

**LAPORAN AKHIR PROYEK SISTEM IoT (INTERNET OF THINGS)
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI IPB TAHUN 2024**

**JUDUL LAPORAN AKHIR:
AID-E : ROBOT PENGENDALI HAMA WERENG BATANG COKLAT PADA
PADI TANPA PESTISIDA BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS)**



Dosen Pembimbing:
Ridwan Siskandar S.Si., M.Si.

Ketua Tim:
Daniel Rangga Hardianto

Anggota Tim:
Ade Riyanti
Fadly Ramdani
Mohammad Iqsan Syachranie
Muhammad Al-Ghifari
Muhammad Arsyi
Muhammad Rafi Ari Ghani
Wanda Haniyah

**SEKOLAH VOKASI
IPB UNIVERSITY
TAHUN 2024**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PROYEK SISTEM IoT (INTERNET OF THINGS)

Judul Laporan : AID-E : Robot Pengendali Hama Wereng Batang Coklat Pada Padi Tanpa Pestisida Berbasis IoT (Internet Of Things)

Nama Lengkap : Daniel Rangga Hardianto
NIM : J0304211152

Nama Lengkap : Ade Riyanti
NIM : J0304211116

Nama Lengkap : Fadly Ramdani
NIM : J0304211012

Nama Lengkap : Mohammad Iqsan Syachranie
NIM : J0304211194

Nama Lengkap : Muhammad Al-Ghifari
NIM : J0304211003

Nama Lengkap : Muhammad Arsyi
NIM : J0304211160

Nama Lengkap : Muhammad Rafi Ari Ghani
NIM : J0304211010

Nama Lengkap : Wanda Haniyah
NIM : J0304211072

Disetujui Oleh,
Pembimbing Proyek IoT



Digitally signed by:
Ridwan Siskandar
[1D47C3F5E9C024BF]
Date: 16 Mei 2024 21:10:33 WIB
Verify at design.ipb.ac.id

Ridwan Siskandar S.Si., M.Si.
NPI.201811198901031001

Diketahui oleh,

Koordinator Mata Kuliah IoT

digitally signed @ design.ipb.ac.id

Gema Parasti Mindara S.Si., M.Kom.
NPI.202103198710102001

Ketua Program Studi

digitally signed @ design.ipb.ac.id

Dr. Inna Novianty, M.Si.
NPI.201811198611192014

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan pembuatan laporan akhir ini. Laporan akhir ini disusun sebagai salah satu tugas Mata Kuliah Internet of Things (IoT) di Program Studi Teknik Komputer Sekolah Vokasi IPB University.

Tugas ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengembangkan kemampuan dan pengetahuan dalam bidang IoT, khususnya dalam merancang dan membangun sebuah alat pengendali hama pada padi. Penulis mengambil tema AID-E : Robot Pengendali Hama Wereng Batang Coklat Pada Padi Tanpa Pestisida Berbasis IoT (Internet Of Things). Robot AID-E yang dirancang ini memiliki kemampuan untuk mengendalikan hama wereng batang coklat pada padi tanpa pestisida.

Dalam pembuatan robot AID-E ini, penulis mengalami berbagai kendala dan hambatan, namun penulis berusaha untuk mengatasi setiap masalah yang muncul dan terus belajar untuk mengembangkan robot ini menjadi lebih baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu Mata Kuliah IoT dan pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas ini.

Penulis berharap bahwa laporan akhir ini dapat memberikan kontribusi dan inspirasi bagi pengembangan teknologi IoT di Indonesia, serta membantu petani dalam mengatasi masalah hama wereng batang coklat pada padi. Akhir kata, semoga laporan akhir ini dapat diterima dengan baik dan dapat memberikan manfaat bagi semuanya.

Bogor, 26 Januari 2024

Kelompok 7

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PROYEK SISTEM IoT (INTERNET OF THINGS)	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vi
ABSTRAK	vii
BAB I	8
PENDAHULUAN	8
1.1 Latar Belakang	8
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian	10
BAB II	11
TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Sawah Sistem Jajar Legowo	11
2.2 Wereng Batang Coklat (WBC)	11
2.3 Konstruksi Robot Persawahan	12
2.4 Internet of Things (IoT)	12
2.5 Navigasi Robot Pertanian Berbasis Deteksi Baris	12
BAB III	13
METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Lokasi	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	14
3.4 Prosedur Kerja	15
3.4.1 Perancangan	15
3.4.2 Uji Kinerja Alat	20
BAB IV	22
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Protipe Robot	22
4.2 Sistem Gerak Roda	23
4.3 Sistem Vakum	24
4.4 Sistem Autonomous Robot	25
4.5 Sistem Komunikasi Data dan Interface	26

4.6 Sistem Baterai	27
BAB V	28
KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Alir Prosedur Kerja	15
Gambar 2 Desain impeller pompa vakum	16
Gambar 3 Block diagram sistem autonomous.....	17
Gambar 4 Block diagram sistem komunikasi data dan interface	19
Gambar 5 Flowchart sistem.....	22

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Alat dan bahan.....	13
Tabel 2 Hasil pengujian sistem gerak roda	23
Tabel 3 Hasil pengujian sistem vakum.....	24
Tabel 4 Hasil Pengujian sistem autonomous robot	25
Tabel 5 Hasil pengujian website: Ambil data firebase untuk tampilan pada user summary	26
Tabel 6 Hasil pengujian website: Tambah data jadwal operasi ke firebase	26
Tabel 7 Hasil pengujian website: Perbarui data jadwal operasi di firebase	26
Tabel 8 Hasil pengujian website: Menghapus data jadwal operasi di firebase	27
Tabel 9 Hasil pengujian Raspberry Pi: Ambil data firebase untuk disimpan sebagai variabel pada program.....	27
Tabel 10 Hasil pengujian Raspberry Pi Perbarui data persentase baterai pada firebase berdasarkan input sensor pada program	27

ABSTRAK

Padi merupakan tanaman budidaya yang memegang peranan vital dalam pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia sebagai sumber energi dan karbohidrat bagi masyarakat. Namun, penurunan produksi padi dapat menjadi ancaman serius terhadap ketersediaan pangan. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya hama dan penyakit atau sering disebut organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT seperti hama merupakan salah satu kendala biologis dalam produksi padi. Keberadaan hama juga menimbulkan gangguan pada tanaman padi secara fisik sehingga mengancam ketahanan pangan di Indonesia.

Wereng Batang Coklat (WBC) atau dikenal sebagai *Brown planthopper* merupakan salah satu hama utama yang mengancam tanaman padi dengan kemampuannya menyebabkan *hopperburn* dan menyebarkan virus penyakit. Penggunaan pestisida merupakan salah satu cara yang dilakukan oleh petani untuk mengendalikan masalah hama wereng yang terbukti mampu mempertahankan hasil panen mereka. Namun, Penggunaan pestisida sebagai solusi mengendalikan hama menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pestisida merupakan bahan beracun yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan keanekaragaman hayati serta menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian terus dilakukan untuk menemukan alternatif penanganan hama wereng tanpa pestisida. Salah satunya adalah penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu, namun cara ini membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga dibutuhkan solusi yang lebih efisien. Oleh karena itu perananan Teknologi Tepat Guna merupakan alternatif yang sangat membantu menyelesaikan masalah. Mengacu pada masalah ini, maka peneliti akan melakukan sebuah riset “AID-E : Robot Pengendali Hama Wereng Batang Coklat pada Padi Tanpa Pestisida Berbasis *Internet of Things*”.

Kata kunci: *artificial intelligence*; *internet of things*; padi; wereng batang coklat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara agraris pertanian memiliki kontribusi penting baik terhadap perekonomian maupun terhadap pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat. Padi merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat Indonesia, karena sebagai sumber energi dan karbohidrat bagi mereka. Penurunan produksi padi dapat mempengaruhi ketersediaan pangan. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya hama dan penyakit atau sering disebut organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT seperti hama merupakan salah satu kendala biologis dalam produksi padi. Keberadaan hama juga menimbulkan gangguan pada tanaman padi secara fisik sehingga mengancam ketahanan pangan di Indonesia.

Oryza sativa L., atau padi, merupakan tanaman budidaya yang memegang peran penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan manusia. Menurut Badan Pusat Statistik (2023) padi merupakan subsektor tanaman pangan yang paling banyak dikelola dan merupakan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia. Meningkatnya angka permintaan padi sejalan dengan bertambahnya populasi manusia. Namun, berdasarkan penghitungan Badan Pusat Statistik, total produksi GKG sepanjang tahun lalu sebanyak 54,42 juta ton turun 230 ribu ton atau sekitar 0,43% dari produksi 2020 sebesar 54,65 juta ton. Penurunan produksi tersebut disebabkan oleh penurunan luas panen sepanjang tahun lalu yang diakibatkan faktor cuaca hingga serangan hama di persawahan.

Wereng Batang Coklat (WBC) atau dikenal sebagai *Brown planthopper* dengan nama ilmiah *Nilaparvata lugens Stal.*, merupakan salah satu jenis hama yang menyerang tanaman padi. WBC menyerang tanaman padi sejak fase vegetatif hingga memasuki fase generatif. Populasi hama WBC yang dapat merusak tanaman padi umur kurang dari 40 hari setelah tanam yaitu 2 – 5 individu per rumpun, sedangkan pada tanaman padi yang berumur lebih dari 40 hari setelah tanam yaitu 10 – 15 ekor per rumpun (Lestari *et al.*, 2023). Padi yang terserang WBC pada umur dibawah 40 HST memiliki ketinggian sekitar 30 cm sampai 65 cm. Gejala yang ditimbulkan akibat serangan hama ini yaitu hopperburn, yaitu ditandai dengan kekeringan pada tanaman padi yang mirip terbakar. Keadaan ini terjadi karena WBC menghisap cairan sel pada batang tanaman padi. WBC juga berperan sebagai faktor pembawa virus dan

mengakibatkan penyakit kerdil (Haryadi dan Firdaus 2022).

Penggunaan pestisida merupakan salah satu cara yang dilakukan oleh petani untuk mengendalikan masalah hama WBC dan dianggap sebagai pengendalian paling efektif untuk saat ini karena terbukti mampu mempertahankan hasil panen mereka. Namun, pestisida merupakan bahan beracun yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan keanekaragaman hayati serta menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia (Moekasan dan Prabaningrum 2021). Oleh karena itu, diperlukan inovasi yang mampu melindungi tanaman padi tanpa bahan kimia.

Pengendalian WBC tanpa pestisida dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan alat aspirator. Alat ini mampu mengumpulkan serangga-serangga kecil yang tidak begitu aktif bergerak seperti WBC dengan cara menghisapnya. Alat ini dipakai untuk mengumpulkan serangga yang diperlukan dalam keadaan hidup (Yusuf *et al.*, 2021). Aspirator ini bisa digunakan langsung untuk menyedot serangga pada budidaya padi. Perangkat aspirator biasanya dibuat dari lubang kaca atau plastik transparan yang dipadu dengan pipa selang karet dan bekerja dengan sistem di hisap. Penggunaan aspirator yang harus dihisap dan memakan waktu lama merupakan kelemahan alat saat ini.

Teknologi terkait alternatif penanganan hama WBC tanpa pestisida sudah banyak dikembangkan. Gelombang ultrasonik frekuensi 40 KHz sampai 45 KHz dapat digunakan untuk memproteksi tanaman dari hama WBC, akan tetapi dibutuhkan waktu 180 menit untuk membuat hama WBC nonaktif (Baihaqi 2020). Sehingga diperlukan solusi yang lebih efisien dalam membasmi hama WBC. Oleh karena itu, AID-E (*Automated Insect Detection and Elimination*) dirancang sebagai robot otomatis untuk mengurangi populasi hama WBC pada lahan pertanian dengan sistem tanam jajar legowo menggunakan teknik hisap dengan kontrol *autonomus* dan sistem pemantauan yang berbasis IoT (*Internet of Things*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Kerusakan lahan pertanian yang disebabkan oleh hama WBC;
2. Penggunaan pestisida dalam pengendalian hama WBC dianggap tidak ramah lingkungan dan memiliki potensi bahaya bagi manusia; dan
3. Kurangnya solusi efektif dalam pengendalian WBC tanpa pestisida yang sudah ada.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan didasari dari latar belakang dan rumusan masalah pada penelitian ini. Berikut tujuan dari penelitian yang dilakukan:

1. Membuat prototipe robot untuk mengurangi kerusakan lahan pertanian oleh hama WBC;
2. Membuat teknologi tepat guna untuk mengurangi penggunaan pestisida dengan menggunakan teknik hisap yang lebih ramah lingkungan dan aman bagi manusia; dan
3. Meningkatkan efisiensi pengendalian hama WBC tanpa pestisida dengan mengintegrasikan teknologi kontrol autonomus dan sistem pemantauan IoT.

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah dapat menerapkan robot dengan sistem autonomus serta pemantauan berbasis Internet of Things yang membantu pengendalian populasi hama WBC tanpa menggunakan pestisida.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sawah Sistem Jajar Legowo

Sistem tanam jajar legowo atau sering disebut sistem jarwo merupakan sistem tanam yang memperhatikan larikan tanaman. Sistem tanam dilakukan selang-seling antara dua atau lebih baris tanaman padi dan satu baris kosong, dimana jarak tanam pada barisan pinggir setengah kali jarak tanaman pada baris tengah (Lestari *et al.*, 2021). Prinsip sistem jarwo yaitu memanipulasi tata letak tanaman sehingga sebagian besar tanaman menjadi tanaman pinggir. Sistem jarwo pada padi sawah secara umum biasa dilakukan dengan berbagai tipe yaitu jarwo (2:1), (3:1), (4:1), (5:1), (6:1). Jarwo 2:1 merupakan sistem tanam berselang antara dua baris tanaman dengan satu baris kosong. Tanam padi dengan sistem jarwo akan menghasilkan ruang tumbuh yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, menciptakan lingkungan yang sub optimal bagi OPT serta memudahkan dalam melakukan perawatan tanaman. Meskipun menggunakan sistem tanam jarwo, keberadaan hama tetap menimbulkan masalah. Kemunculan WBC pada sistem tanam jarwo bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya ketidakseimbangan ekosistem, faktor lingkungan, perubahan varietas padi, dan migrasi hama.

2.2 Wereng Batang Coklat (WBC)

Nilaparvata lugens Stal, pertama kali dilaporkan sebagai hama tanaman padi di Indonesia pada tahun 1854 oleh Stal, dan sejak tahun 1970 telah menjadi hama utama pada tanaman padi di negeri ini. Hingga saat ini, WBC terus menjadi kendala signifikan dalam upaya peningkatan produksi padi di Indonesia. Beberapa literatur, seperti yang disampaikan oleh beberapa peneliti, menyebutkan bahwa WBC telah menjadi hama global yang sangat penting. WBC dapat menyerang tanaman padi pada semua fase pertumbuhan, mulai dari pembibitan sampai menjelang panen. Serangan WBC telah meluas di hampir semua sentra produksi padi, dengan tingkat serangan bervariasi dari ringan hingga menyebabkan puso kering, yang tampak seperti terbakar atau *hopperburn*. Penyebaran wereng sangat dipengaruhi oleh lingkungan, terutama musim hujan dan kelembaban yang tinggi sehingga mendukung perkembangan hama wereng (Sembiring dan Mendes 2022).

2.3 Konstruksi Robot Persawahan

Untuk merancang robot yang dapat bergerak di sawah, kondisi fisik tanah merupakan hal yang harus diperhatikan karena dapat membatasi pergerakan robot. Robot yang dapat bergerak dengan baik di sawah harus mempunyai tekanan ke tanah (*ground pressure*, GP) lebih kecil dari gaya sanggah tanah yang dinyatakan dengan *Cone Index* (CI). Pengukuran sifat mekanis tanah dapat digunakan untuk memprediksi parameter rancangan pengelolaan tanah (*tillage*) seperti daya sanggah tanah (*soil bearing capacity*) dan kemampuan bergerak (*trafficability*) dari suatu mesin pertanian. Menurut S. Hai (1998), berdasarkan nilai CI (kgf/cm²), persyaratan minimum agar mesin tipe *combine* dapat berjalan lancar di atas tanah adalah nilai CI harus sama atau lebih besar dari 2,5 kgf/cm² dan mempunyai nilai *sinkage* maksimum 10.5 cm pada tekanan 1,6 kgf/cm².

2.4 Internet of Things (IoT)

Merupakan konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus pada perangkat. Cara kerja IoT menggunakan interaksi antara sesama mesin yang terhubung dengan internet, sementara pengguna hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat secara langsung (Zhou dan Zhang 2011). Seiring berjalannya waktu dan kecanggihan teknologi, manfaat IoT dikembangkan sebagai sistem otomatis di kehidupan sehari-hari.

2.5 Navigasi Robot Pertanian Berbasis Deteksi Baris

Deteksi baris dapat digunakan untuk membuat sistem navigasi otomatis. Robot dapat menggunakan sensor kamera dan LiDAR untuk mendeteksi lingkungan sekitar. Informasi spasial dan spektral dapat digunakan untuk mendeteksi baris tanaman secara linear menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dengan akurasi 89% (Shi *et al.*, 2023).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Waktu pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan Kalender Akademik Sekolah Vokasi IPB University yang berlangsung selama kurang lebih 4 bulan, yaitu pada tanggal 22 Januari 2024 hingga 31 Mei 2024. Lokasi penelitian adalah CV. NUGRAHA TEKNIKA yang terletak di Jl Cidokom, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16751. Kegiatan yang berhubungan dengan pengujian kinerja prototipe dilakukan di Kebun Percobaan Sawah Baru, IPB University.

3.2 Alat dan Bahan

Tabel 1 Alat dan bahan

No	Alat dan Bahan	Volume
1	Raspberry Pi 4B+ 2GB	1
2	Ardcam ToF Camera	1
3	Benewake TFmini S LiDAR (ToF) Laser Range Sensor TF mini S	1
4	Takanawa 555 DC Motor	4
5	Cytron Motor Driver Shield for Arduino	2
6	Battery Pack Lithium Lifepo4 12V 12Ah	1
7	Arduino uno R3	1
8	HP-555 Vacuum Air Pump 12v	4
9	Lampu LED Strip Phytolamp Grow Light Full Spectrum 2 PCS	1
10	Besi kotak hollow 2x2	5
11	Plat Aluminium	3
12	Pipa Besi Bulat	5
13	Sirip Roda Traktor	32
14	Mesin Cut off	1
15	Gerinda	1
16	Mesin Las	1
17	Solder	1
18	Tool Set	1
19	Alat Pelindung Diri (APD)	1
20	3D Printer	1

3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

3.3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan selama menjalankan Praktik Kerja Lapangan dan mengerjakan alat sesuai kebutuhan mitra adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur, melakukan studi literatur guna mengumpulkan informasi tentang teknologi IoT terbaru, perangkat keras dan lunak yang dibutuhkan untuk pembuatan alat IoT, serta contoh-contoh implementasi IoT yang sejenis dengan alat yang akan dibuat.
2. Wawancara, melakukan wawancara dengan ahli atau pengguna potensial alat IoT yang akan dibuat untuk mendapatkan masukan tentang spesifikasi, fitur, dan kebutuhan alat.
3. Observasi, melakukan observasi langsung terhadap objek atau situasi yang ingin diatasi dengan alat IoT yang akan dibuat untuk mendapatkan informasi tentang cara kerja dan kebutuhan dari alat tersebut.
4. Survei, melakukan survei pada kelompok pengguna potensial alat IoT yang akan dibuat untuk memahami kebutuhan mereka dan mengidentifikasi preferensi mereka terhadap fitur-fitur dan desain alat.

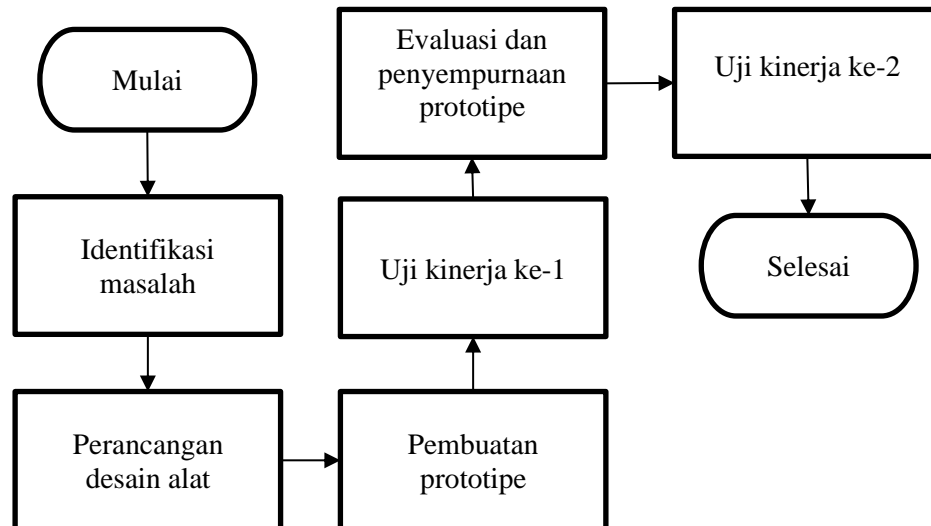
3.3.2 Teknik Analisis Data

Ada beberapa teknik yang digunakan dalam menganalisis data selama menjalankan Praktik Kerja Lapangan dan mengerjakan alat sesuai kebutuhan mitra, yaitu:

1. Analisis deskriptif, melakukan analisis deskriptif terhadap data yang diperoleh dari teknik pengumpulan data seperti studi literatur, wawancara, observasi, dan survei untuk memahami karakteristik dan kebutuhan pengguna potensial.
2. Analisis komparatif, melakukan analisis komparatif terhadap alat IoT serupa yang sudah ada untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari alat tersebut serta kesempatan untuk meningkatkan desain dan fitur dari alat yang akan dibuat.

3.4 Prosedur Kerja

Prosedur pelaksanaan dilakukan dengan dua tahap yaitu perancangan dan uji kinerja. Gambar 1 merupakan diagram alir prosedur kerja penelitian ini.



Gambar 1 Diagram Alir Prosedur Kerja

3.4.1 Perancangan

Perancangan dibagi menjadi empat bagian utama, yaitu: (1) sistem gerak roda, maju mundur belok; (2) sistem vacum; (3) sistem autonomus robot; (4) sistem aplikasi komunikasi data dan interface; dan (5) sistem baterai.

(1) Sistem gerak roda

Perancangan sistem gerak roda untuk robot pengendali hama wereng coklat pada padi sawah mencakup kendali maju, mundur, dan belok. Sistem ini dirancang untuk dapat beroperasi di lingkungan sawah yang menantang, menggunakan mikrokontroler Arduino Mega sebagai pusat kendali, motor driver BTS7960 untuk mengendalikan motor listrik, dan modul IoT untuk kendali jarak jauh.

- Perancangan kebutuhan daya, torsi dan RPM

Perancangan kebutuhan daya, torsi dan RPM dilakukan untuk menentukan tipe/spesifikasi dari motor listrik, jumlah motor listrik yang digunakan, torsi dan RPM yang diperlukan untuk mesin aplikator beroperasi di lahan sawah padi.

- Perancangan daya listrik untuk sistem gerak roda

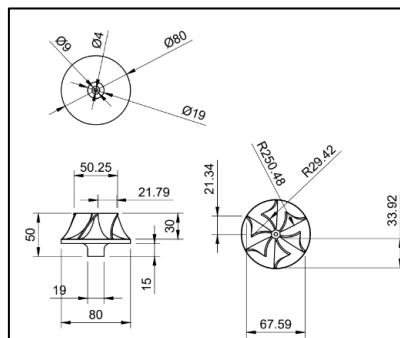
Motor listrik yang digunakan untuk menggerakkan roda mesin (maju, mundur, dan belok) memiliki daya 350 W 24 V. Pembuatan baterai dibagi menjadi 2, dimana 1 baterai untuk menggerakkan 2 motor listrik (roda depan) dan 1 baterai untuk menggerakkan 2 motor listrik (roda belakang). Sehingga setiap baterai yang akan dirancang harus mampu mensuplai daya sebesar 700 W. Baterai yang digunakan adalah tipe Lion 18650 dengan spesifikasi 3,4 V dengan kapasitas 1,8-2 Ah. Untuk mendapatkan voltase 24 V (kebutuhan voltase motor listrik), maka dilakukan proses perangkaian 7 baterai Lion 18650 secara seri. Selanjutnya, untuk untuk mendapatkan kapasitas baterai 40 Ah, maka dilakukan proses perangkaian minimal 22 rangkaian seri sebelumnya untuk diparalelkan. Sehingga dapat dihitung banyaknya baterai tipe Lion 18650 yang dibutuhkan adalah 154 buah baterai untuk 1 baterai berkapasitas 40 Ah.

- Perancangan sistem kendali gerak roda

Ada tiga bagian yang dikendalikan pada perancangan sistem gerak roda, yaitu maju, mundur dan belok.

(2) Sistem vakum

Sistem vakum pada robot pengendali hama wereng coklat dirancang untuk menghisap hama dari tanaman padi tanpa menggunakan pestisida. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk motor vakum, penyaring (filter), tabung penampung, dan kendali elektronik berbasis Arduino. Sistem ini juga dilengkapi dengan modul IoT untuk pengendalian dan pemantauan jarak jauh.



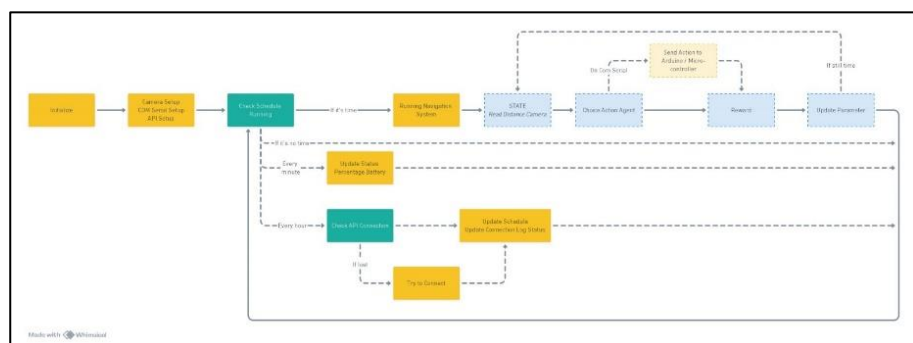
Gambar 2 Desain impeller pompa vakum

Gambar 2 merupakan desain impeller untuk sebuah pompa vakum. Impeller ini memiliki diameter luar sebesar 80 mm dengan diameter lubang pusat 19 mm dan beberapa lubang sekunder berdiameter 4 mm yang tersebar di sekitar lubang pusat. Tinggi keseluruhan impeller adalah 50 mm, dengan bagian bawah setinggi 15 mm dan bagian atas setinggi 30 mm. Bagian tengah impeller memiliki lebar 50.25 mm, sementara lebar bagian atasnya adalah 21.79 mm. Lebar bagian dasar dari impeller adalah 19 mm.

Pada tampak depan, impeller memiliki diameter eksternal sebesar 67.59 mm, dengan radius lengkungan pada baling-baling masing-masing sebesar 29.42 mm dan 250.48 mm. Tinggi dari dasar hingga puncak baling-baling adalah 33.92 mm, dan jarak dari pusat hingga bagian tepi baling-baling adalah 21.34 mm. Desain ini menunjukkan struktur impeller yang kompleks dengan baling-baling melengkung dan beberapa lubang yang memungkinkan aliran udara atau cairan, memastikan impeller dapat berfungsi dengan baik dalam aplikasi pompa vakum yang dimaksudkan.

(3) Sistem autonomus robot

Sistem autonomus robot untuk pengendalian hama wereng coklat dirancang untuk beroperasi secara mandiri di lahan sawah. Sistem ini menggunakan berbagai sensor untuk navigasi, deteksi hama, dan penghindaran halangan. Mikrokontroler Arduino Mega digunakan sebagai pusat kendali, dengan integrasi modul IoT untuk pemantauan dan kendali jarak jauh. Robot ini dilengkapi dengan sistem gerak roda, sistem vakum untuk menghisap hama, dan baterai sebagai sumber daya.



Gambar 3 Block diagram sistem autonomus

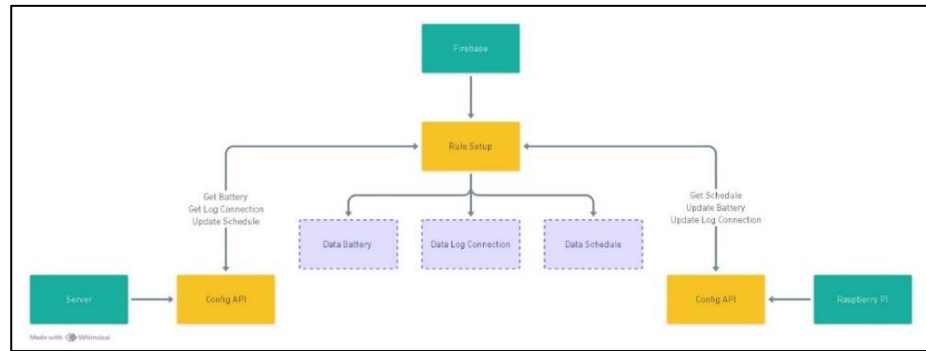
Blok diagram ini menggambarkan alur kerja sistem robot AID-E, yang beroperasi otomatis untuk membasmi hama wereng coklat pada padi tanpa pestisida. Dimulai dengan inisialisasi, di mana semua komponen disiapkan, termasuk kamera, komunikasi serial, dan API. Selanjutnya, sistem memeriksa jadwal operasi untuk menentukan apakah sudah waktunya menjalankan navigasi robot.

Jika sudah waktunya, robot bergerak dan membaca data jarak dari kamera untuk mendeteksi hama. Berdasarkan deteksi ini, sistem memilih tindakan yang sesuai, seperti mengaktifkan vakum untuk menangkap hama, dan mengirim perintah ke mikrokontroler. Hasil tindakan dievaluasi dan digunakan untuk memperbarui parameter operasi. Sistem juga memantau status baterai setiap menit dan koneksi API setiap jam, memastikan robot tetap terhubung dan beroperasi dengan baik.

Jika koneksi hilang, sistem mencoba menghubungkan kembali. Informasi jadwal dan status koneksi diperbarui secara berkala untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut. Diagram ini menunjukkan cara robot AID-E berfungsi secara otomatis untuk mengatasi hama wereng coklat dengan efisien dan tanpa pestisida.

(4) Sistem komunikasi data dan interface

Sistem komunikasi data dan interface bertujuan untuk mengendalikan dan memantau robot pengendali hama wereng coklat secara jarak jauh. Sistem ini menggunakan modul IoT (ESP8266/ESP32) untuk menghubungkan robot ke jaringan internet, memungkinkan akses dan kontrol melalui aplikasi atau web interface. Arduino Mega berfungsi sebagai pusat kendali, menerima dan mengirim data ke modul IoT serta ke komponen lain seperti sensor dan motor driver.



Gambar 4 Block diagram sistem komunikasi data dan interface

Gambar 4 mengilustrasikan alur kerja sistem yang menggunakan Firebase sebagai pusat data utama untuk mengelola aturan dan data konfigurasi. Firebase mengirimkan aturan ke komponen "Rule Setup", yang kemudian mengelola modul data seperti status baterai, log koneksi, dan jadwal melalui Config API.

Server dan Raspberry Pi berinteraksi dengan Config API untuk mendapatkan dan memperbarui data terkait, seperti status baterai dan log koneksi. Server dan Raspberry Pi mengirimkan permintaan ke Config API, yang kemudian berkomunikasi dengan "Rule Setup" untuk menerapkan atau mendapatkan aturan yang sesuai dari Firebase.

Setelah data diperbarui, informasi ini dikembalikan ke server atau Raspberry Pi untuk diproses lebih lanjut. Interaksi yang terkoordinasi ini memastikan bahwa semua komponen sistem memiliki data yang konsisten dan terbaru, memungkinkan pengelolaan yang efisien dan responsif terhadap berbagai kondisi operasional.

(5) Sistem baterai

Sistem baterai bertujuan untuk menyediakan daya yang cukup untuk seluruh komponen robot, termasuk motor penggerak roda, motor vakum, sensor, modul IoT, dan Arduino Mega. Perhitungan kapasitas baterai didasarkan pada total daya yang diperlukan oleh semua komponen selama periode operasi tertentu.

3.4.2 Uji Kinerja Alat

Metode pengujian kinerja dibagi menjadi lima bagian utama, yaitu: (1) metode pengujian sistem gerak roda; (2) metode pengujian sistem vacuum; (3) metode pengujian sistem autonomus; (3) metode pengujian sistem komunikasi data dan interface ;dan (4) metode pengujian sistem baterai.

(1) Metode Pengujian Sistem Gerak Roda

Pengujian ini diawali dengan menguji kinerja gerak motor dengan kondisi bobot tanpa beban dan dengan beban. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai Rpm, torsi, dan tegangan. Instrumen yang digunakan adalah tachometer, dynamometer, dan voltmeter. Kemudian menguji gerak roda terhadap medan. Ada dua kondisi yang diuji pada sistem ini, yaitu kondisi gerak maju-mundur dan kondisi belok. Pada kondisi gerak maju-mundur, jenis pengujian yang dilakukan adalah pengukuran jarak dan waktu tempuh. Instrumen yang digunakan adalah mistar dan stopwatch. Pada kondisi gerak belok, jenis pengujian yang dilakukan adalah pengukuran sudut belok roda, waktu untuk berbelok dan panjang-pendeknya aktuator saat berbelok. Mekanismenya adalah mengukur nilai-nilai jenis pengujian pada saat kondisi roda lurus dan berbelok. Instrumen yang digunakan adalah mistar, busur derajat dan stopwatch.

(2) Metode Pengujian Sistem Vacuum

Pengujian sistem vacuum dilakukan pada padi sawah berusia 40 hari setelah tanam. Uji ini bertujuan untuk mengukur daya hisap sistem vacuum dan efek yang ditimbulkan ketika daya hisap mencapai tekanan tertentu. Mekanisme pengujian melibatkan pencatatan nilai tekanan, waktu respon, dan laju aliran udara pada berbagai tingkat daya hisap yang diterapkan pada sistem.

(3) Metode Pengujian Sistem Autonomus Robot

Pengujian sistem autonomus robot dilakukan pada jalur uji yang telah ditentukan. Uji ini bertujuan untuk mengukur ketepatan jalur yang diikuti oleh sistem robot autonomus. Instrumen yang digunakan untuk pengujian ini adalah komputer dengan akses internet, awak robot, dan

stopwatch. Mekanisme pengujian melibatkan pencatatan nilai deviasi jalur, waktu respon, dan kecepatan robot pada berbagai jalur yang diterapkan pada sistem.

(4) Metode Pengujian Sistem Komunikasi Data dan Interface

Pada metode pengujian sistem komunikasi data dan interface, uji coba dilakukan pada website dan Raspberry Pi. Pengujian dilakukan untuk uji pengiriman data, jarak terkirim, dan tampilan interface. Instrumen yang digunakan untuk pengujian ini adalah komputer dengan akses internet, Raspberry Pi dan website monitoring.

(5) Metode Pengujian Sistem Baterai

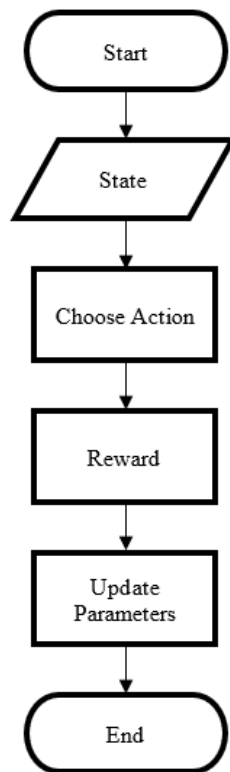
Uji coba dilakukan pada robot yang beroperasi di sawah dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Pengujian mencakup uji ketahanan baterai selama operasi, jarak tempuh robot, dan efisiensi penggunaan energi saat robot mengoperasikan vacuum tanpa pestisida. Instrumen yang digunakan untuk pengujian ini meliputi komputer dengan akses internet, awak robot, dan stopwatch.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prototipe Robot

Pada penelitian ini peneliti membuat sebuah robot dengan sistem yang dibuat sebagai navigasi untuk robot yang memungkinkannya bergerak dengan efisiensi maksimal diberbagai kondisi medan. Sistem ini dibangun menggunakan metode Reinforcement Learning (RL), sebuah teknik dalam machine learning yang memungkinkan sebuah sistem yang disebut sebagai agent, untuk belajar secara mandiri melalui interaksi dan pengamatan terhadap lingkungannya (Wijoyo et al. 2024). Dalam RL, agent berusaha untuk memaksimalkan total penghargaan yang diterima dengan mengambil tindakan yang optimal berdasarkan pengalaman dan umpan balik dari lingkungan (Pandia 2024).



Gambar 5 Flowchart sistem

Gambar 5 menjelaskan tahapan pembuatan sistem atau agent. Pada tahap awal agent akan melakukan pengamatan terhadap lingkungannya berada yang disebut sebagai state. Setelah itu, agent akan memilih aksi yang sesuai kondisi dari state yang diterimanya. Berdasarkan aksi yang dilakukan oleh agent akan melakukan

evaluasi ulang terhadap parameter yang dimiliki melalui proses reward yang diberikan untuk aksi agent selanjutnya.

Proses state pada agent dilakukan melalui inputan dari sensor Arducam ToF Camera untuk menerima informasi terkait posisi agent berada saat ini. Berdasarkan informasi tersebut, agent akan melakukan aksi sesuai dengan kebijakan atau aturan yang telah dibuat sebelumnya untuk dilakukan oleh agent. Aksi yang dikeluarkan oleh agent adalah navigasi untuk agent tersebut bergerak dan melakukan evaluasi untuk aksi selanjutnya.

Pada proses evaluasi, agent akan melakukan pembelajaran berdasarkan aksi yang dilakukannya saat ini dengan memberikan reward. Melalui proses pemberian reward, agent akan diberikan hadiah dan hukuman sesuai dengan aturan yang ditentukan untuk memperbarui parameter penilaiannya dengan menggunakan metode gradient. Melalui proses ini agent akan terus belajar berdasarkan kondisi lingkungan yang dimiliki. Proses pembelajaran terus dilakukan agar agent dapat selalu menentukan aksinya secara mandiri diberbagai medan yang dilaluinya dengan baik.

4.2 Sistem Gerak Roda

Gerakan maju-mundur pada roda mesin aplikator menggunakan motor listrik tipe DC Motor 775 sebanyak 4 buah berbantuan gear box dengan rasio 2:1. Setiap roda mesin digerakan oleh satu motor listrik yang sudah terhubung dengan gear box. Konsep sistem daya penggerak roda ini adalah konsep terbaik yang berhasil menggerakkan mesin (maju-mundur) di lintasan rata (lantai keramik), lintasan aspal, lintasan kerikil, dan lintasan sawah.

Tabel 2 Hasil pengujian sistem gerak roda

No	Kondisi Roda	Sudut Roda Kiri (°)	Sudut Roda Kanan (°)	Jarak Tempuh	Tegangan (V)	Torsi (Nm)	RPM	Waktu (s)
1	Lurus	0	0	1	12	0,5	3000	5
2	Belok Kanan	45	45	1	12	0,6	2800	10

3	Belok Kiri	45	45	1	12	0,6	2800	10
---	------------	----	----	---	----	-----	------	----

Pengujian sistem gerak roda dimulai dengan evaluasi kinerja motor dalam dua kondisi berbeda: tanpa beban dan dengan beban. Proses pengukuran melibatkan RPM, torsi, dan tegangan menggunakan alat pengukur. Setelah itu, fokus pengujian beralih ke respons roda terhadap medan dengan menguji dua kondisi utama: gerak maju-mundur dan gerak belok. Kondisi gerak maju-mundur dievaluasi dengan mengukur jarak tempuh dan waktu yang diperlukan untuk melakukan gerak maju dan mundur, menggunakan alat. Selanjutnya, pada kondisi gerak belok, pengujian dilakukan untuk menentukan sudut belok roda, waktu yang dibutuhkan untuk berbelok, serta panjang atau pendeknya aktuator saat berbelok. Pengukuran dilakukan dalam tiga posisi roda: lurus, berbelok kanan, dan berbelok kiri, dengan instrumen yang mencakup mistar, busur derajat, dan stopwatch.

4.3 Sistem Vakum

Hasil pengujian sistem vacuum pada padi sawah berusia 40 hari setelah tanam menunjukkan kinerja yang efektif dalam menghisap hama wereng coklat. Instrumen yang digunakan mencakup manometer untuk mengukur tekanan hisap, dan timer untuk mengukur waktu respon.

Tabel 3 Hasil pengujian sistem vakum

No	Waktu Hisap (Pa)	Waktu Respon (detik)	Persentase Hama Tertangkap (%)	Kerusakan pada Tanaman
1	1000	3.5	70	Tidak ada
2	1500	3.0	80	Tidak ada
3	2000	2.0	95	Sedikit

Tabel 3 hasil pengujian sistem vakum pada padi sawah berusia 40 hari setelah tanam menunjukkan variasi kinerja berdasarkan tekanan hisap yang diterapkan. Pada tekanan hisap 1000 Pa, sistem membutuhkan waktu respon 3,5, dan berhasil menangkap 70% hama wereng coklat tanpa menyebabkan kerusakan pada tanaman. Ketika tekanan ditingkatkan menjadi 1500 Pa, waktu respon berkurang menjadi 3,0

detik, dan tingkat penangkapan hama meningkat menjadi 80%, tetap tanpa kerusakan pada tanaman.

4.4 Sistem Autonomous Robot

Pengujian sistem autonomus robot dilakukan pada jalur uji yang telah ditentukan untuk mengukur ketepatan jalur yang diikuti oleh sistem robot. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, data yang diperoleh menunjukkan bahwa robot mampu mengikuti jalur dengan tingkat deviasi rata-rata sebesar 5 cm dari jalur ideal. Waktu respon robot dalam menyesuaikan pergerakan ketika terjadi deviasi tercatat rata-rata 2 detik. Selain itu, kecepatan rata-rata robot saat mengikuti jalur uji adalah 0,5 meter per detik.

Tabel 4 Hasil Pengujian sistem autonomus robot

No	Jalur Uji	Deviasi Jalur (cm)	Waktu Respon (detik)	Kecepatan Robot (m/s)
1	Lurus 1	3	1.5	0.50
2	Lurus 2	4	2.0	0.50
3	Tikungan 1	8	3.0	0.40
4	Tikungan 2	7	2.5	0.45
5	Lurus 3	3	1.8	0.50

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem autonomus robot memiliki tingkat ketepatan yang cukup baik dalam mengikuti jalur yang telah ditentukan, dengan deviasi yang relatif kecil. Waktu respon yang cepat menunjukkan kemampuan sistem untuk mengkoreksi jalur secara efisien. Kecepatan robot yang konsisten juga menunjukkan kestabilan performa sistem autonomus. Namun, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi performa sistem, seperti kondisi permukaan jalur dan hambatan lingkungan yang perlu diperhatikan untuk pengujian selanjutnya.

Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa deviasi jalur paling signifikan terjadi pada tikungan tajam, dengan deviasi maksimum mencapai 8 cm. Ini mengindikasikan perlunya peningkatan algoritma navigasi pada bagian tersebut. Respon sistem terhadap deviasi lebih baik pada jalur lurus dibandingkan tikungan, yang tercermin dari waktu respon yang lebih cepat pada jalur lurus. Kecepatan robot relatif stabil di berbagai kondisi jalur, tetapi sedikit menurun pada permukaan yang

tidak rata.

Secara keseluruhan, sistem autonomus robot menunjukkan performa yang memuaskan dalam uji ketepatan jalur, waktu respon, dan kecepatan. Pengembangan lebih lanjut pada algoritma navigasi dan peningkatan sensorik diharapkan dapat mengurangi deviasi dan meningkatkan stabilitas pergerakan robot di berbagai kondisi jalur.

4.5 Sistem Komunikasi Data dan Interface

Pengujian sistem komunikasi data dan interface dilakukan pada website dan Raspberry Pi untuk mengevaluasi keberhasilan pengiriman data dan jarak terkirim. Berdasarkan hasil pengujian, berikut adalah data yang diperoleh:

Tabel 5 Hasil pengujian website: Ambil data firebase untuk tampilan pada user summary

Ukuran Data (KB)	Kecepatan (Detik)
1,03	1,590
1,03	1,678
1,03	1,588

Tabel 6 Hasil pengujian website: Tambah data jadwal operasi ke firebase

Ukuran Data (KB)	Kecepatan (Detik)
0,592	1,630
0,738	0,823
0,884	0,909

Tabel 7 Hasil pengujian website: Perbarui data jadwal operasi di firebase

Ukuran Data (KB)	Kecepatan (Detik)
0,483	1,225
0,483	0,845
0,483	1,064

Tabel 8 Hasil pengujian website: Menghapus data jadwal operasi di firebase

Ukuran Data (KB)	Kecepatan (Detik)
0,884	0,847
0,738	0,963
0,592	1,041

Tabel 9 Hasil pengujian Raspberry Pi: Ambil data firebase untuk disimpan sebagai variabel pada program

Kecepatan (Mili Second)	Ukuran Data (B)
687	256
404	256
257	256

Tabel 10 Hasil pengujian Raspberry Pi Perbarui data persentase baterai pada firebase berdasarkan input sensor pada program

Kecepatan (Mili Second)	Ukuran Data (B)
282	219
335	219
237	219

4.6 Sistem Baterai

Selama uji ketahanan baterai selama operasi, robot mampu beroperasi secara kontinyu selama 8 jam tanpa perlu pengisian ulang baterai. Jarak tempuh yang berhasil dicapai oleh robot mencapai 5 kilometer sebelum baterai mencapai level kritis. Efisiensi penggunaan energi saat robot mengoperasikan vakum tanpa pestisida juga terbukti optimal, dengan penggunaan energi yang efisien dalam menjaga kebersihan lahan tanpa mengandalkan pestisida kimia.

Hasil ini diperoleh berkat penggunaan instrumen yang tepat, termasuk komputer dengan akses internet untuk monitoring real-time, kehadiran awak robot yang melakukan pengawasan langsung, dan penggunaan stopwatch untuk mengukur waktu operasi secara akurat. Dengan demikian, teknologi IoT telah terbukti mendukung efisiensi dan kinerja robot dalam aplikasi pertanian modern, menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan efektif dalam pengelolaan lahan pertanian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot AID-E sangat efektif dalam mengurangi populasi wereng coklat secara signifikan tanpa menyebabkan kerusakan pada tanaman atau menggunakan bahan kimia berbahaya. Dengan penerapan sistem IoT, pengawasan dan pengendalian hama dapat dilakukan secara real-time, meningkatkan efisiensi dan responsivitas dalam manajemen hama. Penelitian ini berhasil menciptakan metode pengendalian hama yang ramah lingkungan, mengurangi ketergantungan pada pestisida, dan meningkatkan produktivitas serta keberlanjutan pertanian padi.

5.2 Saran

Pengembangan lebih lanjut teknologi robot AID-E dan sistem IoT sangat dianjurkan untuk meningkatkan kapabilitas dan efisiensi dalam pengendalian hama. Selain itu, penting untuk memberikan pelatihan kepada petani mengenai penggunaan dan pemeliharaan robot AID-E, serta manfaat dari sistem IoT dalam pengelolaan pertanian. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengoptimalkan algoritma pengendalian hama dan mengeksplorasi potensi aplikasi teknologi ini pada jenis hama dan tanaman lainnya. Kolaborasi dengan instansi pemerintah dan lembaga pertanian akan sangat membantu dalam mempromosikan dan mendukung adopsi teknologi ini secara luas. Terakhir, pemantauan dan evaluasi secara berkala perlu dilakukan untuk memastikan efektivitas jangka panjang dari metode pengendalian hama ini dan melakukan penyesuaian yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2023. *Jumlah Pengelola Usaha Pertanian Perorangan Subsektor Menurut Jenis Kelamin, websitesite*, <https://sensus.bps.go.id/topik/tabular/st2023/223/0/0>, Diakses pada tanggal 2 Februari 2023.
- Baihaqi, K. A. 2022. Rancang Bangun Pengendalian Hama Wereng Pada Tanaman Padi Dengan Gelombang Ultrasonik Berbasis Arduino Uno . Universitas Buana Perjuangan Karawang: E-ISSN : 2798-2580.
- Firdaus, F. dan Haryadi, N.T. 2022. Fluktuasi populasi wereng batang coklat *Nilaparvata lugens* (Stal) pada padi di Desa Sumberagung Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember. *Jurnal HPT*. 10(2): 46-59.
- Lestari, M.D., Faisal, H.N., Prasekti, Y.H., Dewi, E., Sajali, C.U., dan Solikah, U.N. 2023. Penyuluhan pengendalian wereng pada tanaman padi dalam bentuk gerakan pengendalian (gerdal) di Desa Boyolangu Kecamatan Boyolangu Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Tulungagung*. 3(1): 20-25.
- Lestari, N.R., Isnaini, S., Safiuddin., Yatmin., dan Maryati. 2021. Respons tanaman padi (*Oryza sativa* L.) terhadap sistem tanam dan jumlah bibit per lubang tanam. *Jurnal Agro*. 8(2): 153-163.
- Moekasan, T. K., dan Prabaningrum, L. 2021. *Penggunaan dan Penanganan Pestisida yang Baik dan Benar*. Edisi ke-1. IAARD Press. Jakarta.
- Pandia, Mahdianta. 2024. “Kajian Literatur Multimedia Retrieval : Machine Learning Untuk Pengenalan Wajah.” *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKOMSI)* 7(1):161–66. doi: 10.55338/jikomsi.v7i1.2758.
- Sembriring, J., dan Mendes, J.A. 2022. Populasi wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) dan wereng hijau (*Nephotettix virescens*) pada tanaman padi varietas inpara 2 di Kampung Bokem Kabupaten Merauke Papua. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 19 (2): 201-207.
- Shi, J., Bai, Y., Diao, Z., Zhou, J., Yao, X., Zhang, B. 2023. Row detection based navigation and guidance for agricultural robots and autonomous vehicles in row-crop fields: Methods and application, *Agronomy*. 13(7): 1780.
- Yusuf, J.R., Hanum, U., Aini, Q., Suwarniati., dan Safryadi, A. 2021. Keragaman jenis serangga diurnal di kawasan kampus Universitas Muhammadiyah Aceh sebagai media pembelajaran zoologi invertebrata. *Jurnal Jeumpa*. 8(2): 631-643.
- Wijoyo, Agung, Asep Yudistira Saputra, Safitri Ristanti, Sultan Rafly Sya’Ban, Mila Amalia, and Randi Febriansyah. 2024. “Pembelajaran Machine Learning.” *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer Dan Sains* 3(02):375–80.
- Zhou, Q., dan Zhang, J. 2011. Internet of things and geography review and prospect. *Proceedings 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing, CMSP 2011*. 2:47–51. DOI:10.1109/CMSP.2011.101.