

Rancang Bangun Sistem Pengusir Tikus Berbasis IoT Menggunakan Logika AND Pada Sensor PIR dan HC-SR04

Hazri Alpirendi Muhammad Latif^{1*)}, Ibrahim², Rafif Fauzan Reinawan³, Muhammad Yusuf Fadilla⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jalan HS. Ronggo Waluyo, Desa Puseurjaya, Kecamatan Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia

*Penulis Korespondensi, e-mail: 2210631160090@student.unsika.ac.id

Received: 10/06/2026

Revised: 15/07/2026

Accepted: 15/07/2026

ABSTRAK

Tikus merupakan salah satu hama yang menyebabkan kerugian pada sektor pertanian dan pergudangan sehingga diperlukan sistem pengendalian yang efektif, otomatis, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pengusir tikus berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan penerapan logika AND pada sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk meningkatkan selektivitas deteksi serta mengurangi *false alarm*. Metode penelitian yang digunakan adalah rancang bangun dan eksperimen melalui pengujian fungsional, pengujian lapangan di gudang beras, analisis performa metode deteksi, dan evaluasi komunikasi IoT menggunakan Telegram Bot. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai rancangan, yaitu *buzzer*, LCD, dan notifikasi Telegram hanya aktif ketika kedua sensor mendeteksi objek secara bersamaan. Pengujian lapangan membuktikan sistem mampu mendeteksi seluruh objek tikus pada variasi jarak 9–158 cm dan sudut 18°–177° serta tidak memberikan respons terhadap sebagian besar objek non-tikus. Analisis performa menunjukkan logika AND memperoleh akurasi 100%, lebih tinggi dibandingkan sensor PIR (80%), sensor HC-SR04 (80%), dan logika OR (60%). Selain itu, sistem mampu mengirimkan notifikasi Telegram secara *real-time* dengan rata-rata waktu respons 0,95 detik dan tingkat keberhasilan pengiriman 80%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan logika AND pada sistem IoT efektif meningkatkan keandalan deteksi tikus dan meminimalkan *false alarm*.

Kata Kunci: *Internet of Things*, NodeMCU ESP8266, PIR HC-SR501, HC-SR04, Telegram Bot

ABSTRACT

Rats are among the major pests that cause significant losses in the agricultural and warehouse sectors, highlighting the need for an effective, automated, and environmentally friendly control system. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based rat repellent system using the NodeMCU ESP8266 by applying AND logic to the PIR HC-SR501 and HC-SR04 ultrasonic sensors to improve detection selectivity and reduce false alarms. The research employed a design-and-build and experimental approach, including functional testing, field testing in a rice warehouse, detection performance analysis, and IoT communication evaluation using a Telegram Bot. The results demonstrate that the system operated as designed, where the buzzer, LCD, and Telegram notifications were activated only when both sensors simultaneously detected an object. Field testing confirmed that the system successfully detected all rat objects at distances ranging from 9 to 158 cm and detection angles between 18° and 177°, while remaining unresponsive to most non-rat objects. Performance analysis showed that the AND logic achieved an accuracy of 100%, outperforming the PIR sensor (80%), the HC-SR04 sensor (80%), and OR logic (60%). Furthermore, the system was able to transmit Telegram notifications in real time with an average response time of 0.95 seconds and a notification delivery success rate of 80%. These findings indicate that implementing AND logic in an IoT-based system effectively improves rat detection reliability while minimizing false alarms.

Keywords: *Internet of Things*, NodeMCU ESP8266, PIR HC-SR501, HC-SR04, Telegram Bot

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



1. PENDAHULUAN

Tikus merupakan salah satu hama yang menyebabkan kerugian pada sektor pertanian, perdagangan, dan permukiman. Keberadaan tikus dapat merusak hasil panen, barang penyimpanan, instalasi listrik, serta menjadi media penyebaran penyakit yang membahayakan kesehatan manusia. Pada sektor pertanian, serangan tikus menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penurunan produktivitas tanaman dan kerugian ekonomi bagi petani [1]. Berbagai metode pengendalian telah diterapkan, seperti penggunaan racun, perangkap mekanis, dan pengusiran manual, namun metode tersebut masih memiliki keterbatasan dari aspek efektivitas, keamanan, dan dampak lingkungan. Penggunaan rodentisida secara berlebihan dapat mencemari lingkungan dan membahayakan organisme *non-target*, sedangkan metode manual membutuhkan pengawasan secara berkelanjutan sehingga kurang efektif untuk penggunaan jangka panjang [2]. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang mampu melakukan pengendalian hama tikus secara efektif, aman, dan berkelanjutan.

Kemampuan reproduksi dan adaptasi tikus yang tinggi menyebabkan populasi hama ini sulit dikendalikan apabila tidak dilakukan penanganan yang tepat. Selain menyebabkan penurunan kuantitas hasil panen, keberadaan tikus juga dapat menurunkan kualitas produk pertanian serta meningkatkan biaya pengendalian. Serangan tikus pada tanaman padi masih menjadi salah satu faktor penyebab kerugian hasil panen di berbagai daerah [1]. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem pengendalian yang lebih otomatis dan responsif untuk mendukung upaya pengendalian hama tikus.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem pengendalian hama berbasis pemantauan otomatis. Teknologi IoT memungkinkan perangkat elektronik terhubung melalui jaringan internet sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time. Integrasi sensor, mikrokontroler, dan media komunikasi berbasis internet memungkinkan sistem mendeteksi kondisi lingkungan serta mengirimkan informasi kepada pengguna tanpa harus berada langsung di lokasi. Penggunaan Telegram sebagai media notifikasi pada sistem IoT juga telah diterapkan karena mampu memberikan informasi secara cepat dan mudah diakses oleh pengguna [3], [4]. Dengan demikian, integrasi IoT berpotensi menjadi solusi dalam pengembangan sistem deteksi dan peringatan hama tikus yang lebih efektif.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pengusir hama tikus berbasis sensor dan teknologi IoT. Nurfauzan et al. [5], mengembangkan alat pengusir tikus menggunakan sensor *Passive Infrared* (PIR) dan gelombang ultrasonik yang mampu mendeteksi keberadaan tikus serta mengaktifkan perangkat pengusir secara otomatis. Yuliana et al. [6], mengintegrasikan teknologi IoT, sensor PIR, dan generator ultrasonik untuk meningkatkan efektivitas monitoring dan pengendalian hama. Triyani et al. [7], merancang alat pengusir tikus berbasis NodeMCU ESP32 dengan sensor PIR dan gelombang ultrasonik yang bekerja otomatis ketika mendeteksi pergerakan objek. Selain itu, Ningsih et al. [8] menyimpulkan bahwa gelombang ultrasonik berpotensi digunakan sebagai alternatif pengendalian tikus yang lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan rodentisida. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sensor, gelombang ultrasonik, dan teknologi IoT memiliki potensi yang besar untuk diterapkan pada sistem pengendalian hama tikus secara otomatis.

Penelitian yang secara khusus berfokus pada pengembangan alat pengusir tikus juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Kahar et al. [9], mengembangkan alat pengusir hama tikus pada tanaman padi berbasis Arduino dengan sensor PIR sebagai pendeteksi keberadaan tikus. Iqbal dan Rahayu [10], merancang alat pengusir tikus sawah berbasis Arduino UNO dan gelombang ultrasonik sebagai alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Rukmana et al. [11], mengembangkan sistem pendeteksi dan pengusir tikus berbasis Arduino UNO yang dilengkapi modul GSM untuk mengirimkan informasi kepada pengguna.

Meskipun penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pengendalian tikus berbasis sensor PIR, sensor ultrasonik, maupun IoT, sebagian besar masih berfokus pada pengujian laboratorium atau pengujian fungsional komponen. Selain itu, penggunaan sensor tunggal masih berpotensi menghasilkan aktivasi yang tidak diinginkan (*false alarm*) akibat adanya objek lain di sekitar area pengamatan. Oleh karena



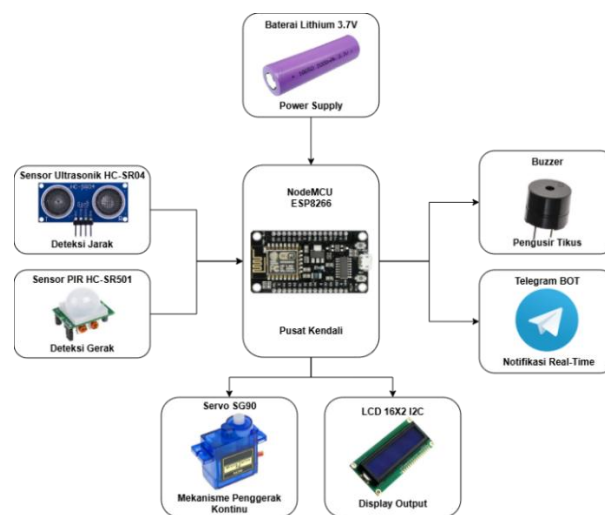
itu, diperlukan metode validasi deteksi menggunakan kombinasi beberapa sensor serta pengujian pada lingkungan operasional sebenarnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan logika AND pada kombinasi sensor *Passive Infrared* (PIR) dan HC-SR04 sehingga sistem hanya memberikan respons apabila kedua sensor mendeteksi kondisi yang telah ditentukan secara bersamaan. Sistem diuji melalui pengujian fungsional dan pengujian lapangan pada gudang beras dengan aktivitas tikus untuk mengevaluasi kemampuan deteksi, aktivasi *buzzer* sebagai peringatan, serta pengiriman notifikasi berbasis Telegram. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan selektivitas deteksi dan mengurangi kemungkinan *false alarm* dibandingkan penggunaan sensor tunggal.

2. METODE PENELITIAN

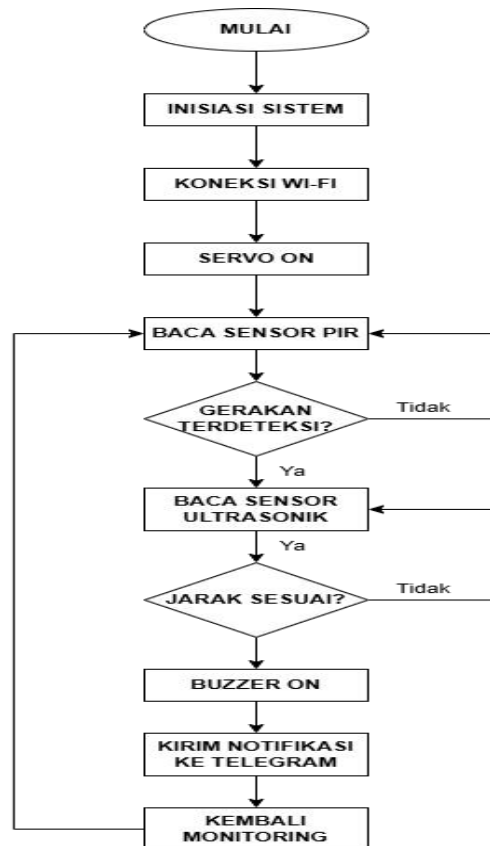
Penelitian ini menerapkan metode rancang bangun dan eksperimen, di mana metode rancang bangun digunakan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengusir hama tikus berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendalinya. Sementara itu, metode eksperimen digunakan untuk menguji performa sistem yang telah dibuat, meliputi kemampuan sensor dalam mendeteksi objek, proses pengiriman notifikasi Telegram, serta respons perangkat output yang digunakan.

2.1 Perancangan Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1, NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor PIR HC-SR501 dan HC-SR04. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan objek, sedangkan HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak objek. Data kedua sensor diproses menggunakan logika AND untuk menentukan kondisi aktivasi sistem. Ketika kondisi terpenuhi, NodeMCU mengaktifkan *buzzer*, menampilkan informasi pada LCD 16×2 I2C, dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram Bot.



Gambar 2. Diagram Alir Pemrosesan Sistem

Berdasarkan Gambar 2, proses diawali dengan inialisasi sistem oleh NodeMCU ESP8266 untuk mengaktifkan seluruh perangkat yang terhubung. Setelah tahap tersebut selesai, mikrokontroler melakukan koneksi ke jaringan Wi-Fi sehingga sistem dapat berkomunikasi dengan Telegram Bot dan mengirimkan notifikasi secara *real-time*. Servo SG90 kemudian dijalankan secara kontinu sebagai mekanisme pengusir mekanis, dengan kondisi berhenti selama 3 detik ketika objek terdeteksi. Selanjutnya, sistem memasuki tahap *monitoring* dengan membaca data dari sensor PIR HC-SR501 yang berfungsi mendeteksi adanya pergerakan pada area pengamatan. Jika tidak ditemukan pergerakan, proses pembacaan sensor akan diulang secara terus-menerus. Akan tetapi, jika sensor PIR mendeteksi adanya gerakan, sistem akan melanjutkan pemeriksaan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak objek.

Nilai jarak yang terukur tersebut kemudian dibandingkan dengan ambang batas deteksi yang telah ditetapkan. Apabila hasil pengukuran tidak memenuhi kriteria, sistem akan kembali ke mode monitoring. Sebaliknya, jika objek berada pada rentang jarak yang sesuai, NodeMCU ESP8266 akan mengaktifkan *buzzer* selama 3 detik sebagai mekanisme pengusiran tikus dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram Bot. Setelah proses tersebut selesai, sistem kembali melakukan pemantauan guna mendeteksi keberadaan objek selanjutnya. Siklus ini berlangsung secara berulang selama perangkat memperoleh sumber daya, sehingga fungsi deteksi dan pengusiran hama tikus dapat berjalan secara otomatis dan *real-time*.

2.2 Metode Pengujian

a. Tahapan Pengujian



Gambar 3. Flowchart Metode Pengujian Sistem



Pengujian sistem dilakukan secara bertahap untuk memastikan setiap komponen dan fungsi sistem bekerja sesuai dengan perancangan: (1) pengujian sensor tunggal; (2) pengujian komparatif empat konfigurasi logika (PIR saja, HC-SR04 saja, OR, AND) untuk membuktikan penurunan *false alarm* secara kuantitatif; (3) pengujian variasi objek dan lingkungan, karena sensor bekerja berdasarkan gerak dan jarak secara umum, bukan ciri spesifik tikus; (4) verifikasi respons *buzzer*, LCD, dan Telegram; serta (5) pengujian parameter *real-time* (*delay* notifikasi, keberhasilan pengiriman, stabilitas Wi-Fi).

b. Skenario Pengujian

Pengujian sistem dilakukan secara eksperimental untuk mengevaluasi kemampuan deteksi dan respons sistem berdasarkan implementasi logika AND antara sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem memberikan respons berupa aktivasi *buzzer*, tampilan informasi pada LCD 16×2 I2C, dan pengiriman notifikasi melalui Telegram Bot apabila kedua sensor mendeteksi objek secara bersamaan. Pengujian dilakukan melalui empat skenario untuk menganalisis kesesuaian fungsi sensor, penerapan logika AND, serta respons sistem terhadap kondisi deteksi. Selain itu, pengujian lapangan pada gudang beras dilakukan dengan variasi jarak, sudut kedatangan objek, dan objek pembanding untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi tikus serta meminimalkan *false alarm*. Parameter pengamatan meliputi status sensor, aktivasi *buzzer*, tampilan LCD, dan keberhasilan pengiriman notifikasi.

TABEL I: Skenario Pengujian Sistem Deteksi

No	PIR	HC-SR04	Buzzer	LCD	Telegram
1	Tidak	Tidak	OFF	Status Aman	Tidak Terkirim
2	Ya	Tidak	OFF	Terdeteksi Gerakan	Tidak Terkirim
3	Tidak	Ya	OFF	Status Aman	Tidak Terkirim
4	Ya	Ya	ON	Tikus Terdeteksi	Terkirim

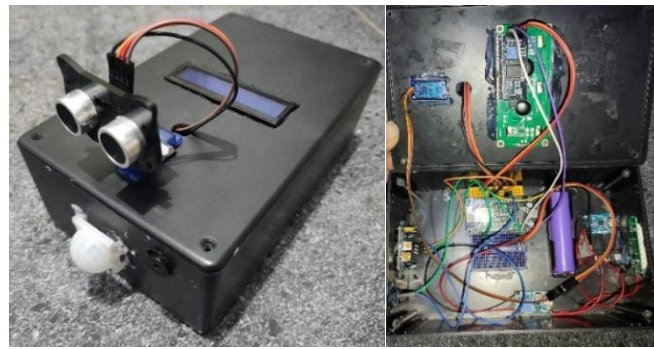
Berdasarkan keempat skenario tersebut, sistem dirancang agar respons aktif berupa aktivasi *buzzer*, tampilan "Tikus Terdeteksi" pada LCD, dan pengiriman notifikasi Telegram hanya terjadi apabila kedua sensor mendeteksi objek secara bersamaan (skenario 4). Pada skenario 1 hingga 3, sistem tetap berada pada kondisi tidak aktif atau menampilkan status deteksi parsial tanpa mengirimkan notifikasi, sehingga logika AND ini berfungsi sebagai mekanisme filter untuk meminimalkan risiko false positive yang dapat timbul apabila hanya mengandalkan satu jenis sensor.

Selain pengujian berdasarkan empat kondisi logika AND, dilakukan pula pengujian variasi deteksi untuk mengevaluasi keandalan sistem pada berbagai kondisi operasional. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan jarak objek terhadap sensor, sudut kedatangan objek, ukuran objek, kondisi lingkungan, serta jenis objek yang digunakan. Variasi pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konsistensi kemampuan deteksi sistem serta mengevaluasi kemungkinan terjadinya *false alarm* pada objek selain tikus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi dan pengujian prototipe sistem pengusir hama tikus berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang mengintegrasikan sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai mekanisme pendeteksi objek. Hasil yang diperoleh meliputi realisasi fisik prototipe, pengujian pada setiap skenario deteksi, serta analisis terhadap respons sistem berupa aktivasi *buzzer*, penampilan informasi pada LCD, dan pengiriman notifikasi melalui Telegram Bot. Tampilan luar dan bagian dalam prototipe sistem ditunjukkan pada Gambar 4.





Gambar 4. Tampak Luar dan Dalam Prototipe Sistem Pengusir Hama Tikus

Pengujian sistem dilakukan melalui empat skenario untuk mengevaluasi kinerja deteksi yang dihasilkan oleh kombinasi sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Setiap skenario dirancang berdasarkan penerapan logika AND, sehingga sistem hanya akan memberikan respons apabila kedua sensor mendeteksi objek secara bersamaan. Respons yang diberikan meliputi aktivasi *buzzer* sebagai media pengusir, penampilan status pada LCD 16x2 I2C, serta pengiriman notifikasi kepada pengguna melalui Telegram Bot.

Hasil pengujian untuk masing-masing skenario ditunjukkan pada Tabel 2 dan didukung oleh dokumentasi pengujian yang disajikan pada gambar 5. Data hasil pengujian digunakan untuk memverifikasi kesesuaian fungsi sensor, implementasi logika AND, serta respons sistem terhadap berbagai kondisi deteksi yang telah ditentukan.



Gambar 5. Hasil Pengujian Sistem Deteksi

3.1 Pengujian Implementasi Sistem

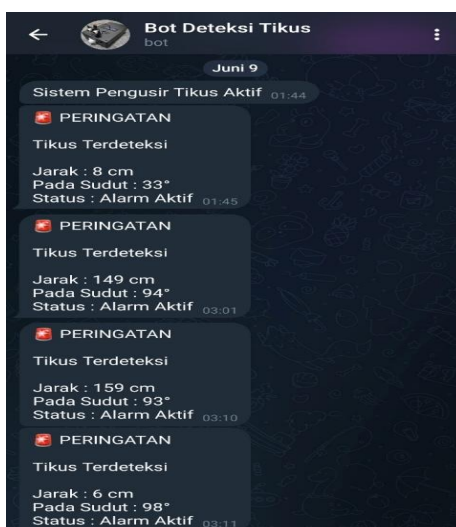


Pada skenario pertama, sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04 tidak mendeteksi objek secara bersamaan. Sensor PIR tidak mendeteksi pergerakan, sedangkan sensor ultrasonik membaca jarak objek sekitar 100 cm yang berada di luar batas deteksi. Nilai tersebut dipengaruhi oleh keterbatasan ruang pengujian sehingga sensor belum mencapai jarak maksimum spesifikasinya. LCD menampilkan informasi "J:100 cm S:124" pada baris pertama dan "Status Aman" pada baris kedua. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi logika AND belum terpenuhi sehingga buzzer tidak aktif dan notifikasi Telegram tidak dikirimkan.

Pada skenario kedua, sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan, tetapi sensor ultrasonik HC-SR04 tidak mendeteksi objek pada rentang jarak yang ditentukan. LCD menampilkan nilai "J:85 cm S:175" disertai informasi "Gerakan Ada". Meskipun sensor PIR aktif, sistem tidak mengaktifkan buzzer maupun mengirimkan notifikasi Telegram karena kondisi logika AND belum terpenuhi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi potensi false alarm akibat gangguan lingkungan atau objek yang berada di luar area deteksi jarak.

Pada skenario ketiga, sensor ultrasonik HC-SR04 mendeteksi objek pada jarak sekitar 4 cm, sedangkan sensor PIR tidak mendeteksi adanya pergerakan. LCD menampilkan informasi "J:4 cm S:143" pada baris pertama dan "Status Aman" pada baris kedua. Meskipun objek berada dalam jangkauan sensor ultrasonik, sistem tidak mengaktifkan buzzer maupun mengirimkan notifikasi Telegram karena tidak terdapat sinyal deteksi dari sensor PIR. Hasil ini menunjukkan bahwa objek diam tidak cukup untuk memicu respons sistem sehingga logika AND mampu meningkatkan selektivitas deteksi.

Pada skenario keempat, sensor PIR dan sensor ultrasonik HC-SR04 mendeteksi objek secara bersamaan. LCD menampilkan pesan "TIKUS TERDETEKSI" pada baris pertama serta informasi "S:33 J:8 cm" pada baris kedua. Kondisi logika AND yang terpenuhi menyebabkan NodeMCU ESP8266 mengaktifkan buzzer, menghentikan sementara pergerakan servo SG90 selama tiga detik, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram Bot. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi sensor PIR dan HC-SR04 dengan logika AND mampu menghasilkan respons sesuai perancangan serta meningkatkan keandalan proses deteksi objek.



Gambar 6. Hasil Notifikasi Pada Bot Telegram

Gambar 10 menunjukkan tampilan notifikasi yang diterima melalui akun Telegram "Bot Deteksi Tikus". Setelah sistem terhubung, Telegram Bot berhasil menerima pesan hasil pengujian yang berisi informasi status peringatan, jarak objek, posisi sudut servo, dan status alarm. Variasi nilai sudut servo menunjukkan kondisi perangkat saat proses deteksi berlangsung. Hasil ini membuktikan bahwa integrasi NodeMCU ESP8266 dengan Telegram Bot mampu mengirimkan informasi deteksi secara real-time serta memungkinkan pengguna melakukan pemantauan sistem dari jarak jauh.



TABEL II: Hasil Pengujian Sistem Deteksi

PIR	Kondisi HC-SR04	Buzzer	LCD	Telegram	Sudut	Jarak
Tidak	Tidak	OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	14°	100 cm
		OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	39°	105 cm
		OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	76°	120 cm
		OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	163°	108 cm
Ya	Tidak	OFF	Terdeteksi Gerakan	Tidak Terkirim	28°	85 cm
		OFF	Terdeteksi Gerakan	Tidak Terkirim	57°	60 cm
		OFF	Terdeteksi Gerakan	Tidak Terkirim	119°	83 cm
		OFF	Terdeteksi Gerakan	Tidak Terkirim	171°	67 cm
Tidak	Ya	OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	7°	4 cm
		OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	66°	72 cm
		OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	102°	66 cm
		OFF	Status Aman	Tidak Terkirim	147°	55 cm
Ya	Ya	ON	Tikus Terdeteksi	Terkirim	33°	8 cm
		ON	Tikus Terdeteksi	Terkirim	94°	149 cm
		ON	Tikus Terdeteksi	Terkirim	93°	159 cm
		ON	Tikus Terdeteksi	Terkirim	98°	6 cm

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel II, sistem pengusir hama tikus berbasis IoT menunjukkan kinerja yang sesuai dengan logika AND yang diterapkan. Dari 16 kali pengujian, seluruh percobaan pada skenario pertama menghasilkan kondisi buzzer OFF, LCD menampilkan status aman, dan notifikasi Telegram tidak terkirim. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem tidak memberikan respons ketika sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04 tidak mendeteksi objek secara bersamaan.

Pada skenario kedua dan ketiga, sistem tetap tidak memberikan respons karena hanya salah satu sensor yang aktif. Meskipun sensor PIR mendeteksi gerakan atau HC-SR04 mendeteksi objek, buzzer dan notifikasi Telegram tetap tidak aktif. Sebaliknya, pada skenario keempat kedua sensor aktif secara bersamaan sehingga buzzer menyala, LCD menampilkan pesan "Tikus Terdeteksi", dan notifikasi Telegram berhasil dikirim. Hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi logika AND mampu memvalidasi keberadaan objek sebelum sistem memberikan respons.

Selain itu, Tabel 2 menunjukkan variasi nilai jarak yang terbaca oleh sensor HC-SR04 pada setiap percobaan akibat perubahan posisi objek dan pergerakan servo SG90. Namun, variasi tersebut tidak memengaruhi hasil selama objek berada dalam rentang deteksi yang ditentukan. Kesesuaian antara hasil pengujian, tampilan LCD, aktivasi buzzer, dan notifikasi Telegram menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem telah terintegrasi dengan baik dan bekerja sesuai perancangan.

3.2 Pengujian pada Gudang Beras

Setelah dilakukan pengujian fungsional terhadap masing-masing komponen sistem, tahap selanjutnya adalah pengujian variasi deteksi objek pada kondisi yang lebih beragam. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membedakan objek tikus dan objek non-tikus berdasarkan kombinasi pembacaan sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan logika AND. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak, sudut kedatangan objek, ukuran objek, dan kondisi lingkungan terhadap respons sistem.





Gambar 7. Pengujian sistem deteksi tikus pada gudang beras.

Gambar 7 menunjukkan pengujian sistem pada gudang beras sebagai lingkungan operasional untuk mengevaluasi kemampuan sensor PIR HC-SR501 dan HC-SR04 dalam mendeteksi objek. Sistem diuji berdasarkan logika AND, yaitu buzzer dan notifikasi Telegram hanya aktif ketika kedua sensor mendeteksi objek sesuai kriteria yang ditentukan.

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan variasi jarak 9–158 cm dan sudut objek 18°–177°. Objek uji meliputi tikus serta objek non-tikus seperti manusia, kucing, kardus, karung beras, dan ember untuk mengevaluasi potensi *false alarm*. Parameter pengamatan mencakup respons sensor, aktivasi buzzer, tampilan LCD, dan pengiriman notifikasi Telegram. Hasil pengujian variasi deteksi ditampilkan pada Tabel 3.

TABEL III: Variasi Pengujian Deteksi Objek di Gudang Beras

No	Jarak (cm)	Sudut (°)	Ukuran Objek	Kondisi Lingkungan	Jenis Objek	PIR	HC-SR04	Hasil Pengujian
1	12	18	Kecil	Tertutup	Tikus	Ya	Ya	Tikus Terdeteksi
2	37	52	Sedang	Terang	Kucing	Ya	Tidak	Terdeteksi Gerakan
3	81	109	Besar	Terang	Manusia	Ya	Tidak	Terdeteksi Gerakan
4	158	142	Sedang	Tertutup	Tikus	Ya	Ya	Tikus Terdeteksi
5	24	74	Kecil	Terang	Kardus	Tidak	Ya	Status Aman
6	96	161	Besar	Terang	Karung Beras	Tidak	Tidak	Status Aman
7	143	91	Sedang	Tertutup	Tikus	Ya	Ya	Tikus Terdeteksi
8	68	129	Sedang	Terang	Ember	Tidak	Ya	Status Aman
9	111	35	Besar	Terang	Manusia	Tidak	Tidak	Status Aman
10	9	177	Kecil	Tertutup	Tikus	Ya	Ya	Tikus Terdeteksi

Berdasarkan Tabel III, sistem berhasil mendeteksi seluruh objek tikus pada empat kali pengujian, yaitu percobaan ke-1, ke-4, ke-7, dan ke-10. Pada kondisi tersebut, sensor PIR mendeteksi pergerakan dan sensor HC-SR04 mendeteksi objek sehingga logika AND terpenuhi. Sistem kemudian mengaktifkan buzzer, menampilkan informasi “Tikus Terdeteksi” pada LCD, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram Bot. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara konsisten pada variasi jarak 9–158 cm dan sudut deteksi 18°–177°.

Pada pengujian objek selain tikus, sistem memberikan respons sesuai dengan rancangan logika AND. Ketika hanya sensor PIR yang aktif, seperti pada objek manusia dan kucing, sistem hanya menampilkan status “Terdeteksi Gerakan” tanpa mengaktifkan buzzer maupun notifikasi. Sebaliknya, ketika hanya sensor HC-SR04 yang mendeteksi objek, seperti kardus dan ember, sistem tetap berada pada kondisi aman karena tidak terdapat deteksi pergerakan. Objek seperti karung beras dan manusia yang tidak memenuhi kedua kondisi sensor juga tidak memicu respons sistem.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan logika AND mampu meningkatkan selektivitas sistem dengan memastikan aktivasi hanya terjadi ketika kedua sensor mendeteksi kondisi yang sesuai secara bersamaan. Mekanisme ini mampu mengurangi kemungkinan false alarm serta meningkatkan keandalan sistem dalam mendeteksi keberadaan tikus pada lingkungan gudang beras. Hasil pengujian variasi ini selanjutnya menjadi dasar analisis kuantitatif terhadap performa sensor tunggal, logika OR, dan logika AND.

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



3.3 Analisis Performa Logika

Untuk mengetahui efektivitas penerapan logika AND dalam meningkatkan akurasi deteksi, dilakukan analisis performa dengan membandingkan empat metode, yaitu sensor PIR, sensor HC-SR04, logika OR, dan logika AND. Analisis dilakukan berdasarkan hasil 10 kali pengujian yang terdiri atas empat objek tikus sebagai kondisi positif dan enam objek non-tikus sebagai kondisi negatif. Evaluasi performa menggunakan parameter *True Positive* (TP), *False Positive* (FP), *False Negative* (FN), *True Negative* (TN), dan akurasi. Parameter tersebut dipilih untuk mengetahui kemampuan masing-masing metode dalam mendeteksi objek tikus sekaligus mengevaluasi kemungkinan terjadinya *false alarm*. Hasil perbandingan performa masing-masing metode deteksi disajikan pada Tabel IV.

TABEL IV: Perbandingan Performa Metode Deteksi

Metode Deteksi	Jumlah Uji	True Positive	False Positive	False Negative	True Negative	Akurasi (%)
Sensor PIR	10	4	2	0	4	80
Sensor HC-SR04	10	4	2	0	4	80
Logika OR	10	4	4	0	2	60
Logika AND	10	4	0	0	6	100

Berdasarkan Tabel IV, sensor PIR menghasilkan nilai *True Positive* sebanyak 4 dan *True Negative* sebanyak 4, sedangkan *False Positive* tercatat sebanyak 2 dan tidak ditemukan *False Negative*. Nilai *False Positive* tersebut menunjukkan bahwa sensor PIR masih memberikan respons terhadap objek selain tikus yang memiliki karakteristik gerakan serupa. Dengan demikian, nilai akurasi sensor PIR diperoleh menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100 = \frac{4 + 4}{4 + 4 + 2 + 0} \times 100 = 80\%$$

Sensor HC-SR04 menunjukkan performa yang serupa dengan sensor PIR, yaitu memperoleh nilai *True Positive* sebesar 4, *True Negative* sebesar 4, *False Positive* sebesar 2, dan *False Negative* sebesar 0. Nilai *False Positive* terjadi karena sensor hanya mendeteksi keberadaan objek berdasarkan jarak tanpa mempertimbangkan adanya pergerakan. Oleh karena itu, akurasi sensor HC-SR04 juga diperoleh sebesar 80%.

Pada metode logika OR, sistem akan memberikan respons apabila salah satu sensor mendeteksi objek. Kondisi tersebut menyebabkan jumlah *False Positive* meningkat menjadi 4 meskipun seluruh objek tikus berhasil terdeteksi (*True Positive* = 4). Nilai *True Negative* yang diperoleh hanya sebanyak 2 sehingga akurasi metode logika OR dihitung sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{4 + 2}{10} \times 100$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa logika OR memiliki sensitivitas yang tinggi, namun tingkat selektivitasnya rendah karena sistem tetap aktif ketika hanya salah satu sensor mendeteksi objek.

Berbeda dengan metode sebelumnya, logika AND hanya akan mengaktifkan sistem apabila sensor PIR dan HC-SR04 mendeteksi objek secara bersamaan. Berdasarkan hasil pengujian, metode ini memperoleh nilai *True Positive* sebanyak 4, *True Negative* sebanyak 6, serta tidak menghasilkan *False Positive* maupun *False Negative*. Dengan demikian, nilai akurasi logika AND dihitung sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{4 + 6}{10} \times 100 = 100$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan logika AND memberikan performa terbaik dibandingkan metode lainnya. Kombinasi kedua sensor mampu meningkatkan selektivitas sistem sehingga hanya objek yang memenuhi kedua kondisi deteksi yang akan memicu aktivasi buzzer dan pengiriman notifikasi Telegram. Dengan tidak ditemukannya *False Positive* maupun *False Negative* selama pengujian, logika AND terbukti lebih efektif dalam mengurangi *false alarm* sekaligus mempertahankan keberhasilan deteksi objek tikus pada lingkungan gudang beras.



3.4 Pengujian Performa IoT

Untuk mengevaluasi kinerja komunikasi *Internet of Things* (IoT), dilakukan pengujian terhadap proses pengiriman notifikasi menggunakan Telegram Bot. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu respons (*delay*) pengiriman notifikasi, tingkat keberhasilan pengiriman pesan, serta kemampuan sistem dalam menangani gangguan koneksi jaringan Wi-Fi. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan yang terdiri atas kondisi jaringan normal dan simulasi gangguan koneksi Wi-Fi. Parameter yang diamati meliputi waktu yang dibutuhkan sejak sistem mendeteksi objek hingga notifikasi diterima oleh pengguna, status pengiriman notifikasi, kondisi koneksi Wi-Fi, serta respons sistem ketika koneksi jaringan terputus. Hasil pengujian performa komunikasi IoT ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V: Pengujian Performa IoT

Percobaan	Delay (detik)	Status Notifikasi	Status Wi-Fi	Hasil
1	0,9	Berhasil	Terhubung	Notifikasi Diterima
2	1	Berhasil	Terhubung	Notifikasi Diterima
3	0,8	Berhasil	Terhubung	Notifikasi Diterima
4	-	Gagal	Terputus (Reconnect)	Reconnect
5	1,1	Berhasil	Terhubung	Notifikasi Diterima

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel V, sistem mampu mengirimkan notifikasi Telegram dengan waktu respons antara 0,8 detik hingga 1,1 detik ketika koneksi Wi-Fi berada dalam kondisi normal. Dari lima kali percobaan, empat percobaan berhasil mengirimkan notifikasi kepada pengguna, sedangkan satu percobaan mengalami kegagalan akibat koneksi Wi-Fi sengaja diputus untuk menguji kemampuan sistem dalam menangani gangguan jaringan. Rata-rata waktu respons pengiriman notifikasi pada kondisi jaringan normal dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Delay rata-rata} &= \frac{\sum \text{Delay}}{n} \\ &= \frac{0.9 + 1.0 + 0.8 + 1.1}{4} = \frac{3.8}{4} = 0.95 \text{ detik} \end{aligned}$$

Selain waktu respons, tingkat keberhasilan pengiriman notifikasi juga dihitung dengan rumus seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{Success Rate} &= \frac{\text{Jumlah Notifikasi Berhasil}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\% \\ &= \frac{4}{5} \times 100\% = 80\% \end{aligned}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki rata-rata waktu respons pengiriman notifikasi sebesar 0,95 detik dengan tingkat keberhasilan pengiriman mencapai 80%. Pada percobaan keempat, ketika koneksi Wi-Fi terputus, notifikasi tidak dapat dikirimkan sehingga status pengiriman dinyatakan gagal. Meskipun demikian, sistem tetap menjalankan fungsi utama berupa deteksi objek dan aktivasi buzzer sebagai peringatan lokal. Selanjutnya, ESP32 secara otomatis melakukan proses *auto reconnect* hingga koneksi Wi-Fi kembali tersedia. Setelah koneksi berhasil dipulihkan, sistem kembali dapat mengirimkan notifikasi pada percobaan berikutnya tanpa memerlukan konfigurasi ulang. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa mekanisme komunikasi IoT yang diterapkan memiliki respons yang cepat pada kondisi jaringan normal serta mampu mempertahankan fungsi utama sistem ketika terjadi gangguan koneksi internet.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pengusir tikus berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor PIR HC-SR501, sensor ultrasonik HC-SR04, buzzer, p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



servo SG90, LCD 16×2 I2C, dan Telegram Bot. Penerapan logika AND pada kombinasi sensor PIR dan HC-SR04 berhasil meningkatkan selektivitas deteksi, sehingga sistem hanya memberikan respons ketika kedua sensor mendeteksi objek secara bersamaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan skenario yang dirancang, yaitu mengaktifkan *buzzer*, menampilkan informasi pada LCD, dan mengirimkan notifikasi Telegram hanya pada kondisi deteksi yang valid.

Pengujian lapangan di gudang beras menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi seluruh objek tikus pada berbagai variasi jarak dan sudut pengujian, sekaligus mengurangi respons terhadap objek non-tikus. Berdasarkan analisis performa, metode logika AND memperoleh akurasi sebesar 100%, lebih tinggi dibandingkan penggunaan sensor PIR saja (80%), sensor HC-SR04 saja (80%), maupun logika OR (60%). Hasil tersebut membuktikan bahwa kombinasi kedua sensor dengan logika AND efektif dalam meminimalkan *false alarm* tanpa menurunkan kemampuan deteksi tikus.

Selain itu, implementasi komunikasi IoT melalui Telegram Bot mampu mengirimkan notifikasi secara *real-time* dengan rata-rata waktu respons 0,95 detik pada kondisi jaringan normal. Meskipun tingkat keberhasilan pengiriman notifikasi mencapai 80% akibat adanya simulasi gangguan koneksi Wi-Fi, sistem tetap menjalankan fungsi utama berupa deteksi objek dan aktivasi *buzzer* serta mampu melakukan *auto reconnect* ketika koneksi kembali tersedia. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian sebagai solusi pengusir tikus berbasis IoT yang otomatis, responsif, dan memiliki tingkat keandalan deteksi yang tinggi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang atas dukungan komponen pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada tim penelitian, serta Bapak Ibrahim atas segala arahan, masukan, dan bimbingan yang telah diberikan selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Sa'diyah, L. Wibowo, J. Prasetyo, and S. Pramono, "Pengendalian Hama Tikus Pada Tanaman Padi di Desa Pujo Rahayu Kecamatan Negeri Katon Kabupaten Pesawaran," *J. Pengabd. Fak. Pertan. Univ. Lampung*, vol. 2243, no. September 2021, pp. 83–92, 2024.
- [2] M. Istianto, "Strategi Pengendalian Hama Tikus: Peluang Pemanfaatan Minyak Sereh Wangi Sebagai Salah Satu Komponen Teknologi Pengendalian Tikus," *Perbal J. Pertan. Berkelanjutan*, vol. 11, no. 3, 2023.
- [3] L. Muntasiroh and R. N. Sumarno, "Rancang Bangun Smart Trash Can Dengan NodeMCU ESP8266 Menggunakan Sistem Monitoring Berbasis Komunikasi Telegram," *Fidel. J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 3, pp. 49–56, 2022.
- [4] A. Wibowo and F. Kurniawan, "Implementasi Keamanan Ruang Berbasis IoT dengan Sensor PIR, Telegram, dan Peringatan Suara," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 172–178, 2024.
- [5] 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.
- [6] D. E. Yuliana, Y. B. Utomo, and D. Erwanto, "Penerapan IoT Pada Desain Alat Pengusir Tikus Rumah Menggunakan Sensor Pir," *J. Elektro Luceat*, vol. 9, no. 2, 2023.
- [7] Y. Triyani, W. Styorini, and C. Widiyari, "Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Tikus Menggunakan Gelombang Ultrasonik," *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 10, no. 02, 2024, doi: 10.35143/elementer.v10i2.
- [8] S. W. S. Ningsih, Farid Baskoro, N. Kholis, and A. Widodo, "STUDI LITERATUR: PEMANFAATAN GELOMBANG ULTRASONIK SEBAGAI PERANGKAT PENGUSIR TIKUS," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 325–331, 2021.
- [9] A. S. Kahar and M. Muhallim, "Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Tikus pada Tanaman Padi Berbasis Arduino," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 12, no. 3, pp. 3995–4005, 2024.
- [10] M. Iqbal and A. U. Rahayu, "Alat Pengusir Hama Tikus Sawah Berbasis Arduino UNO dan Gelombang Ultrasonik," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [11] S. T. E. Rukmana, A. Mayub, and R. Medriati, "Prototype Alat Pendeteksi dan Pengusir Tikus pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno," *J. Kumparan Fis.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–16, 2019, doi: 10.33369/jkf.2.1.9-16.

