

## AID-E: Robot Pengendali Hama Wereng Coklat Pada Padi Sawah Menggunakan Vacuum Tanpa Pestisida Berbasis IoT

Ade Riyanti<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Computer Engineering Technology Study Program, College of Vocational School, IPB University  
aderiyanti@apps.ipb.ac.id

Mohammad Iqsan Syachranie<sup>2</sup>, Fadly Ramdani<sup>3</sup>, Muhammad Al-Ghifari<sup>4</sup>, Muhammad Arsyi<sup>5</sup>,  
Muhammad Rafi Ari Ghani<sup>6</sup>, Wanda Haniyah<sup>7</sup>, Daniel Rangga Hardianto Wibowo<sup>8</sup>

<sup>2345678</sup>Computer Engineering Technology Study Program, College of Vocational School, IPB University

<sup>2</sup>syachraniemohammad@apps.ipb.ac.id, <sup>3</sup>ramdanifadly@apps.ipb.ac.id, <sup>4</sup>0301alghifari@apps.ipb.ac.id,  
<sup>5</sup>arsyi.arsyi@apps.ipb.ac.id, <sup>6</sup>rafighani@apps.ipb.ac.id, <sup>7</sup>120504wanda@apps.ipb.ac.id,  
<sup>8</sup>ranggahardianto@apps.ipb.ac.id

### Abstract

Robot pengendali hama wereng coklat merupakan sebuah inovasi teknologi yang dikembangkan untuk mendukung proses pengendalian hama berbasis computer vision. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat dan menguji sebuah robot otomatis untuk mengurangi populasi hama wereng coklat pada lahan pertanian padi dengan sistem tanam jajar legowo menggunakan teknik hisap dengan kontrol autonomus dan sistem pemantauan yang berbasis Internet of Things (IoT). Diharapkan alat ini dapat menjadi solusi bagi para petani dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam proses pembasmian hama wereng coklat secara otomatis. Robot ini dirancang dengan menggunakan berbagai komponen hardware seperti Raspberry Pi, Arduino Uno R3, Arducam ToF Camera, dan Motor DC yang terhubung dalam sebuah rangkaian yang terintegrasi. Untuk proses penyedotan hama, alat ini menggunakan Vacuum Air Pump. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot efektif dalam mengurangi populasi wereng coklat secara signifikan tanpa merusak tanaman atau menggunakan bahan kimia berbahaya. Hal ini membuktikan adanya potensi pengendalian hama wereng tanpa merusak kondisi lingkungan disekitarnya dengan menggunakan teknik hisap.

**Keywords:** AID-E, vacuum pembasmi hama, sistem gerak autonomus, internet of things, padi sawah

### PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris pertanian memiliki kontribusi penting baik terhadap perekonomian maupun terhadap pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat (Ayun, Kurniawan, and Saputro 2020). Padi merupakan tanaman budidaya yang memegang peran penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan manusia (Mudmainah 2023), karena menyediakan energi dan karbohidrat (Mergono Adi Ningrat, Carolina Diana Mual, and Yohanis Yan Makabori 2021).

Menurut Badan Pusat Statistik (2023) padi merupakan subsektor tanaman pangan yang paling banyak dikelola oleh 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 berkurangnya luas lahan panen sepanjang tahun lalu yang disebabkan oleh faktor cuaca serta serangan hama di area persawahan (Irawan 2005).

Penurunan produksi padi dapat mempengaruhi ketersediaan pangan (Prasada and Rosa 2018). Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya hama dan penyakit atau sering disebut organisme pengganggu tanaman (OPT) (Dwipuspa et al. 2018). Serangan OPT seperti hama merupakan salah satu kendala

biologis dalam produksi padi (Yulia, Widiyanti, and Susanto 2020). Keberadaan hama juga menimbulkan gangguan pada tanaman padi secara fisik sehingga mengancam ketahanan pangan di Indonesia (Sarmila et al. 2022).

Brown planthopper dengan nama ilmiah *Nilaparvata lugens* merupakan salah satu jenis hama yang menyerang tanaman padi (Sofyan, Koesmaryono, and Hidayati 2019). Wereng coklat menyerang tanaman padi sejak fase vegetatif hingga memasuki fase generatif (Sayuthi et al. 2020). Populasi hama wereng coklat 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 (Mufida Diah Lestari et al. 2023).

Padi yang terserang wereng coklat 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 (Wibowo et al. 2023). Keadaan ini terjadi karena wereng coklat menghisap cairan sel pada batang tanaman padi (Wati and Munir 2016). Wereng coklat juga berperan sebagai faktor pembawa virus dan mengakibatkan penyakit kerdil (Firdaus and Haryadi 2022).

Petani telah mencoba berbagai metode untuk mengendalikan hama, termasuk melalui teknik bercocok tanam, penggunaan varietas tanaman tahan hama, pengendalian fisik dan mekanik, serta pengendalian biologis (Eryanto et al. 2023). Namun, metode-metode ini dianggap kurang efektif, sehingga petani mulai beralih ke pengendalian hama secara kimiawi dengan menggunakan pestisida (Wisnujati and Sangadji 2021). Penggunaan pestisida merupakan salah satu cara yang dilakukan oleh petani untuk mengendalikan masalah hama wereng coklat dan dianggap sebagai pengendalian paling efektif untuk saat ini karena terbukti mampu mempertahankan hasil panen mereka (Zeni et al. 2020).

Perkembangan sistem penyemprot pestisida pada padi dimulai dari *hand sprayer*. Kemudian beralih ke pemakaian aspirator. Hingga saat ini, beberapa petani telah menggunakan model stasioner. Penggunaan *hand sprayer* pada proses penyemprotan, disamping mempengaruhi lamanya periode penyemprotan dan tingkat paparan, ternyata pestisida yang digunakan sangat berpengaruh terhadap resiko kesehatan petani. Berkembangnya model aspirator berarti mengurangi resiko kesehatan petani dan juga pencemaran lingkungan karena pestisida sudah tidak digunakan lagi pada model ini.

Aspirator mampu mengumpulkan serangga-serangga kecil yang tidak begitu aktif bergerak seperti wereng coklat dengan cara menghisapnya. Alat ini digunakan untuk mengumpulkan serangga yang dibutuhkan dalam kondisi 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 (Sitohang 2019). Namun aspirator ini bergantung pada pasokan energi yang stabil, seperti bahan bakar atau listrik.

Alat stasioner disamping merupakan teknologi terbaru di dekade ini, stabilitas lokasi yang memberikan konsistensi dalam pengendalian proses. Selain itu, biaya operasional menjadi lebih rendah karena tidak memerlukan penggunaan bahan bakar. Pemeliharaan juga menjadi lebih sederhana karena tidak ada pergerakan mekanis yang kompleks yang perlu dipelihara. Teknologi ini juga memungkinkan penggunaan energi yang efisien seperti tenaga surya, sehingga meminimalkan dampak lingkungan dan biaya operasional.

Ternyata alat stasioner memiliki kekurangan yang harus sangat diperhatikan, yaitu kurangnya fleksibilitas dalam menjangkau area yang berbeda, yang berpotensi menghambat efisiensi dan produktivitas. Selain itu, teknologi yang terkait dengan lokasi tetap juga rentan terhadap perubahan lingkungan dan manipulasi manusia, seperti kekeringan atau tindakan sabotase. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan atau kegagalan sistem dengan mudah. Selanjutnya, karena terbatas pada lokasi tertentu, teknologi ini memerlukan pemantauan dan pemeliharaan yang sering untuk menjaga kinerja optimalnya. Kemudian kurangnya fleksibilitas dalam penanganan, karena teknologi ini tidak dapat dipindahkan dengan mudah ke area lain yang memerlukan perhatian lebih besar.

Namun, pestisida merupakan bahan beracun yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan keanekaragaman hayati serta menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia

(Dhaifulloh, Khayumi, and Tirtayuda 2024). Oleh karena itu, diperlukan inovasi yang mampu melindungi tanaman padi tanpa bahan kimia. Beberapa riset mengenai teknologi terkait alternatif penanganan hama wereng coklat tanpa pestisida sudah banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti, seperti Baihaqi (2022). Merujuk pada penelitian tersebut, gelombang ultrasonik frekuensi 40 KHz sampai 45 KHz dapat digunakan untuk memproteksi tanaman dari hama wereng coklat, akan tetapi dibutuhkan waktu 180 menit untuk membuat hama wereng coklat nonaktif (Baihaqi 2022).

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan inovasi mengenai alat pembasmi hama yang dapat mengakomodir kelemahan-kelemahan dari alat pembasmi hama tradisional hingga penggunaan gelombang ultrasonik dengan mengembangkan alat pembasmi hama yang mampu mengurangi resiko paparan pestisida ke tubuh petani, mengurangi populasi hama wereng coklat pada padi menggunakan teknik hisap dengan kontrol autonomus, serta sistem kendali dan monitoring jarak jauh yang efektif dan efisien berbasis Internet of Things (IoT).

## **METODE**

### **Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei. Lokasi penelitian ini berada di Sekolah Vokasi IPB University. Kegiatan yang berhubungan dengan pengujian kinerja robot dilakukan di Kebun Percobaan Sawah Baru, IPB University.

### **Peralatan dan Bahan Penelitian**

Peralatan yang digunakan antara lain peralatan konstruksi perbengkelan, perancangan, serta pengujian kinerja mesin. Aplikasi Fusion 360 dan personal computer digunakan untuk pembuatan gambar teknik. Desain 3D sebagai pencetak komponen pendukung mekanisme pada sistem elektronika mesin, serta aplikasi Visual Code dan Arduino IDE untuk membantu pembuatan kode algoritma kontrol. Bahan konstruksi yang digunakan yaitu besi hollow 2x2 cm dan pelat aluminium. Perangkat keras pengendali yang digunakan yaitu Arduino Uno R3. Komponen elektronika pendukung juga digunakan seperti Raspberry Pi, ToF Camera, Motor DC, dan pompa vakum.

### **Teknik Pengumpulan Data dan Teknik Analisis Data**

Teknik pengumpulan data merujuk pada prosedur yang digunakan untuk mengevaluasi atau mengumpulkan informasi (Ardianto 2014). Metode pengumpulan data dapat berfungsi secara terpisah dari teknik analisis data, namun juga dapat menjadi bagian penting dalam proses analisis tersebut. Ada berbagai pendekatan dalam pengumpulan data, termasuk metode deskriptif, korelasional, eksperimental, kualitatif, kuantitatif, dan observasional (Nadialista Kurniawan 2021).

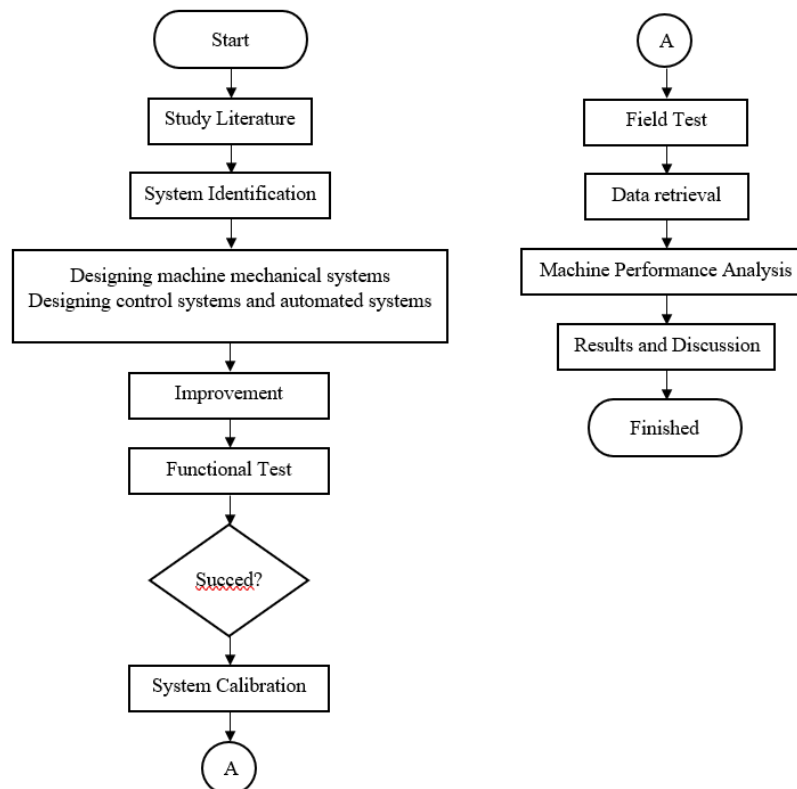
Metode penelitian kuantitatif dipilih untuk pengumpulan data dalam penelitian ini. Metode ini umumnya digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu hubungan dengan menyusun elemen-elemennya secara sistematis. Penelitian kuantitatif ini memiliki karakteristik yang sistematis, terencana, dan terperinci dari tahap awal konsepsi hingga desain penelitian (Hermawan et al. 2022). Penelitian kuantitatif ini mencakup beberapa pendekatan, antara lain:

1. Melakukan studi literatur untuk menggali informasi perkembangan terbaru di teknologi Internet of Things (IoT), perangkat keras dan perangkat lunak yang penting untuk menciptakan sistem dan juga contoh penerapan serupa yang dapat menjadi referensi bagi pihak-pihak lain.
2. Mengadakan wawancara dengan perusahaan atau calon pengguna IoT yang akan dikembangkan. Tujuan wawancara ini adalah untuk mendapatkan masukan berharga terkait spesifikasi, fitur, dan kebutuhan yang diinginkan oleh pengguna.
3. Melakukan observasi langsung terhadap objek atau situasi yang menjadi fokus pengembangan IoT. Observasi ini diharapkan dapat memberikan informasi rinci tentang cara kerja serta kebutuhan spesifik yang diperlukan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Melakukan studi literatur untuk menggali informasi perkembangan terbaru di IoT teknologi, perangkat keras dan perangkat lunak yang penting untuk menciptakan IoT juga

contoh penerapan serupa yang dapat menjadi referensi bagi pihak-pihak lain dikembangkan.

### Tahapan Penelitian

Perencanaan diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

### Perancangan

Perancangan dibagi menjadi empat bagian utama, yaitu: (1) sistem gerak roda; (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 Uno 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

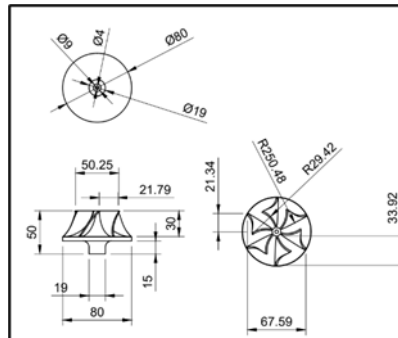
perangkaian minimal 22 rangkaian seri sebelumnya untuk diparalelkan. Sehingga dapat dihitung banyaknya baterai tipe Lion 18650 yang dibutuhkan adalah 154 buah baterai untuk 1 baterai berkapasitas 40 Ah.

- 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.



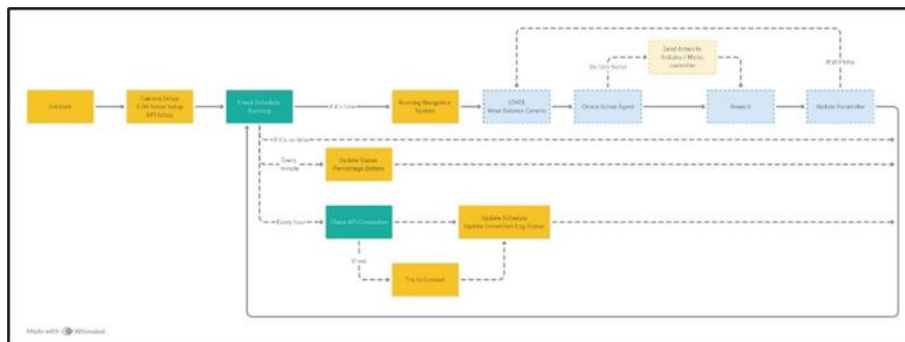
Gambar 2 Desain impeller pompa vakum

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.



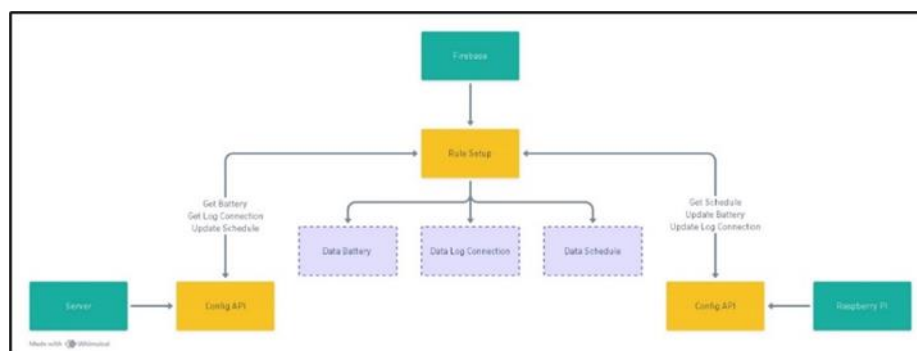
Blok diagram ini menggambarkan alur kerja sistem robot AID-E, yang beroperasi otomatis untuk membasmi hama wereng coklat pada padi tanpa pestisida. Dimulai dengan inisialisasi, di mana semua komponen disiapkan, termasuk kamera, komunikasi serial, dan API. Selanjutnya, sistem memeriksa jadwal operasi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

## Uji Kinerja

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

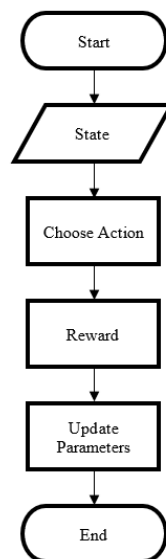
Uji coba dilakukan pada robot yang beroperasi di sawah dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Pengujian mencakup uji ketahanan baterai selama operasi, jarak tempuh robot, dan efisiensi penggunaan energi saat robot mengoperasikan

vacum tanpa pestisida. Instrumen yang digunakan untuk pengujian ini meliputi komputer dengan akses internet, awak robot, dan stopwatch.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Prototype 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 navigasi robot

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.

### 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, 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 [spesifikasikan alat yang digunakan]. 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 [spesifikasikan alat yang digunakan]. 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.

#### 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.

#### 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.

Table 1 Hasil pengukuran deviasi jalur, waktu respon, dan kecepatan robot

Jalur Uji	Deviasi Jalur (cm)	Waktu Respon (detik)	Kecepatan Robot (m/s)
Lurus 1	3	1.5	0.50
Lurus 2	4	2.0	0.50
Tikungan 1	8	3.0	0.40
Tikungan 2	7	2.5	0.45
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.

### 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:

Table 2 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

Table 3 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

Table 4 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

Table 5 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

Table 6 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

Table 7 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

### 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.

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot AID-E efektif dalam mengurangi populasi wereng coklat secara signifikan tanpa merusak tanaman atau menggunakan bahan kimia berbahaya. Sistem IoT yang diterapkan memungkinkan pengawasan dan pengendalian hama secara real-time, sehingga meningkatkan efisiensi dan responsivitas dalam manajemen hama. Dampak dari penelitian ini adalah terciptanya metode pengendalian hama yang ramah lingkungan, mengurangi ketergantungan pada pestisida, dan meningkatkan produktivitas serta keberlanjutan pertanian padi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, Ervinaro. 2014. "Metode Dan Instrumen Pengumpulan Data Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif." *Metodologi Penelitian Untuk Public Relations Kuantitatif Dan Kualitatif* (4).
- Ayun, Qurotu, Shidiq Kurniawan, and Wahyu Adhi Saputro. 2020. "Perkembangan Konversi Lahan Pertanian Di Bagian Negara Agraris." *Vigor: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika* 5(2):38–44. doi: 10.31002/vigor.v5i2.3040.
- 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, Kiki Ahmad. 2022. "Rancang Bangun Pengendalian Hama Wereng Pada Tanaman Padi Dengan Gelombang Ultrasonic Berbasis Arduino Uno." *Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian (KNPP)* 1200–1216.
- Dhaifulloh, Ahmad Dhiyaul, Balqist Iqfirlana Khayumi, and Deul Tirtayuda. 2024. "Dampak Penggunaan Pestisida Kimia Terhadap Kualitas Tanah Dan Air Sungai Di Daerah Pertanian." 2(2).
- Dwipuspa, Ira, Anggun Wicaksono, Yulia Tri Samiha, Irham Falahudin, Diah Putri Anggun, and Rian Oktiansyah. 2018. "SERANGGA HAMA SEBAGAI ORGANISME PENGANGGU TANAMAN (OPT) TERHADAP PRODUKTIVITAS PADI (*Oryza Sativa* L.)." *Jurnal Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang* 3(1):90–95.
- Eryanto, Oktoni, Retno Astuti Kuswardani, Zulheri Noer, and Muhammad Reza. 2023. "Peran Penyuluh Terhadap Implementasi Pengelolaan Opt Di Kabupaten Asahan the Role of Extenders Towards the Implementation of Opt Management in the Framework of Agricultural Ecosystem Sustainability and Its Relationship To Rice Productivity In." 25(4):3595–3604.
- Firdaus, Fairuzil, and Nanang Tri Haryadi. 2022. "FLUKTUASI POPULASI WERENG BATANG COKLAT *Nilaparvata lugens* (Stål) PADA PADI DI DESA SUMBERAGUNG KECAMATAN SUMBERBARU KABUPATEN JEMBER." *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan* 10(2):46–59. doi: 10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.2.1.
- Hermawan, Eric, MM Degdo Suprayitno, MM Resista Vikaliana, and SSi MM Rudianto Hermawan. 2022. "Buku Ajar Penelitian Kuantitatif Penerbit Cv.Eureka Media Aksara." *Buku Ajar* 1–25.
- Irawan, Bambang. 2005. "Bambang Irawan." *Forum Penelitian Agro Ekonomi* 23(1):1–18.
- Mergono Adi Ningrat, Carolina Diana Mual, and Yohanis Yan Makabori. 2021. "Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Pada Berbagai Sistem Tanam Di Kampung Desay, Distrik Prafi, Kabupaten Manokwari." *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian* 2(1):325–32. doi: 10.47687/snppvp.v2i1.191.
- Mudmainah, Siti. 2023. "The Role of Agricultural Extension Worker in Disease Control of Rice (*Oryza Sativa* L.) in Ajibarang District." *Jurnal Pertanian Peradaban* 03(01):7–18.
- Mufida Diah Lestari, Herry Nur Faisal, Yuniar Hajar Prasekti, Ermawati Dewi, Chusnatul Ulaela Sajali, and Umi Nur Solikah. 2023. "Penyuluhan Pengendalian Wereng Pada Tanaman Padi Dalam Bentuk Gerakan Pengendalian (Gerdal) Di Desa Boyolangu Kecamatan Boyolangu Kabupaten Tulungagung." *Janita : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 3(1):20–25. doi: 10.36563/pengabdian.v3i1.792.
- Nadialista Kurniawan RA. 2021. Teknik Pengumpulan dan Analisa Data. *Ind. High. Educ.* 3(1):1689–1699.
- 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.
- Prasada, I. Made Yoga, and Tia Alfina Rosa. 2018. "Dampak Alih Fungsi Lahan Sawah Terhadap Ketahanan Pangan Di Daerah Istimewa Yogyakarta." *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian* 14(3):210. doi: 10.20956/jsep.v14i3.4805.

- Sarmila, Ryhan Sasdar, Endang Kurniati, and Andi Noormaliah Indra Dj. 2022. "Organisme Pengganggu Tumbuhan Dan Pengendaliannya." 1–23.
- Sayuthi, Muhammad, A. Hanan, Purwana Satriyo, and Muklis. 2020. "Distribusi Hama Tanaman Padi ( *Oryza Sativa* L .) Pada Fase Vegetatif Dan Generatif Di Provinsi Aceh." *Jurnal Agroecotenia* 3(1):1–10.
- Sitohang, Dermawan. 2019. "Inventarisasi Hama Dan Tingkat Kerusakan Padi Beras Merah (*Oriza Nivara*) Yang Ditanam Antara Tegakan Karet (*Hevea Brasilliensis*." 63.
- Sofyan, Devied Apriyanto, Yonny Koesmaryono, and Rini Hidayati. 2019. "Analisis Pengaruh Faktor Cuaca Terhadap Dinamika Populasi Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata Lugens Stål*) Yang Tertangkap Lampu Perangkap." *Jurnal Entomologi Indonesia* 16(1):1. doi: 10.5994/jei.16.1.1.
- Wati, Rina Sintia, and Ivan Mambaul Munir. 2016. "Potensi Lahan Basah Untuk Pengembangan Padi Sawah Berdasarkan Zona Agroekologi Di Kabupaten Serang, Provinsi Banten." *Pertanian* 2(2):1–10.
- Wibowo, Lestari, Khofifah Nur Indah Safitri, Niar Nurmauli, and Agus M. Hariri. 2023. "Survei Kepadatan Populasi Hama Dan Agensia Hayati Pada Tanaman Padi Sawah Di Desa Tirtalaga Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung." *Jurnal Agrotek Tropika* 11(3):389–400. doi: 10.23960/jat.v11i3.7675.
- 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.
- Wisnujatia, Nugrahini Susantinah, and Suwandi S. Sangadji. 2021. "Pengelolaan Penggunaan Pestisida Dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia." *SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis* 18(1):92. doi: 10.20961/sepa.v18i1.47297.
- Yulia, Endah, Fitri Widiyanti, and Agus Susanto. 2020. "Manajemen Aplikasi Pestisida Secara Tepat Dan Bijak Pada Kelompok Tani Komoditas Padi Dan Sayuran Di Splpp Arjasari." *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 3(2):310. doi: 10.24198/kumawula.v3i2.27459.
- Yusuf, Julia Rahmi, Uli Hanum, Qurratu Aini, Suwarniati, and Safryadi A. 2021. "Keragaman Jenis Serangga Diurnal Di Kawasan Kampus Universitas Muhammadiyah Aceh Sebagai Media Pembejaraan Zoologi Invertebrata." *Jurnal Jeumpa* 8(2):631–43. doi: 10.33059/jj.v8i2.4408.
- Zeni, zara, zaleha W. ... hawa, candra Dwinata, Anggun Wicaksono, Yulia Tri Samiha, Maryamah, Rian Oktiansyah, Kuratut Aini, Jhon Riswanda, and Miftahussaadiah. 2020. "PROSIDING SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN BIOLOGI 2020 SERANGGA HAMA PADA TANAMAN PADI (*Oryza Sativa* L.) PADA FASE VEGETATIF DAN GENERATIF." *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi* (1997):98–104.