hasil menunjukkan pola yang serupa, di mana beberapa burung tetap diam, dan hanya satu yang terbang di beberapa percobaan, dengan beberapa percobaan (percobaan 3, 5, 6, dan 7) tidak memicu reaksi terbang sama sekali. Pada jarak 150 cm, semua burung di setiap percobaan tetap diam, menunjukkan bahwa alat kehilangan kemampuannya untuk memicu reaksi terbang pada jarak ini. Hal ini mengindikasikan bahwa alat paling efektif pada jarak 50 cm, dengan penurunan efektivitas yang signifikan pada jarak 100 cm dan tidak ada reaksi pada jarak 150 cm.

TABEL 3.2 HASIL PENGUJIAN FREKUENSI 35KHZ PADA BURUNG PIPIT

Jarak (cm)	Percobaan	Jumlah Objek	Reaksi	
			Diam	Terbang
50	1	4	3	1
	2	4	3	1
	3	4	0	4
	4	4	2	2
	5	4	3	1
	6	4	3	2
	7	4	3	2
100	1	4	3	1
	2	4	3	1
	3	4	1	3
	4	4	3	1
	5	4	3	1
	6	4	1	3
	7	4	2	2
150	1	4	4	0
	2	4	4	0
	3	4	3	1
	4	4	2	2
	5	4	3	1
	6	4	2	1
	7	4	2	1
200	1	4	4	0
	2	4	4	0
	3	4	4	0
	4	4	4	0
	5	4	4	0
	6	4	4	0
	7	4	4	0

Berdasarkan hasil eksperimen, alat pengusir hama ini menunjukkan efektivitas yang paling optimal pada jarak 50 cm hingga 100 cm. Pada jarak 50 cm, beberapa percobaan menunjukkan bahwa sebagian besar burung merespons dengan

terbang, bahkan ada percobaan yang memicu semua objek untuk terbang. Namun, pada jarak 100 cm, meskipun masih terdapat respons terbang, jumlah burung yang terbang mulai berkurang. Pada jarak 150 cm, efektivitas alat semakin menurun, dengan hanya sedikit burung yang menunjukkan reaksi, sementara pada jarak 200 cm tidak ada respons terbang sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini memiliki jangkauan yang terbatas, di mana semakin jauh jarak dari sumber ultrasonik, semakin lemah respons burung terhadap gelombang tersebut. Secara keseluruhan, alat ini efektif pada jarak dekat, tetapi kehilangan efektivitasnya pada jarak yang lebih jauh, dengan batas maksimal efektivitasnya terlihat pada jarak 150 cm hingga 200 cm. Hasil ini mendukung hipotesis bahwa alat pengusir hama ultrasonik bekerja paling baik dalam jarak terbatas, dan jarak yang lebih jauh mengurangi kemampuannya untuk memicu reaksi burung.

TABEL 3. 3 HASIL PENGUJIAN FREKUENSI 40KHZ PADA BURUNG PIPIT

Jarak (cm)	Percobaan	Jumlah Objek	Reaksi	
			Diam	Terbang
50	1	4	2	2
	2	4	0	4
	3	4	0	4
	4	4	2	2
	5	4	1	3
	6	4	2	2
	7	4	1	3
100	1	4	4	2
	2	4	0	4
	3	4	2	2
	4	4	0	4
	5	4	1	3
	6	4	1	3
	7	4	2	2
150	1	4	1	3
	2	4	2	2
	3	4	4	1
	4	4	2	2
	5	4	1	3
	6	4	2	2
	7	4	3	1
200	1	4	2	2
	2	4	3	1
	3	4	2	2
	4	4	2	2
	5	4	1	3
	6	4	4	1
	7	4	2	2
250	1	4	3	1
	2	4	3	3
	3	4	2	2
	4	4	3	1
	5	4	3	1
	6	4	2	2
	7	4	2	2
300	1	4	3	1
	2	4	2	2
	3	4	4	3

350	4	4	4	2
	5	4	3	1
	6	4	3	1
	7	4	3	1
	1	4	4	0
	2	4	4	0
	3	4	4	0
	4	4	4	0
	5	4	4	0
	6	4	4	0
	7	4	4	0

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan pada berbagai jarak, reaksi burung terhadap alat pengusir menunjukkan tren yang menurun seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 50 cm, terdapat variasi yang cukup signifikan dengan beberapa burung terbang, terutama pada percobaan kedua dan ketiga, di mana seluruh burung terbang (4/4). Pada percobaan lainnya, sebagian burung terbang dan sebagian tetap diam. Pada jarak 100 cm, hasil menunjukkan pola serupa, namun lebih sedikit burung yang terbang, dengan beberapa percobaan menunjukkan semua burung tetap diam (percobaan 2 dan 4). Saat jarak mencapai 150 cm, efektivitas alat semakin menurun, di mana sebagian besar burung tetap diam, meskipun masih ada beberapa yang terbang di percobaan tertentu. Pada jarak 200 cm dan seterusnya, alat kehilangan efektivitas secara bertahap, dengan mayoritas burung tetap diam dan hanya sedikit yang bereaksi dengan terbang, terutama pada jarak 250 cm dan 300 cm. Pada jarak 350 cm, seluruh burung tetap diam di semua percobaan, menunjukkan bahwa alat sepenuhnya kehilangan kemampuan untuk memicu reaksi terbang pada jarak tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa alat paling efektif pada jarak 50 hingga 150 cm, dengan efektivitas yang menurun drastis setelah jarak tersebut.

### 3.2.2 Hasil pengujian pada Belalang

TABEL 3. 4 HASIL PENGUJIAN FREKUENSI 30KHZ PADA BELALANG

Jarak (cm)	Percobaan	Jumlah Objek	Reaksi	
			Diam	Bergerak
100	1	3	3	0
	2	3	3	0
	3	3	2	1
	4	3	2	1
	5	3	2	1
	6	3	2	1
	7	3	3	0
200	1	3	3	0
	2	3	3	0
	3	3	3	0
	4	3	3	0
	5	3	3	0
	6	3	3	0
	7	3	3	0

Berdasarkan hasil percobaan pada jarak 100 cm dan 200 cm, alat pengusir hama menunjukkan reaksi yang bervariasi terhadap objek. Pada jarak 100 cm, sebagian besar objek diam, dengan hanya satu objek yang bergerak pada percobaan ketiga hingga keenam. Sebaliknya, pada jarak 200 cm, semua objek tetap diam tanpa adanya gerakan pada semua

percobaan. Hasil ini menunjukkan bahwa alat lebih efektif memicu respons pergerakan pada jarak 100 cm dibandingkan 200 cm, meskipun respon pergerakan yang dihasilkan masih tergolong rendah. Ini mengindikasikan bahwa efektivitas alat menurun seiring bertambahnya jarak, terutama dalam hal memicu reaksi bergerak dari objek.

TABEL 3. 5 HASIL PENGUJIAN FREKUENSI 35KHZ PADA BELALANG

Jarak (cm)	Percobaan	Jumlah Objek	Reaksi	
			Diam	Bergerak
100	1	3	2	1
	2	3	0	3
	3	3	1	2
	4	3	1	2
	5	3	2	1
	6	3	2	1
	7	3	2	1
200	1	3	1	2
	2	3	1	2
	3	3	1	1
	4	3	1	2
	5	3	2	1
	6	3	2	1
	7	3	2	1
300	1	3	3	0
	2	3	3	0
	3	3	3	0
	4	3	3	0
	5	3	3	0
	6	3	3	0
	7	3	3	0

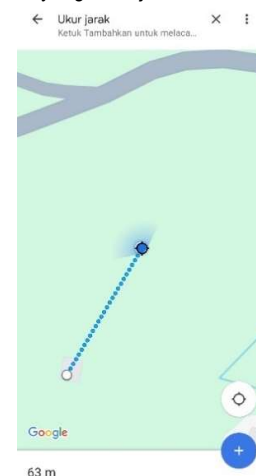
Dari hasil percobaan yang dilakukan pada jarak 100 cm, 200 cm, dan 300 cm, terlihat adanya perubahan respons objek terhadap alat. Pada jarak 100 cm, terdapat lebih banyak reaksi bergerak dengan tren yang lebih bervariasi, di mana pada percobaan kedua semua objek bergerak. Sementara itu, pada jarak 200 cm, terjadi penurunan jumlah objek yang bergerak, namun masih ada reaksi bergerak di beberapa percobaan. Pada jarak 300 cm, semua objek tetap diam selama semua percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa alat lebih efektif pada jarak 100 cm, dengan kemampuan memicu pergerakan objek yang semakin berkurang pada jarak yang lebih jauh, hingga tidak ada reaksi pergerakan sama sekali pada jarak 300 cm. Efektivitas alat dalam memicu gerakan jelas menurun seiring bertambahnya jarak.

TABEL 3. 6 HASIL PENGUJIAN FREKUENSI 40KHZ PADA BELALANG

Jarak (cm)	Percobaan	Jumlah Objek	Reaksi	
			Diam	Bergerak
100	1	3	1	2
	2	3	0	3
	3	3	0	3
	4	3	1	2
	5	3	2	1
	6	3	0	3
	7	3	1	2
200	1	3	2	1
	2	3	0	3
	3	3	1	2

300	4	3	1	2
	5	3	1	2
	6	3	2	1
	7	3	2	1
	1	3	0	3
	2	3	2	1
	3	3	2	1
400	4	3	2	1
	5	3	1	2
	6	3	2	1
	7	3	2	1
	1	3	3	0
	2	3	3	0
	3	3	3	0
	4	3	3	0
	5	3	3	0
	6	3	3	0
	7	3	3	0

Berdasarkan hasil percobaan, efektivitas alat dalam memicu reaksi pergerakan pada objek mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 100 cm, lebih banyak objek yang bergerak, khususnya pada percobaan kedua, ketiga, dan keenam di mana seluruh objek bereaksi dengan bergerak. Namun, pada jarak 200 cm, reaksi bergerak mulai berkurang, dengan beberapa percobaan yang masih menunjukkan pergerakan satu atau dua objek. Di jarak 300 cm, meskipun masih ada beberapa objek yang bergerak, reaksi bergerak menurun secara signifikan. Pada jarak 400 cm, seluruh objek tetap diam di semua percobaan, yang menandakan bahwa pada jarak ini alat sudah tidak efektif lagi dalam memicu reaksi bergerak. Dengan demikian, alat ini paling efektif pada jarak 100 cm hingga 200 cm, dan efektivitasnya terus menurun pada jarak yang lebih jauh.



GAMBAR 3. 3 HASIL PENGUKURAN JARAK PADA GOOGLE MAPS

Kemudian untuk pengujian jarak maksimal komunikasi antar LoRa dilakukan dengan cara menjauhkan perangkat *slave* dan perangkat *master* sampai kedua perangkat tersebut koneksinya terputus dan untuk mengukur jaraknya menggunakan *measurement* google maps seperti pada gambar 3.3. dan hasilnya adalah jarak maksimal kedua perangkat tersebut dapat berkomunikasi adalah 63 meter.

TABEL 3. 7 PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

Percobaan	Sensor Tegangan (V)	Multimeter (V)	Selisih	Error
1	3,89	4,09	0,20	0,048 %
2	4,84	5,08	0,24	0,047 %
3	5,84	6,06	0,22	0,036 %
4	6,77	7,04	0,27	0,038 %
5	7,70	8,02	0,32	0,039 %
Rata-rata error (%)				0,174 %

Pengujian sensor tegangan bertujuan untuk mengetahui keakuratan sensor tegangan yang dipakai pada alat untuk mengukur tegangan pada baterai, dimana nilai yang didapat akan diproses untuk indikator baterai untuk pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran pada sensor tegangan dengan pengukuran multimeter. Dan batas toleransi maksimal adalah 5% [13] [14] [15].

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa alat pengusir hama berbasis ultrasonik dan LoRa efektif dalam mengusir burung pipit dan belalang, dengan frekuensi optimal 40 kHz pada jarak maksimal 3 meter. Hasil ini menegaskan bahwa frekuensi tersebut mampu memberikan dampak signifikan dibandingkan frekuensi lainnya yang diujikan, mempercepat reaksi hama untuk bergerak atau terbang menjauh. Selain itu, sistem komunikasi LoRa terbukti dapat bekerja dengan baik hingga jarak 63 meter, walaupun terputus pada jarak 64 meter, yang menunjukkan adanya keterbatasan dalam jangkauan penggunaan teknologi ini di area sawah yang luas.

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi agrikultur yang ramah lingkungan dengan menggantikan metode tradisional dan penggunaan pestisida kimia. Selain itu, penggunaan LoRa pada lingkungan pertanian yang sulit terjangkau internet menunjukkan bahwa teknologi ini bisa menjadi solusi kontrol jarak jauh yang tepat guna. Di masa mendatang, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk memperluas jangkauan komunikasi dan meningkatkan efisiensi energi perangkat.

#### Referensi

- [1] U. Putri, "Rancang Bangun Perangkat Hama Serangga Pada Padi Dengan Sumber Sel Surya," *Electrician*, vol. 16(1), pp. 123-128, 2022.
- [2] M. C. Mau, P. Y. Azi and H. Wae, "IDENTIFIKASI GEJALA SERANGAN DAN TEKNIK PENGENDALIAN HAMA PADA PADI INPARI 30 DI DESA PAPE KECAMATAN BAJAWA KABUPATEN NGADA," *JURNAL PERTANIAN UNGGUL*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [3] Sulistyaningsih and A. Muhlis, "Pengendalian Hama Penyakit Pada Tanaman Padi Dengan Penggunaan Pestisida Alami Di Desa Mlandingan Wetan Kecamatan Mlandingan Kabupaten Situbondo," *Jurnal Media Abdimas*, vol. 1, no. 3, pp. 177-184, 2022.
- [4] I. S. Umayya and M. F. Susanto, "Perancangan Sistem Komunikasi Suara Berbasis Modul Ultrasonik Menggunakan Software Proteus 8.9," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, Vols. 542-547, 2020.
- [5] S. W. S. Ningsih, F. Baskoro, N. Kholis and A. Widodo, "STUDI LITERATUR: PEMANFAATAN GELOMBANG ULTRASONIK SEBAGAI PERANGKAT PENGUSIR TIKUS," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 325-331, 2021.
- [6] T. N. Arifin, "SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI SENSOR JARAK," *Jurnal Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55-62, 2022.
- [7] A. T. Akbar, A. L. Arda and I. Taufiq, "ALAT PENGUSIR BURUNG PADA TANAMAN PADI BERBASIS IoT," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 101-107, 2022.
- [8] M. I. Fadilah, M. Hamaluddin, U. Muhammad and Mukhlisin, "Rancang Bangun Perangkat Komunikasi Wireless Menggunakan LoRa pada Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Kecepatan Angin," *Journal Of Electrical Engineering (Joule)*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [9] F. S. Harjowinoto, Musayyanah, P. Susanto, Harianto and Y. Triwidyastuti, "Unjuk Kerja Transmisi Data LoRa pada Node yang Bergerak," *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [10] I. S. Wibowo, M. A. Firdaus and T. T. Laksana, "Sistem Monitoring Ruang Server Berbasis Internet of Things Menggunakan Komunikasi Wireless LoRa Ebyte E32," *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 6, no. 3, pp. 222-231, 2023.
- [11] Y. Apriani, W. A. Oktaviani and I. M. Sofian, "Vessel Tracking System Based LoRa SX1278," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 9, no. 3, pp. 693-707, 2023.
- [12] F. Rahmansyah, P. Murdiya and Rusda, "Unjuk Kerja LoRa Untuk Media Komunikasi Smart Farming di Area Persawahan Desa Manunggal Jaya Kabupaten Kutai Kartanegara," *PoliGrid*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [13] M. A. Salam, W. Aribowo, M. Widyartono and A. L. Wardani, "Monitoring dan Kendali Charger Accu Berbasis Node-RED," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 14-19, 2024.
- [14] L. A. Fatimah and R. Hidayat, "Analisis Hasil Studi Kasus Kalibrasi Pressure Transmitter dengan Metode Zero Calibration," *Electron : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [15] M. R. N. Jayadi, I. M. Wartana and I. B. Sulistiawati, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK DAN BIAYA KONSUMSI LISTRIK BERBASIS ATMEGA2560," *Prosiding Fintek*, 2021.