TSAQOFAH
Jurnal Penelitian Guru Indonesia

p-ISSN: 2810-0395
e-ISSN: 2810-0042

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v6i3.9625

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI SERTA PENGUSIR TIKUS MENGGUNAKAN STIMULUS AUDITORI DAN VISUAL PADA LAHAN PESAWAHAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Design and Development of a Rat Detection and Repellent System Using Auditory and Visual Stimuli on Microcontroller-Based Rice Fields

Riski Mai Putra, Almasri, Putra Jaya, Ryan Fikri
Universitas Negeri Padang
riskimaiputra02@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Mar 4, 2026	Apr 1, 2026	Apr 13, 2026	Apr 18, 2026

Abstract

Rats are one of the main causes of reduced rice production in Indonesia because they attack crops at various growth stages, whereas the control methods commonly used by farmers, such as chemical poisons and mechanical traps, are considered less effective in the long term and have the potential to cause negative environmental impacts. This study aims to design and develop a rat detection and repellent system using a combination of auditory stimuli in the form of ultrasonic waves and visual stimuli in the form of strobe lights based on a microcontroller. This system uses Arduino UNO as the main controller integrated with Passive Infrared (PIR) sensors and ultrasonic sensors to detect the presence of rats. The research method included the stages of needs analysis, system design, hardware and software implementation, and system testing in a rice field environment. The test results showed that the system was able to operate automatically and effectively repel rats through a combination of sound and light stimuli without using hazardous chemicals. These findings affirm that the designed system has

Tsaqofah journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

the potential to become an alternative solution that is environmentally friendly, energy-efficient, and easy to operate in supporting rat pest control in rice fields.

Keywords: Rat Pests; Rice Fields; Ultrasonic Waves; Strobe Lights; Arduino UNO

Abstrak: Hama tikus merupakan salah satu penyebab utama penurunan hasil produksi padi di Indonesia karena menyerang tanaman pada berbagai fase pertumbuhan, sedangkan metode pengendalian yang umum digunakan petani, seperti racun kimia dan perangkap mekanis, dinilai kurang efektif dalam jangka panjang serta berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendeteksi serta pengusir tikus menggunakan kombinasi stimulus auditori berupa gelombang ultrasonik dan stimulus visual berupa lampu strobo berbasis mikrokontroler. Sistem ini menggunakan *Arduino UNO* sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan sensor *Passive Infrared* (*PIR*) dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan tikus. Metode penelitian meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem di lingkungan persawahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara otomatis dan efektif dalam mengusir tikus melalui kombinasi rangsangan suara dan cahaya tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya. Temuan ini menegaskan bahwa sistem yang dirancang berpotensi menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan, hemat energi, dan mudah dioperasikan untuk mendukung pengendalian hama tikus di lahan persawahan.

Kata Kunci: Hama Tikus; Lahan Persawahan; Gelombang Ultrasonik; Lampu Strobo; *Arduino UNO*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara agraris dengan sektor pertanian yang berperan penting dalam menunjang ketahanan pangan nasional dan perekonomian masyarakat. Menurut data Badan Pusat Statistik, lebih dari 29% penduduk Indonesia bergantung pada sektor pertanian sebagai mata pencaharian utama. Di antara berbagai komoditas pertanian yang diusahakan, tanaman padi *(Oryza sativa)* memiliki posisi yang sangat strategis karena menjadi sumber makanan pokok bagi lebih dari 90% penduduk Indonesia. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas dan perlindungan terhadap tanaman padi merupakan upaya penting untuk menjaga stabilitas pangan nasional (BPS, 2023).

Namun demikian, produktivitas padi di berbagai daerah masih sering mengalami penurunan yang signifikan akibat serangan hama, terutama tikus sawah *(Rattus argentiventer)*. Hama ini dikenal sebagai salah satu ancaman terbesar dalam sistem budidaya padi karena dapat menyerang tanaman pada seluruh fase pertumbuhan mulai dari persemaian, vegetatif, hingga menjelang panen. Berdasarkan laporan Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan

(2022), tingkat kerusakan akibat serangan tikus dapat mencapai 20–50% dari total luas lahan yang ditanami padi, bahkan dalam kasus ekstrem dapat menyebabkan gagal panen total.

Secara ekologis, tikus sawah memiliki kemampuan adaptasi dan reproduksi yang sangat tinggi. Seekor tikus betina dapat melahirkan 5–10 ekor anak setiap tiga minggu sekali, sehingga populasinya dapat meningkat pesat dalam waktu singkat (Suyanto & Hadi, 2022).

Berbagai metode pengendalian telah digunakan oleh petani, seperti penggunaan racun kimia *(rodentisida)*, perangkap mekanis, pengasapan lubang, dan pemanfaatan predator alami seperti burung hantu *(Tyto alba)*. Meskipun metode-metode tersebut cukup efektif dalam jangka pendek, penggunaannya menimbulkan berbagai dampak negatif. Racun kimia dapat mencemari tanah dan air serta membahayakan hewan non-target (Yuliani & Prabowo, 2021).

Perkembangan teknologi elektronika dan otomasi memberikan peluang baru untuk pengendalian hama yang lebih efektif dan ramah lingkungan, salah satunya melalui penggunaan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara berfrekuensi di atas 20 kHz yang tidak terdengar oleh manusia, namun dapat mengganggu sistem pendengaran tikus. Penelitian yang dilakukan oleh Mujab, Rosmiati, & Sari (2023) menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik di atas 20 kHz dapat mengganggu komunikasi dan orientasi tikus sehingga aktivitasnya menurun hingga 70%.

Penelitian yang dilakukan oleh Alfan Amar Mujab dkk (2020), yang merancang alat pengusir tikus menggunakan rangkaian IC555 sebagai pembangkit sinyal gelombang ultrasonik. Alat ini menghasilkan frekuensi ultrasonik yang berada di atas ambang pendengaran manusia namun dapat mengganggu sistem pendengaran tikus, sehingga mendorong tikus menjauh dari area perlindungan. Selain itu, sistem ini memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama, sehingga mendukung efisiensi energi dan memungkinkan penerapan di wilayah pertanian terpencil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kestabilan frekuensi dan kontinuitas pemancaran gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap efektivitas alat dalam mengusir hama tikus.

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Ahmad Nurfauzan dkk (2023), mengembangkan alat pengusir tikus berbasis gelombang ultrasonik yang dikombinasikan dengan sensor Passive Infrared (PIR) untuk aplikasi di lahan persawahan. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi keberadaan tikus melalui perubahan radiasi inframerah, kemudian mengaktifkan pemancar gelombang ultrasonik pada frekuensi tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik mampu mengurangi intensitas

kehadiran tikus di area pengujian, sehingga metode ini dinilai efektif dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia berbahaya.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pengusir tikus berbasis gelombang ultrasonik memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Meskipun demikian, teknologi ultrasonik masih memiliki keterbatasan. Gelombang ultrasonik tidak dapat menembus benda padat sehingga jangkauannya terbatas, dan tikus dapat beradaptasi terhadap suara tertentu apabila frekuensinya tidak diubah secara berkala. Selain itu, efektivitas alat menurun pada area pertanian yang luas karena penyebaran suara tidak merata.

Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dikembangkan sistem pengusir tikus yang lebih optimal yaitu dengan mengkombinasikan stimulus auditori (gelombang ultrasonik) dan stimulus visual (lampu strobo). Cahaya terang yang muncul tiba-tiba di malam hari dapat menurunkan aktivitas eksplorasi tikus karena meningkatkan rasa takut terhadap predator serta perubahan intensitas dan warna cahaya yang cepat dapat menimbulkan stres visual dan memperkuat efek pengusiran terhadap tikus.

Lampu strobo LED yang dikendalikan mikrokontroler dapat diatur untuk menghasilkan kilatan cahaya secara periodik bersamaan dengan pancaran gelombang ultrasonik. Kombinasi dua stimulus ini menimbulkan efek kejutan multisensorik yang membuat tikus merasa tidak nyaman dan menjauh dari area tersebut. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan sensor gerak (misalnya sensor PIR) sehingga alat hanya aktif ketika mendeteksi keberadaan tikus. Dengan demikian, penggunaan energi menjadi efisien dan masa pakai alat lebih panjang.

Selain itu, penggunaan mikrokontroler Arduino UNO memberikan fleksibilitas dalam pengaturan frekuensi, waktu kerja, serta integrasi dengan sumber energi alternatif. Sistem ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efektivitas pengusiran hama tikus, tetapi juga ramah lingkungan, hemat energi, dan mudah dioperasikan oleh petani.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem untuk pengendalian hama tikus pada sektor pertanian dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi serta Pengusir Tikus Menggunakan Stimulus Auditori dan Visual Berbasis Mikrokontroler." Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam pengendalian hama tikus yang lebih efektif dan efisien, sekaligus mendukung

upaya peningkatan hasil produksi padi secara berkelanjutan dan mendukung pertanian modern di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun dengan model pengembangan *Waterfall*. Model ini dipilih karena proses pengembangan sistem dilakukan secara bertahap, sistematis, dan berurutan, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pemrograman, hingga pengujian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendeteksi serta pengusir tikus menggunakan stimulus auditori dan visual pada lahan persawahan berbasis mikrokontroler.

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan dalam pembuatan alat. Perangkat keras yang digunakan meliputi Arduino Uno, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor PIR, buzzer ultrasonik, lampu strobo, catu daya, box pelindung, tiang penyangga, serta kabel penghubung. Perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE sebagai media untuk membuat, menyusun, dan mengunggah program ke mikrokontroler.

Tahap perancangan sistem dilakukan dengan menyusun blok diagram, desain perangkat keras, rancangan prototype 3D, serta prinsip kerja sistem. Sistem dirancang menjadi tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Bagian input terdiri atas sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor PIR yang berfungsi mendeteksi keberadaan objek atau gerakan di sekitar area pengamatan. Bagian proses menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali untuk mengolah data dari sensor. Bagian output terdiri atas buzzer ultrasonik dan lampu strobo yang berfungsi sebagai media pengusir tikus melalui stimulus suara dan cahaya.

1. Rancangan Prototype 3D

Rancangan prototype 3D dibuat untuk menggambarkan bentuk fisik alat pengusir tikus sebelum dilakukan proses perakitan. Desain alat menunjukkan perangkat yang dipasang pada tiang dengan ketinggian 70 cm, dengan keterangan 40 cm berada di dalam tanah dan 30 cm berada di atas permukaan tanah. Penempatan tiang tersebut bertujuan agar alat dapat berdiri stabil di area persawahan dan memiliki posisi yang sesuai untuk mendeteksi gerakan tikus di sekitar area kerja alat.

Pada tampak depan dan tampak samping, terlihat komponen utama berupa sensor PIR dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi adanya gerakan berdasarkan perubahan radiasi panas, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk

mendeteksi keberadaan objek berdasarkan jarak pantulan gelombang ultrasonik. Selain itu, lampu strobo dipasang pada bagian atas box sebagai stimulus visual, sedangkan buzzer ditempatkan pada bagian bawah sebagai penghasil suara ultrasonik untuk mengusir tikus. Penempatan komponen tersebut dirancang agar jangkauan sensor dan efektivitas pengusiran dapat bekerja secara optimal.

Pada tampak bawah, box alat dirancang tertutup tanpa adanya sensor. Bagian ini hanya memuat jalur kabel dan pengunci box. Desain tersebut bertujuan untuk melindungi rangkaian elektronik dari air, debu, dan gangguan lingkungan, terutama karena alat ditempatkan di area pertanian atau sawah. Bagian bawah juga dilengkapi dengan sistem pengencang pada tiang penyangga agar alat dapat berdiri dengan stabil dan aman saat digunakan di lapangan.

Sementara itu, tampak dalam memperlihatkan susunan komponen elektronik yang terdiri atas Arduino Uno sebagai pusat kendali, modul pendukung, terminal kabel, serta jalur penghubung antara sensor dan aktuator. Semua komponen disusun secara rapi di dalam box untuk memudahkan proses perawatan dan meminimalkan risiko kerusakan. Dengan rancangan tersebut, alat diharapkan dapat bekerja secara efektif dan tahan terhadap kondisi lingkungan luar.



Gambar 1. Rancangan Prototype Dalam



Gambar 2. Rancangan Prototype Tampak Depan



Gambar 3. Rancangan Prototype Tampak Belakang



Gambar 4. Rancangan Prototype Tampak Kanan



Gambar 5. Rancangan Prototype Tampak Kiri

2. Pembuatan Pemrograman

Tahap pembuatan pemrograman dilakukan untuk memberikan instruksi kerja pada mikrokontroler agar alat dapat bekerja secara otomatis. Program dibuat menggunakan aplikasi Arduino IDE. Melalui perangkat lunak ini, peneliti menulis kode program,

melakukan proses verifikasi, dan mengunggah program ke Arduino Uno. Program yang dibuat berfungsi untuk membaca data dari sensor PIR dan sensor ultrasonik HC-SR04, kemudian mengaktifkan buzzer ultrasonik dan lampu strobo apabila sensor mendeteksi adanya gerakan atau objek di sekitar area kerja alat.

Langkah pertama dalam proses pemrograman adalah membuka aplikasi Arduino IDE pada komputer atau laptop. Setelah aplikasi terbuka, pengguna membuat *sketch* baru sebagai tempat penulisan kode program. Pada tahap ini, dilakukan pengaturan board yang digunakan, yaitu Arduino Uno, serta pemilihan port yang terhubung dengan mikrokontroler. Pengaturan ini penting agar proses pengunggahan program dapat berjalan dengan baik.



Gambar 6. Tampilan Awal Arduino IDE

Langkah berikutnya adalah membuka menu *Tools* untuk memilih jenis board dan port yang digunakan. Board yang dipilih adalah Arduino Uno karena sistem ini menggunakan mikrokontroler tersebut sebagai pusat kendali. Setelah board dan port sesuai, peneliti dapat melanjutkan proses penulisan program pada halaman *sketch*.



Gambar 7. Tampilan Tools pada Arduino IDE

Setelah pengaturan selesai, kode program ditulis pada halaman *sketch*. Program disusun berdasarkan logika kerja sistem, yaitu sensor membaca kondisi lingkungan, Arduino Uno memproses data masukan, kemudian output berupa buzzer ultrasonik dan lampu strobo akan aktif ketika terdapat objek atau gerakan yang terdeteksi. Struktur program terdiri atas

bagian inisialisasi pin, pengaturan input dan output, pembacaan sensor, serta perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan buzzer dan lampu strobo.



Gambar 8. Tampilan Sketch

Setelah kode program selesai ditulis, dilakukan proses verifikasi untuk memastikan tidak terdapat kesalahan sintaks pada program. Jika program tidak mengalami kesalahan, tahap berikutnya adalah mengunggah program ke Arduino Uno. Program yang telah tertanam pada mikrokontroler akan membuat sistem bekerja secara otomatis dan berulang sesuai dengan prinsip kerja yang telah dirancang.



Gambar 9. Tampilan Pemrograman Arduino IDE

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan merangkai seluruh komponen sesuai desain yang telah dibuat. Sensor ultrasonik, sensor PIR, buzzer ultrasonik, lampu strobo, dan catu daya dihubungkan ke Arduino Uno berdasarkan konfigurasi pin yang telah ditentukan. Setelah proses perakitan selesai, program yang telah dibuat pada Arduino IDE ditanamkan ke dalam mikrokontroler agar alat dapat bekerja secara otomatis.

Pengujian sistem dilakukan pada lahan sawah di Kenagarian Duku, Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Lokasi ini dipilih karena memiliki kondisi lahan yang representatif terhadap permasalahan serangan tikus sawah. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam mendeteksi gerakan atau keberadaan objek, mengaktifkan buzzer ultrasonik dan lampu strobo, serta bekerja secara stabil pada kondisi lingkungan nyata.

Metode pengujian mencakup pengujian fungsional, pengujian integrasi, pengujian kinerja, dan pengujian lapangan. Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan setiap komponen dapat bekerja sesuai fungsinya. Pengujian integrasi dilakukan untuk mengetahui keterhubungan antara sensor, mikrokontroler, dan output sistem. Pengujian kinerja dilakukan untuk menilai respons alat ketika mendeteksi objek atau gerakan. Pengujian lapangan dilakukan untuk melihat efektivitas alat dalam mengusir tikus pada area persawahan.

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif. Analisis dilakukan dengan membandingkan kesesuaian antara rancangan sistem dan performa alat selama proses pengujian. Aspek yang dianalisis meliputi kemampuan sensor dalam mendeteksi objek atau gerakan, respons Arduino Uno dalam mengolah data masukan, keterpaduan kerja antara input, proses, dan output, serta efektivitas buzzer ultrasonik dan lampu strobo dalam memberikan stimulus pengusiran. Hasil analisis digunakan untuk menilai apakah sistem yang dirancang telah mampu bekerja secara otomatis, efektif, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

HASIL

Pengujian sistem pengusir tikus berbasis gelombang ultrasonik ini dilakukan untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan serta kemampuan setiap komponen dalam mendukung fungsi pengusiran tikus di lahan persawahan. Pengujian dilakukan pada lahan sawah dengan ukuran 10 × 10 meter yang merepresentasikan kondisi lingkungan persawahan sesungguhnya.

Pengujian meliputi pengujian setiap komponen utama, yaitu sensor PIR, sensor ultrasonik HC-SR04, buzzer ultrasonik, dan lampu strobo, serta pengujian sistem secara terintegrasi. Parameter yang diamati meliputi jarak deteksi, respon sistem, waktu respon, serta efektivitas kombinasi stimulus suara dan cahaya dalam mengusir tikus.

Pengujian ini merupakan teknik untuk menguji perangkat atau komponen di alat, yang mempunyai mekanisme untuk menentukan data uji yang dapat menguji secara lengkap dan mempunyai kemungkinan tinggi untuk menemukan kesalahan. Agar lebih terarahnya pengujian ini penguji memfokuskan pengujian secara fungsional, integrasi, kinerja dan lapangan.

1. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk mengetahui apakah setiap komponen utama pada sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Komponen yang diuji meliputi sensor PIR, sensor ultrasonik HC-SR04, buzzer ultrasonik, dan lampu strobo.

a. Pengujian Arduino UNO

Pengujian Arduino UNO dilakukan untuk memastikan bahwa mikrokontroler sebagai pusat kendali sistem mampu bekerja dengan baik dalam menerima data dari sensor, memproses data sesuai program, serta mengendalikan aktuator secara tepat dan stabil. Pengujian ini penting karena Arduino UNO berperan sebagai otak sistem pengusir tikus yang menentukan kinerja keseluruhan alat.

Tabel 1. Pengujian Arduino UNO

No	Parameter	Hasil	Keterangan
1	Upload Program	Berhasil	Normal
2	Catu daya	Stabil	Tidak reset
3	Pembacaan input	Terbaca	Normal
4	Kendali output	Sesuai	Normal
5	Waktu respon	±1,2 detik	Baik

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem menunjukkan kinerja yang sesuai dengan spesifikasi komponen berdasarkan datasheet. Proses unggah program ke mikrokontroler berjalan dengan baik tanpa error, menandakan bahwa mikrokontroler berfungsi normal sesuai spesifikasi tegangan dan komunikasi yang tercantum pada datasheet.

Catu daya sistem berada dalam kondisi stabil pada tegangan kerja yang direkomendasikan oleh datasheet masing-masing komponen, sehingga selama pengujian tidak terjadi reset atau gangguan pada sistem. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian catu daya mampu menyuplai kebutuhan arus dan tegangan sesuai karakteristik komponen.

Pembacaan input dari sensor menunjukkan hasil yang normal, di mana sensor PIR dan sensor ultrasonik mampu memberikan sinyal keluaran sesuai prinsip kerja yang dijelaskan pada datasheet. Sensor PIR menghasilkan logika HIGH saat terdeteksi adanya pergerakan objek, sedangkan sensor ultrasonik mampu mendeteksi keberadaan objek berdasarkan pantulan gelombang ultrasonik.

Kendali output sistem, berupa aktivasi buzzer ultrasonik dan lampu strobo, bekerja sesuai dengan logika program dan karakteristik aktuator berdasarkan datasheet. Output aktif ketika kondisi input terpenuhi dan kembali nonaktif setelah durasi yang ditentukan, sehingga sistem menunjukkan respon yang konsisten dan dapat dikendalikan dengan baik.

Waktu respon sistem rata-rata sebesar ±1,2 detik masih berada dalam batas yang dapat diterima berdasarkan karakteristik waktu respon sensor PIR dan proses pembacaan sensor ultrasonik sebagaimana dijelaskan pada datasheet. Waktu respon ini dipengaruhi oleh waktu pemanasan sensor PIR, proses pembacaan sensor, serta delay pemrosesan pada mikrokontroler.

b. Pengujian Sensor HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan jarak objek di sekitar alat.

Tabel 2. Hasil Pengujian sensor HC-SR04

No	Jarak Aktual (cm)	Jarak Terbaca (cm)	Selisih (cm)
1	50	52	2
2	100	102	2
3	150	153	3
4	200	205	5
5	250	258	8

Berdasarkan hasil pengujian jarak sensor ultrasonik, diperoleh perbandingan antara jarak aktual dengan jarak yang terbaca oleh sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi jarak objek secara konsisten, namun terdapat selisih pembacaan yang cenderung meningkat seiring bertambahnya jarak.

Pada jarak aktual 50 cm dan 100 cm, selisih pembacaan sebesar 2 cm masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Hal ini sesuai dengan datasheet sensor ultrasonik yang menyebutkan adanya toleransi pengukuran akibat waktu tempuh gelombang dan karakteristik pantulan objek.

Pada jarak 150 cm, selisih pembacaan meningkat menjadi 3 cm, namun masih menunjukkan pembacaan yang relatif stabil. Selisih ini dapat disebabkan oleh melemahnya sinyal pantulan gelombang ultrasonik serta pengaruh sudut pantulan terhadap permukaan objek.

Pada jarak 200 cm dan 250 cm, selisih pembacaan bertambah menjadi 5 cm dan 8 cm. Peningkatan selisih ini menunjukkan bahwa pada jarak yang lebih jauh, akurasi sensor mulai menurun. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik sensor ultrasonik berdasarkan datasheet, di mana tingkat akurasi akan berkurang mendekati batas maksimum jarak deteksi.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bekerja sesuai dengan spesifikasi datasheet dan masih dapat digunakan secara efektif pada rentang

jarak tertentu. Oleh karena itu, pada sistem ini ditetapkan jarak kerja efektif hingga ±200 cm untuk menjaga akurasi dan kestabilan pembacaan sensor.

c. Pengujian Sensor PIR

Pengujian sensor PIR dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi pergerakan objek (tikus) berdasarkan radiasi infra merah.

Tabel 3. Hasil Pengujian sensor PIR

No	Jarak Objek (m)	Status Deteksi	Respon Sistem
1	1	Terdeteksi	Aktif
2	3	Terdeteksi	Aktif
3	5	Terdeteksi	Aktif
4	7	Tidak Stabil	Kadang Aktif
5	>7	Tidak Terdeteksi	Tidak Aktif

Berdasarkan hasil pengujian jarak deteksi sensor PIR, sistem mampu mendeteksi pergerakan objek secara stabil pada jarak 1 meter hingga 5 meter. Pada rentang jarak tersebut, sensor memberikan status terdeteksi dan sistem merespon dengan mengaktifkan aktuator. Hasil ini sesuai dengan datasheet sensor PIR yang menyatakan bahwa sensor mampu mendeteksi pergerakan objek dalam jarak beberapa meter dengan sudut deteksi yang lebar.

Pada jarak 7 meter, status deteksi menjadi tidak stabil dan respon sistem bersifat tidak konsisten. Kondisi ini menunjukkan bahwa sensor berada pada batas efektif jangkauan deteksi. Ketidakstabilan ini dapat disebabkan oleh berkurangnya intensitas radiasi inframerah yang diterima sensor, serta pengaruh lingkungan seperti suhu sekitar dan arah pergerakan objek.

Pada jarak lebih dari 7 meter, sensor tidak lagi mampu mendeteksi pergerakan objek sehingga sistem tidak memberikan respon. Hasil ini sesuai dengan karakteristik sensor PIR berdasarkan datasheet, di mana kemampuan deteksi akan menurun dan akhirnya tidak terdeteksi ketika objek berada di luar jangkauan kerja sensor.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jarak kerja efektif sensor PIR pada sistem ini berada pada rentang 1–5 meter, sedangkan pada jarak mendekati batas maksimum datasheet, kinerja sensor menjadi tidak stabil.

d. Pengujian Buzzer

Pengujian buzzer ultrasonik dilakukan untuk memastikan buzzer mampu menghasilkan gelombang ultrasonik sesuai dengan frekuensi yang diprogram.

Tabel 4. Hasil Pengujian buzzer

No	Kondisi Sensor	Status Buzzer	Keterangan
1	Tidak ada objek	Mati	Normal
2	Objek terdeteksi	Aktif	Normal
3	Objek bergerak	Aktif	Normal

Berdasarkan hasil pengujian kondisi kerja buzzer ultrasonik, sistem menunjukkan respon yang sesuai dengan logika kendali dan karakteristik aktuator berdasarkan datasheet. Pada kondisi tidak terdapat objek di area deteksi, buzzer berada dalam keadaan mati. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak memberikan aktivasi palsu dan logika kendali bekerja dengan baik.

Pada saat objek terdeteksi oleh sensor, buzzer ultrasonik aktif secara otomatis. Kondisi ini menandakan bahwa sinyal kendali dari mikrokontroler berhasil diteruskan ke buzzer dan buzzer mampu menghasilkan keluaran sesuai dengan spesifikasi tegangan kerja pada datasheet.

Ketika objek bergerak di area deteksi, buzzer tetap berada dalam kondisi aktif. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan status keluaran selama kondisi input masih terpenuhi. Respon ini sesuai dengan karakteristik buzzer ultrasonik yang dirancang untuk bekerja secara kontinu selama menerima sinyal kendali dari mikrokontroler. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa buzzer ultrasonik berfungsi normal dan mampu merespon perintah sistem dengan baik sesuai spesifikasi datasheet.

e. Pengujian Strobo

Pengujian lampu strobo dilakukan untuk melihat respon visual yang dihasilkan saat sistem aktif.

Tabel 5. Hasil Pengujian lampu strobo

No	Kondisi Sistem	Status Strobo	Keterangan
1	Standby	Mati	Normal
2	Deteksi objek	Berkedip	Normal
3	Objek hilang	Mati	Normal

Berdasarkan hasil pengujian kondisi kerja lampu strobo, sistem menunjukkan respon yang sesuai dengan logika kendali dan karakteristik aktuator berdasarkan datasheet. Pada kondisi sistem berada dalam keadaan siaga (standby), lampu strobo berada dalam kondisi mati. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak memberikan aktivasi keluaran tanpa adanya input dari sensor, sehingga konsumsi daya tetap efisien.

Pada saat sistem mendeteksi adanya objek, lampu strobo aktif dengan kondisi berkedip. Pola kedipan ini menunjukkan bahwa sinyal kendali dari mikrokontroler berhasil diteruskan ke lampu strobo dan lampu mampu menghasilkan keluaran cahaya sesuai karakteristik kerja pada datasheet. Kedipan lampu strobo berfungsi sebagai rangsangan visual untuk mengganggu keberadaan tikus di area kerja alat.

Ketika objek tidak lagi terdeteksi, lampu strobo kembali ke kondisi mati. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespon perubahan kondisi input secara tepat dan menghentikan aktivasi aktuator ketika tidak lagi diperlukan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa lampu strobo bekerja secara normal, responsif, dan sesuai dengan spesifikasi datasheet.

2. Pengujian Integrasi

Pengujian integrasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengintegrasikan seluruh komponen agar dapat bekerja secara bersamaan. Pada pengujian ini diamati alur kerja sistem mulai dari sensor mendeteksi objek hingga aktuator aktif.

No	Kondisi Uji	Input Sensor	Output Sistem	Hasil
1	Standby	Tidak terdeteksi	Semua output mati	Sesuai
2	Objek masuk	PIR aktif	Buzzer & strobo aktif	Sesuai
3	Objek diam	PIR aktif	Output tetap aktif	Sesuai
4	Objek keluar	PIR tidak aktif	Output mati	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian integrasi sistem, diperoleh bahwa seluruh komponen mampu bekerja secara terpadu sesuai dengan alur kerja yang telah dirancang. Pada kondisi sistem berada dalam keadaan standby, tidak terdapat input dari sensor PIR sehingga seluruh output sistem berada dalam kondisi mati. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak mengalami aktivasi keluaran tanpa adanya input, sesuai dengan logika kendali yang dirancang.

Pada saat objek masuk ke area deteksi, sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan dan memberikan sinyal aktif ke mikrokontroler. Sistem kemudian merespon dengan mengaktifkan buzzer ultrasonik dan lampu strobo. Kondisi ini menunjukkan bahwa komunikasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator berjalan dengan baik.

Ketika objek berada dalam kondisi diam di area deteksi, sensor PIR masih berada dalam kondisi aktif sehingga sistem mempertahankan status output tetap aktif. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kontinuitas respon selama kondisi deteksi masih terpenuhi, sesuai dengan desain logika program.

Pada saat objek keluar dari area deteksi, sensor PIR tidak lagi mendeteksi pergerakan sehingga sistem mematikan seluruh output dan kembali ke kondisi standby. Respon ini menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan kondisi keluaran secara tepat terhadap perubahan input sensor.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara terintegrasi dan responsif, serta seluruh skenario pengujian menghasilkan hasil yang sesuai dengan perancangan sistem.

3. Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merespon objek serta mengukur parameter kinerja seperti jarak deteksi dan waktu respon.

Tabel 6. Pengujian Kinerja Sistem

No	Kondisi Pengujian	Jarak Deteksi	Waktu Respon (detik)
1	Objek mendekat	≤ 5 m	1,2
2	Objek diam	≤ 5 m	1,0
3	Objek menjauh	> 5 m	2,0

Berdasarkan hasil pengujian waktu respon sistem terhadap berbagai kondisi objek, diperoleh perbedaan waktu respon yang dipengaruhi oleh jarak dan kondisi pergerakan objek. Pada kondisi objek mendekat dengan jarak deteksi ≤ 5 meter, sistem memiliki waktu respon rata-rata sebesar 1,2 detik. Waktu respon ini menunjukkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi perubahan radiasi inframerah dengan cukup cepat dan sistem dapat mengaktifkan aktuator dalam waktu yang relatif singkat.

Pada kondisi objek diam dengan jarak ≤ 5 meter, waktu respon sistem tercatat sebesar 1,0 detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketika objek berada dalam area deteksi dan tidak mengalami perubahan posisi yang signifikan, sistem dapat memberikan respon yang lebih cepat karena sinyal input dari sensor sudah berada dalam kondisi stabil.

Pada kondisi objek menjauh dengan jarak lebih dari 5 meter, waktu respon sistem meningkat hingga 2,0 detik. Peningkatan waktu respon ini disebabkan oleh melemahnya sinyal deteksi sensor PIR ketika objek berada mendekati atau melewati batas jangkauan deteksi. Hal ini sesuai dengan karakteristik sensor PIR berdasarkan datasheet, di mana kemampuan deteksi dan kecepatan respon akan menurun ketika objek berada di luar area kerja efektif sensor.

Secara keseluruhan, variasi waktu respon yang terjadi masih berada dalam batas wajar dan sesuai dengan prinsip kerja sensor PIR serta waktu pemrosesan sistem. Dengan

demikian, sistem mampu memberikan respon yang cukup cepat terhadap keberadaan objek di area deteksi sesuai tujuan penelitian.

4. Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan dengan mengoperasikan alat secara langsung di lahan sawah pada kondisi lingkungan sebenarnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas alat dalam mengusir tikus serta ketahanan sistem terhadap faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kondisi tanah.



Gambar 1. Pengujian lapangan siang hari



Gambar 2. Pengujian lapangan Malam hari

Berdasarkan hasil pengamatan selama pengujian lapangan, alat mampu beroperasi dengan stabil dan memberikan respon ketika terdeteksi adanya pergerakan di sekitar area perlindungan. Aktivasi gelombang ultrasonik dan lampu strobo menyebabkan tikus menjauh dari area sawah, terutama pada pengujian yang dilakukan pada malam hari.

PEMBAHASAN

Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengusir tikus berbasis gelombang ultrasonik dan lampu strobo telah bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa setiap komponen mampu menjalankan tugasnya masing-masing, sedangkan pengujian integrasi membuktikan bahwa sistem dapat bekerja secara terpadu.

Hasil pengujian kinerja memperlihatkan bahwa sistem memiliki waktu respon yang cepat dan jarak deteksi yang sesuai dengan spesifikasi sensor yang digunakan. Selain itu, hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa kombinasi stimulus suara ultrasonik dan cahaya strobo memberikan efek gangguan multisensorik yang efektif dalam mengusir tikus.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini sejalan dengan teori dan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik yang dikombinasikan dengan stimulus visual dapat meningkatkan efektivitas sistem pengusir hama. Dengan demikian, alat yang dirancang berpotensi menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan dan aplikatif bagi petani.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendeteksi dan pengusir tikus pada lahan persawahan berbasis mikrokontroler Arduino Uno berhasil direalisasikan sesuai rancangan. Seluruh komponen utama, yaitu sensor PIR, sensor ultrasonik, buzzer ultrasonik, dan lampu strobo, dapat berfungsi secara baik dan terintegrasi dalam satu sistem kerja yang otomatis serta responsif. Hasil pengujian fungsional dan integrasi membuktikan bahwa sistem mampu membaca data dari sensor dan mengaktifkan aktuator secara sinkron sesuai logika program yang telah dirancang. Pengujian kinerja menunjukkan bahwa alat memiliki jarak deteksi efektif hingga ±5 meter dengan waktu respons rata-rata kurang dari 2 detik, sehingga mampu merespons keberadaan tikus secara cepat. Hasil pengujian lapangan juga memperlihatkan bahwa kombinasi stimulus auditori berupa gelombang ultrasonik dan stimulus visual berupa cahaya strobo efektif memberikan gangguan multisensorik kepada tikus, khususnya pada malam hari ketika aktivitas hama meningkat. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memiliki potensi sebagai solusi alternatif pengendalian hama tikus yang ramah lingkungan, efisien, dan mudah diterapkan pada lahan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad. (2021). Microcontroller based ultrasonic pest repellent system with frequency modulation. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering, 8*(3), 150–155.

BPS. (2023). *Statistik Pertanian Indonesia 2023*. https://www.bps.go.id

Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. (2022). *Laporan Tahunan Pengendalian Hama Tikus di Lahan Pertanian*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Kay, J. (2024). Bright nights reduces rodent running, but changing the color can help. *Journal of Experimental Biology, 227*(14), jeb248183. https://doi.org/10.1242/jeb.248183

Mujab, A. A., Rosmiati, M., & Sari, M. I. (2023). Perancangan Alat Pengusir Hama Tikus Berbasis Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Teknologi dan Sains, 5*(1), 15–22.

Prasetyo, & Ramadhan, I. (2022). Penerapan Sensor PIR pada Sistem Otomatisasi Keamanan Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknik Elektro Kontrol, 11*(1), 45–53.

Rahmadani, & Putra, R. H. (2021). Rancang Bangun Sistem Pengusir Hama Tikus Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis Ultrasonik. *Jurnal Elektro dan Informatika, 8*(1), 12–20.

Rohman, A., & Suryanto, H. (2023). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Hama Tikus Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmiah Teknologi Elektro, 11*(2), 89–97.

Sutrisno, & Maulana, F. (2023). Pengembangan Sistem Pengusir Hama Tikus Berbasis Sensor Ultrasonik di Lahan Pertanian. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Pertanian, 4*(2), 99–108.

Zhang, F.-S., Wang, Y., Wu, K., Xu, W.-Y., Wu, J., Liu, J.-Y., Wang, X.-Y., & Shuai, L.-Y. (2020). Effects of artificial light at night on foraging behavior and vigilance in a nocturnal rodent. *Science of The Total Environment, 724*, 138271. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138271

Zhao, X., & Li, X. (2020). Research on the application of ultrasonic technology in rodent control. *Journal of Environmental Protection, 11*, 764–772.