

**LAPORAN PROJEK AKHIR TEKNOLOGI ROBOTIK
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI IPB TAHUN 2025**

**JUDUL LAPORAN AKHIR:
FARMSHIELD – ROBOT PENYEMPROT PESTISIDA OTOMATIS
DENGAN DETEKSI KUTU PUTIH**



Nama Kelompok: Gen1us

Anggota Kelompok:

Fikri Binaul Umah	: J0404231038
Luthfi Alviani	: J0404231023
Muhammad Rifki Munawar	: J0404231072
Alicia Maharani	: J0404231090

**SEKOLAH VOKASI
IPB UNIVERSITY
TAHUN 2025**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Dasar Teori	4
BAB III	6
METODE PENELITIAN	6
3.1 Alat dan Bahan	6
3.1.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	6
3.1.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	9
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	10
3.2.1 Teknik Pengumpulan Data	10
3.2.2 Analisis Data	11
3.3 Prosedur Kerja	11
3.3.1 Kriteria dan Target Teknis	11
3.3.2 Konsep Rancangan dari Sistem	11
3.3.2.1 <i>Use Case Diagram</i>	11
3.3.2.2 <i>Class Diagram</i>	12
3.3.2.3 <i>Activity Diagram</i>	13
BAB IV	17
HASIL DAN PEMBAHASAN	17
BAB V	21
KESIMPULAN	21
DAFTAR PUSTAKA	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 ESP32	6
Gambar 2 ESP32-CAM.....	6
Gambar 3 Motor Driver L298N	6
Gambar 4 Motor DC Roda	7
Gambar 5 Nozzle.....	7
Gambar 6 Baterai Li-Po	7
Gambar 7 Raspberry Pi	8
Gambar 8 BME 280	8
Gambar 9 DHT22.....	8
Gambar 10 Wind Sensor	9
Gambar 11 Arduino IDE	9
Gambar 12 Laravel.....	9
Gambar 13 Python.....	10
Gambar 14 Jupyter Notebook.....	10
Gambar 15 Anaconda.....	10
Gambar 16 Use Case Diagram	12
Gambar 17 Class Diagram	13
Gambar 18 Activity Diagram Identifikasi Hama Via Kamera	13
Gambar 19 Activity Diagram Identifikasi Hama Via Kamera	14
Gambar 20 Activity Diagram Forum Petani dan Edukasi.....	14
Gambar 21 Activity Diagram Melihat Dashboard dan Laporan	14
Gambar 22 Activity Diagram Analisis dan Pembaruan Model ML.....	15
Gambar 23 Blok Diagram	16
Gambar 24 Skema Rangkaian	17
Gambar 25 Design 3D Farmshield.....	18
Gambar 26 Gambar Teknik Farmshield	19

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serangan hama kutu putih (*Pseudococcus spp.* & *Paracoccus marginatus*) menjadi salah satu penyebab utama penurunan hasil panen pada tanaman cabai, singkong, dan terong. Kutu putih mengisap cairan tanaman, menyebabkan daun keriput, pucuk kerdil, dan potensi kehilangan hasil panen hingga 30–80% (Hariyanto *et al.* 2020) untuk mengendalikan perkembangan hama tersebut petani umumnya melakukan penyemprotan pestisida secara rutin. Namun, metode penyemprotan yang masih manual menggunakan *knapsack sprayer* yang berat (± 15 kg) dinilai kurang efektif dikarenakan melelahkan, tidak presisi, dan petani berisiko terkena paparan pestisida secara langsung (Widiyanti *et al.* 2023).

Dengan berkembangnya teknologi modern seperti kecerdasan buatan dan *Internet of Things*(IoT) dapat menjadi solusi berbasis robotika untuk meningkatkan efektivitas pengendalian hama. Penelitian yang dilakukan oleh Fachri *et al.* (2019) menunjukkan bahwa robot penyemprot pestisida mampu mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia, meningkatkan akurasi penyemprotan dan mengurangi risiko kesehatan petani. Selain itu, integrasi sensor dan *machine learning* memungkinkan robot mendeteksi keberadaan hama secara *real time*, sehingga penanganan dapat dilakukan secara tepat sasaran.

Beberapa inovasi telah dikembangkan, misalnya robot penyemprot pestisida pada tanaman hortikultura dengan kendali jarak jauh berbasis *Bluetooth* (Fachri *et al.* 2019). robot *wall-follower* dengan sensor ultrasonik pada tanaman cabai (Widiyanti *et al.* 2023) hingga aplikasi pendeteksi hama berbasis android yang memanfaatkan pengolahan citra digital untuk mengenali jenis hama pada padi (Riki dan Sutabri 2024). Bahkan, sistem berbasis IoT yang dikombinasikan dengan sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan hama dan melakukan penyemprotan otomatis secara terintegrasi dengan aplikasi Telegram (Sari *et al.* 2024).

Berdasarkan urgensi tersebut, diperlukan perancangan robot pendeteksi hama tanaman yang tidak hanya berfungsi sebagai alat penyemprot, tetapi juga mampu mengidentifikasi keberadaan hama menggunakan sensor cerdas dan sistem otomatisasi (Toscano *et al.* 2025). Dengan adanya teknologi ini, petani dapat meningkatkan produktivitas hasil panen, mengurangi penggunaan pestisida secara berlebihan, serta dapat meningkatkan perkebunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana merancang robot yang mampu mendeteksi keberadaan hama kutu putih pada tanaman hortikultura secara *real-time* menggunakan kamera berbasis *Machine Learning*?
- b) Bagaimana sistem penyemprotan pestisida dapat dilakukan secara otomatis dan presisi hanya pada bagian tanaman yang terinfeksi hama?
- c) Bagaimana merancang sistem kontrol dan mekanisme robot agar mampu beroperasi secara efektif di lahan perkebunan dengan kondisi yang bervariasi?.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari projek akhir pembuatan robot farmshield adalah sebagai berikut:

- a) Mendeteksi keberadaan hama kutu putih secara *real-time* menggunakan kamera dan *machine learning*.
- b) Melakukan penyemprotan pestisida secara presisi hanya pada area yang terserang.
- c) Mengurangi kontak langsung petani dengan bahan kimia dan mengefisienkan penggunaan pestisida.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari projek akhir pembuatan robot farmshield adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan solusi deteksi hama kutu putih secara cepat dan akurat melalui sistem kamera dan machine learning, sehingga mempermudah petani dalam memantau kondisi tanaman.
- b) Menghadirkan proses penyemprotan pestisida yang otomatis dan lebih tepat sasaran, sehingga penggunaan pestisida menjadi lebih efisien dan tidak terbuang sia-sia.
- c) Menyediakan robot dengan mekanisme kontrol yang stabil dan mampu beradaptasi dengan kondisi lahan perkebunan, sehingga dapat membantu pekerjaan petani secara lebih efektif di berbagai situasi lapangan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penyusunan karya ilmiah ini, penulis menelaah penelitian-penelitian terdahulu serta berbagai sumber seperti buku, skripsi, dan artikel ilmiah sebagai landasan teori. Penelitian ini juga dikaitkan dengan karya ilmiah sebelumnya agar diperoleh keterkaitan yang mendukung dasar penelitian. Adapun karya ilmiah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Jurnal Ilmiah Riki dan Sutabri (2024) dengan judul: Perancangan Aplikasi Pendeteksi Hama Tanaman Padi Berbasis Android, pada Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains, dan Informatika Tahun 2024. Jurnal ini membahas pengelolaan citra digital dan kecerdasan buatan (AI) untuk mengenali jenis hama melalui foto tanaman yang diunggah petani. Adapun hasil dari penelitian ini adalah aplikasi tersebut mampu mendeteksi beberapa hama utama padi dengan akurasi hingga 85%.

Jurnal Ilmiah Hariyanto *et al.* (2020) dengan judul: Identifikasi Keanekaragaman Hama Kutu Putih (*Mealybug*) Pada Tanaman Singkong Di Kecamatan Wongsorejo Dan Kalipuro, pada Jurnal Ilmiah BIOSENSE Tahun 2020. Jurnal ini membahas keanekaragaman hama kutu putih pada tanaman singkong di Kecamatan Wongsorejo dan Kecamatan Kalipuro. Adapun hasil dari penelitian ini adalah ditemukan dua spesies kutu putih dari Famili *Pseudococcidae*, yaitu *Ferrisia virgata* dan *Paracoccus marginatus* dengan spesies jumlah individu terbanyak adalah *Paracoccus marginatus*, sedangkan *Ferrisia virgata* jumlahnya lebih sedikit.

Artikel Ilmiah Sari *et al.* (2024) dengan judul: Rancang Bangun Alat Pendeteksi dan Pengusir Hama Tanaman Kangkung menggunakan Sensor Pir dan Cairan Peptisida Berbasis *Internet Of Things* (IOT), pada Artikel Repeater : Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan Tahun 2024. Artikel ini membahas alat pendeteksi dan pengusir hama pada tanaman kangkung menggunakan sensor PIR (*Passive Infrared*) untuk mendeteksi pergerakan hama dan cairan pestisida untuk membantu petani mengurangi kerusakan tanaman akibat hama. Adapun hasil dari penelitian ini adalah sistem otomatis dapat langsung menyemprotkan cairan pestisida ketika hama terdeteksi serta dapat menjaga kualitas dan kuantitas panen kangkung.

Jurnal Ilmiah Simarmata *et al.* (2021) Siregar dengan judul: Beberapa Aspek Biologi Kutu Putih (*Paracoccus Marginatus*) (*Hemiptera: Pseudococcidae*) Pada Terung Di Rumah Kaca pada Jurnal Agrotek Tropika Tahun 2021. Jurnal ini membahas biologi kutu putih *Paracoccus marginatus* pada tanaman terung di rumah kaca dengan fokus pada siklus hidup, perkembangan stadia, dan kemampuan reproduksinya. Adapun hasil dari penelitian ini adalah Kutu putih *Paracoccus marginatus* pada tanaman terung memiliki siklus hidup 31–37 hari dengan tingkat penetasan telur tinggi ($\pm 89\%$) dan dominasi betina (rasio 1:2,67), sehingga populasinya cepat berkembang dan berpotensi menimbulkan kerugian besar pada tanaman.

Jurnal Ilmiah (Fachri *et al.* 2019) dengan judul: Rancang Bangun Robot Penyemprot Pestisida (Robot Sida) Pada Tanaman Hortikultura pada Jurnal J-Innovation Tahun 2019, membahas rancang bangun robot untuk membantu petani dalam penyemprotan pestisida yang dikendalikan dengan *Bluetooth* HC-05 melalui *remote* dan sensor pendeteksi cairan pestisida. Hasil dari penelitian tersebut, robot mampu bekerja hingga jarak <40 meter dengan kapasitas 5 liter dan hasil penyemprotan mencapai 100%. Penggunaan *Bluetooth* terbukti efektif dalam mengendalikan robot sehingga dapat mengurangi risiko paparan pestisida langsung pada petani.

2.2 Dasar Teori

Kutu putih merupakan serangga dari famili *Pseudococcidae* yang memiliki ciri tubuh dilapisi lilin berwarna putih. Serangan hama ini pada tanaman ditandai dengan munculnya lapisan tebal berwarna putih atau hitam pada permukaan daun maupun apeks. Lapisan tersebut merupakan campuran dari serangga dewasa, ovisac, serta nimfa, yang menutupi organ inang. Akibatnya, proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman terganggu (Sabinus *et al.* 2018).

Dampak serangan kutu putih tidak hanya berhenti pada gangguan fotosintesis. Menurut (Prakoso *et al.* 2024) infestasi yang parah dapat menyebabkan timbulnya bercak putih, klorosis, malformasi daun, penurunan kualitas jaringan tanaman, hingga tanaman tampak kerdil. Dalam kasus serangan berat, kutu putih bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman karena gangguan fisiologis yang berkepanjangan. Hal ini menjadikan kutu putih sebagai salah satu hama penting yang harus diwaspadai keberadaannya, terutama pada komoditas hortikultura dan tanaman pangan. Selain itu, kutu putih juga berpotensi membawa dan menularkan patogen tanaman, sehingga keberadaannya dapat memperparah kerusakan akibat penyakit lain. Kondisi ini semakin memperkuat urgensi upaya pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan.

Salah satu metode yang direkomendasikan adalah penggunaan biopestisida, yang dianggap lebih aman dibandingkan pestisida sintesis karena mampu menekan populasi hama tanpa meninggalkan residu berbahaya bagi lingkungan maupun kesehatan petani (Prakoso *et al.* 2024). Namun, efektivitas penggunaan biopestisida dapat ditingkatkan lebih jauh dengan bantuan teknologi modern. Inovasi seperti robot pendeteksi hama berbasis kamera dan *machine learning* memungkinkan identifikasi serangan kutu putih secara *real-time*, sehingga penyemprotan dapat dilakukan secara lebih presisi hanya pada bagian tanaman yang terinfestasi (Widiyanti *et al.* 2023). Dengan integrasi sistem deteksi otomatis dan aktuasi semprot, biopestisida dapat diaplikasikan secara terukur, efisien, dan selektif.

Pendekatan ini tidak hanya membantu menurunkan populasi kutu putih secara efektif, tetapi juga mengurangi kontak langsung petani dengan bahan kimia serta meminimalkan pemborosan penggunaan pestisida.

ESP32 merupakan chip yang sangat lengkap karena telah dilengkapi dengan prosesor, penyimpanan, serta akses ke GPIO (*General Purpose Input Output*). Perangkat ini dapat berfungsi sebagai alternatif pengganti Arduino dengan keunggulan tambahan berupa kemampuan terhubung langsung ke jaringan Wi-Fi (Ernawati *et al.* 2024). Dalam implementasinya pada farmshield, ESP32 diintegrasikan dengan *machine learning* untuk memproses citra yang ditangkap oleh ESP32 Cam, sehingga sistem mampu mendeteksi keberadaan hama kutu putih secara otomatis. Selain itu, ESP32 juga berperan sebagai sistem kendali yang menggerakkan robot sekaligus mengatur penyemprotan pestisida secara otomatis ketika hama terdeteksi.

ESP32-CAM merupakan sebuah platform yang telah dilengkapi dengan modul kamera dan konektivitas Wi-Fi, sehingga mampu digunakan untuk melakukan pemantauan secara *real-time*. Agar dapat dikonfigurasi dan diprogram, perangkat ini membutuhkan modul tambahan berupa FTDI USB to TTL yang dihubungkan dengan kamera serta komputer atau laptop (Setiawan *et al.* 2022). Dalam penerapan pada farmshield, ESP32 dipadukan dengan ESP32-CAM untuk mendukung pemrosesan citra berbasis *machine learning*. Citra yang ditangkap oleh kamera kemudian dianalisis untuk mendeteksi keberadaan hama kutu putih secara otomatis. Selain itu, ESP32 juga berperan sebagai pusat kendali yang mengatur pergerakan robot serta mengaktifkan

sistem penyemprotan pestisida ketika hama berhasil terdeteksi.

Dataset *Machine Learning* yang digunakan terdiri dari citra daun singkong yang terinfestasi kutu putih yang diperoleh dari kebun percobaan di *National Crop Resources Research Institute* (NaCRRI), Namulonge, Uganda. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan kamera *smartphone Tecno Spark 3* beresolusi 13 megapiksel, menghasilkan total 7.500 gambar dengan dimensi 4000×1920 piksel. Setiap gambar diambil dengan cara membalik daun singkong untuk menampilkan bagian bawah daun, yaitu area tempat kutu putih biasanya berada. Selanjutnya, gambar-gambar tersebut dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu infestasi rendah–sedang dengan jumlah kutu putih kurang dari 50 ekor, dan infestasi sedang–tinggi dengan jumlah kutu putih lebih dari 50 ekor. Untuk kebutuhan pelabelan, sebanyak 2.000 gambar dipilih secara acak dan dianotasi menggunakan perangkat lunak LabelImg dengan format PASCAL VOC, di mana setiap kutu putih diberi kotak pembatas (*bounding box*) sebagai data latih. Dataset inilah yang kemudian digunakan untuk membangun serta melatih model deteksi otomatis berbasis *Haar Cascade Classifier* dan *Faster-RCNN* dengan arsitektur *ResNet101*, sehingga sistem mampu mengenali, melokalisasi, sekaligus menghitung jumlah kutu putih pada daun singkong secara akurat. (Tusubira *et al.* 2020).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan selama proyek adalah sebagai berikut:

1) ESP 32



Gambar 1 ESP32

Merupakan pusat pengendali sistem karena dilengkapi prosesor yang kuat dan koneksi *Wi-Fi* bawaan. ESP32 bertugas menjalankan program utama, mengoordinasikan modul-modul yang terhubung, serta menangani komunikasi data robot.(Arrahma dan Mukhaiyar 2023).

2) ESP32-CAM



Gambar 2 ESP32-CAM

ESP32-CAM merupakan versi ESP32 dengan tambahan kamera, dimanfaatkan untuk pengolahan gambar secara langsung. Modul ini mengambil citra tanaman di lapangan dan mengirimkannya ke model *Machine Learning* (ML) untuk proses identifikasi hama atau analisis kondisi tanaman.(Salsabila Alnitri dan Riki Mukhaiyar 2023).

3) Motor Driver L298N



Gambar 3 Motor Driver L298N

Modul driver motor berjenis *H-bridge*, berfungsi mengubah sinyal logika keluaran ESP32 menjadi arus listrik lebih besar agar dapat menggerakkan motor. L298N mampu mengontrol dua motor DC secara terpisah, memungkinkan gerakan maju, mundur, maupun berbelok.(Azhari *et al.* 2023).

4) Motor DC Roda



Gambar 4 Motor DC Roda

Berperan sebagai penggerak utama robot. Dua motor DC yang dipasang pada sisi kiri dan kanan roda dihubungkan ke L298N, sehingga robot dapat bermanuver sesuai kebutuhan di area lahan.(Azhari *et al.* 2023).

5) Nozzle



Gambar 5 Nozzle

Nozzle merupakan komponen utama yang berfungsi untuk menyembrotkan cairan pestisida ke bagian tanaman yang terdeteksi terserang hama. Arah semprotan dikendalikan oleh servo motor agar penyemprotan lebih presisi dan efisien,

6) Baterai Li-Po



Gambar 6 Baterai Li-Po

Digunakan sebagai sumber energi sistem. Baterai *Lithium-Polymer* dengan tegangan (misalnya 12V) dipilih karena memiliki kapasitas cukup besar, ringan, serta mampu menyuplai daya tinggi, sehingga mendukung pergerakan robot dan kebutuhan seluruh modul. (Khalif Zusrifal *et al.* 2023).

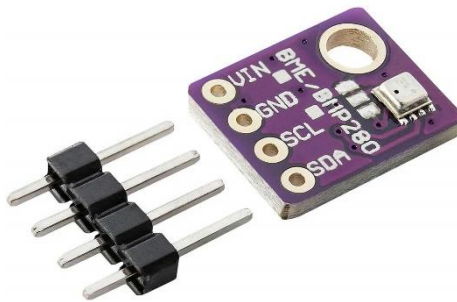
7) Raspberry Pi



Gambar 7 Raspberry Pi

Raspberry Pi berfungsi sebagai pusat pemrosesan data tingkat lanjut dan pengelolaan komunikasi antar modul. Selain itu, Raspberry Pi menjalankan algoritma pengendalian sistem serta berperan sebagai *server* lokal untuk mengirimkan data ke *web dashboard*.

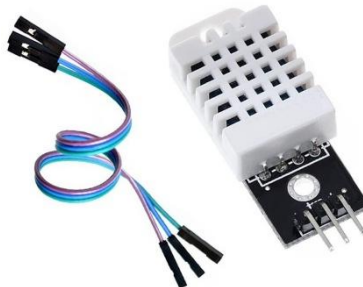
8) Sensor BME280



Gambar 8 BME 280

Sensor lingkungan ini digunakan untuk membaca tekanan udara, suhu, dan kelembapan. Data dari BME280 membantu menentukan apakah kondisi penyemprotan aman dilakukan atau tidak.

9) Sensor DHT22



Gambar 9 DHT22

Sensor suhu dan kelembapan tambahan untuk memantau kondisi mikro lingkungan sekitar tanaman. Data DHT22 digunakan untuk validasi silang dengan hasil dari BME280.

10) *Wind Sensor*



Gambar 10 Wind Sensor

Wind Sensor Digunakan untuk memantau kecepatan angin. Jika angin terlalu kencang, penyemprotan ditunda untuk menghindari penyebaran pestisida ke area yang tidak dituju.

3.1.2 Perangkat Lunak (Software)

Perangkat Lunak (*Software*) yang akan digunakan dalam pengembangan, pemrograman, dan pengujian aplikasi adalah sebagai berikut:

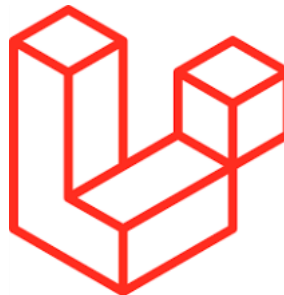
1) Arduino IDE



Gambar 11 Arduino IDE

Pengembangan ide (IDE) untuk memprogram modul ESP32 dengan bahasa C/C++. Berfungsi untuk menulis kode kontrol robot dan komunikasi. (Salas 2025).

2) Laravel



Gambar 12 Laravel

Framework PHP untuk monitoring jarak jauh atau *logging* hasil deteksi melalui *web server*.(Prasena dan Sama 2020).

3) *Python*



Gambar 13 Python

Bahasa pemrograman utama untuk pengolahan data citra dan pengembangan model *machine learning*. (Robertus 2021).

4) *Jupyter Notebook*



Gambar 14 Jupyter Notebook

Antarmuka interaktif untuk pengembangan dan dokumentasi kode *python*. Digunakan dalam eksperimen model ML, analisis dataset, dan visualisasi hasil deteksi. (Tang 2025).

5) *Anaconda*



Gambar 15 Anaconda

Manajer lingkungan Python yang memudahkan instalasi paket data science dan manajemen lingkungan virtual. Anaconda memastikan semua pustaka ML dan data science tersedia dengan benar untuk Jupyter (Robertus 2021).

3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

3.2.1 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah yang dilakukan dalam proyek akhir dengan tujuan utamanya untuk mendapatkan data sesuai yang diinginkan. Pada proyek ini, teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu:

- Data Sekunder, teknik ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari sumber tertulis seperti jurnal, buku, artikel ilmiah, atau laporan teknis perusahaan. Data ini digunakan sebagai dasar teori serta referensi dalam mendukung analisis dan

penyelesaian masalah pada proyek akhir.

- Survei atau Kuesioner, teknik ini dilakukan dengan cara menyebarkan pertanyaan tertulis kepada pengguna atau responden yang terlibat langsung. Hasil survei ini digunakan untuk memperoleh pendapat, pengalaman, maupun masukan yang dapat membantu dalam mengevaluasi dan menyempurnakan sistem yang dikembangkan.

3.2.2 Analisis Data

Hasil survei dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif untuk memahami kebutuhan pengguna. Data citra daun yang terkena hama yang dikumpulkan, selanjutnya dianalisis menggunakan teknik *machine learning*. Pada tahap ini, model deteksi objek dilatih dengan algoritma seperti *Haar Cascade* dan *Faster R-CNN (ResNet101)* seperti pada penelitian yang dilakukan Tusubira et al. untuk mendeteksi dan menghitung kutu putih (Tusubira et al. 2020). Hasil pelatihan diuji akurasi dengan metrik validasi (misalnya akurasi, *precision*, *recall*) untuk memastikan model siap mendukung sistem deteksi *real-time*.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Kriteria dan Target Teknis

Hasil survei dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif guna memahami kebutuhan pengguna dan memvalidasi asumsi desain. Data citra daun yang dikumpulkan (termasuk dataset Tusubira et al.) selanjutnya dianalisis menggunakan teknik *machine learning*. Pada tahap ini, model deteksi objek dilatih dengan algoritma seperti *Haar Cascade* dan *Faster R-CNN (ResNet101)* sebagaimana dilakukan pada penelitian Tusubira et al. (2020) untuk mendeteksi dan menghitung kutu putih. Hasil pelatihan diuji akurasi dengan metrik validasi (misalnya akurasi, *precision*, *recall*) untuk memastikan model siap mendukung sistem deteksi *real-time*.

3.3.2 Konsep Rancangan dari Sistem

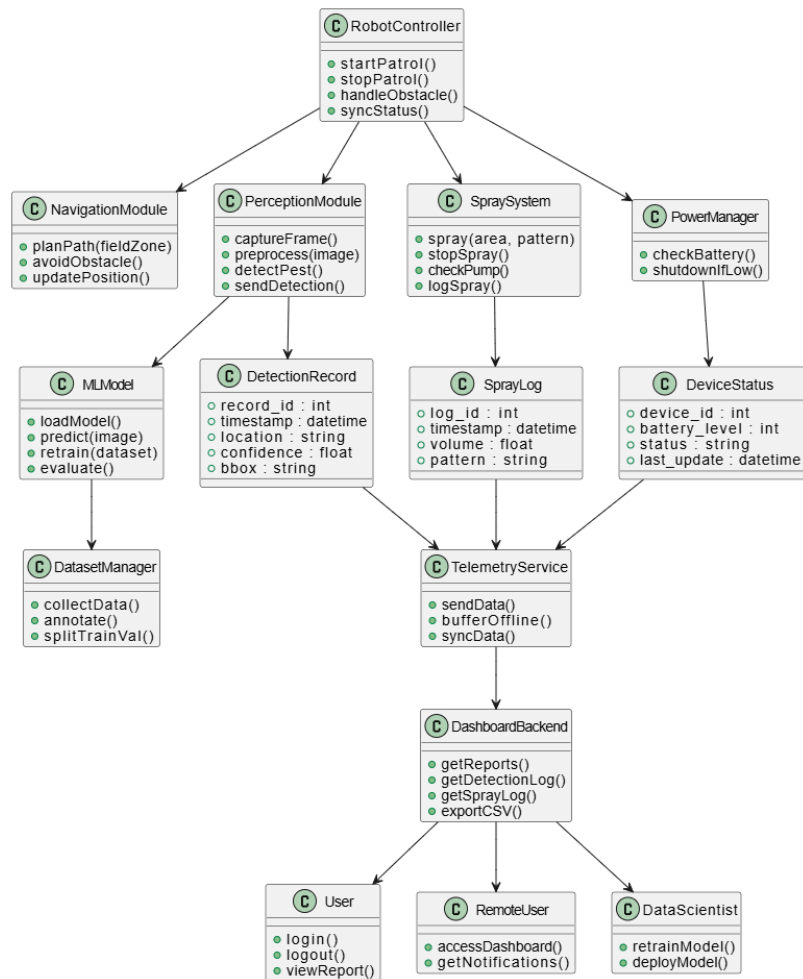
Desain sistem yang digambarkan dengan beberapa diagram dan tabel pendukung. Diagram blok sistem menunjukkan alur kendali: modul ESP32-CAM menangkap citra tanaman, ESP32 memproses model ML untuk deteksi hama, kemudian mengirimkan sinyal ke aktuator (motor roda) jika hama terdeteksi. Skema rangkaian elektronik diilustrasikan untuk koneksi antara ESP32, driver motor L298N, sensor level cairan, pompa, dan baterai. Tabel Pin dibuat untuk mendokumentasikan fungsi tiap pin GPIO (misalnya pin untuk kamera, motor sisi kiri & kanan, pompa, sensor). Terakhir, *Flowchart* disusun untuk logika program: mulai dari inisialisasi sensor dan kamera, loop tangkap citra, deteksi hama, hingga aksi semprot dan navigasi robot. Rangkaian perancangan ini menjadi panduan selama implementasi.

3.3.2.1 Use Case Diagram

Use Case diagram pada gambar 16 memvisualisasikan hak akses fungsional yang dimiliki oleh aktor-aktor terhadap sistem yang akan dirancang atau dibangun. Aktor dalam diagram ini adalah *Data Scientist*, Petani / Operator, dan *Remote User*.

3.3.2.2 Class Diagram

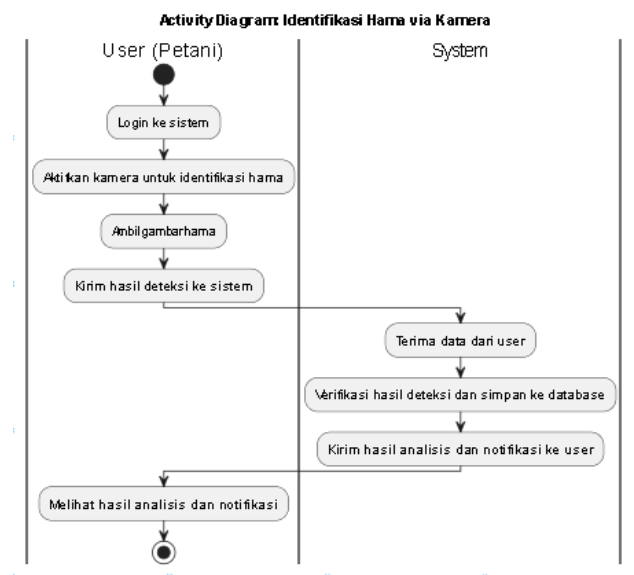
Class diagram pada gambar 17 menggambarkan struktur sistem robot penyemprot otomatis yang terdiri dari berbagai kelas, atribut, dan metode. Kelas utama adalah *RobotController* yang berfungsi mengendalikan modul navigasi, persepsi, penyemprotan, dan manajemen daya. Diagram ini juga menampilkan kelas pendukung seperti *MLModel*, *DatasetManager*, dan *TelemetryService* yang membantu pengolahan data serta integrasi dengan sistem. Aktor yang berinteraksi adalah *User* (Petani/Operator), *Remote User*, dan *Data Scientist* dengan hak akses serta fungsi masing-masing.



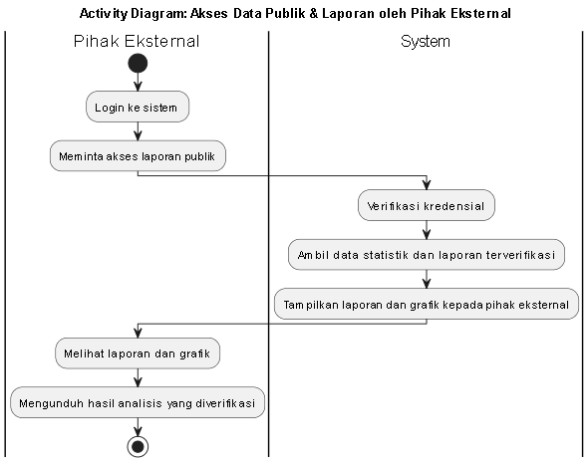
Gambar 17 Class Diagram

3.3.2.3 Activity Diagram

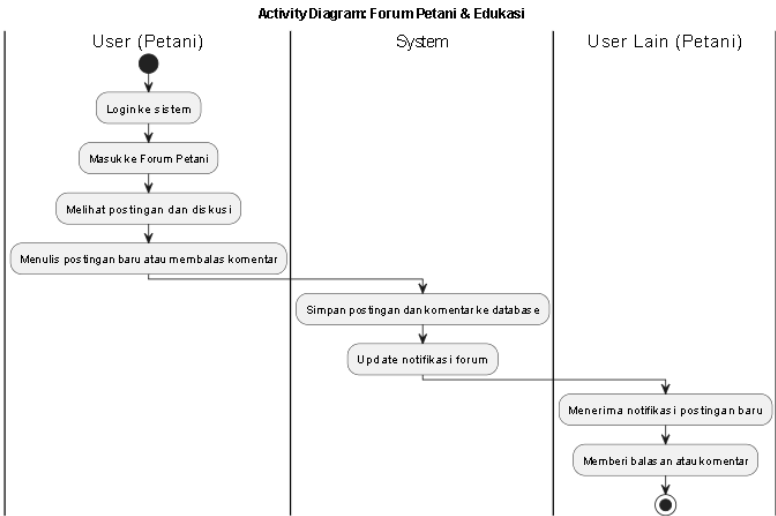
Activity diagram pada gambar 18 menggambarkan alur kerja robot penyemprot otomatis mulai dari pengecekan baterai, patroli, deteksi hama, hingga penyemprotan jika diperlukan. Data hasil deteksi dan penyemprotan kemudian dicatat dan dikirim ke *dashboard*. Laporan akhir dapat diakses oleh operator maupun pengguna jarak jauh.



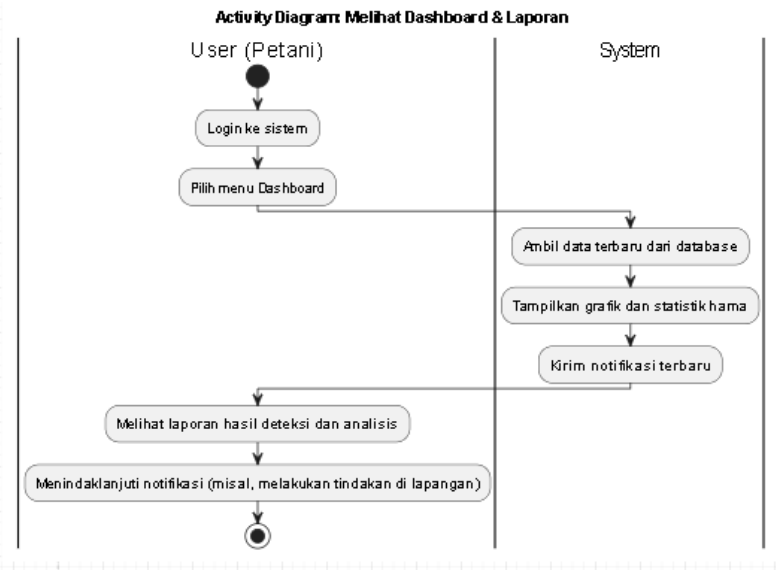
Gambar 18 Activity Diagram Identifikasi Hama Via Kamera



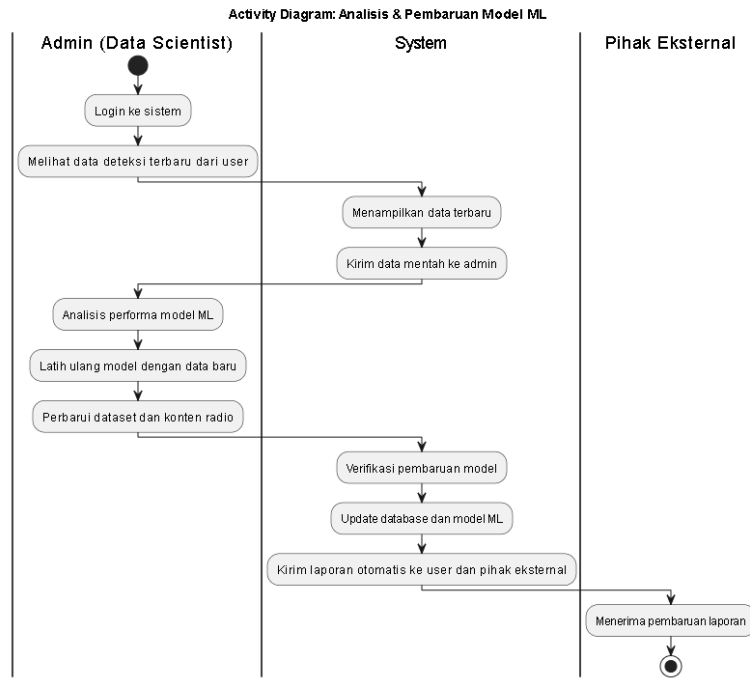
Gambar 19 Activity Diagram Identifikasi Hama Via Kamera



Gambar 20 Activity Diagram Forum Petani dan Edukasi



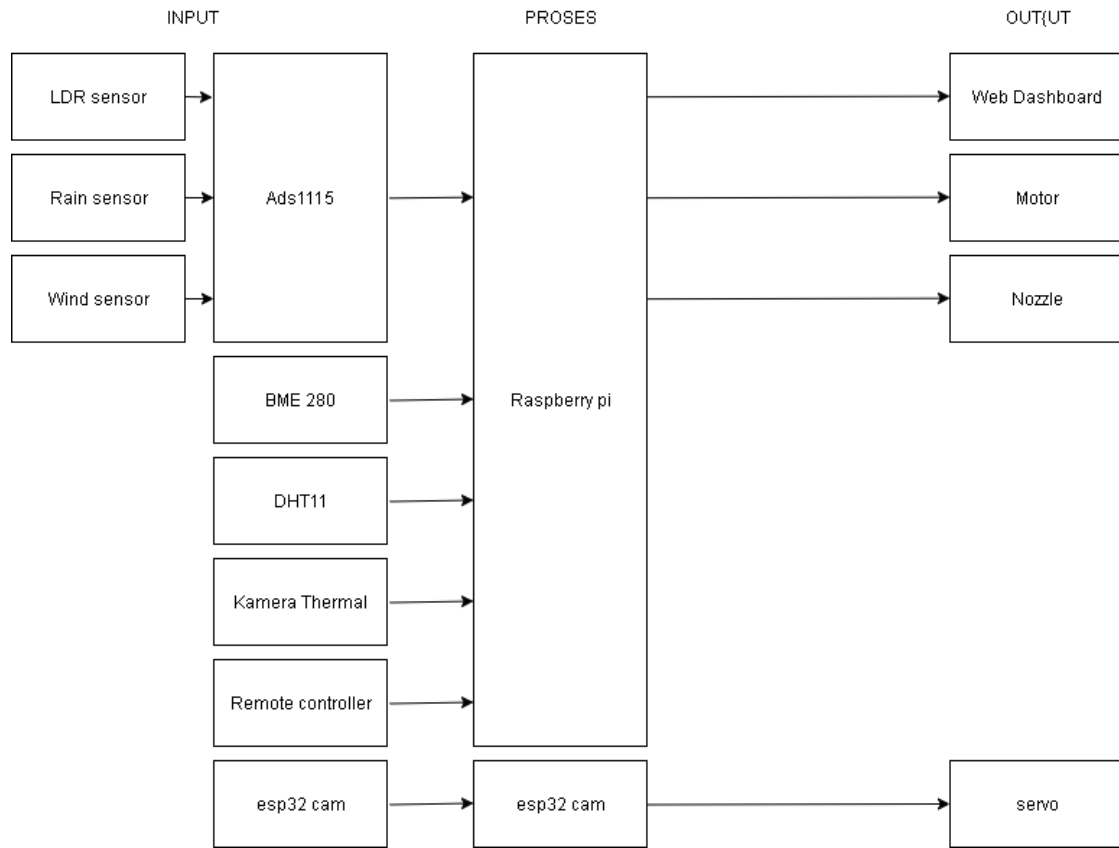
Gambar 21 Activity Diagram Melihat Dashboard dan Laporan



Gambar 22 Activity Diagram Analisis dan Pembaruan Model ML

3.3.2.4 Blok diagram

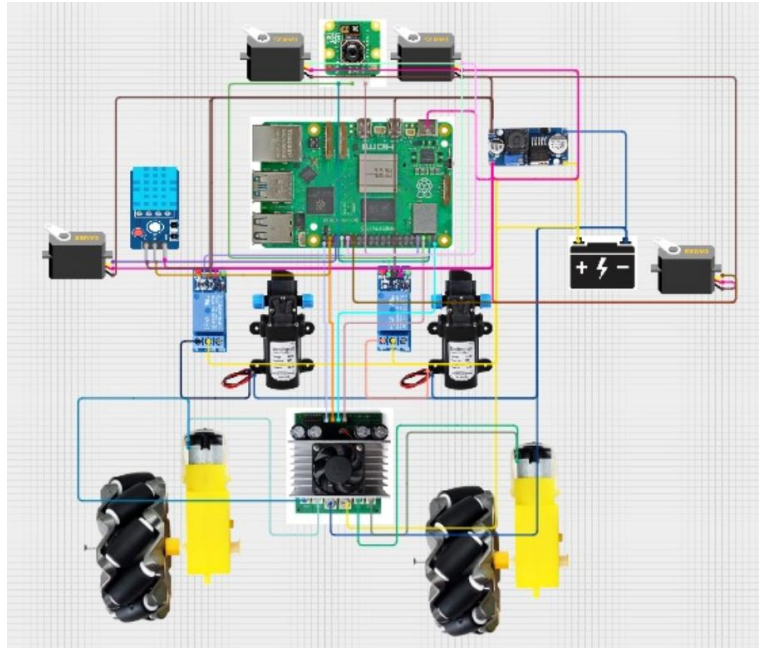
Blok diagram pada Gambar 19 menunjukkan rancangan sistem FarmShield, yaitu sistem pemantauan dan penyemprotan otomatis berbasis Raspberry Pi. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor (LDR, hujan, angin, suhu, kelembapan, dan tekanan udara), kamera digital dan termal, serta modul ADC untuk membaca data analog. Data dari sensor dan kamera diproses oleh Raspberry Pi untuk menentukan kondisi tanaman dan lingkungan. Hasil pengolahan digunakan untuk mengendalikan aktuator seperti motor, *nozzle*, dan servo, sementara data pemantauan ditampilkan melalui *web dashboard* untuk kontrol dan analisis jarak jauh.



Gambar 23 Blok Diagram

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Skema Rangkaian

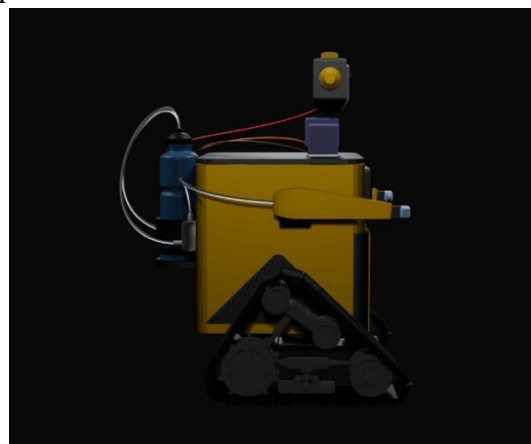
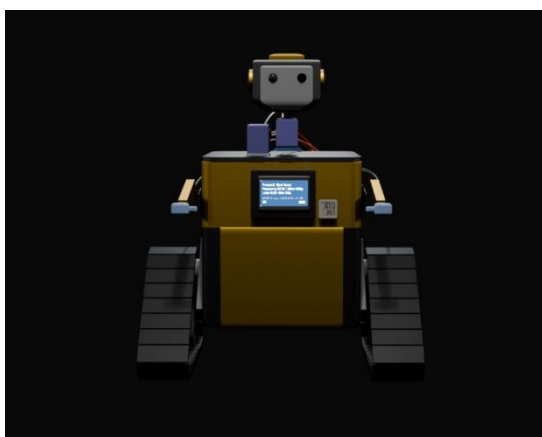


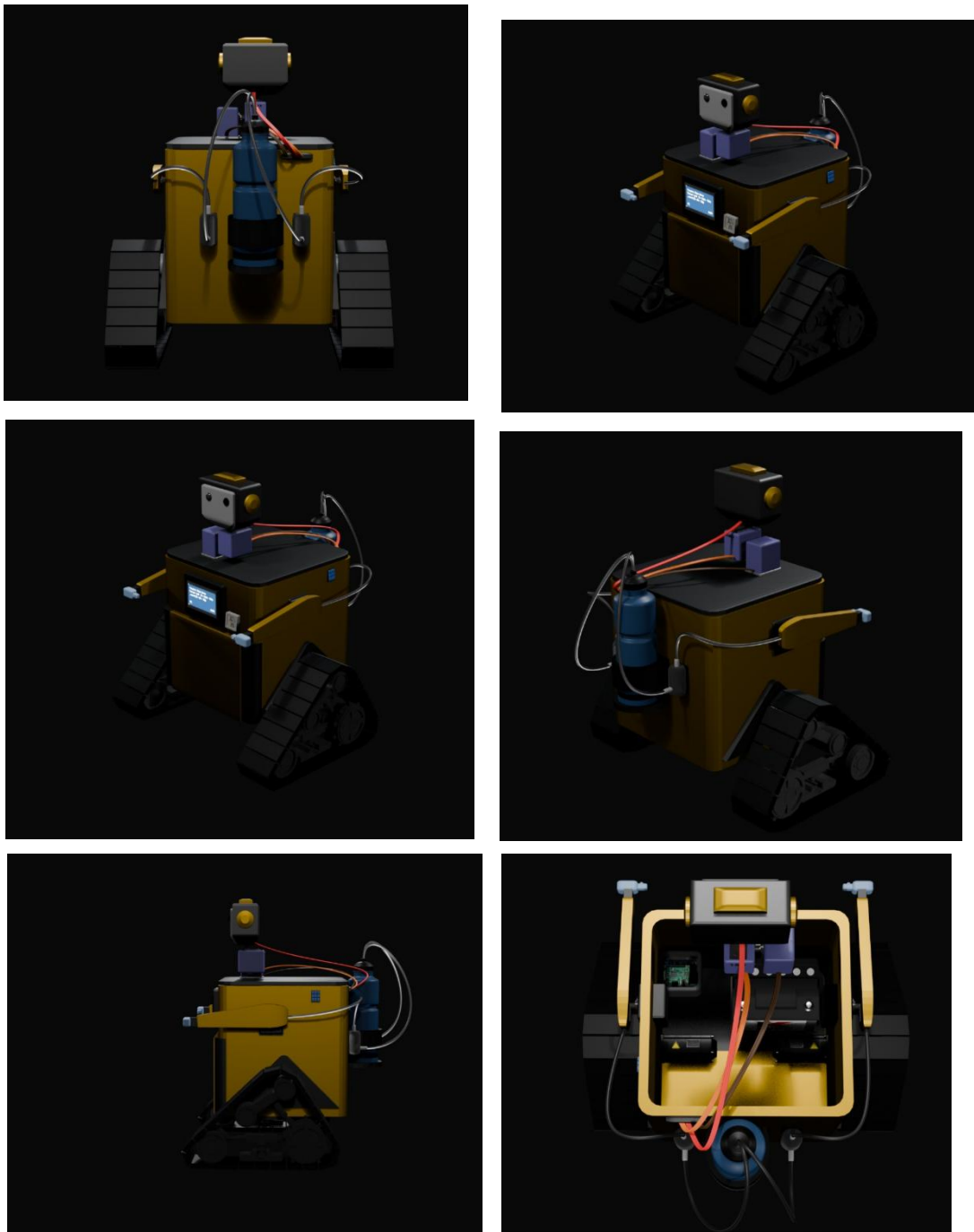
Gambar 24 Skema Rangkaian

Skema rangkaian pada Gambar 24 memperlihatkan susunan koneksi komponen sistem FarmShield. Rangkaian ini mengintegrasikan berbagai sensor lingkungan (LDR, hujan, angin, suhu, kelembapan, dan tekanan), kamera, serta modul kontrol ke Raspberry Pi sebagai pusat pemrosesan data. Raspberry Pi terhubung dengan modul driver motor untuk menggerakkan roda robot, serta modul ESP32-CAM untuk pengambilan citra tanaman. Selain itu, terdapat koneksi ke servo dan pompa penyemprot yang dikendalikan secara otomatis. Semua komponen bekerja secara terintegrasi untuk melakukan pemantauan kondisi tanaman sekaligus menjalankan penyemprotan cerdas berdasarkan hasil analisis sensor dan kamera.

4.2 Gambar Design 3D

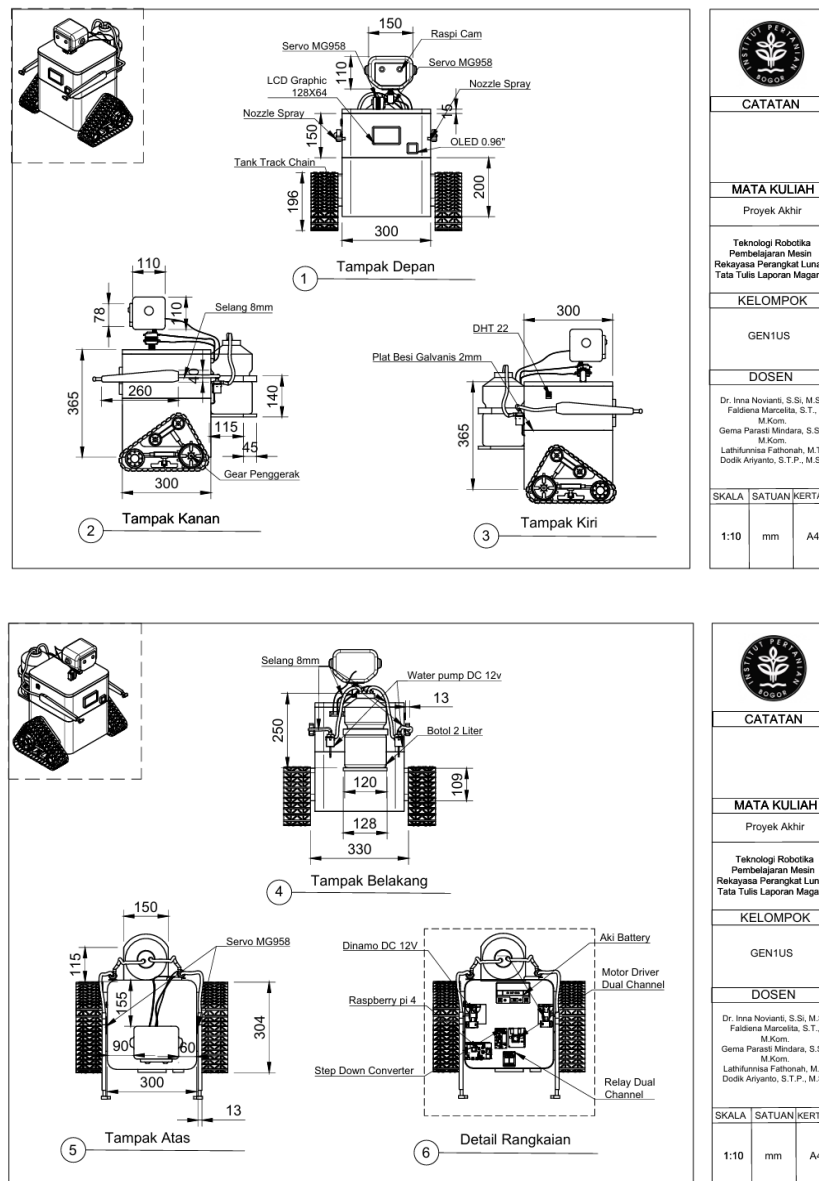
Gambar 25 di bawah ini merupakan desain 3D dari robot Farmshield. Desain ini menampilkan bentuk visual robot secara keseluruhan, mulai dari struktur badan, sistem roda rantai, posisi kamera, hingga tampilan layar depan. Model 3D ini dibuat untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai tampilan robot sebelum masuk ke tahap perakitan fisik.





Gambar 25 Design 3D Farmshield

4.3 Gambar Teknik Robot



Gambar 26 Gambar Teknik Farmshield

Skema rangkaian pada Gambar 20 menunjukkan gambar teknik desain lengkap robot penyemprot yang digunakan di area pertanian. Dari tampak depan terlihat bahwa robot memakai sistem roda rantai (tank track) agar bisa bergerak stabil di tanah. Bagian atas robot dilengkapi kamera Raspberry Pi yang dipasang pada servo, sehingga kamera bisa bergerak untuk memantau kondisi sekitar. Di bagian depan juga ada layar OLED dan LCD sebagai tampilan informasi, serta nozzle yang digunakan untuk menyemprot cairan.

Dilihat dari samping, terlihat selang 8 mm yang mengalirkan cairan dari tangki menuju nozzle. Rangka robot dibuat dari plat besi galvanis 2 mm, dan sistem penggeraknya menggunakan motor yang terhubung ke gear dan track. Sensor DHT22 ditempatkan di sisi robot untuk mengukur suhu dan kelembapan lingkungan.

Pada tampak belakang terlihat tangki cairan berbentuk botol 2 liter dan pompa air 12V yang memompa cairan menuju selang penyemprot. Tampak atas memperlihatkan posisi kamera dan servo

lebih jelas, serta ukuran bodi utama robot.

Bagian detail rangkaian menunjukkan penempatan komponen elektronik seperti aki sebagai sumber daya, motor driver untuk mengatur gerakan motor, relay untuk mengontrol pompa, step down converter untuk menurunkan tegangan, dan Raspberry Pi 4 sebagai otak utama robot.

4.4 Video Animasi 3D

Adapun video animasi 3D robot Farmshield yang dapat di akses pada link berikut:

[Video Animasi 3D Farmshield - Google Drive](#)

4.5 Pembahasan

Robot FarmShield dirancang untuk membantu petani mendeteksi hama kutu putih dan menyemprot pestisida secara otomatis. Sistem ini bekerja dengan menggabungkan kamera, sensor, dan pengendali utama Raspberry Pi. Kamera ESP32-CAM mengambil gambar daun, kemudian model machine learning menganalisisnya untuk melihat apakah ada kutu putih. Jika terdeteksi, robot langsung menyemprot pestisida tepat pada bagian yang terkena.

Raspberry Pi juga membaca data dari berbagai sensor seperti suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan hujan. Tujuannya agar penyemprotan hanya dilakukan saat kondisi aman dan pestisida tidak menyebar ke area lain. Untuk bergerak di lahan, robot menggunakan motor DC yang dikendalikan driver L298N, dengan roda rantai supaya tetap stabil di permukaan tanah.

Desain 3D dan gambar teknik membantu memastikan posisi kamera, servo, sensor, serta nozzle tertata dengan baik sehingga proses deteksi dan penyemprotan berjalan lancar. Secara keseluruhan, FarmShield membuat pekerjaan petani lebih mudah: deteksi hama lebih cepat, penyemprotan lebih tepat sasaran, dan penggunaan pestisida jadi lebih efisien serta aman.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Projek FarmShield telah menghasilkan sebuah robot penyemprot pestisida otomatis yang mampu mendeteksi hama kutu putih secara real-time melalui pemanfaatan kamera dan metode machine learning. Sistem ini mampu melakukan penyemprotan secara presisi pada bagian tanaman yang teridentifikasi terinfeksi, sehingga penggunaan pestisida menjadi lebih efisien dan terkontrol.

Selain itu, integrasi berbagai sensor lingkungan membantu memastikan proses penyemprotan dilakukan pada kondisi yang aman. Sistem penggerak dengan roda rantai juga mendukung pergerakan robot di lahan pertanian yang bervariasi. Secara keseluruhan, FarmShield memberikan solusi yang lebih aman, efisien, dan efektif dalam membantu petani mengurangi paparan pestisida serta meningkatkan kualitas pengendalian hama.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan akurasi deteksi. Model machine learning perlu dikembangkan dengan menambahkan variasi dataset agar kemampuan deteksi hama menjadi lebih akurat pada berbagai kondisi lapangan.
2. Perbaikan struktur dan ketahanan robot. Penguatan material rangka serta perlindungan komponen elektronik diperlukan agar robot mampu beroperasi dengan lebih stabil dan tahan terhadap cuaca maupun kondisi lahan yang tidak rata.
3. Pengembangan sistem navigasi. Sistem navigasi dapat ditingkatkan dengan penambahan sensor atau algoritma navigasi agar robot dapat bergerak lebih mandiri dan efisien saat melakukan patroli di area pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrahma SA, Mukhaiyar R. 2023. Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*. 4(1):60–66. doi:10.24036/jtein.v4i1.347.
- Azhari, Nasution TI, Azis PFA. 2023. MPU-6050 Wheeled Robot Controlled Hand Gesture Using L298N Driver Based on Arduino. Di dalam: *Journal of Physics: Conference Series*. Volume ke-2421. Institute of Physics.
- Ernawati E, Kelana S, Aristian, Amalia, Latifah E, Hayya A.K H, Faulina B.L N, Anita C, Gunawan G. 2024. Inovasi Pertanian: Scarecrow Pintar Berbasis Esp32 Untuk Mengusir Hama Secara Otomatis Di Desa Tegal Waru Kecamatan Ciampea. *Sahid Mengabdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat Institut Agama Islam Sahid Bogor*. 3(02):57–66. doi:10.56406/jsm.v3i02.616.
- Fachri Z, Studi Mekatronika P, Aceh P, Politeknik Aceh J, Raya P, Aceh B. 2019. Rancang Bangun Robot Penyemprot Pestisida (Robot Sida) Pada Tanaman Hortikultura Design Of Robot Pesticides (Robot Sida) In Horticulture Plants. *Jurnal J-Innovation*. 8(1).
- Hadi Hariyanto, N. Nurchayati, Agus Sufajari, Tristi Indah Dwi Kurnia. 2020. Identifikasi Keanekaragaman Hama Kutu Putih (Mealybug) Pada Tanaman Singkong Di Kecamatan Wongsorejo Dan Kalipuro. *Biosense*. 3(1):1–15.
- Khalif Zusrifal, Dr.Adhi Kusmantoro, Imadudin harjanto. 2023. Studi Analisa Penggunaan Baterai Li-ion Dan Li-po Pada System Iot Hidroponik.
- Moreno Salas J. 2025. Practica de Semáforo con IDE Arduino. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No 4*. 13(25):50–52. doi:10.29057/prepa4.v13i25.14045.
- Nengah Riki, Tata Sutabri. 2024. Perancangan Aplikasi Pendeteksi Hama Tanaman Padi Berbasis Android. *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*. 2(4):215–222. doi:10.61132/uranus.v2i4.510.
- Prakoso T, Alpendari H, Yuliani F, Anwar K. 2024. Edukasi Pengendalian Kutu Putih Pada Tanaman Alpukat di Desa Ternadi Kabupaten Kudus. Volume ke-5. <https://madaniya.biz.id/journals/contents/article/view/794>.
- Putri Mayang Sari, Novriyenni Novriyenni, Milli Alfhi Syari. 2024. Rancang Bangun Alat Pendeteksi dan Pengusir Hama Tanaman Kangkung menggunakan Sensor Pir dan Cairan Peptisida Berbasis Internet Of Things (IOT). *Repeater : Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan*. 2(4):221–230. doi:10.62951/repeater.v2i4.248.
- Rio Renaldo Prasena, Hendi Sama. 2020. Studi Komparasi Pengembangan Website Dengan Framework Codeigniter Dan Laravel.
- Robertus. 2021. Penerapan Jupyter Notebook Pada Anaconda Navigator Untuk.
- Sabinus W, Lena B, Puu YMSW. 2018. Keragaman Jenis Hama Kutu Putih Pada Tanaman Singkong Di Kota Ende. *Agrica*. 11(1):51–59.
- Salsabila Alnitri, Riki Mukhaiyar. 2023. Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler.
- Setiawan D, Jaya H, Nurarif S, Syahputra T, Syahril Syafnur M, Triguna Dharma S. 2022. Implementasi Esp32-cam Dan Blynk Pada Wifi Door Lock System Menggunakan Teknik Duplex. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>.
- Simarmata P, Tobing MC, Siregar AZ. 2021. Beberapa Aspek Biologi Kutu Putih (Paracoccus Marginatus) (Hemiptera: Pseudococcidae) Pada Terung Di Rumah Kaca. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(3):377. doi:10.23960/jat.v9i3.4678.
- Toscano F, Fiorentino C, Santana LS, Magalhães RR, Albiero D, Tomáš Ř, Klocová M, D'Antonio P. 2025. Recent Developments and Future Prospects in the Integration of Machine Learning in Mechanised Systems for Autonomous Spraying: A Brief Review. *AgriEngineering*. 7(5). doi:10.3390/agriengineering7050142.
- Tusubira JF, Nsumba S, Ninsiima F, Akera B, Acellam G, Nakatumba J, Mwebaze E, Quinn J,

- Research G, Oyana T.2020. Improving In-field Cassava Whitefly Pest Surveillance with Machine Learning. <https://github.com/tzutalin/labelImg>.
- Widiyanti I, Fauzi Ikhsan A, Arif Wiharso T. 2023. Rancang Bangun Robot Penyemprot Pesticida dengan Sistem Wall-Follower pada Tanaman Cabai. *Jurnal FUSE – Teknik Elektro*. 3(2).
- Yutian Tang. 2025 Mei 16. Jupyter Platform.

