

SIMULASI SISTEM KONTROL BERBASIS IOT UNTUK MONITORING DAN PENGUSIRAN HAMA TIKUS DI LAHAN PERTANIAN

Vina Oktaviani*

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Baso Maruddani

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Muhamad Wahyu Iqbal

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Info Artikel

Catatan Artikel:

Diterima: 12 Oktober 2024

Revisi: 18 Oktober 2024

Disetujui: 25 Oktober 2024

DoI : 10.21009/jvote.v7i2.54683



Kata Kunci:

LoRaWAN

IoT

Pengendalian Hama

Sensor PIR

Sistem Kontrol

Abstrak

Pada penelitian Simulasi Sistem Kontrol Berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk Monitoring dan Pengusiran Hama Tikus di Lahan Pertanian. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah simulasi pergerakan tikus, deteksi menggunakan PIR (*Passive Infrared Sensor*) yang terhubung ke Node Lora, serta pengiriman ke Gateway LoRaWAN untuk pengiriman ke *cloud* untuk sistem pemantauan. Data hasil deteksi dianalisis menggunakan *heatmap* dan grafik jumlah deteksi per waktu untuk pemasangan sensor dan jebakan otomatis. Simulasi meliputi skenario jarak node-gateway, ketinggian antenna, dan kepadatan vegetasi, serta evaluasi kinerja dengan *metrik confusion matrix* (TPR, FPR), latensi, dan keberhasilan pemicu. Hasil menunjukkan deteksi gerak stabil dengan latensi rendah pada cakupan ratusan meter per gateway, sedangkan reliabilitas meningkat signifikan ketika antenna dinaikkan dan jumlah gateway dioptimasi. LoRa/LoRaWAN terbukti memadai untuk telemetri berdaya rendah di lahan pertanian dan kompatibel dengan strategi pengendalian tikus berbasis ekologi.

Artikel ini : Vina Oktaviani. (2024). SIMULASI SISTEM KONTROL BERBASIS IOT UNTUK MONITORING DAN PENGUSIRAN HAMA TIKUS DI LAHAN PERTANIAN. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika*, 7(2), 73-79

PENDAHULUAN

Tanaman padi adalah tanaman semusim yang memiliki struktur batang bulat dan berongga (Monareh & Ogie, 2020). Indonesia merupakan negara agraris atau ekonomi salah satunya tergantung pada sektor pertanian, masyarakat Indonesia menjadikan tanaman padi sebagai sumber bahan makanan pokok. Oleh karena itu, kualitas dan tingkat hasil panen harus dijaga untuk menjalankan ekonomi dan ketahanan pangan Indonesia. Produksi padi di Indonesia khususnya pada kabupaten sukabumi pada Tahun 2020-2024 sebesar 298.974 ton, 492.926 ton, 508.220 ton. 512.392 ton, dan 455.480 ton (Sukabumi, 2024). Terdapat penurunan produktivitas pada tahun tertentu karena beberapa faktor salah satunya adalah hama. Hama yang terdapat pada tumbuhan padi salah satunya adalah tikus sawah, tikus sawah (*Ratus argentiventer*) merupakan salah satu hama yang merusak dan sulit dikendalikan. Tikus ini menyerang tanaman mulai dari fase awal hingga menjelang panen, kemudian pada keadaan ekstrim dapat menyebabkan kerugian gagal panen total. Indonesia memiliki jenis tikus sebanyak 150 jenis tikus, dari 150 jenis tikus tersebut yang terdapat di Indonesia 6 diantaranya merugikan manusia. 6 jenis tikus tersebut tikus sawah, tikus wirog, tikus hutan, tikus semak, mencit sawah, dan tikus riul. Perkembangan tikus per satu musim tanam tikus betina dapat melahirkan sebanyak 2-3 kali dan mampu menghasilkan hingga 100 ekor anak tikus, masa kehamilan tikus 19-23 hari dengan usia kawin tikus pada umur 28 hari, kemudian lama hidup tikus sekitar 8 bulan (Siregar, Priyambodo, & Hindayana, 2020), (Hadi, 2021), (Buleleng, 2022).

Coressponding author:

Vina Oktaviani, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia, (vinaoktaviani@unj.ac.id)

Kerusakan yang ditimbulkan oleh hama tikus menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen, tetap juga berdampak pada distribusi pangan yang menyebabkan kerugian ekonomi. Kerusakan tanaman padi pada fase awal oleh tikus diperkirakan setiap 1% kerusakan dapat mengurangi hasil panen 58 kg/ha. Selain kerusakan pada tanaman padi, hama tikus juga menyerang komoditas lain seperti jagung dan tebu, kerusakan dari serangan terdapat pada batang tanaman yang patah dan rusak (Yulianto, Nurhalim, & Sari, 2021). Serangan tikus sawah masih menjadi faktor pembatas produksi padi, terutama pada usaha tani dengan skala kecil dan populasi tikus sawah (*Rattus argentiventer*) sangat dipengaruhi pola hujan dan anomali iklim musiman, sehingga periode rawan serangan dapat diprediksi dari parameter curah hujan (Singleton, et al., 2021) (Htwe, et al., 2024).

Upaya pengendalian hama tikus baik secara tradisional maupun berbasis teknologi telah diterapkan oleh petani di Indonesia berupa pengasapan luang dan pembakaran sarang, penggunaan racun tikus, pemasangan perangkap mekanik atau jebakan tikus secara manual dalam skala besar, pengendalian hayati dengan predator alami tikus (burung hantu), pengelolaan habitat lahan pertanian dengan mengurangi gulma, mengeringkan pasir atau membersihkan pematang sawah yang dijadikan sarang tikus (Siregar, Priyambodo, & Hindayana, 2020) (Yulianto, Nurhalim, & Sari, 2021). Indonesia dan Filipina, perangkap multi-capture dengan linear trap-barrier terbukti lebih efektif menangkap *R. argentiventer/tanezumi* dibanding perangkap tunggal penting untuk desain intervensi non-kimia (Lorica, Stuart, Singleton, Sudarmaji, & Belmain, 2022). Beberapa metode yang telah digunakan sering kali menurun tingkat efektivitasnya karena tikus mampu beradaptasi cepat terhadap lingkungan dan tindakan pengendaliannya.

Beberapa penelitian menggunakan pendekatan yang berbeda dalam mengatasi masalah hama tikus. Penelitian Siregar, dkk (2020) dilakukan dengan pendekatan lapangan menggunakan Linear Trap System (LTBS) sebagai sistem penangkapan tikus di lahan padi, pada penelitian ini meneliti pola serangan tikus berdasarkan pertumbuhan tanaman padi. Penelitian ini menggunakan waktu untuk melakukan tindakan intervensi pengendalian hama tikus, namun pengendalian pada penelitian ini masih menggunakan sistem tradisional dan memerlukan pemantauan secara manual (Siregar, Priyambodo, & Hindayana, 2020). Penelitian oleh Baihaqi dan Zonyfar (2022) menggunakan YOLOv5 (*You Only Look Once version 5*) berbasis pengolahan citra digital untuk mendeteksi kerusakan sawah akibat serangan dari hama tikus. Metode kecerdasan buatan yang digunakan pada penelitian ini adalah CNN (*Convolutional Neural Network*) untuk mengklasifikasikan kondisi lahan, dengan model yang dilatih sebanyak 260 citra dan memiliki tingkat akurasi sebesar 88%, kelebihan dari sistem ini terletak pada kemampuan mendeteksi dalam skala luas, namun memiliki keterbatasan hanya bersifat visual dan tidak mendeteksi langsung keberadaan tikus (Baihaqi & Zonyfar, 2022). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Widanti, dkk. (2024) memperkenalkan sistem pertanian cerdas berbasis IoT untuk memantau kondisi lahan padi secara langsung. Sistem pada penelitian ini menggunakan sensor kelembaban tanah, pH tanah, sensor PIR untuk mendeteksi tikus, dan kamera, serta menggunakan platform pendukung seperti Blynk dan email sebagai media pemantauan. Pada penelitian ini memiliki akurasi sensor sebesar 99% dan memiliki kemudahan akses data dengan menggunakan perangkat seluler, meskipun memiliki kelebihan dapat kemudahan akses data tetapi masih terbatas lahan pertanian yang memiliki akses internet yang baik, sehingga dibutuhkan jaringan komunikasi jarak jauh selain menggunakan akses data melalui perangkat seluler (Widanti, et al., 2024). Penelitian selanjutnya oleh Nurikhsani dan Mupita (2022) mengembangkan alat otomatis pengusir tikus dan burung berbasis Arduino Atmega 2560. Sistem ini memiliki menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi hama tikus buzzer frekuensi tinggi dan motor servo. Pada penelitian ini menekankan kemudahan perakitan dan biaya murah untuk perangkat, menjadikannya cocok untuk kondisi pertanian sederhana. Namun, sistem pada penelitian ini tidak memiliki kemampuan pengiriman data atau merekam aktivitas hama secara berkala dan fitur pemantauan jarak jauh (Nurikhsani & Mupita, 2022). Penelitian selanjutnya oleh Hidayat, dkk (2019) merancang prototipe pengusir hama berbasis IoT dengan Raspberry Pi 3 sebagai pengendali, sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan, kamera untuk memantau, dan speaker. Hasil dari penelitian ini adalah memiliki *delay* 3,22 – 9,09 ms dengan *packet loss* 0%, PIR efektif mendeteksi < 100 cm, dan speaker dapat mengusir burung (Hidayat, Akhyar, & Mahdi, 2019). Penelitian terakhir oleh Arifandi, dkk (2021), pada penelitian mengintegrasikan PIR dan kamera dengan Raspberry Pi dan notifikasi secara langsung ke ponsel. Hasil pengujian tikus terganggu pada 34-45 kHz sedangkan

burung di frekuensi 60 kHz, sensor PIR mendeteksi 5-50 cm, dan kamera dapat mendeteksi tingkat akurasi uji sebesar 44,4% dan rata-rata delay 1,08 s (Arifandi, Junus, & Kusumawardani, 2021).

Dari beberapa penelitian di atas memiliki kelebihan dan kekurangan pada sistem masing-masing. Sistem dengan pengolahan citra memiliki keunggulan dalam skala luas namun lemah dalam mendeteksi secara langsung. Kemudian, sistem LTBS memiliki sifat praktis tetapi memiliki keterbatasan yang dilakukan secara manual baik dalam pemantauan ataupun dalam pelaksanaannya, lalu penelitian dengan menggunakan sensor, buzzer, dan arduino memiliki alat yang sederhana tetapi memiliki kekurangan tidak dapat mengirimkan data dan penelitian menggunakan sistem IoT dengan sensor lokal menawarkan kepraktisan dan efisiensi tetapi memiliki keterbatasan dalam cakupan komunikasi data. Penelitian yang akan dilakukan adalah mengkombinasikan sensor PIR dengan teknologi komunikasi LoRaWAN, sehingga mampu mendeteksi pergerakan tikus secara langsung dan real-time, lalu data akan dikirim ke cloud monitoring platform dengan melalui gateway. penelitian ini menggunakan konsumsi daya rendah, jangkauan luas, sistem ini diharapkan solusi untuk pertanian skala besar, dan mendukung implementasi pertanian cerdas.

METODE

Sistem disimulasikan dengan node PIR yang mengirim event ke gateway LoRaWAN menuju server aplikasi. Variabel rancangan mencakup jarak node-gateway, ketinggian antenna, periode transmisi, serta tingkat kerapatan vegetasi untuk mewakili berbagai kondisi lapang. Kinerja komunikasi dianalisis dari tingkat keberhasilan kirim (*delivery*), *latensi end-to-end*, dan konsumsi energi, sedangkan kinerja deteksi dievaluasi menggunakan confusion matrix terhadap anotasi kejadian. Penempatan gateway dievaluasi menggunakan prinsip perencanaan *multi-gateway* berbasis klaster untuk menyeimbangkan reliabilitas dan biaya. Simulasi mencakup pergerakan acak tikus, respons sensor, dan transmisi data ke *gateway*. Hasil divisualisasikan dalam tiga format: (i) grafik persebaran posisi akhir tikus dan sensor, (ii) grafik jumlah deteksi tikus per waktu, dan (iii) heatmap intensitas deteksi. Efektivitas diukur dari jumlah deteksi per waktu, distribusi tikus, serta keterjangkauan *gateway* terhadap data yang dikirim. Implementasi menggunakan Python (NumPy, Matplotlib, *seaborn*, dan *pandas*) pada Google Colab keluaran berupa grafik posisi tikus, deteksi per waktu, dan heatmap penyebaran.

HASIL DAN DISKUSI

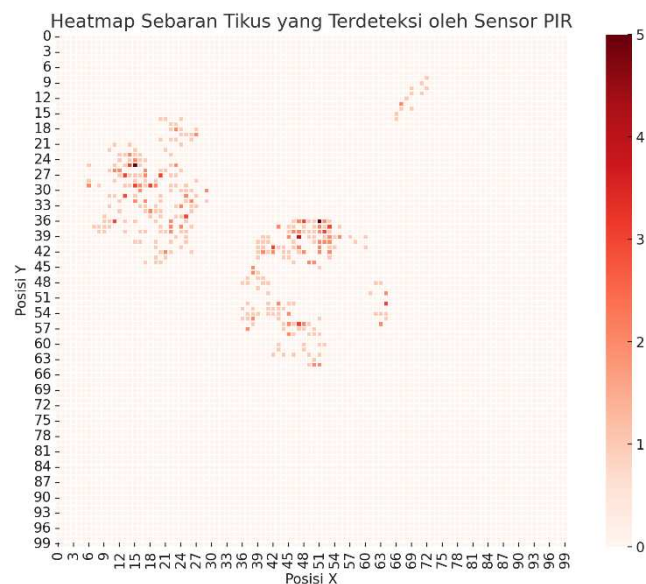
Simulasi dilakukan untuk menguji efektivitas sistem kontrol berbasis PIR dan komunikasi LoRaWAN dalam mendeteksi dan mengirimkan informasi keberadaan tikus di lahan pertanian seluas 100 x 100 unit grid. Sebanyak 15 tikus disimulasikan bergerak secara acak selama 100 langkah waktu, dengan tiga buah sensor PIR yang ditempatkan pada titik strategis (20,30), (50,50), dan (80,20). *Gateway LoRaWAN* ditempatkan di posisi tengah (50,50), dengan radius jangkauan komunikasi sebesar 50 unit grid. Masing-masing sensor PIR memiliki radius deteksi sebesar 15 unit grid. Pada Gambar 1 menunjukkan Jumlah tikus yang terdeteksi oleh sensor PIR. Gambar 1 menunjukkan adanya fluktuasi dalam jumlah deteksi selama simulasi berlangsung. Terjadi puncak deteksi pada waktu ke-20 hingga ke-30, yang menunjukkan adanya peningkatan aktivitas tikus di area yang terjangkau oleh sensor. Setelah periode tersebut, deteksi cenderung menurun, yang dapat diinterpretasikan sebagai pergerakan tikus menjauh dari jangkauan sensor.



Gambar 1. Simulasi Jumlah Tikus Terdeteksi oleh Sensor PIR per Waktu

Heatmap Lokasi Deteksi Tikus

Visualisasi menggunakan heatmap dari lokasi tikus berdasarkan deteksi yang berhasil dikirimkan ke gateway. *Heatmap* ini menunjukkan intensitas lokasi aktivitas tikus selama simulasi. Pada Gambar 2 warna merah pekat menandakan lokasi dengan frekuensi deteksi tertinggi. Dari Gambar 2 dapat disimpulkan sebagian besar pergerakan tikus terdeteksi pada koordinat pusat (area 40-60), yang berdekatan dengan sensor dan gateway. Persebaran dari frekuensi ini penting untuk menentukan zona rawan serangan dan penempatan perangkat otomatis yang optimal.



Gambar 2. Heatmap Sebaran Tikus yang Terdeteksi oleh Sensor PIR

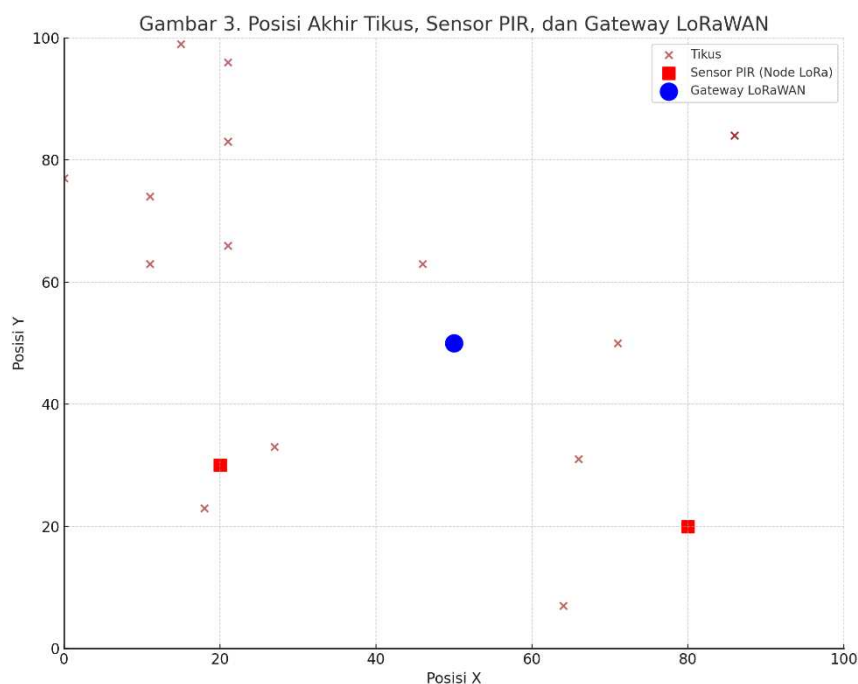
Visualisasi Posisi Tikus, Sensor, Dan Gateway

Untuk memberikan gambaran lokasi perangkat sistem dan aktivitas tikus dalam area simulasi dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terdapat titik-titik cokelat mewakili posisi tikus pada langkah simulasi akhir, kotak warna merah menunjukkan sensor PIR sebagai Node LoRa, dan lingkaran dengan warna biru besar adalah gateway LoRaWAN sebagai penerima data dari setiap node sensor. Dari gambar 3 menunjukkan sensor PIR dengan posisi di tengah (50, 50) memiliki kemungkinan tertinggi dalam mendeteksi tikus, sebagian besar tikus terdistribusi secara acak,

namun beberapa bergerak mendekati sensor tepi, yaitu (20,30) dan (80,20), dan penempatan gateway di titik tengah area (50,50) sangat strategis karena seluruh sensor PIR dalam radius komunikasi 50 grid, dengan ini memastikan bahwa seluruh data deteksi berhasil diterima.

Analisis Efektivitas Sistem

Efektivitas deteksi dengan mengetahui sensor PIR mendeteksi pergerakan dengan baik jika tikus masuk dalam radius jangkauan. Kecepatan dan arah gerakan acak tikus mempengaruhi kemungkinan terdeteksi, kemudian sistem LoRa dapat mengirimkan seluruh data dari sensor ke gateway, terutama yang berdekatan dengan titik pusat. Keunggulan sistem dalam penelitian ini adalah hemat data, dapat bekerja pada kondisi area yang tidak memiliki jaringan internet, dapat dideteksi secara langsung, dan dapat diintegrasikan ke platform IoT. Hasil simulasi menunjukkan reliabilitas transmisi meningkat ketika jumlah *gateway* dioptimalkan dan antenna ditempatkan lebih tinggi daripada kanopi tanaman. Efek kanopi menurunkan SNR dan menaikkan *path loss*, terutama pada ketinggian antenna rendah; karenanya, peninggian antenna dan perencanaan multi-gateway berbasis kluster menjadi kunci untuk menjaga *packet delivery ratio* (PDR) pada jarak ratusan meter. Pada kerapatan vegetasi tinggi jarak efektif memang menurun, tetapi tetap memadai untuk telemetri berbasis kejadian (*event-driven*) dengan beban lalu lintas ringan.



Gambar 3. Posisi Akhir Tikus, Sensor PIR dan Gateway LoRaWAN

Perbandingan Terhadap Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya oleh Baihaqi dan Zonyfar (2022) yang mendeteksi kerusakan melalui citra visual, pendekatan ini memiliki keunggulan dalam mendeteksi keberadaan tikus secara langsung, bukan berdasarkan akibat dari kehadirannya. Dibandingkan dengan sistem LTBS (Siregar dkk., 2020), sistem ini lebih reaktif dan otomatis, serta tidak memerlukan tenaga manusia untuk melakukan pemeriksaan jebakan. Sistem ini juga melampaui sistem Widanti dkk. (2024) dengan kelebihan berupa jaringan LoRaWAN yang dapat menjangkau lahan luas tanpa ketergantungan koneksi internet lokal. Kemudian untuk sistem yang dikembangkan oleh Hidayat dkk. (2019) dan Arifandi, dkk (2021) menggunakan IoT dengan Wifi, rancangan ini memanfaatkan LoRa/LoRaWAN untuk skenario jarak jauh dan konsumsi daya rendah. (Hidayat, Akhyar, & Mahdi, 2019)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi rancangan sistem kontrol berbasis Internet of Things menggunakan sensor PIR dan protokol komunikasi LoRaWAN untuk deteksi dan pengendalian hama tikus di lahan pertanian dapat disimpulkan sistem dapat dikembangkan untuk mendeteksi pergerakan tikus secara real time menggunakan sensor PIR dengan jangkauan efektif 15 satuan grid, simulasi juga menunjukkan bahwa penempatan sensor strategis sangat penting dalam mendeteksi hama, teknologi LoRaWAN terbukti efektif untuk pengiriman data dengan konsumsi daya rendah dan keterjangkauan, serta jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Faktor penentu keberhasilan mencakup ketinggian antenna, penempatan/ jumlah *gateway*, serta integrasi dengan strategi pengendalian berbasis ekologi. Sistem pada penelitian ini memiliki keunggulan dalam mendeteksi langsung aktivitas hama dan terhubung ke sistem monitoring jarak jauh. Pekerjaan lanjutan disarankan berupa uji lapang multi-musim dan integrasi analitik spasial untuk pemetaan jalur pergerakan tikus

REFERENSI

- Arifandi, R. J., Junus, M., & Kusumawardani, M. (2021). Sistem pengusir hama burung dan hama tikus pada tanaman padi berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 92-95.
- Baihaqi, K. A., & Zonyfar, C. (2022). Deteksi lahan pertanian yang terdampak hama tikus menggunakan YOLO v5. *Syntax J. Inform*, 1-9.
- Buleleng, D. P. (2022, Desember 13). *Tikus dan Pengendaliannya*. Diambil kembali dari Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng: https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/49_tikus-dan-pengendaliannya
- Davis, S. A., Leirs, H., Pech, R., Zhang, Z., & Stenseth, N. C. (2004). On the economic benefit of predicting rodent outbreaks in agricultural systems. *Crop protection*, 305-314.
- Hadi, F. S. (2021). Pengendalian Hama Tikus Menggunakan Metode Fumigasi (Pengasapan). *Jurnal Agriekstensi*, 1-6.
- Hidayat, H. T., Akhyar, A., & Mahdi, M. (2019). Rancang Bangun Prototipe Pengusir Hama Tikus dan Burung Berbasis Internet of Things (IoT). *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 235.
- Htwe, N. M., Sudarmaji, Pustika, A. B., Brown, P. R., Stuart, A., Duque, U., & .. &. (2024). mpacts of rainfall and rainfall anomalies on the population dynamics of rodents in southeast Asian rice fields. *Pest Management Science*, 5574-5583.
- Lorica, R. P., Stuart, A. M., Singleton, G. R., Sudarmaji, & Belmain, S. R. (2022). Optimizing the capture of neophobic rice field rats in lowland Asian rice ecosystems. *Pest Management Science*, 4252-4260.
- Monareh, J., & Ogie, T. B. (2020). Disease control using biopesticide on rice plants (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 11-13.
- Nurikhsani, K. D., & Mupita, J. (2022). Benefits and effectiveness of automatic farmer pest repellent. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 243-248.
- Singleton, R., G., Lorica, P., R., Htwe, M., N., & Stuart, A. M. (2021). Rodent management and cereal production in Asia: Balancing food security and conservation. *Pest Management Science*, 4249-4261.
- Siregar, H. M., Priyambodo, S., & Hindayana, D. (2020). Preferensi Serangan Tikus Sawah (*Rattus argentiventer*) Terhadap Tanaman Padi. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknolog*, 16-21.
- Sukabumi, B. P. (2024). *Sukabumi, Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Padi Menurut Kecamatan di Kabupaten Sukabumi, 2020-2024*. Sukabumi: BPS.

- Widanti, N., Alamsyah, A., Albus, A., Ikhsan, A. N., Lestari, S. W., Handini, W., & Raharjo, S. A. (2024). Design Smart Farming in Rice Field for Monitoring Soil Fertility and Pest Rate Using Internet of Things. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5782-5788.
- Yulianto, B., Nurhalim, R., & Sari, R. (2021). Tikus sebagai hama utama pada tanaman tebu dan dampaknya terhadap hasil panen. *J. Jurnal Proteksi Tanaman*, 98-104.