

**PENGEMBANGAN SISTEM PENYEMPROTAN PADI
OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)
MENGUNAKAN METODE *RESEARCH AND
DEVELOPMENT* (R&D)**

SKRIPSI

**OLEH
WAHYU TRIONO
NIM 22157201048**



**UNIVERSITAS PGRI WIRANEGARA (UNIWARA) PASURUAN
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN SAINS PROGRAM
STUDI ILMU KOMPUTER
2026**



**PENGEMBANGAN SISTEM PENYEMPROTAN PADI
OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)
MENGUNAKAN METODE *RESEARCH AND
DEVELOPMENT* (R&D)**

SKRIPSI

Diajukan kepada
Universitas PGRI Wiranegara (Uniwara) Pasuruan
untuk memenuhi salah satu persyaratan
dalam menyelesaikan program Sarjana

**Oleh
Wahyu Triono
NIM 22157201048**

UNIVERSITAS PGRI WIRANEGARA (UNIWARA) PASURUAN
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN SAINS
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
2026

MOTTO

“In every step there is a choice, in every choice there is a responsibility”

(“ Di setiap langkah ada pilihan, di setiap pilihan ada tanggung jawab”)

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi ini oleh **Wahyu Triono** ini telah di periksa dan disetujui untuk diuji.

Pasuruan, 20 Juli 2026
Pembimbing I

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'D' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Dimas Rega Hadiatullah, M.Kom
NIDN. 0706049302

Pasuruan, 20 Juli 2026
Pembimbing II

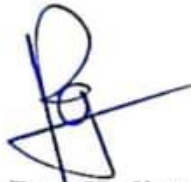
A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized 'P' followed by several loops and a small dot at the end.

Puji Utami Rakhmawati, M.Kom
NIDN. 0707118902

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi oleh **Wahyu Triono** telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal 20 Agustus 2026

Ketua,



(Dimas Rega Hadiatullah, M.Kom)
NIDN. 0706049302

Anggota,



(Puji Utami Rakhmawati, M.Kom)
NIDN. 0707118902

Utama,



(Lafnidita Farosanti, M.Kom)
NIDN. 0720079301

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi dan Sains



(Wahyu Triono, M.Kom)
NIDN. 0722117801

Ka. Prodi Ilmu Komputer



(Puji Utami Rakhmawati, M.Kom)
NIDN. 0707118902

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Wahyu Triono
NIM : 22157201048
Program Studi : Ilmu Komputer
Fakultas : Teknologi dan Sains
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Penyemprotan Padi Otomatis
Berbasis *Internet of things* (IoT) Menggunakan Metode
Research and development (R&D)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian maupun seluruhnya. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat di buktikan bahwa skripsi ini hasil plagiasi, baik sebagian atau seluruhnya maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pasuruan, 20 Agustus 2026



Wahyu Triono

NIM. 22157201048

ABSTRAK

Wahyu Triono, 2026. *Pengembangan Sistem Penyemprotan Padi Otomatis Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Metode Research and Development (R&D).* Skripsi tidak dipublikasikan. Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi dan Sains, Universitas PGRI Wiranegara (Uniwara) Pasuruan. Pembimbing: (I) Dimas Rega Hadiatullah, M.Kom, (II) Puji Utami Rakhmawati, M.Kom.

Kata Kunci : *Internet of Things (IoT), Sistem Penyemprotan Otomatis, ESP32, Research and Development (R&D)*

Perkembangan teknologi pada bidang pertanian mendorong penerapan sistem otomatis untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja petani. Proses penyemprotan padi yang masih dilakukan secara manual dinilai kurang optimal karena membutuhkan tenaga, waktu, dan pengawasan secara langsung. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* agar proses monitoring dan pengendalian penyemprotan dapat dilakukan secara lebih praktis dan modern. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT11, sensor DS18B20, sensor kelembaban tanah, relay, pompa air, LCD, dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring serta pengendalian jarak jauh berbasis smartphone.

Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* melalui tahapan identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi monitoring dan penyemprotan otomatis sesuai rancangan serta dapat dikendalikan secara *real-time* melalui jaringan internet. Berdasarkan hasil *Blackbox Testing*, seluruh fitur sistem berjalan dengan baik sesuai fungsinya, sedangkan hasil *usability testing* yang melibatkan 7 responden petani memperoleh persentase sebesar 85,31% dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat membantu proses penyemprotan padi menjadi lebih efektif dan efisien dalam mendukung penerapan *smart farming* pada bidang pertanian.

ABSTRACT

Wahyu Triono, 2026. *Pengembangan Sistem Penyemprotan Padi Otomatis Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Metode Research and Development (R&D).* Skripsi tidak dipublikasikan. Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi dan Sains, Universitas PGRI Wiranegara (Uniwara) Pasuruan. Pembimbing: (I) Dimas Rega Hadiatullah, M.Kom, (II) Puji Utami Rakhmawati, M.Kom.

Kata Kunci : *Internet of Things (IoT), Sistem Penyemprotan Otomatis, ESP32, Research and Development (R&D)*

Technological advancements in the field of agriculture are driving the adoption of automated systems to improve the effectiveness and efficiency of farmers' work. The rice spraying process, which is still carried out manually, is considered suboptimal because it requires labor, time, and direct supervision. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based automated rice spraying system so that the monitoring and control of the spraying process can be carried out in a more practical and modern way. The system was developed using an ESP32 microcontroller integrated with a DHT11 sensor; a DS18B20 sensor; a soil moisture sensor; a relay, a water pump, an LCD, and the Blynk app as a medium for smartphone-based remote monitoring and control.

The research method used was Research and Development (R&D) through the stages of problem identification, needs analysis, system design, implementation, testing, and product evaluation. The results of the study show that the system is capable of performing automatic monitoring and spraying functions as designed and can be controlled in real-time via the internet. Based on the results of Blackbox Testing, all system features functioned properly as intended, while the results of usability testing involving 7 farmer respondents yielded a score of 85.31%, categorized as "very good." These results indicate that the system can help make the rice spraying process more effective and efficient in supporting rice cultivation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Swt. Atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Sistem Penyemprotan Padi Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Metode *Research and Development* (R&D)” dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Swt. Yang senantiasa memberikan kesehatan, kelancaran, kekuatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Mochamad Taufiq, M.Pd. selaku Rektor Universitas PGRI Wiranegara Pasuruan.
3. Bapak Sapto Hadi Riono, M.Kom. selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Sains Universitas PGRI Wiranegara Pasuruan.
4. Ibu Puji Utami Rakhmawati, M.Kom. selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer sekaligus dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan arahan, masukan, motivasi, serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Dimas Rega Hadiatullah, M.Kom. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

6. Ibu Lafnidita Farosanti, M.Kom dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik dan saran guna menyempurnakan penelitian ini.
7. Seluruh dosen Program Studi Ilmu Komputer Universitas PGRI Wiranegara Pasuruan yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan wawasan selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan pengorbanan yang tiada henti kepada penulis.
9. Seluruh bapak dan ibu petani di Desa Sumberanyar yang telah bersedia menjadi narasumber serta membantu dalam proses pengujian alat pada penelitian ini.
10. Meike Melati Sukma yang telah membantu, mendukung, dan memberikan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
11. Teman-teman seperjuangan Program Studi Ilmu Komputer yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, dan semangat selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
12. Lagu-lagu dari Virgoun Last Child, Nadhif Basalamah, Idgaf, dan Sal Priadi yang telah menemani serta memberikan suasana semangat selama proses penulisan skripsi.

Pasuruan, 20 Agustus 2026



WAHYU TRIONO

DAFTAR ISI

MOTTO.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENULISAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian Pengembangan	4
1.3 Spesifikasi Produk.....	4
1.3.1 Komponen Utama Sistem	6
1.3.2 Fitur Utama Sistem	8
1.3.3 Keunggulan Produk	8
1.4 Signifikansi Penelitian Pengembangan	9
1.5 Asumsi dan Batasan Penelitian.....	10
1.6 Definisi Operasional.....	12
BAB II.....	16
2.1 Kajian Teori	16
2.1.1 <i>Flowchart</i>	17
2.1.2 <i>Usecase</i>	17
2.1.3 Pertanian Modern.....	19
2.1.4 <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam Pertanian	20
2.1.5 Sistem Penyemprotan Otomatis.....	22
2.1.6 Model Pengembangan <i>Research and Development</i> (R&D)	23

2.1.7 <i>Blackbox Testing</i>	26
2.1.8 <i>Usability Testing</i>	27
2.1.9 Platform Aplikasi Mobile untuk Sistem IoT Pertanian.....	28
2.1.10 Bord ESP32 DevKit.....	29
2.1.11 LCD Display 16x2	30
2.1.12 I2C LCD Module	31
2.1.13 Relay Module 1 Chanel 10A	32
2.1.14 Sensor DS18B20.....	33
2.1.15 Sensor DHT11	34
2.1.16 Capacitive <i>Soil Moisture</i> Sensor.....	35
2.1.17 Pompa DC Mini 5Volt	36
2.2 Penelitian Terdahulu	36
2.3 Analisis Perbandingan Penelitian Terdahulu	39
2.4 Posisi Penelitian (<i>Research Gap</i>)	40
BAB III	42
3.1 Model Penelitian Pengembangan	42
3.1.1 Identifikasi Masalah.....	43
3.1.2 Studi Literatur	44
3.1.3 Pengumpulan Data	45
3.1.4 Teknik Pengumpulan Data	46
3.1.5 Jenis Data.....	49
3.1.6 Instrumen Pengumpulan Data.....	50
3.2 Model Penelitian Pengembangan <i>Research and Development</i> (R&D)	51
3.2.1 analisis kebutuhan.....	53
3.2.2 Perancangan dan Implementasi	57
3.2.3 Desain	57
3.2.4 implementasi.....	64
3.3 Pengujian Sistem	66
3.3.1 <i>Blackbox Testing</i>	67
3.4 Evaluasi	69
3.4.1 <i>Usability Testing</i>	70
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian	73

BAB IV	74
4.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan	74
4.1.1 Hasil Pengumpulan Data	75
4.1.2 Hasil Desain Produk	77
4.1.3 Hasil Uji Coba Produk	84
4.1.4 Hasil Produk Akhir	86
4.2 Hasil Pengujian Sistem	87
4.2.1 Hasil Pengujian Sistem menggunakan <i>Blackbox Testing</i>	88
4.2.2 Hasil Pengujian Sistem menggunakan <i>Usability Testing</i>	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	99

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal.
Tabel 2. 1 Jurnal yang Relevan	38
Tabel 3. 2 Lembar Observasi Lahan Pertanian	47
Tabel 3. 3 Angket Analisis Kebutuhan Wawancara Petani	48
Tabel 3. 4 Instrumen Pengumpulan Data	51
Tabel 3. 5 Pengujian <i>Blackbox Testing</i>	68
Tabel 3. 6 Kuesioner <i>Usability Testing</i>	71
Tabel 3. 7 Skor Penilaian Skala Likert.....	72
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian oleh petani.....	90
Tabel 4. 9 Hasil Uji responsif alat dengan <i>Blynk</i>	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal.
Gambar 2. 1 Simbol <i>Flowchart</i>	17
Gambar 2. 2 Simbol <i>Usecase</i>	18
Gambar 2. 3 Ilustrasi Pertanian modern	19
Gambar 2. 4 Skematik Penyiraman Tanaman	20
Gambar 2. 5 Penyiraman cerdas.....	22
Gambar 2. 6 Metode R&D	24
Gambar 2. 7 Logo <i>BlynkIoT</i>	28
Gambar 2. 8 Bord ESP32	29
Gambar 2. 9 LCD Display 16x2	30
Gambar 2. 10 I2C LCD Module	31
Gambar 2. 11 Relay Module 1 Chanel.....	32
Gambar 2. 12 Sensor DS18B20	33
Gambar 2. 13 Sensor DHT11	34
Gambar 2. 14 Sensor <i>Soil Moisture</i>	35
Gambar 2. 15 Pompa DC Mini 15V	36
Gambar 3. 16 Alur penelitian	43
Gambar 3. 17 Metode RandD	52
Gambar 3. 18 <i>Usecase</i> Aplikasi	58
Gambar 3. 19 <i>Flowchart</i> penggunaan aplikasi	59
Gambar 3. 20 <i>Flowchart</i> pengembangan alat IoT	60
Gambar 3. 21 Menu utama untuk login awal user	62

Gambar 3. 22 Menu utama untuk login awal user	62
Gambar 3. 23 Tampilan Library Projek	63
Gambar 3. 24 Rancangan desain <i>interface monitoring</i>	63
Gambar 3. 25 Skematik Desain Rancangan Bord.....	65
Gambar 4. 26 Hasil Jawaban wawancara petani	76
Gambar 4. 27 Wawancara dengan petani	77
Gambar 4. 28 UI tampilan Monitoring <i>Blynk</i>	78
Gambar 4. 29 Datastreams <i>Blynk</i>	79
Gambar 4. 30 <i>Hardware</i> alat	81
Gambar 4. 31 Prototipe alat	81
Gambar 4. 32 Coding Logika Penjadwalan Otomatis.....	83
Gambar 4. 33 Pengujian alat terhadap sensor dan air	84
Gambar 4. 34 Tampilan UI <i>Blynk</i>	85
Gambar 4. 35 <i>Hardware</i> Alat Sudah di Kemasan	86
Gambar 4. 36 Pengujian di Sawah	87
Gambar 4. 37 Hasil pengujian <i>Blackbox Testing</i>	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Source code Arduino IDE	99
Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian	102
Lampiran 3. Lampiran Angket Hasil Wawancara Petani	103
Lampiran 4. Angket Hasil Pengujian <i>Usability testing</i>	106
Lampiran 5. Foto Kegiatan Penelitian	113

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan serta mendukung pembangunan ekonomi nasional di Indonesia. Selain berfungsi sebagai penyedia kebutuhan pangan bagi masyarakat, sektor ini juga menjadi sumber mata pencaharian utama bagi sebagian besar penduduk, khususnya di wilayah pedesaan. Kontribusi pertanian terhadap perekonomian juga terlihat dari kemampuannya dalam menyerap tenaga kerja serta memberikan kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Namun demikian, sektor pertanian masih menghadapi tantangan dalam aspek sumber daya manusia, terutama berkurangnya minat generasi muda untuk bekerja di bidang pertanian. Kondisi tersebut menyebabkan proses regenerasi petani berjalan relatif lambat sehingga dapat mempengaruhi keberlanjutan sektor pertanian di masa mendatang (Aziza dkk., 2022).

Dengan seiringnya perkembangan teknologi digital, berbagai inovasi mulai diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas di sektor pertanian. Salah satu teknologi yang banyak dimanfaatkan adalah *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan perangkat seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat melakukan proses pemantauan dan pengendalian secara otomatis. Melalui sistem berbasis IoT,

berbagai informasi terkait kondisi lingkungan pertanian dapat dikumpulkan secara *real-time* sehingga membantu petani dalam melakukan pengelolaan lahan secara lebih efektif dan efisien (Zulhajji dkk., 2022).

Penerapan teknologi IoT dalam bidang pertanian kemudian berkembang menjadi konsep *smart farming* atau pertanian cerdas. Konsep ini memanfaatkan integrasi teknologi sensor, sistem komunikasi, serta perangkat komputasi untuk memantau kondisi lingkungan pertanian dan mengelola proses budidaya tanaman secara lebih terukur. Dengan adanya teknologi tersebut, petani dapat memperoleh informasi terkait kondisi tanah, kelembapan, suhu lingkungan, maupun kebutuhan tanaman secara lebih akurat. Pemanfaatan teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta membantu proses pengambilan keputusan dalam kegiatan pertanian modern (Dhanaraju dkk., 2022).

Meskipun perkembangan teknologi pertanian semakin pesat, pada praktiknya masih banyak aktivitas budidaya tanaman yang dilakukan secara konvensional. Salah satu kegiatan penting dalam budidaya tanaman padi adalah proses penyemprotan pestisida atau pupuk cair untuk menjaga kesehatan tanaman serta mengendalikan serangan hama dan penyakit. Pada umumnya, kegiatan penyemprotan tersebut masih dilakukan secara manual menggunakan alat semprot konvensional. Metode ini memerlukan tenaga kerja yang cukup besar, membutuhkan waktu yang relatif lama, serta berpotensi menghasilkan distribusi cairan yang tidak merata sehingga efektivitas perlindungan tanaman menjadi kurang optimal (Putri, 2019).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem otomatisasi dalam bidang pertanian, salah satunya berupa sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler dan sensor kelembapan tanah. Sistem tersebut dirancang untuk membantu mengatur kebutuhan air tanaman secara otomatis sesuai dengan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatis mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta mengurangi ketergantungan terhadap proses pengawasan manual oleh petani. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem penyiraman tanaman dan belum banyak mengembangkan sistem otomatisasi untuk proses penyemprotan tanaman secara spesifik (Bantaika dkk., 2024)

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu inovasi teknologi yang mampu membantu petani dalam melakukan proses penyemprotan tanaman secara lebih efisien dan terkontrol. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan Sistem Penyemprotan Padi Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mengotomatisasi proses penyemprotan sehingga penggunaan pestisida menjadi lebih efisien, distribusi cairan lebih merata, serta mendukung penerapan teknologi *smart farming* dalam kegiatan budidaya tanaman padi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian modern yang lebih produktif dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian Pengembangan

1. Mengembangkan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode *Research and Development* (R&D).
2. Menerapkan sistem penyemprotan otomatis yang terintegrasi dengan sensor lingkungan dan aplikasi berbasis Android untuk mendukung proses monitoring serta pengendalian penyemprotan secara jarak jauh.
3. Menguji fungsionalitas sistem yang dikembangkan, meliputi pengujian perangkat keras seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler, serta perangkat lunak seperti antarmuka aplikasi (UI) dan sistem komunikasi IoT untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan baik dan terintegrasi.

1.3 Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk membantu petani dalam melaksanakan proses penyemprotan pestisida maupun pupuk cair secara lebih efektif, efisien, dan terkontrol. Pengembangan sistem ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada tahapan perancangan, pembuatan prototipe, hingga pengujian untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik sesuai tujuan. Penerapan teknologi IoT memungkinkan seluruh perangkat dalam sistem saling terhubung melalui jaringan internet, sehingga proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan secara otomatis maupun dari jarak jauh.

Secara teknis, sistem penyemprotan otomatis yang dirancang terdiri atas beberapa komponen utama yang terintegrasi, meliputi sensor, mikrokontroler, aktuator penyemprot, serta modul komunikasi jaringan. Sensor berperan dalam membaca kondisi lingkungan pada lahan pertanian, seperti kelembapan tanah atau parameter lain yang memengaruhi kebutuhan tanaman. Data yang diperoleh kemudian diolah oleh mikrokontroler sebagai pusat kendali untuk menentukan waktu dan kondisi penyemprotan yang tepat. Selanjutnya, aktuator berupa pompa dan nosel akan bekerja menyalurkan cairan dari tangki ke area tanaman secara otomatis berdasarkan hasil pengolahan data tersebut. Integrasi antar komponen ini memungkinkan proses budidaya dilakukan secara lebih presisi, terukur, dan efisien tanpa ketergantungan penuh pada tenaga manual.

Selain komponen perangkat keras, sistem ini juga dilengkapi dengan antarmuka pemantauan berbasis aplikasi mobile yang dapat diakses melalui perangkat smartphone. Aplikasi tersebut berfungsi untuk menampilkan informasi kondisi sistem secara *real-time*, seperti data pembacaan sensor, status perangkat, serta aktivitas penyemprotan yang sedang berlangsung. Melalui fitur kendali jarak jauh, pengguna dapat mengaktifkan atau menghentikan proses penyemprotan sesuai kebutuhan tanpa harus berada langsung di lokasi lahan pertanian. Dengan adanya integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan proses penyemprotan sekaligus mendukung penerapan teknologi *smart farming* dalam kegiatan pertanian modern.

Pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap keterbatasan metode penyemprotan manual yang masih banyak digunakan oleh petani. Sistem yang dikembangkan juga

dirancang dalam bentuk *prototipe modular*, sehingga memungkinkan dilakukan pengembangan lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan di lapangan, seperti penambahan jenis sensor, peningkatan sistem komunikasi, maupun integrasi dengan teknologi pengolahan data pertanian. Dengan demikian, produk yang dihasilkan diharapkan mampu mendukung penerapan teknologi digital di sektor pertanian serta membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam budidaya tanaman padi.

1.3.1 Komponen Utama Sistem

1. Sensor

Sistem menggunakan beberapa sensor untuk memperoleh data kondisi lingkungan yang menjadi dasar dalam proses penyemprotan otomatis. Sensor suhu tanah menggunakan *DS18B20 Waterproof Temperature* Sensor yang berfungsi mengukur suhu tanah secara digital dengan tingkat ketahanan terhadap air sehingga cocok digunakan pada lingkungan pertanian. Sensor suhu dan kelembaban udara menggunakan *DHT11 Temperature and Humidity* Sensor untuk memantau kondisi udara di sekitar tanaman. Selain itu, sistem juga menggunakan *Capacitive Soil Moisture* Sensor yang berfungsi mendeteksi tingkat kelembaban tanah sebagai acuan dalam menentukan kebutuhan penyemprotan.

2. Aktuator

Aktuator berfungsi menjalankan proses penyemprotan cairan. Sistem menggunakan pompa air mini DC untuk mengalirkan cairan dari tangki

cairan menuju nosel penyemprotan. Pengoperasian pompa dikendalikan melalui modul relay yang bertindak sebagai saklar elektronik yang menerima perintah dari sistem kontrol.

3. Mikrokontroler

Pusat pengendali sistem menggunakan ESP32 Development Board yang berfungsi membaca data dari sensor, memproses informasi, serta mengontrol aktuator. Mikrokontroler ini juga memiliki konektivitas Wi-Fi sehingga mendukung penerapan sistem berbasis IoT.

4. Modul Tampilan Sistem

Untuk menampilkan informasi kondisi sistem digunakan layar LCD 16x2 *Display Module* yang terhubung dengan modul I2C sehingga data sensor dapat ditampilkan secara langsung.

5. Platform Monitoring IoT

Sistem terhubung dengan aplikasi berbasis mobile menggunakan *Blynk IoT Platform* yang memungkinkan pengguna melakukan pemantauan data sensor serta pengendalian penyemprotan secara jarak jauh melalui jaringan internet.

1.3.2 Fitur Utama Sistem

1. Pengendalian Jarak Jauh Sistem dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi Android *Blynk*. Pengguna dapat memulai atau mengatur penjadwalan penyemprotan.
2. Pemantauan *Real-Time* Sistem menampilkan data sensor secara langsung (*real-time*) dalam bentuk dashboard interaktif, memudahkan pengguna memantau kelembaban tanah, suhu, dan udara.
3. Penjadwalan Penyemprotan Pengguna dapat mengatur jadwal penyemprotan secara otomatis berdasarkan waktu tertentu atau penyemprotan manual.

1.3.3 Keunggulan Produk

1. Efisiensi Waktu Operasional

Proses penyemprotan dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh dari sensor sehingga mengurangi ketergantungan pada proses kerja manual di lapangan.

2. Pemantauan Kondisi Lingkungan Secara *Real-Time*

Sistem mampu menampilkan informasi kondisi suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah secara langsung sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lahan secara lebih akurat.

3. Pengendalian Jarak Jauh

Melalui integrasi aplikasi berbasis mobile, sistem dapat dikendalikan dari jarak jauh sehingga pengguna tetap dapat mengatur proses penyemprotan tanpa harus berada langsung di area pertanian.

4. Efisiensi Penggunaan Cairan Penyemprot

Penyemprotan dilakukan berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor sehingga penggunaan pestisida atau nutrisi tanaman menjadi lebih terkontrol.

5. Mendukung Penerapan Pertanian Modern

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* dalam sistem ini membantu meningkatkan pengelolaan lahan secara lebih modern, sistematis, dan berbasis data lingkungan.

1.4 Signifikansi Penelitian Pengembangan

Penelitian pengembangan ini memiliki signifikansi dalam mendukung penerapan teknologi digital pada sektor pertanian, khususnya dalam proses penyemprotan pada tanaman padi. Pengembangan sistem penyemprotan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) diharapkan dapat memberikan alternatif solusi yang lebih efektif dibandingkan metode penyemprotan konvensional yang masih banyak dilakukan secara manual. Melalui pemanfaatan sensor lingkungan dan sistem kendali otomatis, proses penyemprotan dapat dilakukan berdasarkan kondisi aktual di lahan sehingga pengelolaan tanaman menjadi lebih tepat, efisien, dan terkontrol.

Selain memberikan nilai guna secara praktis bagi kegiatan pertanian, penelitian ini juga memiliki kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian berbasis IoT. Integrasi perangkat keras seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator dengan aplikasi berbasis mobile memungkinkan pengguna melakukan pemantauan kondisi lingkungan serta pengendalian proses penyemprotan secara jarak jauh. Sistem ini dapat membantu petani dalam mengelola lahan secara lebih efektif, mempermudah proses monitoring, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data.

Penelitian ini juga berupaya mengisi celah dari penelitian yang terdapat pada pengembangan teknologi otomatisasi pertanian. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada sistem pemantauan kondisi lingkungan atau sistem penyiraman tanaman otomatis, sementara pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi penting melalui pengembangan prototipe sistem penyemprotan padi otomatis yang terintegrasi dengan teknologi IoT sehingga dapat mendukung penerapan konsep *smart farming* dalam kegiatan budidaya tanaman padi.

1.5 Asumsi dan Batasan Penelitian

1. Asumsi :

- a. Penelitian ini berfokus pada kegiatan pengembangan prototipe sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan beberapa komponen utama, seperti sensor lingkungan,

mikrokontroler, serta aktuator penyemprot sebagai pengendali proses distribusi cairan pada tanaman padi. Sistem dirancang agar mampu bekerja secara otomatis berdasarkan parameter lingkungan yang terdeteksi oleh sensor.

- b. Sistem yang dikembangkan diasumsikan mampu melakukan proses pemantauan kondisi lingkungan lahan serta pengendalian perangkat penyemprot secara jarak jauh melalui perangkat smartphone berbasis Android. Proses komunikasi data antara perangkat dan pengguna memanfaatkan platform aplikasi IoT seperti *Blynk* sehingga pengguna dapat memonitor data sensor serta mengontrol proses penyemprotan secara *real-time* melalui jaringan internet.
- c. Pengembangan produk dalam penelitian ini menggunakan pendekatan metode *Research and Development* (R&D) yang menekankan proses perancangan, pembuatan, serta pengujian prototipe sistem secara bertahap. Melalui pendekatan ini, sistem yang dikembangkan diasumsikan dapat diuji kinerjanya untuk mengetahui tingkat fungsionalitas dan kelayakan penggunaan dalam kegiatan penyemprotan pada tanaman padi.
- d. Sistem yang dikembangkan diasumsikan dapat digunakan dengan baik tersedia sumber daya pendukung, seperti jaringan internet yang memadai, ketersediaan sumber listrik untuk mengoperasikan perangkat, serta pengguna atau petani yang memiliki pemahaman dasar dalam penggunaan teknologi berbasis smartphone dan aplikasi IoT.

2. Batasan :

- a. Penelitian ini hanya berfokus pada proses pengembangan dan pengujian sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT pada tanaman padi, sehingga hasil penelitian tidak secara langsung mencakup penerapan pada komoditas pertanian lainnya.
- b. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini masih berupa prototipe sehingga implementasi dan pengujian dilakukan pada skala terbatas untuk mengetahui kinerja dan fungsi dasar sistem yang telah dirancang.
- c. Proses pemantauan dan pengendalian perangkat dalam penelitian ini menggunakan aplikasi berbasis Android yang terhubung melalui jaringan internet. Oleh karena itu, performa sistem sangat dipengaruhi oleh kestabilan jaringan komunikasi yang tersedia pada lokasi pengujian.

1.6 Definisi Operasional

Untuk memperjelas makna istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini serta menghindari perbedaan penafsiran, maka disusun beberapa definisi operasional yang menjadi acuan dalam pelaksanaan penelitian. Definisi ini menjelaskan konsep yang digunakan sesuai dengan konteks pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis teknologi *Internet of Things*.

1. Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dalam penelitian ini merujuk pada proses perancangan, pembuatan, serta pengujian prototipe sistem penyemprotan padi otomatis yang mengintegrasikan komponen perangkat keras dan

perangkat lunak. Proses pengembangan dilakukan menggunakan pendekatan metode *Research and Development* (R&D) yang menekankan tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, pembuatan prototipe, serta pengujian untuk mengetahui tingkat kinerja dan kelayakan sistem yang dikembangkan.

2. Sistem Penyemprotan Padi Otomatis Berbasis IoT

Sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT merupakan perangkat yang dirancang untuk melakukan proses penyemprotan cairan pada tanaman padi secara otomatis dengan memanfaatkan data kondisi lingkungan yang diperoleh dari sensor. Sistem ini menggunakan sensor suhu tanah, sensor suhu dan kelembaban udara, serta sensor kelembaban tanah sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses penyemprotan, dan terhubung dengan jaringan internet sehingga dapat dipantau serta dikendalikan dari jarak jauh.

3. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komponen utama yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. Dalam penelitian ini, mikrokontroler digunakan untuk memproses data yang diperoleh dari sensor lingkungan, kemudian mengirimkan perintah kepada aktuator penyemprot sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Selain itu, mikrokontroler juga berperan dalam menghubungkan sistem dengan jaringan internet sehingga memungkinkan proses komunikasi data antara perangkat dan pengguna.

4. Sensor Lingkungan

Sensor lingkungan dalam penelitian ini merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi kondisi fisik di area pertanian. Sensor yang

digunakan meliputi DS18B20 *Waterproof Temperature* Sensor untuk mengukur suhu tanah, DHT11 *Temperature and Humidity* Sensor untuk memantau suhu serta kelembaban udara, dan *Capacitive Soil Moisture* Sensor untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan penyemprotan.

5. Aktuator Penyemprot

Aktuator penyemprot merupakan komponen perangkat keras yang berfungsi sebagai pelaksana perintah dari mikrokontroler untuk melakukan proses penyemprotan cairan. Dalam sistem ini, aktuator berupa pompa air dan nosel penyemprot yang bertugas menyalurkan cairan pestisida atau pupuk cair dari tangki menuju area tanaman padi sesuai dengan perintah yang diberikan oleh sistem.

6. Monitoring dan Pengendalian Jarak Jauh

Monitoring dan pengendalian jarak jauh dalam penelitian ini adalah kemampuan sistem untuk menampilkan data kondisi lingkungan serta mengatur proses penyemprotan melalui aplikasi *Blynk*. Melalui aplikasi tersebut, pengguna dapat memantau data sensor secara *real-time* serta mengaktifkan atau menghentikan proses penyemprotan tanpa harus berada langsung di lokasi lahan pertanian.

6. *Smart Farming*

Smart Farming merupakan konsep pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT), sensor, sistem komunikasi data, serta perangkat komputasi untuk memantau kondisi lahan dan mengelola aktivitas pertanian secara lebih efisien. Dalam penelitian ini,

konsep *smart farming* diwujudkan melalui penerapan sistem penyemprotan padi otomatis yang mampu bekerja secara terintegrasi dan dapat dipantau secara jarak jauh.

7. *Blynk*

Blynk merupakan platform aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk menghubungkan perangkat mikrokontroler dengan aplikasi pada perangkat smartphone melalui jaringan internet. Dalam penelitian ini, *Blynk* digunakan sebagai media monitoring dan pengendalian sistem penyemprotan padi secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau data sensor serta mengontrol proses penyemprotan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis Android.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Teori

Kajian teori pada penelitian ini digunakan sebagai dasar konseptual dalam mendukung pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Pembahasan dalam bagian ini mencakup berbagai konsep yang berkaitan dengan perkembangan teknologi di bidang pertanian, termasuk penerapan pertanian modern, integrasi IoT dalam agrikultur, serta sistem otomasi yang berperan dalam proses penyemprotan. Keberadaan landasan teori yang tersusun secara sistematis memberikan dukungan ilmiah dalam menjelaskan hubungan antara teknologi yang digunakan dengan permasalahan yang terjadi di lapangan.

Selain memberikan dasar pemahaman, kajian teori juga membantu mengarahkan proses pengembangan sistem agar berjalan secara terstruktur. Setiap konsep yang dibahas tidak hanya dijelaskan secara teoritis, tetapi juga dihubungkan dengan penerapan sistem yang dirancang dalam penelitian ini. Melalui pendekatan tersebut, kajian teori berperan dalam mendukung proses perancangan, pengembangan, hingga pengujian sistem penyemprotan otomatis sehingga hasil yang diperoleh dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna dan kondisi lingkungan pertanian.

2.1.1 Flowchart

Flowchart adalah diagram yang menggambarkan alur atau proses dalam suatu program atau prosedur sistem secara logis. *Flowchart*, atau diagram alir, adalah ilustrasi berbentuk diagram yang menunjukkan algoritma dalam sebuah program, mengindikasikan arah aliran dari proses tersebut. Adapun simbol-simbol yang digunakan dalam flowchart ditunjukkan pada Gambar 2.1.

	Flow Direction symbol Yaitu simbol yang digunakan untuk menghubungkan antara simbol yang satu dengan simbol yang lain. Simbol ini disebut juga connecting line.		Simbol Manual Input Simbol untuk pemasukan data secara manual on-line keyboard
	Terminator Symbol Yaitu simbol untuk permulaan (start) atau akhir (stop) dari suatu kegiatan		Simbol Preparation Simbol untuk mempersiapkan penyimpanan yang akan digunakan sebagai tempat pengolahan di dalam storage.
	Connector Symbol Yaitu simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses dalam lembar / halaman yang sama.		Simbol Predefine Proses Simbol untuk pelaksanaan suatu bagian (sub-program)/prosedure
	Connector Symbol Yaitu simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses pada lembar / halaman yang berbeda.		Simbol Display Simbol yang menyatakan peralatan output yang digunakan yaitu layar, plotter, printer dan sebagainya.
	Processing Symbol Simbol yang menunjukkan pengolahan yang dilakukan oleh komputer		Simbol disk and On-line Storage Simbol yang menyatakan input yang berasal dari disk atau disimpan ke disk.
	Simbol Manual Operation Simbol yang menunjukkan pengolahan yang tidak dilakukan oleh computer		Simbol magnetik tape Unit Simbol yang menyatakan input berasal dari pita magnetik atau output disimpan ke pita magnetik.
	Simbol Decision Simbol pemilihan proses berdasarkan kondisi yang ada.		Simbol Punch Card Simbol yang menyatakan bahwa input berasal dari kartu atau output ditulis ke kartu
	Simbol Input-Output Simbol yang menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya		Simbol Dokumen Simbol yang menyatakan input berasal dari dokumen dalam bentuk kertas atau output dicetak ke kertas.

Gambar 2. 1 Simbol Flowchart
(Sumber: Jagoan Hosting, 2022)

2.1.2 Use case

Use case merupakan representasi skenario interaksi antara pengguna (aktor) dengan sistem yang menggambarkan bagaimana suatu sistem digunakan untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam pengembangan sistem berbasis IoT, *usecase* digunakan untuk memodelkan fungsi-fungsi utama sistem serta hubungan antara pengguna dengan fitur yang tersedia, sehingga memudahkan dalam memahami kebutuhan sistem secara menyeluruh. Simbol-simbol yang digunakan pada *use case* diagram dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Simbol	Keterangan
	Aktor : Mewakili peran orang, sistem yang lain, atau alat ketika berkomunikasi dengan <i>use case</i>
	<i>Use case</i> : Abstraksi dan interaksi antara sistem dan aktor
	<i>Association</i> : Abstraksi dari penghubung antara aktor dengan <i>use case</i>
	<i>Generalisasi</i> : Menunjukkan spesialisasi aktor untuk dapat berpartisipasi dengan <i>use case</i>
	Menunjukkan bahwa suatu <i>use case</i> seluruhnya merupakan fungsionalitas dari <i>use case</i> lainnya
	Menunjukkan bahwa suatu <i>use case</i> merupakan tambahan fungsional dari <i>use case</i> lainnya jika suatu kondisi terpenuhi

Gambar 2. 2 Simbol *Use case*
(Sumber: Dicoding, 2021)

Secara konseptual, *use case* berfungsi sebagai alat untuk mengidentifikasi proses yang terjadi di dalam sistem berdasarkan sudut pandang pengguna. Pendekatan ini menitikberatkan pada apa yang dilakukan sistem dalam merespons aksi pengguna, bukan pada bagaimana sistem tersebut dibangun secara teknis. Dengan demikian, *use case* membantu pengembang dalam merancang sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna serta memastikan setiap fungsi dapat berjalan sesuai tujuan yang diharapkan (Rakhmawati & Syahnaryanti, 2026).

Dalam konteks sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), *use case* memiliki peran penting dalam menggambarkan alur interaksi antara pengguna dengan perangkat yang terhubung, seperti proses pemantauan data sensor, pengendalian perangkat, serta penerimaan notifikasi secara *real-time*. Model ini juga mendukung proses perancangan sistem yang lebih terstruktur karena mampu memberikan

gambaran awal mengenai fitur-fitur yang harus dikembangkan serta hubungan antar komponen dalam sistem (Rakhmawati & Syahnaryanti, 2026).

2.1.3 Pertanian Modern



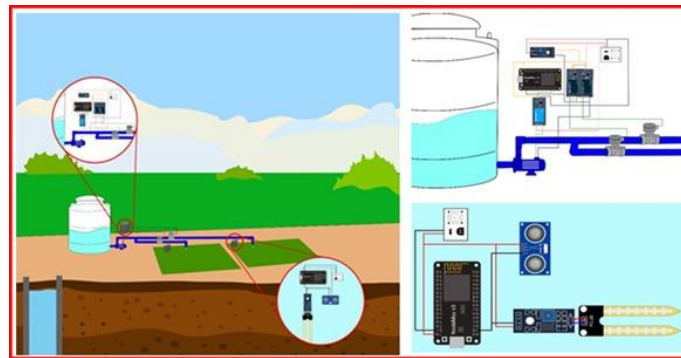
Gambar 2. 3 Ilustrasi Pertanian modern
(Sumber: iStockphoto, 2017)

Pertanian modern merupakan pendekatan dalam sektor agrikultur yang mengintegrasikan teknologi digital, sistem otomasi, dan pengolahan data untuk meningkatkan efisiensi serta produktivitas hasil pertanian. Ilustrasi penerapan konsep pertanian modern ditunjukkan pada Gambar 2.3. Konsep ini berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan metode konvensional yang masih bergantung pada tenaga manusia dan kurang mampu mengoptimalkan sumber daya secara maksimal. Melalui penerapan teknologi, petani dapat melakukan pengelolaan lahan secara lebih terukur dan berbasis data sehingga menghasilkan keputusan yang lebih akurat (Dhanaraju dkk., 2022).

Sistem penyemprotan otomatis merupakan salah satu implementasi teknologi otomasi dalam bidang pertanian yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor untuk membaca kondisi lingkungan tertentu, seperti kelembapan atau suhu, yang

kemudian diproses oleh pengendali sebagai dasar pengambilan keputusan. Berdasarkan hasil pembacaan tersebut, aktuator akan diaktifkan untuk melakukan proses penyemprotan secara otomatis. Melalui mekanisme ini, kegiatan penyemprotan dapat dilakukan secara lebih terkontrol, tepat sasaran, dan menyesuaikan dengan kebutuhan aktual tanaman.

2.1.4 *Internet of Things (IoT)* dalam Pertanian



Gambar 2. 4 Skematik Penyiraman Tanaman
(Sumber: IoT-Based Smart Irrigation System for Rice Fields)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet untuk saling bertukar data secara otomatis. Gambaran skematik proses penyiraman tanaman dapat dilihat pada Gambar 2.4. Dalam bidang pertanian, IoT digunakan untuk mengintegrasikan sensor, perangkat pengendali, dan sistem komunikasi sehingga mampu menciptakan sistem yang responsif terhadap kondisi lingkungan. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data secara kontinu yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan (Akhter & Sofi, 2022).

Penerapan IoT dalam pertanian memberikan kemudahan dalam melakukan pemantauan dan pengendalian sistem secara jarak jauh. Data yang diperoleh dari sensor seperti kelembaban tanah, suhu, dan kondisi udara dapat diakses secara *real-time* melalui perangkat *mobile*. Hal ini menjadikan proses pertanian lebih efisien karena pengguna dapat mengontrol sistem tanpa harus berada langsung di lokasi, sehingga meningkatkan efektivitas pengelolaan lahan (Morchid dkk., 2024).

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian terus mengalami perkembangan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem yang mampu bekerja secara otomatis dan terintegrasi. Penerapan teknologi ini tidak hanya terbatas pada proses pemantauan, tetapi juga mencakup pengendalian perangkat secara langsung berdasarkan data yang diperoleh dari sensor. Penelitian yang dilakukan oleh (Bantaika dkk., 2024) dan (Siregar et al., 2023) menunjukkan bahwa integrasi sensor kelembaban tanah dengan mikrokontroler dan platform IoT mampu mendukung sistem pertanian yang lebih efisien dan responsif terhadap kondisi lingkungan. Sistem yang terhubung dengan jaringan internet memungkinkan pengiriman data secara berkelanjutan sehingga proses pengambilan keputusan dapat dilakukan secara lebih cepat dan akurat.

Selain itu, penerapan IoT juga berkembang ke arah sistem yang lebih kompleks dan adaptif, seperti penggunaan perangkat bergerak dan integrasi dengan teknologi cerdas. Penelitian oleh (Babu dkk., 2023) mengembangkan robot penyemprot pestisida berbasis IoT yang mampu meningkatkan efisiensi kerja serta mengurangi risiko paparan bahan kimia bagi petani. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh (Aji, 2024) menunjukkan bahwa kombinasi IoT dengan teknologi kecerdasan buatan dapat meningkatkan produktivitas pertanian melalui analisis

data yang lebih mendalam. Perkembangan ini menunjukkan bahwa IoT tidak hanya berperan sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai bagian dari sistem cerdas yang mampu mendukung pengelolaan pertanian secara lebih modern, efektif, dan berkelanjutan.

2.1.5 Sistem Penyemprotan Otomatis

Sistem penyemprotan otomatis merupakan penerapan teknologi otomasi dalam bidang pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida. Sistem ini memanfaatkan sensor untuk mengamati kondisi lingkungan tertentu, kemudian data yang diperoleh diproses oleh sistem kendali sebagai dasar pengambilan keputusan. Berdasarkan hasil tersebut, aktuator akan diaktifkan untuk melakukan penyemprotan secara otomatis. Dengan mekanisme ini, proses penyemprotan dapat berlangsung secara lebih tepat, terkontrol, dan menyesuaikan dengan kebutuhan aktual tanaman. Ilustrasi sistem penyiraman cerdas dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Penyiraman cerdas
(Sumber: Tiang Ghadha, 2021)

Penggunaan sistem otomatis dalam penyemprotan juga mampu mengurangi kesalahan manusia yang sering terjadi pada metode manual. Selain itu, sistem ini dapat dikombinasikan dengan teknologi IoT sehingga memungkinkan pengendalian dilakukan secara jarak jauh melalui aplikasi. Integrasi tersebut memberikan kemudahan dalam pemantauan serta meningkatkan efektivitas penggunaan pestisida, sehingga berdampak positif terhadap produktivitas dan lingkungan (Dhanaraju dkk., 2022).

2.1.6 Model Pengembangan *Research and Development* (R&D)

Metode *Research and Development* (R&D) merupakan pendekatan penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk sekaligus menguji efektivitas produk tersebut. Metode ini melibatkan serangkaian tahapan yang sistematis mulai dari identifikasi masalah, perancangan, pengembangan, hingga pengujian produk. Pendekatan ini banyak digunakan dalam penelitian berbasis teknologi karena mampu menghasilkan inovasi yang dapat diterapkan secara langsung (Okpatrioka, 2023).

Dalam konteks pengembangan sistem IoT, metode R&D memungkinkan peneliti untuk melakukan evaluasi secara berkelanjutan terhadap sistem yang dikembangkan. Setiap tahapan memberikan kesempatan untuk melakukan perbaikan sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang optimal. Tahapan metode R&D dapat dilihat pada Gambar 2.6. Dengan demikian, metode ini tidak hanya berfokus pada pembuatan sistem, tetapi juga memastikan bahwa

d) Validasi Desain

Validasi desain bertujuan untuk menilai kelayakan rancangan sebelum dikembangkan lebih lanjut. Proses ini melibatkan pihak yang memiliki keahlian di bidang terkait untuk memastikan kesesuaian desain dengan kebutuhan dan standar yang berlaku (Okpatrioka, 2023).

e) Revisi Desain

Revisi desain dilakukan sebagai bentuk penyempurnaan terhadap rancangan berdasarkan hasil validasi sehingga sistem menjadi lebih optimal sebelum dilakukan pengujian (Okpatrioka, 2023).

f) Uji Coba Produk (1)

Uji coba produk tahap pertama dilakukan dalam skala terbatas untuk mengetahui kinerja awal sistem serta mengidentifikasi kekurangan yang masih terdapat pada produk (Okpatrioka, 2023).

g) Revisi Produk (1)

Revisi produk dilakukan berdasarkan hasil uji coba awal untuk memperbaiki kekurangan serta meningkatkan kualitas sistem yang dikembangkan (Okpatrioka, 2023).

h) Uji Coba Produk (2)

Pengujian lanjutan dilakukan dengan cakupan yang lebih luas untuk memastikan sistem dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi yang lebih mendekati penggunaan sebenarnya (Okpatrioka, 2023).

i) Revisi Produk (2)

Perbaikan lanjutan dilakukan berdasarkan hasil uji coba tahap kedua guna menyempurnakan sistem agar siap digunakan secara optimal (Okpatrioka, 2023).

j) Produksi Massal

Tahap ini merupakan implementasi produk secara luas setelah melalui seluruh proses pengujian dan penyempurnaan, sehingga sistem yang dihasilkan telah dinyatakan layak untuk digunakan (Okpatrioka, 2023).

2.1.7 *Blackbox Testing*

Blackbox testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang digunakan untuk mengevaluasi fungsi sistem berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan tanpa meninjau struktur internal maupun kode program yang digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan berbagai skenario input pada sistem, kemudian mengamati output yang dihasilkan untuk memastikan kesesuaian antara hasil aktual dengan hasil yang diharapkan. Pendekatan ini berfokus pada aspek fungsionalitas sistem sehingga mampu menunjukkan apakah setiap fitur yang dikembangkan telah berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Abdillah dkk., 2023).

Dalam implementasinya, *blackbox testing* banyak digunakan pada sistem berbasis IoT untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat berfungsi secara terintegrasi. Pengujian ini memungkinkan identifikasi kesalahan pada proses input, output, maupun alur

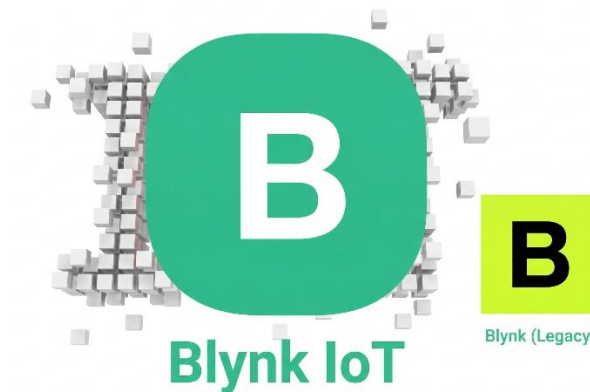
sistem tanpa harus memahami logika pemrograman secara mendalam. Hasil pengujian yang menunjukkan seluruh fungsi berjalan dengan baik menandakan bahwa sistem telah memenuhi aspek *functionality* dan layak untuk digunakan dalam kondisi nyata (Zulhajji dkk., 2022).

2.1.8 Usability Testing

Usability testing merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan suatu sistem berdasarkan pengalaman langsung pengguna saat berinteraksi dengan sistem tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan responden untuk menggunakan sistem, kemudian mengukur tingkat pemahaman, kemudahan penggunaan, serta kepuasan yang dirasakan selama proses interaksi berlangsung. Dengan pendekatan ini, kualitas sistem tidak hanya dilihat dari sisi teknis, tetapi juga dari bagaimana sistem mampu memenuhi kebutuhan pengguna secara efektif (Abdillah dkk., 2023).

Selain itu, *usability testing* juga berperan dalam mengidentifikasi tingkat penerimaan sistem oleh pengguna melalui indikator seperti kemudahan dipelajari, kemudahan dioperasikan, serta kenyamanan dalam penggunaan. Dalam konteks sistem berbasis IoT, pengujian ini umumnya dilakukan menggunakan instrumen kuesioner untuk memperoleh penilaian subjektif dari pengguna terhadap performa sistem. Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar dalam melakukan penyempurnaan sistem agar lebih adaptif, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna di lingkungan nyata (Zulhajji dkk., 2022).

2.1.9 Platform Aplikasi Mobile untuk Sistem IoT Pertanian



Gambar 2. 7 Logo *BlynkIoT*
(Sumber: Telkom University, 2022)

Dalam sistem IoT, aplikasi mobile berperan sebagai media antarmuka yang menghubungkan pengguna dengan perangkat yang digunakan di lapangan. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi sistem serta mengendalikan perangkat secara *real-time* melalui jaringan internet. Salah satu platform yang sering digunakan adalah *Blynk*, yang menyediakan fitur untuk membangun sistem monitoring dan kontrol secara interaktif (Siregar dkk., 2023). Logo *Blynk IoT* ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Penggunaan aplikasi mobile dalam sistem pertanian berbasis IoT memberikan kemudahan dalam pengelolaan sistem dari jarak jauh. Data dari sensor dapat ditampilkan secara langsung dalam bentuk visual yang mudah dipahami, sementara kontrol terhadap perangkat seperti pompa dan penyemprot dapat dilakukan melalui fitur yang tersedia. Hal ini meningkatkan efisiensi kerja serta memungkinkan respon yang lebih cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan (Abrar & Tukino, 2023).

2.1.10 Bord ESP32 DevKit

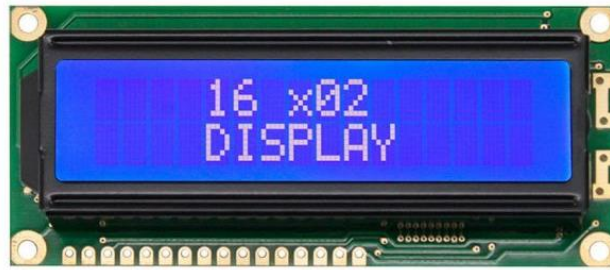


Gambar 2. 8 Bord ESP32
(Sumber: Electrocomponentes, 2024)

ESP32 DevKit merupakan papan mikrokontroler yang dirancang untuk mendukung pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kemampuan komunikasi nirkabel yang terintegrasi. Perangkat ini dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth yang memungkinkan proses pertukaran data dilakukan secara *real-time* melalui jaringan internet. Bentuk fisik board ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.8, Selain itu, ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup tinggi sehingga mampu menangani berbagai input dari sensor serta mengontrol perangkat output dalam satu sistem terpadu (Akhter & Sofi, 2022).

Dalam penelitian ini, ESP32 DevKit berperan sebagai pusat pengendali yang menghubungkan seluruh komponen sistem penyemprotan otomatis. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses oleh ESP32 sebelum dikirimkan ke platform monitoring dan digunakan untuk mengaktifkan aktuator. Pada Bab III, penggunaan ESP32 akan dijelaskan pada tahap implementasi sistem sebagai inti pengolahan data dan komunikasi IoT.

2.1.11 LCD Display 16x2

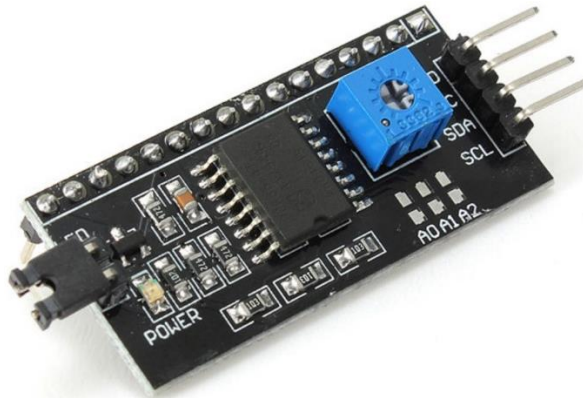


Gambar 2. 9 LCD Display 16x2
(Sumber: RC Shop BD, 2020)

LCD Display merupakan perangkat output yang digunakan untuk menampilkan informasi dalam bentuk karakter atau simbol secara visual. Adapun LCD Display 16x2 ditunjukkan pada Gambar 2.9. Teknologi ini bekerja dengan memanfaatkan kristal cair yang mampu mengatur cahaya sehingga menghasilkan tampilan yang dapat dibaca secara langsung oleh pengguna. LCD banyak digunakan dalam sistem embedded karena memiliki konsumsi daya yang relatif rendah dan mampu memberikan informasi secara *real-time* (Morchid dkk., 2024).

Dalam sistem yang dikembangkan, LCD digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor secara langsung di lapangan. Informasi seperti suhu, kelembaban, dan status sistem dapat dilihat tanpa perlu perangkat tambahan. Pada Bab III, LCD akan dibahas dalam bagian implementasi sebagai media monitoring lokal yang mendukung kemudahan penggunaan sistem.

2.1.12 I2C LCD Module



Gambar 2. 10 I2C LCD Module
(Sumber: Blogspot, 2016)

Modul I2C LCD merupakan perangkat tambahan yang memungkinkan komunikasi antara LCD dan mikrokontroler dilakukan melalui jalur komunikasi serial. Tampilan board ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.10. Penggunaan protokol I2C memungkinkan pengurangan jumlah pin yang digunakan, sehingga desain rangkaian menjadi lebih sederhana dan efisien. Hal ini sangat penting dalam pengembangan sistem IoT yang melibatkan banyak komponen dalam satu rangkaian (Dhanaraju dkk., 2022).

Dalam penelitian ini, modul I2C digunakan untuk mempermudah integrasi antara LCD dan ESP32. Penggunaan modul ini akan dijelaskan lebih lanjut pada Bab III dalam bagian perancangan perangkat keras, khususnya pada rangkaian sistem. Dengan adanya modul I2C, proses instalasi menjadi lebih praktis dan mendukung pengembangan sistem yang lebih fleksibel.

2.1.13 Relay Module 1 Chanel 10A



Gambar 2. 11 Relay Module 1 Chanel
(Sumber: Narincomicro, 2024)

Relay module merupakan komponen yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh mikrokontroler untuk menghubungkan atau memutus aliran listrik pada perangkat dengan tegangan tertentu. Bentuk Relay Module 1 Chanel disajikan pada Gambar 2.11. Modul relay 1 channel memungkinkan pengendalian satu perangkat secara otomatis berdasarkan perintah sistem, sehingga banyak digunakan dalam sistem otomasi karena mampu memisahkan rangkaian kontrol dan rangkaian daya. Dengan mekanisme tersebut, relay dapat membantu meningkatkan keamanan serta keandalan sistem dalam mengontrol perangkat elektronik (Bantaika dkk., 2024).

Pada sistem ini digunakan relay dengan kapasitas arus sebesar 10A yang disesuaikan dengan karakteristik beban berupa pompa DC mini. Meskipun arus kerja pompa relatif kecil, terdapat kemungkinan lonjakan arus saat awal pengoperasian sehingga diperlukan kapasitas relay yang lebih besar untuk menjaga kestabilan sistem. Relay berperan dalam mengendalikan aktuator dengan cara mengatur aliran listrik menuju pompa berdasarkan kondisi yang terdeteksi oleh

sistem. Penggunaan relay ini akan dijelaskan lebih lanjut pada Bab III dalam tahap implementasi sebagai bagian dari sistem kendali aktuator.

2.1.14 Sensor DS18B20

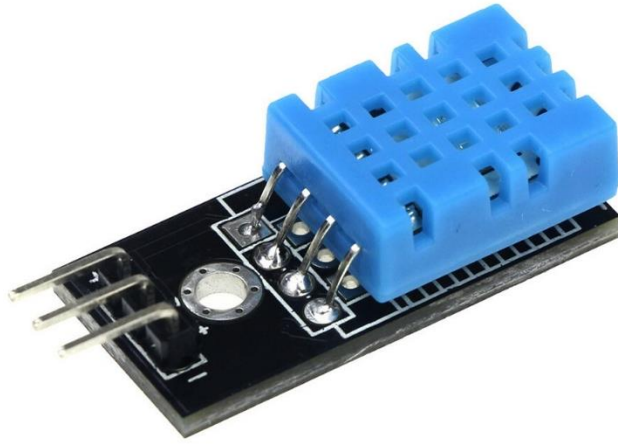


Gambar 2. 12 Sensor DS18B20
(Sumber: Voltaat, 2021)

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang memiliki tingkat akurasi yang baik serta kemampuan komunikasi berbasis *one-wire*. Sensor ini mampu memberikan data suhu secara langsung dalam bentuk digital sehingga memudahkan proses pengolahan oleh mikrokontroler. Adapun Sensor DS18B20 yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.12. Selain itu, sensor ini dirancang untuk dapat bekerja pada kondisi lingkungan yang lembab sehingga sesuai digunakan pada sektor pertanian (Akhter & Sofi, 2022).

Dalam penelitian ini, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu lingkungan sebagai salah satu parameter dalam sistem penyemprotan. Data suhu yang diperoleh akan diproses untuk menentukan kondisi optimal dalam proses penyemprotan. Pada Bab III, sensor ini akan dibahas dalam bagian implementasi sistem sebagai bagian dari input data lingkungan.

2.1.15 Sensor DHT11



Gambar 2. 13 Sensor DHT11
(Sumber: Ebay, 2020)

Sensor DHT11 merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara bersamaan. Bentuk Sensor DHT11 disajikan pada Gambar 2.13. Sensor ini memberikan output dalam bentuk data digital yang mudah diproses oleh mikrokontroler. Meskipun memiliki tingkat presisi yang terbatas, sensor ini cukup efektif untuk sistem monitoring lingkungan sederhana (Dhanaraju dkk., 2022).

Dalam sistem yang dikembangkan, sensor DHT11 digunakan untuk memantau kondisi udara di sekitar tanaman. Data yang dihasilkan akan digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan aktivitas penyemprotan. Pada Bab III, penggunaan sensor ini akan dijelaskan dalam tahap implementasi sebagai bagian dari sistem pemantauan lingkungan.

2.1.16 Capacitive *Soil Moisture* Sensor

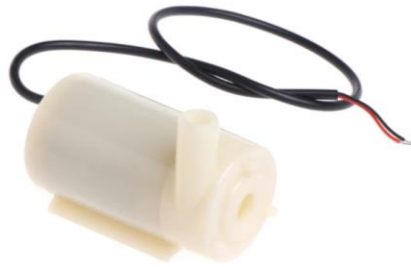


Gambar 2. 14 Sensor *Soil Moisture*
(Sumber: EITKW, 2024)

Capacitive *Soil Moisture* Sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah berdasarkan perubahan nilai kapasitansi. Bentuk fisik Sensor *Soil Moisture* dapat dilihat pada Gambar 2.14. Sensor ini memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap korosi dibandingkan sensor resistif, sehingga lebih cocok digunakan dalam jangka panjang pada lingkungan pertanian (Morchid dkk., 2024).

Dalam penelitian ini, sensor kelembaban tanah digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan kebutuhan penyemprotan. Data yang diperoleh akan diproses oleh sistem untuk mengaktifkan aktuator secara otomatis. Pada Bab III, sensor ini akan dibahas dalam bagian implementasi sebagai komponen utama dalam pengambilan keputusan sistem.

2.1.17 Pompa DC Mini 5Volt



Gambar 2. 15 Pompa DC Mini 15V
(Sumber: Microscale, 2023)

Pompa DC mini merupakan perangkat aktuator yang berfungsi untuk mengalirkan cairan dengan memanfaatkan energi listrik. Perangkat ini bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik sehingga mampu menghasilkan aliran cairan. Pompa jenis ini banyak digunakan dalam sistem otomatis karena mudah dikendalikan dan memiliki ukuran yang relatif (Bantaika dkk., 2024).

Dalam sistem penyemprotan padi otomatis, pompa DC digunakan untuk menyalurkan cairan pestisida atau pupuk ke tanaman. Pengoperasian pompa dikendalikan oleh relay yang terhubung dengan mikrokontroler. Pada Bab III, pompa akan dibahas dalam tahap implementasi sebagai bagian dari sistem aktuator yang berperan langsung dalam proses penyemprotan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama (Bantaika dkk., 2024) fokus pada pengembangan sistem penyiraman otomatis untuk membantu petani di daerah terpencil yang masih bergantung pada cuaca. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang terhubung dengan sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22) serta

sensor kelembaban tanah (*soil moisture*). Dengan integrasi modul ESP8266, data dari sensor dikirim ke server *Blynk* sehingga petani dapat memantau dan mengontrol pompa air secara jarak jauh melalui smartphone. Penggunaan metode *Waterfall* dalam penelitian ini memastikan pengembangan alat dilakukan secara sistematis dan mudah dipahami.

Jurnal kedua yang disusun oleh (Siregar dkk., 2023) merancang sistem serupa namun menekankan pada penggunaan platform NodeMCU ESP8266 sebagai otak utama sistem IoT. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi inefisiensi penyiraman manual yang memakan banyak waktu dan tenaga bagi para petani. Alat ini mampu membaca nilai kadar air dalam tanah dan memberikan perintah otomatis kepada pompa untuk menyala atau mati sesuai ambang batas yang ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan baik dalam menampilkan kondisi tanah secara *real-time* melalui aplikasi *Blynk*.

Penelitian ketiga oleh (Babu dkk., 2023) menghadirkan inovasi berupa robot penyemprot pestisida berbasis IoT untuk meningkatkan keamanan petani dari paparan bahan kimia berbahaya. Berbeda dengan sistem penyiraman statis, robot ini menggunakan kontroler ARM7 dan dikendalikan melalui koneksi Bluetooth untuk navigasi di area pertanian. Robot ini dirancang agar ekonomis dengan biaya pembuatan di bawah USD 250, namun memiliki kapasitas angkut hingga 3 liter dan jangkauan penyemprotan sejauh 50 meter. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penggunaan robot ini jauh lebih efisien dalam penggunaan daya dibandingkan model-model sebelumnya.

Terakhir, jurnal keempat oleh (Aji, 2024) mengeksplorasi konsep *Smart Garden* yang menggabungkan teknologi IoT dan kecerdasan buatan (AI) untuk mendukung produktivitas UMKM pertanian. Fokus utamanya adalah membantu petani melon dalam mengoptimalkan budidaya tanaman melalui algoritma AI yang menganalisis data sensor untuk memberikan rekomendasi tindakan. Implementasi teknologi ini di rumah kaca CV Makhdum Wangi terbukti secara signifikan meningkatkan hasil panen tahunan, seperti terlihat pada lonjakan produksi di tahun 2023. Penelitian ini menggunakan metode *Agile* agar pengembangan aplikasi mobile-nya tetap fleksibel dan sesuai dengan kebutuhan nyata petani di lapangan. Adapun jurnal-jurnal yang relevan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Jurnal yang Relevan

No	Peneliti	Judul	Hasil/Temuan
1	Yosina Bantaika, Darsono Nababan, Risald (2024).	Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno	Berhasil membangun sistem penyiraman otomatis menggunakan Arduino Uno, sensor DHT22 (suhu/kelembaban udara), dan sensor <i>Soil Moisture</i> . Data dikirim ke aplikasi <i>Blynk</i> melalui modul ESP8266 untuk kontrol jarak jauh.
2	Noverta Effendi, Witri Ramadhani, dkk SIREGAR. (2022).	Perancangan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT	Berhasil membangun sistem penyiraman otomatis menggunakan Arduino Uno, sensor DHT22 (suhu/kelembaban udara), dan sensor <i>Soil Moisture</i> . Data dikirim ke aplikasi <i>Blynk</i> melalui modul ESP8266 untuk kontrol jarak jauh.
3	A. Narendra Babu, M. C. Blossom, dkk (2023).	<i>Internet of Things (IoT) based Pesticide Spraying Robot - A Revolution in Smart Farming</i>	Merancang robot penyemprot pestisida berbasis ARM7 dan Bluetooth. Robot ini ekonomis (biaya < USD 250), memiliki jangkauan semprot 50 meter, kapasitas 3 liter, dan konsumsi daya rendah (3.3 V).

4	Fajar Purnomo Aji (2024).	Perancangan <i>Smart Garden</i> Dengan Teknologi AI Dan IOT Pada Aplikasi Mobile Untuk Mendukung Produktivitas UMKM Pertanian	Mengembangkan konsep <i>Smart Garden</i> berbasis Arduino Uno dan AI untuk menganalisis data sensor. Penggunaan IoT terbukti meningkatkan produktivitas panen melon secara signifikan (contoh: kenaikan dari rata-rata 3-5 ton menjadi 7-15 ton pada tahun 2023).
---	---------------------------	---	---

(Sumber diolah sendiri)

2.3 Analisis Perbandingan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan kajian terhadap sejumlah penelitian sebelumnya, dapat diamati adanya perkembangan yang cukup pesat dalam penerapan teknologi digital pada sektor pertanian, khususnya melalui pemanfaatan mikrokontroler dan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian yang dilakukan oleh (Bantaika dkk., 2024) dan (Siregar dkk., 2023) menunjukkan kecenderungan yang serupa dalam penggunaan sensor kelembaban tanah yang terintegrasi dengan platform aplikasi seperti *Blynk* untuk mendukung sistem penyiraman otomatis. Pendekatan tersebut menitikberatkan pada sistem yang bersifat tetap (statis), di mana perangkat ditempatkan pada satu lokasi tertentu sehingga mampu menghasilkan pembacaan data yang relatif stabil dan akurat terhadap kondisi tanah di titik tersebut.

Berbeda dengan pendekatan tersebut, penelitian yang dikembangkan oleh (Babu dkk., 2023) menghadirkan inovasi melalui penggunaan sistem bergerak berupa robot yang mampu melakukan pemantauan sekaligus penyemprotan pestisida secara dinamis. Sistem ini memungkinkan jangkauan operasional yang lebih luas karena perangkat dapat berpindah dari satu titik ke titik lain. Meskipun demikian, sistem robotik tersebut masih menghadapi sejumlah kendala, seperti

kompleksitas dalam perancangan perangkat keras serta keterbatasan dalam aspek navigasi yang belum sepenuhnya otomatis. Dengan demikian, perbandingan antar penelitian tersebut menunjukkan adanya perbedaan mendasar antara sistem statis yang unggul dalam kestabilan data dan sistem dinamis yang lebih fleksibel dalam cakupan area, namun masing-masing masih memiliki keterbatasan yang perlu disempurnakan.

2.4 Posisi Penelitian (*Research Gap*)

Penelitian mengenai pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menempati posisi yang penting dalam mengisi kekosongan kajian yang belum banyak dibahas secara mendalam pada penelitian sebelumnya. Sebagian besar studi terdahulu masih berfokus pada sistem penyiraman tanaman secara umum atau pengembangan alat penyemprotan yang bersifat konvensional maupun semi-otomatis, sehingga belum secara khusus mengakomodasi karakteristik tanaman padi yang memiliki kondisi lingkungan berbeda, terutama pada lahan sawah yang cenderung basah dan berlumpur. Di samping itu, pendekatan yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut umumnya masih terbatas pada tahap perancangan dan implementasi awal, tanpa melalui proses pengembangan produk yang sistematis dan berkelanjutan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan sistem penyemprotan padi berbasis IoT yang dirancang melalui pendekatan *Research and Development* (R&D) secara sistematis masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini hadir dengan mengintegrasikan sistem penyemprotan otomatis dan teknologi

IoT melalui tahapan pengembangan yang terstruktur, mulai dari perancangan, validasi, hingga pengujian produk. Pendekatan ini tidak hanya menitikberatkan pada fungsi teknis sistem, tetapi juga memastikan bahwa sistem yang dihasilkan memiliki tingkat kelayakan dan keandalan yang lebih optimal. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi berupa pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT yang lebih terarah, adaptif terhadap kondisi lahan sawah, serta mampu meningkatkan efisiensi kerja dan ketepatan penggunaan pestisida dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang masih bersifat umum dan belum dikembangkan melalui metode R&D secara menyeluruh.

BAB III

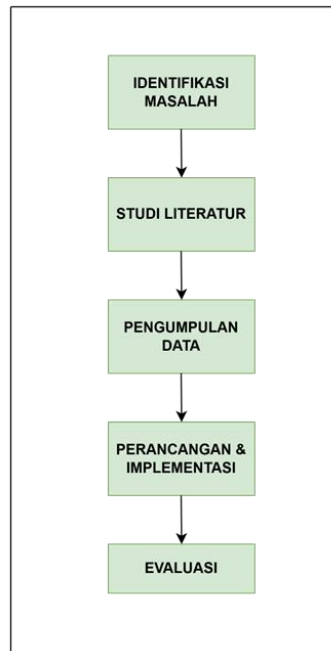
METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian Pengembangan

Perjalanan penelitian ini dimulai dengan sebuah kesadaran mendalam terhadap realitas di lahan pertanian, di mana proses perawatan tanaman padi seringkali masih terbelenggu oleh metode konvensional yang menguras tenaga dan waktu. Langkah awal yang diambil adalah melakukan identifikasi masalah secara komprehensif melalui observasi langsung di lapangan untuk menangkap fenomena inefisiensi penyemprotan manual. Fenomena ini kemudian diselaraskan dengan studi literatur yang mendalam, mengeksplorasi berbagai jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu untuk menemukan benang merah antara permasalahan petani dengan potensi solusi digital. Melalui studi literatur ini, dipahami bahwa teknologi *Internet of Things* (IoT) bukan sekadar tren, melainkan kebutuhan mendesak untuk menciptakan sistem pemantauan dan pengendalian yang presisi serta *real-time* (Siregar dkk., 2023).

Proses kemudian berlanjut pada tahap pengumpulan data yang dilakukan secara sistematis, mencakup dokumentasi teknis dan pengkajian kebutuhan fungsional sistem. Data yang terkumpul menjadi fondasi utama dalam merancang arsitektur sistem penyemprotan otomatis yang adaptif terhadap karakteristik lahan padi. Setelah sistem berhasil diwujudkan, tahap evaluasi menjadi muara dari seluruh rangkaian instrumen ini, di mana kinerja alat diuji secara kritis untuk memastikan bahwa solusi yang ditawarkan benar-benar memberikan manfaat nyata bagi produktivitas pertanian modern. Sebagaimana ditegaskan dalam konsep *smart*

farming, integrasi teknologi sensor dan sistem komunikasi data merupakan kunci utama dalam mengelola budidaya tanaman secara lebih terukur (Aji, 2024). Gambaran alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Alur penelitian
(Gambar diolah Sendiri)

3.1.1 Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap proses penyemprotan padi yang masih dilakukan secara manual di lapangan. Proses tersebut umumnya memerlukan tenaga kerja yang cukup besar serta memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi waktu dan pemerataan distribusi cairan. Hasil observasi menunjukkan adanya kesenjangan antara metode konvensional dengan potensi teknologi otomatisasi yang mampu meningkatkan efektivitas kerja. Oleh karena itu, dilakukan analisis kebutuhan pengguna, khususnya petani, untuk mengidentifikasi permasalahan utama seperti keterbatasan tenaga kerja,

ketidaktepatan waktu penyemprotan, serta kurang optimalnya kontrol terhadap penggunaan pestisida.

Selanjutnya, permasalahan yang telah diidentifikasi dirumuskan menjadi fokus penelitian, yaitu pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Penentuan batasan masalah juga dilakukan agar penelitian tetap terarah pada pengembangan sistem dalam skala prototipe dan pada komoditas padi. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pemanfaatan teknologi IoT dalam pertanian bertujuan untuk menggantikan proses manual menjadi sistem otomatis yang lebih efisien dan terkontrol (Siregar dkk., 2023)

3.1.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan untuk memperkuat landasan teoritis yang mendukung pengembangan sistem. Kajian difokuskan pada *konsep Internet of Things* yang memungkinkan perangkat fisik seperti sensor dan mikrokontroler terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Selain itu, dilakukan kajian terhadap karakteristik komponen utama seperti mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah, serta sensor suhu dan kelembapan yang digunakan sebagai input sistem.

Penelitian ini juga mengkaji metode *Research and Development* (R&D) sebagai pendekatan dalam pengembangan produk, serta menganalisis berbagai penelitian terdahulu untuk menemukan posisi penelitian (*research gap*). Konsep *smart farming* turut menjadi perhatian dalam studi literatur karena pendekatan ini

mengintegrasikan teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian. Hal ini didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa penerapan teknologi IoT dan sistem cerdas mampu menjadi solusi dalam mengatasi permasalahan efisiensi dan produktivitas di sektor pertanian (Aji, 2024). Selain itu, pengembangan sistem penyemprotan berbasis IoT juga telah terbukti mampu mengurangi beban kerja petani serta meningkatkan ketepatan dalam aplikasi pestisida (Babu dkk., 2023).

3.1.3 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam proses perancangan sistem. Data dikumpulkan melalui studi pustaka, observasi teknis, Wawancara, serta dokumentasi. Studi pustaka dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber ilmiah seperti jurnal dan buku yang relevan dengan sistem otomatisasi pertanian. Observasi teknis dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi, seperti suhu dan kelembapan, yang nantinya akan menjadi parameter dalam sistem.

Selain itu, dilakukan dokumentasi berupa pengumpulan data visual dan skema yang berkaitan dengan kondisi lapangan. Pengumpulan data juga mencakup identifikasi spesifikasi perangkat keras yang akan digunakan dalam sistem, seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menentukan kebutuhan sistem, khususnya jenis data yang harus dibaca oleh sensor sebagai input utama dalam pengambilan keputusan otomatis. Proses ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sistem IoT

memanfaatkan data sensor untuk melakukan monitoring dan pengendalian secara *real-time* (Siregar dkk., 2023).

3.1.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam proses pengembangan dan evaluasi sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Data yang dikumpulkan mencakup aspek teknis sistem serta kebutuhan pengguna di lapangan. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis agar hasil yang diperoleh dapat mendukung proses analisis, perancangan, hingga pengujian sistem secara menyeluruh.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data meliputi observasi, studi pustaka, pengujian sistem, serta penyebaran kuesioner. Observasi dilakukan untuk memahami kondisi lingkungan dan proses penyemprotan secara langsung, sedangkan studi pustaka digunakan sebagai dasar teoritis dalam pengembangan sistem. Selain itu, data teknis diperoleh melalui pengujian sistem dengan memanfaatkan sensor yang digunakan, serta kuesioner yang diberikan kepada pengguna untuk menilai kemudahan penggunaan sistem yang telah dikembangkan.

Adapun teknik yang digunakan meliputi observasi, wawancara, dan studi literatur.

1. Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi lahan pertanian serta proses penyemprotan yang dilakukan oleh petani. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran nyata terkait lingkungan pertanian, tahapan pertumbuhan tanaman padi, serta metode penyemprotan yang masih dilakukan secara manual. Data hasil observasi digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan.

Hasil pengamatan selama observasi dicatat menggunakan lembar observasi dengan aspek yang telah ditentukan. Adapun format lembar observasi disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. 2 Lembar Observasi Lahan Pertanian

No	Aspek yang diamati	Indikator	Hasil Pengamatan
1	Kondisi lahan	Lahan tanam / belum ditanami	
2	Pertumbuhan tanaman	Usia tanaman (1 minggu) dilakukan penyemprotan/pemupukan 1x	
3	Metode penyemprotan	Usia tanaman 1 bulan dilakukan penyemprotan 3-4 kali penyemprotan.	
4	Waktu penyemprotan	Usia tanaman 2 bulan penyemprotan 3-5 kali penyemprotan.	

5	Pemerataan penyemprotan	Usia tanaman 3 bulan penyemprotan 2-3 kali penyemprotan.	
---	-------------------------	--	--

(Sumber diolah sendiri)

2. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada petani sebagai pengguna untuk memperoleh informasi terkait permasalahan yang dihadapi dalam proses penyemprotan serta kebutuhan terhadap sistem yang akan dikembangkan. Teknik ini digunakan untuk menggali informasi secara langsung mengenai pengalaman, kendala, dan harapan pengguna terhadap sistem penyemprotan otomatis.

Wawancara dilakukan secara terstruktur dengan menggunakan daftar pertanyaan yang telah disusun sebelumnya. Adapun daftar pertanyaan wawancara disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. 3 Angket Analisis Kebutuhan Wawancara Petani

No	Pertanyaan
1	Seberapa sering penyemprotan dilakukan dalam satu musim tanam?
2	Luas Sawah yang saat ini Bapak/Ibu garap berapa hektar?
3	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sekali penyemprotan?
4	Apa saja kendala yang sering dialami saat melakukan penyemprotan?
5	Apakah hasil penyemprotan sudah merata pada seluruh tanaman?
6	Bagaimana pengaruh cuaca terhadap kegiatan penyemprotan?
7	Apakah Bapak/Ibu pernah menggunakan alat pertanian berbasis teknologi?
8	Apakah Bapak/Ibu menggunakan smartphone dalam aktivitas sehari-hari?

9	Apakah Bapak/Ibu tertarik jika penyemprotan dapat dikontrol melalui HP?
10	Fitur apa yang paling dibutuhkan dalam alat penyemprotan? (contoh: otomatis, hemat cairan, bisa dikontrol jarak jauh, dll)

(Sumber diolah sendiri)

Berdasarkan teknik pengumpulan data yang digunakan, diperoleh data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif yang saling melengkapi. Adapun Angket Analisis Kebutuhan Wawancara Petani pada tabel 3.3. Data tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses pengembangan sistem serta evaluasi terhadap kinerja sistem yang dihasilkan.

3.1.5 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Kedua jenis data tersebut dimanfaatkan secara terpadu untuk menunjang seluruh tahapan penelitian, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga penilaian terhadap kinerja sistem yang dikembangkan.

Data kualitatif diperoleh melalui proses observasi dan wawancara di lingkungan pertanian. Data ini berfungsi untuk memahami kondisi nyata di lapangan, mengidentifikasi kendala yang dihadapi dalam proses penyemprotan, serta mengetahui kebutuhan pengguna terhadap sistem yang akan dibuat. Informasi tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam merancang fitur dan fungsi sistem agar sesuai dengan kondisi dan kebutuhan pengguna.

Adapun data kuantitatif diperoleh dari hasil pembacaan sensor serta pengujian sistem yang telah dirancang. Data ini mencakup nilai suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah, serta hasil pengujian seperti respon sistem, kinerja aktuator, dan keberhasilan fungsi kontrol. Data kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara terukur dan memastikan bahwa sistem mampu beroperasi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

3.1.6 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data merupakan alat yang digunakan untuk memperoleh data dalam proses penelitian. Pemilihan instrumen dilakukan berdasarkan kebutuhan sistem yang dikembangkan, sehingga data yang diperoleh dapat mendukung proses analisis, perancangan, serta evaluasi sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT).

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat untuk pengumpulan data kualitatif maupun kuantitatif. Data kualitatif diperoleh menggunakan lembar observasi dan kuesioner, sedangkan data kuantitatif diperoleh melalui perangkat sensor serta aplikasi monitoring berbasis IoT. Setiap instrumen memiliki peran masing-masing dalam mendukung proses pengumpulan data secara terstruktur dan sistematis. Instrumen pengumpulan data yang digunakan disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Instrumen Pengumpulan Data

No	Instrumen	Fungsi	Keterangan
1	Lembar Observasi	Digunakan untuk mencatat kondisi lapangan dan proses penyemprotan	Observasi langsung
2	Smartphone (<i>Blynk</i>)	Menampilkan data sensor dan mengontrol sistem secara <i>real-time</i>	Monitoring IoT
3	Sensor DHT11	Mengukur suhu dan kelembaban udara	Input sistem
4	Sensor <i>Soil Moisture</i>	Mengukur kelembaban tanah	Parameter utama penyemprotan
5	Sensor DS18B20	Mengukur suhu tanah	Data pendukung
6	Kuesioner	Mengukur tingkat kemudahan penggunaan sistem	<i>Usability testing</i>

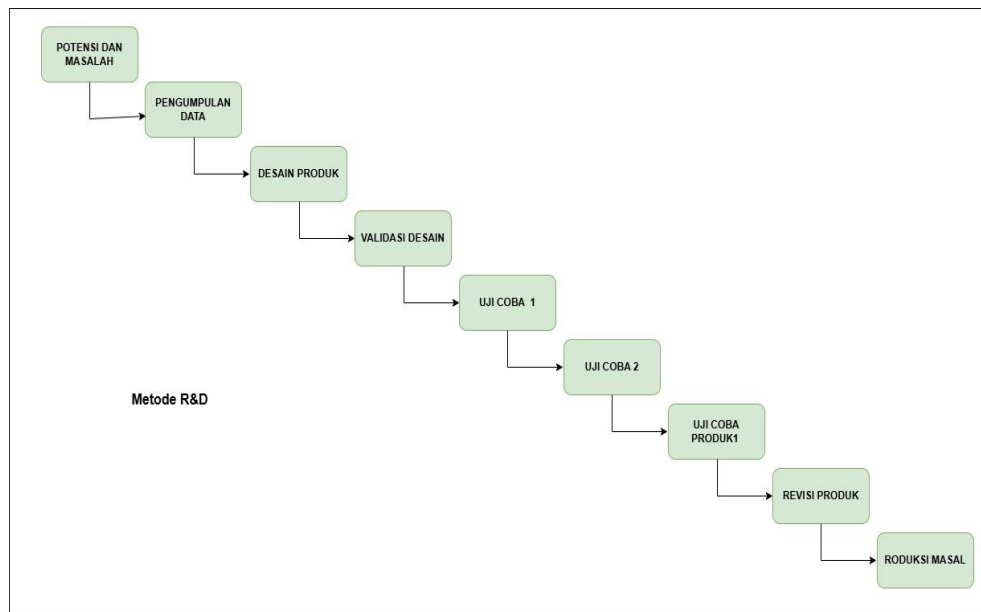
(Sumber diolah sendiri)

Berdasarkan tabel tersebut, instrumen yang digunakan telah disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang dikembangkan. Kombinasi antara instrumen kualitatif dan kuantitatif memungkinkan data yang diperoleh menjadi lebih lengkap, sehingga dapat digunakan untuk mendukung proses pengujian dan evaluasi sistem secara menyeluruh.

3.2 Model Penelitian Pengembangan *Research and Development* (R&D)

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) sebagai metode utama dalam mengembangkan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Pendekatan ini dipilih karena tidak hanya berfokus pada analisis permasalahan, tetapi juga menghasilkan produk berupa sistem yang dapat diuji dan dievaluasi secara langsung. Model R&D dalam

penelitian ini disusun secara sistematis dan disederhanakan ke dalam beberapa tahapan utama yang saling berkesinambungan, dimulai dari analisis kebutuhan hingga tahap pengujian sistem. Alur penelitian Metode RandD tersebut disajikan pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Metode RandD
(Sumber diolah sendiri)

Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengembangkan solusi berbasis teknologi yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan, khususnya dalam meningkatkan efisiensi proses penyemprotan pada tanaman padi. Dalam konteks pertanian modern, penerapan teknologi IoT menjadi salah satu solusi yang efektif dalam mengatasi permasalahan keterbatasan tenaga kerja serta meningkatkan ketepatan dalam pengelolaan lahan. Sistem berbasis IoT memungkinkan proses monitoring dan kontrol dilakukan secara otomatis dan *real-time*, sehingga dapat meningkatkan produktivitas serta efisiensi kerja petani (Aji, 2024) .

Model pengembangan dalam penelitian ini disusun dalam empat tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan pengujian.

Keempat tahapan tersebut dirancang untuk menggambarkan alur pengembangan sistem secara bertahap dan terstruktur. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kondisi lingkungan pertanian .

Selain itu, model pengembangan ini menekankan pada proses integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam satu sistem yang saling terhubung. Hal ini sejalan dengan konsep sistem IoT yang mengandalkan komunikasi data antar perangkat untuk menghasilkan sistem otomatis yang responsif terhadap kondisi lingkungan. Dengan demikian, pendekatan R&D dalam penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem penyemprotan padi otomatis yang tidak hanya inovatif, tetapi juga aplikatif dan bermanfaat secara langsung bagi pengguna (Siregar dkk., 2023).

3.2.1 Analisis kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan merupakan langkah awal dalam model pengembangan *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk mengidentifikasi seluruh komponen yang diperlukan dalam pengembangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)*. Analisis ini mencakup kebutuhan perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*) yang digunakan sebagai pendukung dalam proses perancangan, implementasi, serta pengujian sistem.

1. Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai media untuk pengembangan sistem, pemrograman mikrokontroler, serta monitoring dan pengendalian sistem berbasis IoT. Adapun perangkat lunak yang digunakan meliputi:

a. Sistem Operasi

Windows 11 Home Single Language 64-bit. Perangkat yang digunakan berupa laptop dengan prosesor AMD Ryzen 3 7320U dan memori 8GB RAM.

b. Arduino IDE

Arduino IDE digunakan sebagai perangkat lunak utama dalam proses penulisan, pengeditan, serta pengunggahan program ke mikrokontroler ESP32. Melalui *software* ini, logika sistem penyemprotan otomatis dirancang, termasuk pengolahan data sensor, pengendalian aktuator, serta komunikasi data dengan platform IoT.

c. *Blynk IoT Platform*

Blynk digunakan sebagai platform aplikasi berbasis IoT yang berfungsi untuk monitoring dan pengendalian sistem secara jarak jauh melalui perangkat smartphone. Platform ini memungkinkan pengguna untuk memantau data sensor secara *real-time* serta mengontrol proses penyemprotan melalui antarmuka aplikasi berbasis Android.

2. Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras dalam penelitian ini merupakan komponen utama yang digunakan untuk membangun sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT. Perangkat keras terdiri dari perangkat utama, perangkat pendukung, serta komponen sistem IoT, yaitu sebagai berikut:

a. Perangkat Utama

- Laptop ASUS Vivobook Go E1404FA digunakan sebagai media utama dalam proses pengembangan sistem, termasuk pemrograman, desain, dan pengujian.
- Smartphone Android digunakan sebagai media monitoring dan kontrol sistem melalui aplikasi *Blynk*.

b. Perangkat Mikrokontroler dan Modul IoT

- ESP32 DevKit sebagai pusat pengendali sistem yang berfungsi untuk memproses data sensor dan mengontrol aktuator serta menghubungkan sistem dengan jaringan internet.
- Modul relay 1 channel digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air.
- LCD 16x2 dan modul I2C digunakan sebagai media tampilan lokal untuk menampilkan data sensor secara langsung.

c. Sensor

- Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu lingkungan atau suhu tanah.

- Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara.
- *Capacitive Soil Moisture* Sensor digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah sebagai parameter utama dalam proses penyemprotan.

d. Aktuator

- Pompa air DC digunakan untuk mengalirkan cairan pestisida atau pupuk dari tangki ke tanaman.
- Nozel penyemprot digunakan untuk menyebarkan cairan secara merata ke area tanaman.
- Selang karet kecil digunakan sebagai media penyalur cairan dari pompa menuju nozel, sehingga aliran dapat berlangsung secara stabil dan terarah.

e. Perangkat Pendukung

- Kabel data USB to USB-C digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan laptop dalam proses pemrograman.
- Adaptor power 9V digunakan sebagai sumber daya untuk mengoperasikan sistem.
- Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan antar komponen dalam rangkaian.
- Botol cairan sebagai wadah penyimpanan cairan penyemprot.

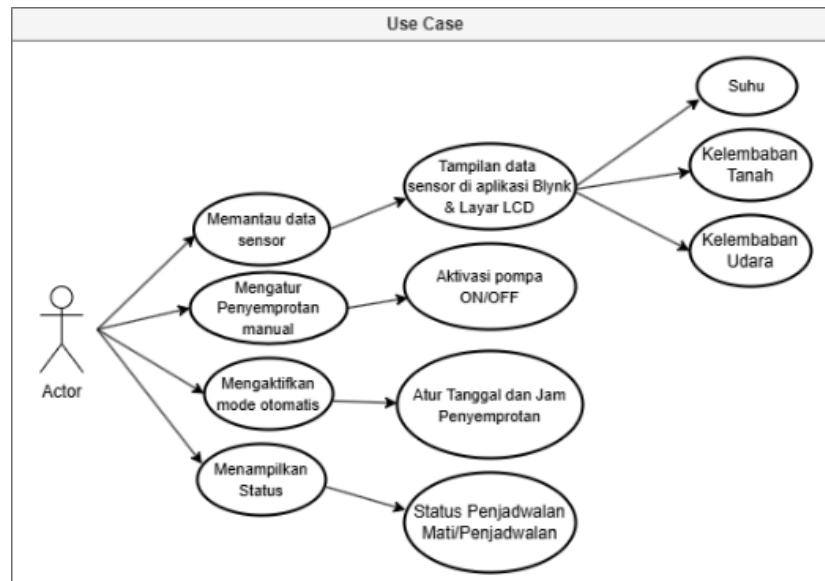
3.2.2 Perancangan dan Implementasi

Tahap perancangan dan implementasi merupakan proses inti dalam pengembangan sistem. Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem yang menggambarkan hubungan antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator dalam satu kesatuan sistem. Selain itu, dilakukan perancangan perangkat lunak berupa alur kerja sistem dalam bentuk *usecase* dan *flowchart* serta desain antarmuka aplikasi yang digunakan untuk monitoring.

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan implementasi dengan merakit perangkat keras dan mengintegrasikan seluruh komponen ke dalam satu sistem prototipe. Proses ini juga mencakup pengodean menggunakan Arduino IDE untuk mengatur logika kerja sistem. Selanjutnya, dilakukan integrasi dengan platform IoT agar data yang dihasilkan oleh sensor dapat dikirim dan dipantau secara *real-time* melalui jaringan internet. Implementasi sistem berbasis IoT memungkinkan proses monitoring dan kontrol dilakukan secara jarak jauh, sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam pengelolaan pertanian (Aji, 2024).

3.2.3 Desain

Setelah dilakukan analisis, peneliti merancang *interface* dan sistem berdasarkan kebutuhan fungsional perangkat lunak. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai tindakan yang akan diambil dan tampilan program. Pada tahap desain sistem ini, dihasilkan beberapa rancangan, termasuk *Use Case Diagram*, *Flowchart*, dan perancangan desain *interface*. Adapun *use case* aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.18.

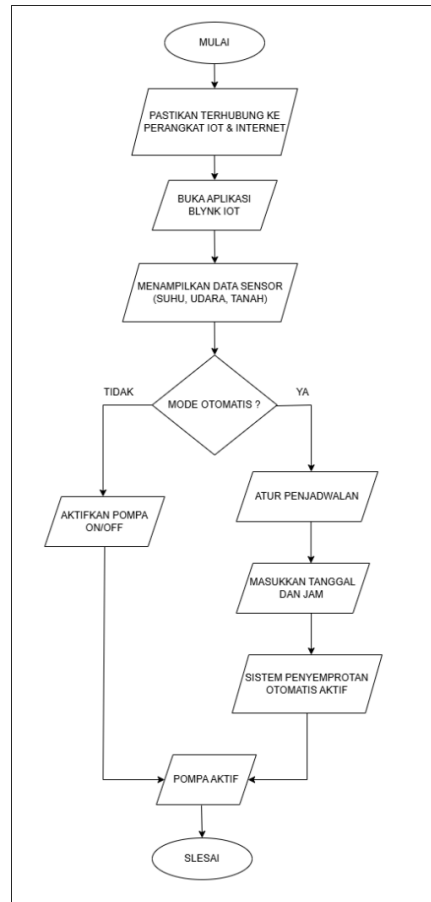


Gambar 3. 18 Use case Aplikasi
(Sumber diolah sendiri)

Penjelasan mengenai use case diagram pada gambar ini

- Pengguna membuka aplikasi *Blynk* untuk mengakses sistem penyemprotan.
- Pada aplikasi ditampilkan data sensor seperti suhu, kelembaban tanah, dan kelembaban udara.
- Pengguna memilih mode penyemprotan, yaitu manual atau penjadwalan.
- Jika memilih penjadwalan, pengguna mengatur tanggal, hari, dan jam penyemprotan.
- Sistem kemudian menampilkan status penjadwalan sebagai informasi apakah penyemprotan aktif atau tidak.

Flowchart Diagram aplikasi menggambarkan berbagai aktivitas yang dapat dilakukan oleh pengguna dalam berinteraksi dengan sistem yang dikembangkan. Diagram *Flowchart* penggunaan aplikasi tersebut disajikan pada Gambar 3.19.

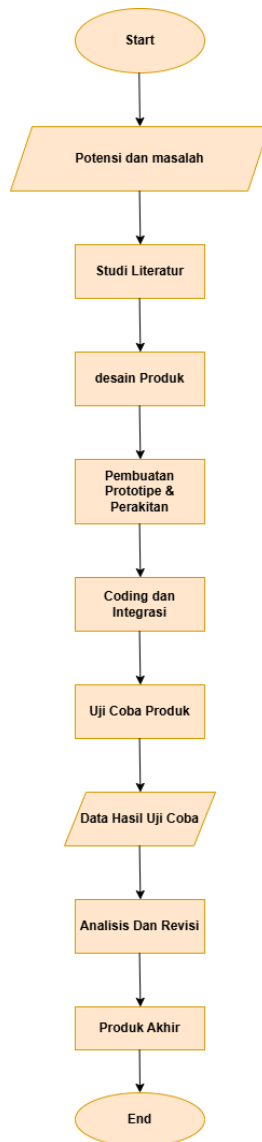


Gambar 3. 19 Flowchart penggunaan aplikasi
(Sumber diolah Sendiri)

Penjelasan mengenai *flowchart* penggunaan aplikasi pada gambar

- Inisialisasi Sistem Memastikan perangkat IoT terhubung dengan internet, kemudian membuka aplikasi *Blynk* untuk menampilkan data sensor (suhu, udara, dan tanah).
- Pemilihan Mode Operasi Pengguna memilih mode penggunaan, yaitu manual atau otomatis sesuai kebutuhan.
- Mode Manual Jika memilih manual, pengguna dapat langsung mengontrol pompa (ON/OFF) melalui aplikasi.
- Mode Otomatis Jika memilih otomatis, pengguna mengatur jadwal dengan memasukkan tanggal dan jam penyemprotan.

- e. Eksekusi Sistem Pompa akan aktif sesuai perintah manual atau jadwal otomatis yang telah ditentukan.
- f. Selesai Proses berakhir setelah sistem menjalankan perintah penyemprotan.



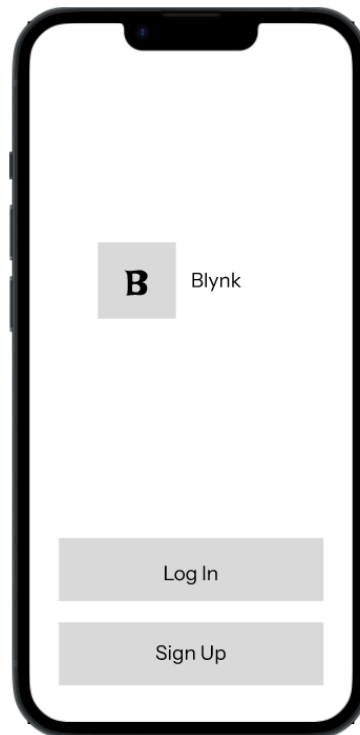
Gambar 3. 20 Flowchart pengembangan alat IoT
(Sumber diolah sendiri)

Berikut penjelasan dari *flowchart* pengembangan alat penyemprotan padi berbasis IoT:

1. Potensi dan Masalah Mengidentifikasi kebutuhan petani serta permasalahan penyemprotan manual (tidak efisien, tidak merata, dan memakan waktu).

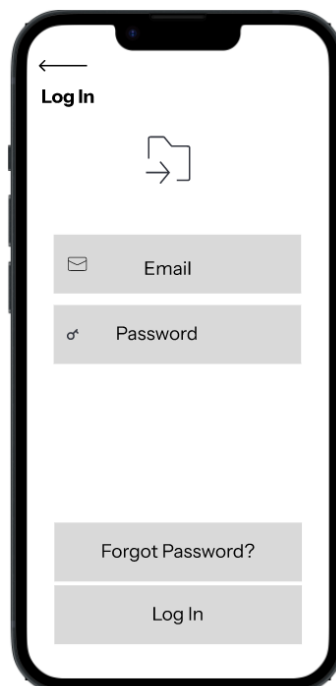
2. Studi Literatur Mengkaji teori, teknologi IoT, sensor, serta penelitian terkait sebagai dasar perancangan alat.
3. Desain Produk Merancang sistem alat meliputi hardware (pompa, sensor, mikrokontroler) dan *software* (program IoT).
4. Pembuatan Prototipe & Perakitan Membangun alat sesuai desain dan mengintegrasikan semua komponen.
5. Coding dan Integrasi Mengembangkan program serta menghubungkan alat dengan sistem IoT (monitoring/kontrol jarak jauh).
6. Uji Coba Produk Menguji fungsi alat di kondisi nyata untuk memastikan kinerja sesuai tujuan.
7. Data Hasil Uji Coba Mengumpulkan data performa alat (efisiensi, akurasi semprot, respons sistem).
8. Analisis dan Revisi Mengevaluasi hasil uji dan melakukan perbaikan jika ditemukan kekurangan.
9. Produk Akhir Menghasilkan alat penyemprotan padi IoT yang siap digunakan.

Wireframe dibuat sebagai rancangan awal antarmuka aplikasi yang menggambarkan tata letak komponen dan alur navigasi sebelum proses implementasi dilakukan. Adapun *wireframe* aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.21.



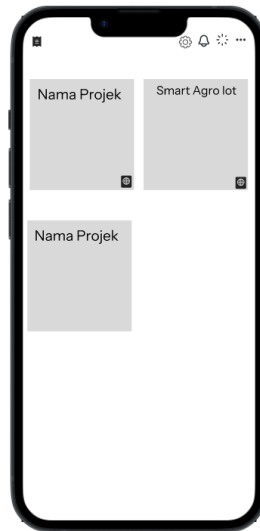
Gambar 3. 21 Menu utama untuk login awal user
(Sumber diolah Sendiri)

Halaman Awal (*Welcome Screen*) Menampilkan aplikasi *Blynk* dengan pilihan Log In dan Sign Up untuk masuk atau mendaftar ke sistem.



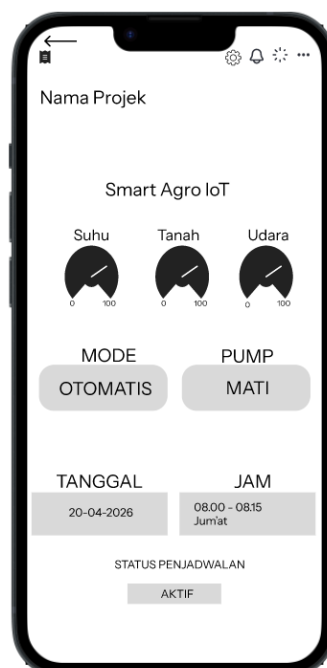
Gambar 3. 22 Menu utama untuk login awal user
(Sumber diolah Sendiri)

Halaman Login Pengguna memasukkan email dan password untuk mengakses aplikasi serta fitur kontrol IoT.



Gambar 3. 23 Tampilan Library Projek
(Sumber diolah Sendiri)

Halaman Dashboard Proyek Menampilkan daftar proyek IoT (seperti *Smart Agro IoT*) yang digunakan untuk monitoring dan kontrol sistem penyemprotan otomatis.

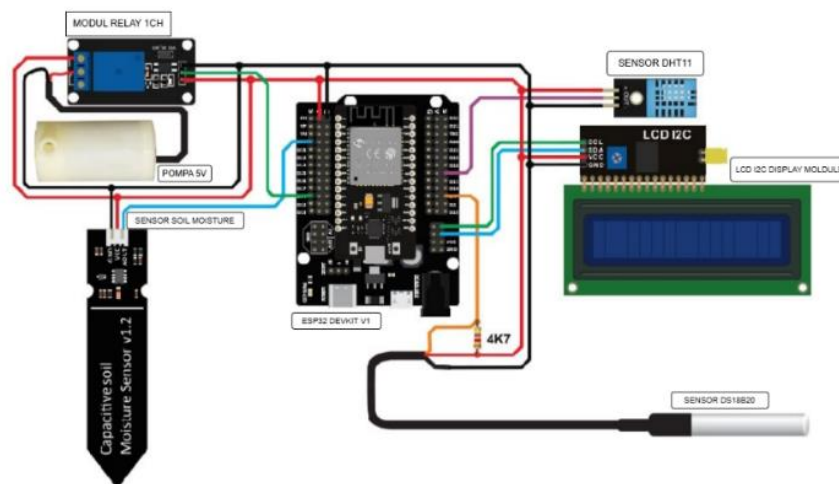


Gambar 3. 24 Rancangan desain *interface* monitoring
(Sumber diolah Sendiri)

Berdasarkan Gambar 3.22 yang menampilkan menu utama untuk login awal pengguna, Gambar 3.23 yang memperlihatkan tampilan *library project*, serta Gambar 3.24 mengenai rancangan antarmuka sistem monitoring, pengguna dapat mengakses dan memantau berbagai parameter, seperti suhu, kelembapan tanah, dan kondisi udara secara *real-time*. Selain itu, antarmuka tersebut juga dilengkapi dengan fitur penjadwalan penyemprotan dan pengaturan mode pompa sehingga proses otomatisasi pada lahan pertanian dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien.

3.2.4 Implementasi

Tahap implementasi merupakan fase realisasi dari hasil perancangan sistem ke dalam bentuk sistem yang dapat dioperasikan secara nyata. Pada tahap ini, seluruh komponen yang telah dirancang sebelumnya, baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*), diintegrasikan untuk membentuk sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang fungsional.



Bord Gambar 3. 25 Skematik Desain Rancangan Bord
(Sumber diolah sendiri)

Implementasi perangkat keras dilakukan melalui proses perakitan komponen utama yang meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem, sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara, sensor *soil moisture* untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, serta sensor DS18B20 untuk membaca suhu. Skematik desain rancangan board ditunjukkan pada Gambar 3.25. Selain itu, digunakan modul relay sebagai saklar elektronik untuk mengontrol pompa air yang berfungsi sebagai aktuator penyemprotan. Seluruh komponen tersebut dirangkai sesuai dengan skema yang telah dirancang sehingga mampu bekerja secara terintegrasi dalam satu sistem. Penggunaan sensor dalam sistem ini memungkinkan pengambilan data lingkungan secara akurat sebagai dasar pengambilan keputusan otomatis (Aziza dkk., 2022).

Pada sisi perangkat lunak, implementasi dilakukan dengan mengembangkan program pada mikrokontroler ESP32 yang bertugas untuk mengolah data dari sensor, mengirimkan informasi ke platform IoT, serta mengendalikan proses penyemprotan. Sistem ini dirancang agar mampu bekerja dalam dua mode, yaitu otomatis berdasarkan kondisi lingkungan dan manual berdasarkan kendali

pengguna. Integrasi dengan platform IoT memungkinkan sistem untuk beroperasi secara jarak jauh dan *real-time*, yang merupakan salah satu karakteristik utama dalam konsep smart farming berbasis IoT (Zulhajji dkk., 2022).

Selanjutnya, sistem dihubungkan dengan aplikasi *Blynk* sebagai antarmuka pengguna. Melalui aplikasi tersebut, pengguna dapat memantau parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban, serta melihat status kerja sistem secara langsung. Selain itu, pengguna juga diberikan fleksibilitas dalam mengontrol sistem melalui dua mode operasi, yaitu mode manual dan mode penjadwalan. Mode manual memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa secara langsung, sedangkan mode penjadwalan memberikan kemampuan untuk mengatur waktu operasional penyemprotan secara otomatis sesuai kebutuhan.

Dengan dilaksanakannya tahap implementasi ini, sistem yang telah dirancang tidak hanya menjadi konsep, tetapi telah diwujudkan dalam bentuk prototipe yang dapat diuji secara langsung. Tahap ini menjadi dasar untuk melakukan pengujian sistem guna mengevaluasi kinerja, keandalan, serta efektivitas sistem dalam mendukung proses penyemprotan padi yang lebih efisien dan terkontrol.

3.3 Pengujian Sistem

Proses pengembangan sistem dilakukan secara bertahap agar setiap langkah memiliki landasan yang jelas sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya. Dalam proses ini, integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak menjadi aspek penting dalam membangun sistem berbasis IoT yang saling terhubung. Tahapan yang disusun secara sistematis bertujuan untuk menghasilkan sistem yang tidak

hanya berjalan dengan baik, tetapi juga efisien serta dapat diterapkan pada kondisi nyata di bidang pertanian (Siregar dkk., 2023).

Pada tahap akhir, sistem yang telah dikembangkan selanjutnya diuji untuk mengetahui kinerjanya. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk memverifikasi bahwa setiap fungsi berjalan sesuai dengan rancangan. Selain itu, dilakukan *usability testing* untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan sistem dari sudut pandang pengguna. Melalui kedua metode tersebut, diharapkan sistem yang dihasilkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga mudah digunakan dan sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

3.3.1 *Blackbox Testing*

Blackbox testing merupakan metode pengujian yang dilakukan dengan menguji fungsi sistem berdasarkan input dan output tanpa memperhatikan struktur internal program. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur dalam sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Pada sistem ini, pengujian dilakukan terhadap beberapa komponen utama, seperti pembacaan sensor, pengendalian pompa, serta sistem monitoring dan kontrol melalui aplikasi *Blynk*. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan output yang diharapkan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem. Berikut adalah tabel 3.5 pengujian *Blackbox testing*:

Tabel 3. 5 Rencana Pengujian *Blackbox Testing*

No	Fitur yang di uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Koneksi Sistem	Apakah sistem IoT dapat terhubung dengan jaringan internet dengan baik?	
2	Sensor Suhu	Apakah sensor suhu (DS18B20/DHT11) dapat menampilkan data dengan benar?	
3	Sensor Kelembaban Tanah	Apakah sensor <i>soil moisture</i> membaca kondisi tanah dengan akurat?	
4	Sensor Kelembaban Udara	Apakah data kelembaban udara tampil dengan benar pada aplikasi?	
5	Tampilan LCD	Apakah data sensor dapat ditampilkan pada LCD dengan jelas?	
6	Aplikasi <i>Blynk</i>	Apakah aplikasi dapat menampilkan data secara <i>real-time</i> ?	
7	Kontrol Manual	Apakah tombol ON/OFF pompa pada aplikasi berfungsi dengan baik?	
8	Mode Otomatis	Apakah sistem dapat melakukan penyemprotan otomatis sesuai kondisi sensor?	
9	Penjadwalan	Apakah fitur penjadwalan penyemprotan berjalan sesuai waktu yang ditentukan?	
10	Relay & Pompa	Apakah pompa aktif saat mendapat perintah dari sistem?	
11	Respon Sistem	Apakah sistem merespon perintah dengan cepat?	

12	Integrasi Sistem	Apakah seluruh komponen (sensor, mikrokontroler, aplikasi) bekerja terintegrasi?	
----	------------------	--	--

(Sumber diolah sendiri)

3.4 Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kinerja sistem yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *blackbox* untuk memastikan bahwa setiap fungsi dalam sistem berjalan sesuai dengan rancangan. Selain itu, dilakukan pengujian akurasi sensor untuk mengetahui tingkat ketepatan data yang dihasilkan dibandingkan dengan kondisi aktual di lapangan.

Evaluasi juga mencakup *usability testing* untuk menilai kemudahan penggunaan sistem oleh pengguna, khususnya dalam mengoperasikan aplikasi monitoring. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kinerja sistem, seperti kecepatan respon aktuator dalam merespon perubahan data dari sensor. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan sistem sehingga diperoleh produk akhir yang lebih andal. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya tahap pengujian dalam memastikan sistem IoT dapat berfungsi secara optimal dan memberikan manfaat nyata bagi pengguna (Siregar dkk., 2023).

Sebagai kerangka kerja utama, penelitian ini mengadopsi model *Research and Development* (R&D). Pemilihan metode ini didasari oleh karakteristik penelitian yang tidak hanya bertujuan untuk menciptakan sebuah prototipe, tetapi juga untuk memvalidasi kelayakan produk tersebut melalui pengujian yang ketat.

Model R&D memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara berkelanjutan, di mana setiap tahapan memberikan ruang untuk penyempurnaan hingga tercipta sebuah produk akhir yang optimal dan aplikatif di sektor pertanian.

3.4.1 *Usability Testing*

Usability testing dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kemudahan penggunaan, pemahaman, dan penerimaan sistem dari sudut pandang pengguna. Dalam penerapannya, penelitian *usability* dapat menggunakan jumlah partisipan yang relatif kecil sesuai dengan tujuan pengujian dan karakteristik pengguna (Clausen dkk., 2024). menggunakan target 5–7 pengguna pada setiap putaran pengujian *usability*, sedangkan (Grieve dkk., 2025). melibatkan 7 peserta dalam pengujian *usability* aplikasi. Berdasarkan pertimbangan tersebut serta kesesuaian karakteristik responden dengan pengguna sasaran sistem, penelitian ini melibatkan 7 responden yang merupakan petani. Responden diminta mencoba sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), kemudian memberikan penilaian berdasarkan pengalaman penggunaan sistem.

Penilaian dilakukan menggunakan kuesioner dengan skala Likert lima tingkat untuk memperoleh tanggapan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan. Penggunaan jumlah responden dalam pengujian *usability* pada dasarnya dapat disesuaikan dengan tujuan penelitian dan karakteristik sistem yang diuji, sehingga tidak terdapat satu ketentuan jumlah partisipan yang berlaku untuk seluruh jenis *usability testing*. Kuesioner digunakan untuk menilai beberapa aspek sistem, meliputi kemudahan penggunaan, tampilan aplikasi, kemudahan monitoring, fungsi kontrol, serta kemampuan sistem dalam membantu proses penyemprotan. Skala

Likert digunakan untuk mengukur tanggapan pengguna berdasarkan tingkat persetujuan terhadap pernyataan yang diberikan (Jebb dkk., 2021).

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dikembangkan tidak hanya dapat berfungsi secara teknis, tetapi juga mudah dipahami, digunakan, dan diterima oleh pengguna sasaran di lapangan. Penilaian pengguna terhadap sistem menjadi salah satu pertimbangan dalam mengetahui tingkat keberterimaan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT (Bantaika dkk., 2024). Hasil kuesioner selanjutnya digunakan untuk mengetahui tingkat penilaian pengguna terhadap sistem berdasarkan aspek *usability* yang telah ditentukan. Berikut merupakan rencana kuesioner *usability testing* yang digunakan dalam penelitian ini, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Rencana Kuesioner *Usability Testing*

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan					
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami					
3	Sistem membantu proses penyemprotan					
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik					
5	Monitoring data mudah dilakukan					
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik					
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan					

(Sumber diolah sendiri)

Keterangan Skala Linkert :

Tabel 3. 7 Skor Penilaian Skala Likert

Singkatan	Arti	Skor
SS	Sangat Setuju	5
S	Setuju	4
RG	Ragu-Ragu	3
TS	Tidak Setuju	2
STS	Sangat Tidak Setuju	1

Sumber: Rezeki Barokah, 2022

Untuk menghitung hasil *usability testing*, digunakan rumus persentase sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil persentase kemudian dikategorikan untuk menentukan tingkat kelayakan sistem.

Secara keseluruhan, hasil *usability testing* digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem penyemprotan padi otomatis yang dikembangkan. Pengujian yang dilakukan kepada 7 responden petani diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kemudahan penggunaan, pemahaman terhadap tampilan, kemudahan monitoring, fungsi kontrol pompa, serta kelayakan sistem untuk digunakan dalam membantu proses penyemprotan padi.

3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area lahan pertanian yang berada di Desa Sumberanyar, Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada kesesuaian kondisi lingkungan dengan kebutuhan pengujian sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), sehingga sistem yang dikembangkan dapat diuji pada kondisi yang mendekati situasi nyata di lapangan.

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama periode Februari hingga Juni 2026. Rentang waktu tersebut mencakup seluruh tahapan penelitian, mulai dari proses perancangan, pembuatan prototipe, hingga pengujian sistem untuk memastikan kinerja dan fungsi alat dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian dan pengembangan *Research and Development (R&D)* pada penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat bekerja secara otomatis maupun dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*. Sistem dikembangkan dengan menggunakan ESP32 DevKit sebagai pusat pengendali utama yang terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembaban udara, sensor DS18B20 untuk mendeteksi suhu, serta *capacitive soil moisture sensor* untuk mengukur tingkat kelembaban tanah. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan LCD 16x2 berbasis I2C sebagai media tampilan data sensor secara langsung, relay 1 channel sebagai pengendali arus listrik, serta pompa DC mini yang berfungsi sebagai aktuator penyemprotan cairan. Seluruh komponen berhasil dirangkai dan diintegrasikan sesuai dengan desain sistem sehingga mampu membentuk prototipe penyemprotan otomatis yang dapat bekerja secara terstruktur dan responsif terhadap kondisi lingkungan. Berdasarkan hasil implementasi, ESP32 mampu menerima data dari sensor, memproses data tersebut, kemudian mengirimkan informasi ke aplikasi IoT secara *real-time* melalui jaringan internet.

Sistem yang dikembangkan juga berhasil menjalankan proses penyemprotan secara otomatis dan terkontrol sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Ketika sensor mendeteksi kondisi tertentu, data akan diproses oleh ESP32 untuk

mengaktifkan relay sehingga pompa DC menyala dan cairan penyemprot dialirkan melalui selang menuju nozzle penyemprotan. Selain mode otomatis, sistem juga mendukung pengendalian manual melalui aplikasi *Blynk* sehingga pengguna dapat mengaktifkan maupun menghentikan proses penyemprotan dari smartphone tanpa harus berada langsung di area persawahan. Data hasil pembacaan sensor seperti suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah berhasil ditampilkan pada LCD maupun aplikasi monitoring secara *real-time*. Berdasarkan hasil pengembangan dan implementasi yang telah dilakukan, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT menggunakan metode *Research and Development* (R&D) berhasil dibuat dan mampu bekerja dengan baik sebagai solusi pendukung pertanian modern yang lebih efisien, praktis, dan terintegrasi dengan teknologi digital.

4.1.1 Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung dengan petani untuk mengetahui kondisi penyemprotan padi yang dilakukan di lapangan serta kebutuhan pengguna terhadap sistem yang akan dikembangkan. Berdasarkan hasil wawancara, kegiatan penyemprotan dilakukan secara rutin pada setiap musim tanam, dengan intensitas lebih sering pada musim hujan dibandingkan musim kemarau. Proses penyemprotan pada lahan seluas sekitar 500 m² membutuhkan waktu kurang lebih dua jam untuk satu kali penyemprotan sehingga pekerjaan tersebut dinilai cukup memerlukan tenaga dan waktu yang besar.

Pengumpulan Data (Wawancara) Untuk analisis kebutuhan Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama Petani : Bapak Supake
 Hari/Tanggal : Jum'at / 1 Mei 2026

No	Pertanyaan
1	Seberapa sering penyemprotan dilakukan dalam satu musim tanam? Jika musim kemarau dilakukan 6x semprotan, jika musim hujan 7-8x semprot.
2	Luas Sawah yang saat ini Bapak/Ibu garap berapa hektar? 500 m ²
3	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sekali penyemprotan? Sekali semprot ± 2 jam
4	Apa saja kendala yang sering dialami saat melakukan penyemprotan? Kadang-kadang nozel penyemprotan tidak lancar, hasil tidak merata, cuaca
5	Apakah hasil penyemprotan sudah merata pada seluruh tanaman? Jika ingin merata menghampiri lahan/posisi yang sulit dijangkau dan membutuhkan stick semprot panjang.
6	Bagaimana pengaruh cuaca terhadap kegiatan penyemprotan? Jika terkena penyemprotan tidak efektif / obat terbuang.
7	Apakah Bapak/Ibu pernah menggunakan alat pertanian berbasis teknologi? Tidak pernah, tetapi pernah melihat di televisi
8	Apakah Bapak/Ibu menggunakan smartphone dalam aktivitas sehari-hari? Iya, digunakan untuk hal biasa saja.
9	Apakah Bapak/Ibu tertarik jika penyemprotan dapat dikontrol melalui HP? Iya, tertarik karena petani juga ingin maju
10	Fitur apa yang paling dibutuhkan dalam alat penyemprotan? Manajemen cuaca, hemat pemakaian obat, tidak ribet untuk langsung turun ke sawah.

**Gambar 4. 26 Hasil Jawaban wawancara petani
(Sumber diolah sendiri)**

Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa proses penyemprotan manual masih memiliki beberapa kendala, seperti hasil semprotan yang kurang merata, aliran nozel yang terkadang tidak stabil, serta pengaruh cuaca yang menyebabkan cairan pestisida menjadi kurang efektif. Selain itu, petani harus menjangkau area tertentu secara langsung agar penyemprotan dapat merata ke seluruh tanaman.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa metode penyemprotan konvensional masih memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan efektivitas kerja di lahan pertanian. Hasil jawaban wawancara petani ditunjukkan pada Gambar 4.26. Berikut dokumentasi hasil wawancara dengan petani pada Gambar 4. 27.



Gambar 4. 27 Wawancara dengan petani
(Sumber diolah Sendiri)

4.1.2 Hasil Desain Produk

Hasil desain produk pada penelitian ini berupa rancangan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT yang menggunakan ESP32 DevKit sebagai pusat kendali sistem. Desain sistem mengintegrasikan sensor DHT11, sensor DS18B20, *capacitive soil moisture sensor*, relay, pompa DC, LCD I2C, dan aplikasi *Blynk* untuk mendukung proses monitoring serta pengendalian penyemprotan secara otomatis dan *real-time*.

a. Desain UI pada Aplikasi *Blynk*

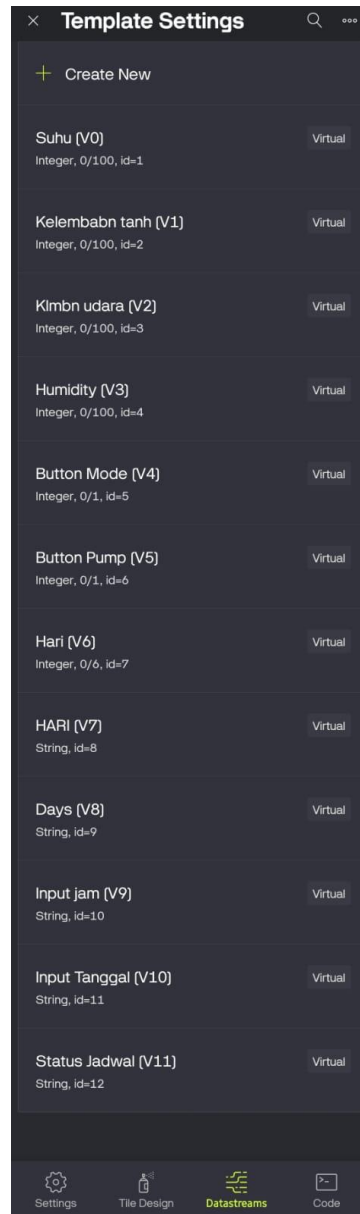
Hasil desain produk pada penelitian ini berupa tampilan antarmuka sistem monitoring dan kontrol penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan aplikasi *Blynk*. Tampilan aplikasi dirancang agar pengguna dapat memantau kondisi sistem secara *real-time* melalui smartphone. Pada halaman utama aplikasi ditampilkan informasi suhu, kelembaban tanah, kelembaban udara, mode sistem, status pompa, jadwal penyemprotan, serta waktu dan tanggal penggunaan sistem. Desain antarmuka dibuat sederhana agar mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna. Tampilan monitoring *Blynk* ditunjukkan pada Gambar 4.28.

- Tampilan UI aplikasi *Blynk*



Gambar 4. 28 UI Tampilan Monitoring *Blynk*
(Sumber Diolah Sendiri)

- List *Datastreams* yang di gunakan



Gambar 4. 29 datastreams *Blynk*
(Sumber Diolah Sendiri)

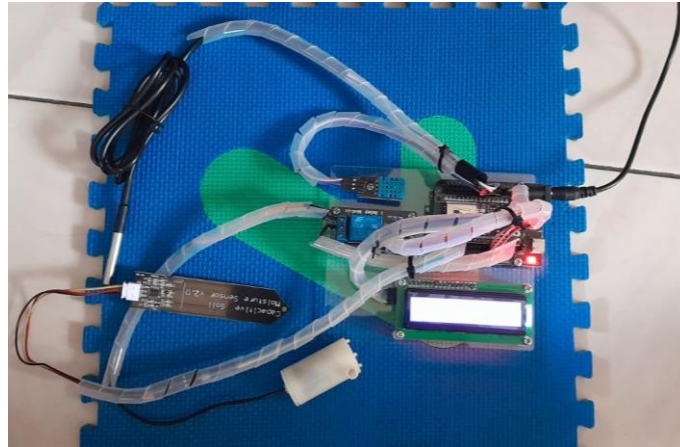
Selain menampilkan data monitoring, aplikasi juga dilengkapi fitur kontrol manual untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa penyemprotan dari jarak jauh. Sistem menggunakan beberapa virtual pin pada platform *Blynk* sebagai media komunikasi data antara mikrokontroler dan aplikasi. Penggunaan fitur tersebut memungkinkan proses monitoring dan pengendalian sistem berjalan secara

terintegrasi melalui jaringan internet. Dengan adanya tampilan monitoring secara langsung, pengguna dapat mengetahui kondisi alat tanpa harus berada di area persawahan. Konfigurasi datastreams *Blynk* ditunjukkan pada Gambar 4.29.

Berdasarkan hasil implementasi desain, antarmuka aplikasi dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Data sensor dapat ditampilkan pada aplikasi dan fitur kontrol pompa dapat digunakan dengan baik melalui smartphone. Tampilan sistem yang sederhana serta penggunaan kontrol berbasis mobile diharapkan dapat membantu petani dalam melakukan penyemprotan secara lebih praktis, efisien, dan mudah dioperasikan.

b. Hasil Pembuatan *Hardware* alat

Hasil pembuatan *hardware* pada penelitian ini berupa prototype sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang menggunakan beberapa komponen utama, seperti mikrokontroler ESP32, pompa air mini DC, selang penyemprotan, nozzle, LCD, adaptor daya, serta sensor pendukung lainnya. Seluruh komponen dirakit menjadi satu sistem yang saling terhubung sehingga dapat menjalankan proses monitoring dan penyemprotan secara otomatis maupun manual melalui aplikasi mobile. Tampilan hardware alat yang telah dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4. 30 Hardware alat
(Sumber Diolah Sendiri)



Gambar 4. 31 Prototipe alat
(Sumber Diolah Sendiri)

Pada tahap implementasi, pompa air digunakan untuk mengalirkan cairan penyemprot menuju nozzle melalui selang yang telah dipasang pada sistem. LCD digunakan sebagai media tampilan informasi kondisi alat secara langsung, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sekaligus penghubung sistem dengan platform IoT. Perakitan *hardware* dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan sistem agar proses penyemprotan dapat berjalan lebih praktis dan mudah digunakan pada area pertanian.

Berdasarkan hasil pengujian awal, *hardware* yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Pompa dapat diaktifkan dan dihentikan melalui sistem kontrol, aliran cairan dapat keluar melalui nozzle, serta komunikasi data dengan aplikasi monitoring dapat berjalan dengan baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rancangan *hardware* yang dikembangkan telah mendukung proses otomatisasi penyemprotan padi berbasis IoT secara efektif dan terintegrasi. Prototipe alat yang telah dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 4.31.

c. *Source Code* sistem

Source code pada sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dibuat menggunakan bahasa pemrograman *C++* pada mikrokontroler ESP32 Devkit. Program dirancang untuk menghubungkan sensor suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah dengan aplikasi *Blynk* sehingga data dapat dipantau secara *real-time* melalui smartphone. Selain itu, sistem juga dikembangkan untuk mengontrol pompa penyemprotan secara otomatis maupun manual, Pengkodean ini dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE potongan code di tunjukkan pada Gambar 4. 32.

```

// 1. LOGIKA JADWAL (Hanya jika Mode V4 Aktif / Posisi ON)
if (modeJadwal == 1) {
  if (day() == targetDay && month() == targetMonth && year() == targetYear &&
      hour() == targetHour && minute() == targetMinute) {

    if (!isScheduledRunning) {
      digitalWrite(pump, LOW); // ON
      isScheduledRunning = true;
      Blynk.virtualWrite(V11, "Aktif (Menyiram...)");
      Blynk.setProperty(V11, "color", "#23C48E");
      lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("ON ");
      Serial.println(">>> JADWAL AKTIF: POMPA ON");
    }
  }
  else if (isScheduledRunning && minute() != targetMinute) {
    digitalWrite(pump, HIGH); // MATI
    isScheduledRunning = false;
    Blynk.virtualWrite(V11, "Tidak Aktif");
    Blynk.setProperty(V11, "color", "#D3435C");
    lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("OFF");
    Serial.println(">>> JADWAL SELESAI: POMPA OFF");
  }
}

// 2. LOGIKA OTOMATIS (V3)
if (sistem == 1 && modeJadwal == 0 && !isScheduledRunning) {
  if ((soilmoist < SP_LOW) && (fp == 0)) {
    digitalWrite(pump, LOW);
    lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("ON ");
    fp = 1;
  } else if ((soilmoist > SP_HIGH) && (fp == 1)) {
    digitalWrite(pump, HIGH);
    lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("OFF");
    fp = 0;
  }
}
}

```

Gambar 4. 32 Coding Logika Penjadwalan Otomatis
(Sumber diolah Sendiri)

Pada proses pemrograman, sistem dilengkapi logika kontrol berdasarkan kelembaban tanah dan penjadwalan waktu penyemprotan. Ketika nilai kelembaban berada di bawah batas yang ditentukan, pompa akan aktif secara otomatis, sedangkan pompa akan berhenti ketika kondisi tanah kembali sesuai. Sistem juga memanfaatkan fitur penjadwalan waktu sehingga proses penyemprotan dapat dilakukan sesuai waktu yang telah diatur pengguna melalui aplikasi.

Berdasarkan hasil implementasi program, komunikasi antara ESP32, sensor, LCD, dan aplikasi monitoring dapat berjalan dengan baik. Data sensor berhasil ditampilkan secara *real-time*, sedangkan fitur kontrol pompa mampu bekerja sesuai perintah yang diberikan melalui aplikasi maupun sistem otomatis. Hal tersebut

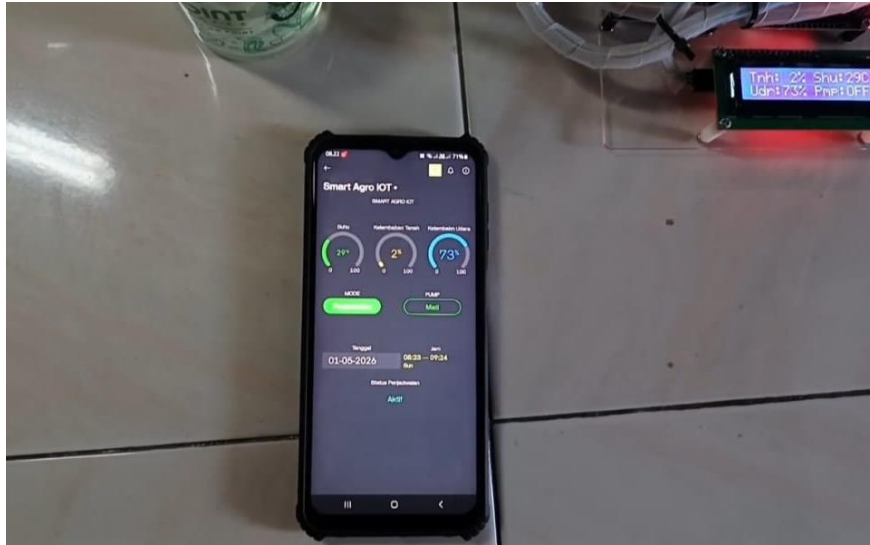
menunjukkan bahwa *source code* yang dikembangkan telah mendukung fungsi monitoring dan pengendalian sistem penyemprotan berbasis IoT secara terintegrasi.

4.1.3 Hasil Uji Coba Produk

Hasil uji coba produk dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam menjalankan fungsi monitoring dan penyemprotan secara langsung. Pengujian dilakukan menggunakan media air sebagai simulasi cairan penyemprot dengan memanfaatkan koneksi internet dan aplikasi monitoring pada smartphone. Pada tahap ini seluruh komponen sistem, seperti sensor, pompa, nozzle, dan mikrokontroler ESP32 diuji secara terintegrasi. Proses pengujian alat terhadap sensor dan air ditunjukkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4. 33 Pengujian alat terhadap sensor dan air
(Sumber diolah sendiri)



Gambar 4. 34 Tampilan UI *Blynk*
(Sumber diolah sendiri)

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu membaca data sensor dan menampilkan informasi kondisi lingkungan secara *real-time* pada aplikasi *Blynk*. Selain itu, pompa penyemprotan dapat dikendalikan melalui mode manual maupun otomatis sesuai pengaturan yang telah dibuat pada sistem. Aliran air dari pompa menuju nozzle juga dapat berjalan dengan baik sehingga proses penyemprotan dapat dilakukan sesuai fungsi yang direncanakan. Tampilan antarmuka tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.34.

Dari hasil implementasi tersebut dapat diketahui bahwa sistem yang dikembangkan telah bekerja sesuai rancangan awal. Komunikasi data antara perangkat keras dan aplikasi monitoring berjalan stabil, sedangkan proses kontrol pompa dapat dilakukan dengan lebih praktis melalui smartphone. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT memiliki potensi untuk membantu proses penyemprotan pertanian menjadi lebih efektif dan efisien.

4.1.4 Hasil Produk Akhir

Hasil produk akhir pada penelitian ini berupa sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dirakit dan dikemas menjadi satu perangkat yang siap digunakan di area persawahan. Sistem terdiri dari beberapa komponen utama, seperti mikrokontroler ESP32, sensor, LCD, pompa air mini, selang penyemprotan, nozzle, serta catu daya yang ditempatkan pada wadah pelindung agar lebih aman dan mudah dibawa. Perangkat dirancang agar seluruh komponen dapat terintegrasi dengan baik sehingga proses monitoring dan penyemprotan dapat dilakukan secara lebih praktis melalui aplikasi pada smartphone.



Gambar 4. 35 *Hardware* Alat Sudah di Kemas
(Sumber diolah Sendiri)

Produk akhir kemudian diuji langsung di area persawahan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam kondisi penggunaan nyata. *Hardware* alat yang telah dikemas ditunjukkan pada Gambar 4.35. Berdasarkan hasil implementasi, alat mampu melakukan proses penyemprotan air melalui nozzle dengan baik serta dapat dikontrol menggunakan sistem IoT yang telah dikembangkan. Pengujian di lapangan juga menunjukkan bahwa perangkat dapat membantu proses penyemprotan menjadi lebih mudah dan efisien dibandingkan metode manual.

Dengan demikian, hasil akhir pengembangan menunjukkan bahwa sistem yang dibuat telah sesuai dengan tujuan penelitian dan dapat digunakan sebagai media pendukung penyemprotan padi berbasis teknologi.



Gambar 4. 36 Pengujian di Sawah
(Sumber diolah Sendiri)

Pengujian lapangan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi monitoring dan penyemprotan pada area persawahan. Adapun proses pengujian di sawah dapat dilihat pada Gambar 4.36.

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat kinerja dan keberhasilan sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan terhadap seluruh fungsi utama sistem, meliputi pembacaan sensor, koneksi internet, kontrol pompa, tampilan monitoring, serta integrasi antara perangkat keras dan aplikasi. Pada tahap ini, sistem diuji menggunakan metode *Blackbox Testing* dan *usability testing* guna memastikan bahwa setiap fitur dapat berjalan sesuai dengan tujuan perancangan

serta mudah digunakan oleh pengguna. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat fungsionalitas, efektivitas, dan kelayakan sistem yang dikembangkan.

4.2.1 Hasil Pengujian Sistem menggunakan *Blackbox Testing*

Pengujian sistem menggunakan metode *Blackbox Testing* dilakukan untuk mengetahui apakah setiap fungsi pada sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berjalan sesuai dengan rancangan yang dibuat. Pengujian difokuskan pada fungsi utama sistem tanpa melihat struktur program secara langsung, melainkan berdasarkan input dan output yang dihasilkan. Dari hasil pengujian diketahui bahwa sistem berhasil terhubung dengan jaringan internet dan mampu menampilkan data sensor suhu, kelembaban tanah, serta kelembaban udara dengan baik pada aplikasi *Blynk* maupun LCD. Selain itu, fitur kontrol manual pada pompa dapat dijalankan melalui aplikasi dan menghasilkan respon sesuai perintah pengguna.

Angket Hasil Pengujian menggunakan metode Blackbox Testing
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

No	Fitur yang di uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Koneksi Sistem	Apakah sistem IoT dapat terhubung dengan jaringan internet dengan baik?	Ya, Sistem dapat terhubung dengan Internet
2	Sensor Suhu	Apakah sensor suhu (DS18B20/DHT11) dapat menampilkan data dengan benar?	Ya, Sensor suhu Menampilkan angka
3	Sensor Kelembaban Tanah	Apakah sensor soil moisture membaca kondisi tanah dengan akurat?	Ya, Sensor tanah Menampilkan angka
4	Sensor Kelembaban Udara	Apakah data kelembaban udara tampil dengan benar pada aplikasi?	Ya, Sensor kelembaban Menampilkan angka
5	Tampilan LCD	Apakah data sensor dapat ditampilkan pada LCD dengan jelas?	Ya, Semua data Sensor tampil
6	Aplikasi Blynk	Apakah aplikasi dapat menampilkan data secara real-time?	Aplikasi Blynk Menampilkan secara real-time.
7	Kontrol Manual	Apakah tombol ON/OFF pompa pada aplikasi berfungsi dengan baik?	Tombol on/off pompa berfungsi
8	Mode Otomatis	Apakah sistem dapat melakukan penyemprotan otomatis sesuai kondisi sensor?	Ya, Mode otomatis berfungsi.
9	Penjadwalan	Apakah fitur penjadwalan penyemprotan berjalan sesuai waktu yang ditentukan?	Sistem Melakukan Penyemprotan otomatis sesuai jadwal.
10	Relay & Pompa	Apakah pompa aktif saat mendapat perintah dari sistem?	Ya, Pompa aktif dan responsif
11	Respon Sistem	Apakah sistem merespon perintah dengan cepat?	Sistem Merespon dengan Cepat sesuai kondisi Internet.
12	Integrasi Sistem	Apakah seluruh komponen (sensor, mikrokontroler, aplikasi) bekerja terintegrasi?	Semua komponen terintegrasi satu sama lain.

Gambar 4. 37 Hasil pengujian *Blackbox Testing*
(Sumber diolah Sendiri)

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa mode otomatis dan fitur penjadwalan penyemprotan dapat berjalan sesuai kondisi yang telah ditentukan pada sistem. Relay dan pompa mampu bekerja secara responsif ketika menerima perintah dari mikrokontroler, sedangkan proses monitoring data berlangsung secara *real-time* melalui aplikasi. Secara keseluruhan, seluruh komponen seperti sensor, ESP32, LCD, relay, pompa, dan aplikasi monitoring dapat bekerja secara terintegrasi tanpa mengalami gangguan fungsi yang berarti. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan dinilai telah mampu menjalankan fungsi

monitoring dan penyemprotan otomatis sesuai tujuan penelitian. Hasil pengujian *Blackbox testing* ditunjukkan pada Gambar 4.37.

4.2.2 Hasil Pengujian Sistem menggunakan *Usability Testing*

Pengujian *usability testing* dilakukan kepada petani di Desa Sumberanyar untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan dan penerimaan pengguna terhadap sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dikembangkan. Pengujian melibatkan 7 responden dengan 7 pertanyaan menggunakan skala Likert, dimana setiap jawaban memiliki nilai penilaian dari 1 hingga 5. Berdasarkan hasil pengujian, mayoritas responden memberikan tanggapan positif terhadap sistem, khususnya pada kemudahan pengoperasian, proses monitoring, serta fungsi kontrol penyemprotan yang berjalan dengan baik.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian oleh petani

Responden	Pertanyaan							Jumlah Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Responden 1	4	3	5	5	5	4	4	30
Responden 2	4	5	4	4	5	3	4	29
Responden 3	5	5	5	5	4	4	5	33
Responden 4	5	4	4	4	4	4	5	30
Responden 5	4	3	4	4	4	4	4	27
Responden 6	4	4	5	4	5	4	5	31
Responden 7	5	4	4	4	4	4	4	29
Presentase	88,57 %	80,00 %	88,57 %	85,71 %	88,57 %	77,14 %	88,57 %	
Presentase Total	85,31 %							

(Sumber diolah sendiri)

Perhitungan *Usability testing* pada Tabel 4. 8 dilakukan menggunakan rumus persentase sebagai berikut:

$$Persentase = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Berdasarkan tabel hasil pengujian, total skor yang diperoleh dari seluruh responden adalah 209. Adapun skor maksimum diperoleh dari jumlah responden $\times$ jumlah pertanyaan $\times$ skor tertinggi, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase hasil usability testing:

$$Persentase = \frac{209}{245} \times 100\% = 85.31\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai sebesar 85,31%, sehingga sistem termasuk dalam kategori sangat baik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem penyemprotan padi otomatis berbasis IoT yang dikembangkan dinilai mudah digunakan, mampu membantu proses penyemprotan, serta dapat diterima dengan baik oleh pengguna di lapangan.

Selain melakukan pengujian fungsional, penelitian ini juga melakukan pengujian terhadap respons sistem dalam menerima dan menjalankan perintah dari aplikasi *Blynk*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kecepatan respons antara aplikasi *Blynk* dan alat penyemprotan padi otomatis berbasis IoT saat pengguna memberikan perintah melalui smartphone. Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan koneksi hotspot sebagai media komunikasi antara aplikasi dan perangkat ESP32 DevKit. Setiap tombol kontrol pada aplikasi diuji beberapa kali untuk mengukur waktu yang dibutuhkan sistem dalam menerima perintah dan menjalankan fungsi yang diinginkan.

Hasil uji kecepatan Respon *Blynk* dengan Alat Menggunakan koneksi Hotspot

Tabel 4. 9 Hasil Uji responsif alat dengan *Blynk*

No	Tombol	Total Waktu	Keterangan
1	Pump Pompa manual	00.21 milidetik (0,21)	Sumber listrik Menggunakan Power Blank, lengkap sensor dan air
2	Pump pompa manual	00.18 milidetik (0,18)	Sumber listrik Menggunakan Power Blank tanpa air dan tanpa sensor tanah
3	Pump pompa manual menggunakan Charger	00.14 milidetik (0,14)	Sumber power menggunakan charger Hp 5volt, dengan air dan sensor tanah
4	Pump pompa manual	00.11 milidetik (0,11)	Sumber power menggunakan Charger Hp 5 volt, tanpa air dan sensor tanah
5	Pump pompa manual	00.31 milidetik (0,31)	Sumber power menggunakan Adaptor daya 9 volt, dengan air dan sensor tanah
6	Pump pompa manual	00.27 milidetik (0,21)	Sumber power menggunakan Adaptor daya 9 volt, tanpa air dan tanpa sensor tanah

(Sumber diolah sendiri)

Berdasarkan hasil pengujian responsivitas sistem pada Tabel 4.9, alat penyemprotan padi otomatis berbasis IoT yang terhubung dengan aplikasi *Blynk* menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam menerima dan mengeksekusi perintah dari pengguna. Waktu respons yang diperoleh berkisar antara 0,11 hingga 0,31 detik pada berbagai kondisi pengujian, sehingga menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi *Blynk* dan ESP32 DevKit melalui koneksi hotspot dapat berjalan dengan cepat dan stabil. Meskipun terdapat perbedaan waktu respons akibat variasi sumber daya dan kondisi sensor, seluruh pengujian membuktikan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi kontrol pompa secara efektif dan hampir tanpa jeda, sehingga layak digunakan untuk mendukung pengoperasian alat secara *real-time*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dikembangkan menggunakan metode *Research and Development* (R&D).

1. Sistem mampu mengintegrasikan sensor DHT11, DS18B20, sensor kelembaban tanah, ESP32, relay, pompa air, LCD, dan aplikasi *Blynk* sehingga proses monitoring serta pengendalian penyemprotan dapat dilakukan secara otomatis maupun jarak jauh melalui smartphone.
2. Hasil pengujian *Blackbox Testing* menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem, seperti koneksi internet, pembacaan sensor, monitoring data *real-time*, kontrol pompa, mode otomatis, dan penjadwalan penyemprotan dapat berjalan sesuai fungsi yang dirancang tanpa mengalami kendala berarti.
3. Hasil *usability testing* yang melibatkan 7 responden petani memperoleh nilai persentase total sebesar 85,31% dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan, mampu membantu proses penyemprotan, serta dapat diterima dengan baik oleh pengguna di lapangan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem penyemprotan padi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) masih memiliki peluang untuk dikembangkan agar kinerjanya menjadi lebih optimal dan dapat digunakan pada kondisi pertanian yang lebih luas. Oleh karena itu, diperlukan beberapa pengembangan lanjutan guna meningkatkan efektivitas, stabilitas, serta kemudahan penggunaan sistem pada penerapan berikutnya.

Adapun beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pengembangan selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Menambahkan sumber daya alternatif seperti panel surya untuk mendukung penggunaan alat pada area pertanian yang minim akses listrik.
2. Mengembangkan sistem dalam skala yang lebih besar sehingga dapat diterapkan pada area persawahan yang lebih luas.
3. Menambahkan fitur notifikasi otomatis dan penyimpanan data monitoring sebagai bahan evaluasi penggunaan sistem.
4. Mengembangkan sistem berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk mendukung otomatisasi yang lebih adaptif terhadap kondisi lahan pertanian.
5. Memberikan pelatihan kepada pengguna agar pemanfaatan teknologi IoT pada bidang pertanian dapat diterapkan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. T., Kurniastuti, I., Susanto, F. A., & Yudianto, F. (2023). Implementasi Black Box Testing dan Usability Testing pada Website Sekolah MI Miftahul Ulum Warugunung Surabaya. *Journal of Computer Science and Visual Communication Design*, 8(1), 234–242. <https://doi.org/10.55732/jikdiskomvis.v8i1.897>
- Abrar, A., & Tukino, T. (2023). Pengembangan Sistem Pengontrolan Irigasi Cerdas dengan Teknologi Internet of Things (IoT). *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, 5(September), 286–293. <https://doi.org/10.33884/psnistek.v5i.8096>
- Aji, F. P. (2024). Perancangan Smart Garden Dengan Teknologi AI Dan IOT Pada Aplikasi Mobile Untuk Mendukung Produktivitas Umkm Pertanian. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4, 11600–11610. <http://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/14521%0Ahttp://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/download/14521/9679>
- Akhter, R., & Sofi, S. A. (2022). Precision agriculture using IoT data analytics and machine learning. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(8), 5602–5618. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.05.013>
- Aziza, T. N., Surito, N., & Darmi, N. (2022). Petani Milenial: Regenerasi Petani Di Sektor Pertanian. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 40(1), 1. <https://doi.org/10.21082/fae.v40n1.2022.1-11>
- Babu, A. N., Blossom, M. C., Praneetha, A., Shirisha, P., Kishore, P. M., Mounika, F. M., Kumar, G. A., & Brahmanandam, P. S. (2023). Internet of Things (IoT) based Pesticide Spraying Robot - A Revolution in Smart Farming. *Indian Journal Of Science And Technology*, 16(22), 1676–1681. <https://doi.org/10.17485/ijst/v16i22.926>
- Bantaika, Y., Nababan, D., & Risald, R. (2024). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 7(5), 1477–1483. <https://doi.org/10.32672/jnkti.v7i5.8071>

- Clausen, M., Krishnapillai, S., Hirjikaka, D., Kodida, R., Shickh, S., Reble, E., Mighton, C., Sam, J., Adi-Wauran, E., Baxter, N. N., Feldman, G., Glogowski, E., Lerner-Ellis, J., Scheer, A., Shastri-Estrada, S., Shuman, C., Armel, S. R., Aronson, M., Graham, T., ... Bombard, Y. (2024). Genetics Adviser: The development and usability testing of a new patient digital health application to support clinical genomic testing. *Genetics in Medicine Open*, 2, 101814. <https://doi.org/10.1016/j.gimo.2024.101814>
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture (Switzerland)*, 12(10), 1–26. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- Grieve, N., Braaten, K., MacPherson, M., Liu, S., & Jung, M. E. (2025). Involving End Users in the Development and Usability Testing of a Smartphone App Designed for Individuals With Prediabetes: Mixed-Methods Focus Group Study. *JMIR Formative Research*, 9, 1–10. <https://doi.org/10.2196/59386>
- Jebb, A. T., Ng, V., & Tay, L. (2021). A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019. *Frontiers in Psychology*, 12(May), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.637547>
- Morchid, A., Jebabra, R., Khalid, H. M., El Alami, R., Qjidaa, H., & Ouazzani Jamil, M. (2024). IoT-based smart irrigation management system to enhance agricultural water security using embedded systems, telemetry data, and cloud computing. *Results in Engineering*, 23(September), 102829. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102829>
- Okpatrioka. (2023). View of Penelitian Dan Pengembangan (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan. *Pendidikan, Bahasa Dan Budaya*, 1(1), 87. <https://e-journal.nalanda.ac.id/index.php/jdan/article/view/154/150>
- Putri, R. D. (2019). PERTANIAN BERKELANJUTAN BERBASIS REVOLUSI INDUSTRI 4.0 Retno Dwi Puspitasari. *Jurnal Layanan Masyarakat Universitas Airlangga*, 03(01), 1–3. https://id.wikipedia.org/wiki/Sukorame,_Lamongan
- Rakhmawati, P. U., & Syahnaryanti, D. M. (2026). *Design and Development of an Internet of Things (IoT) - Based Smart Bell Using ESP32-CAM and*

- Telegram*. 08(01), 121–131.
- Siregar, A. H., Nazir, A., Afrianty, I., Budianita, E., Insani, F., & Noverta Effendi. (2023). *Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech) simvastatin*. 4(3), 626–635.
- Zulhajji, Z., Mangesa, R. T., & Karen, K. (2022). PENERAPAN TEKNOLOGI INTERNET OF THING (IoT) PADA BISNIS BUDIDAYA TANAMAN HIDROPONIK DI KECAMATAN PALLANGGA KABUPATEN GOWA. *Jurnal Media Elektrik*, 19(2), 101. <https://doi.org/10.26858/metrik.v19i2.31537>
- Jagoan Hosting. (2022). *Flowchart adalah*. <https://www.jagoanhosting.com/blog/flowchart-adalah/>
- Dicoding. (2021). *Contoh use case diagram*. <https://www.dicoding.com/blog/contoh-use-case-diagram/>
- iStockphoto. (2017). *Sistem agritech teknologi pertanian*. <https://www.istockphoto.com/id/foto/sistem-agritech-teknologi-pertanian-ikon-perkebunan-kopi-di-pakse-laos-gm866534442-144088515>
- IoT-Based Smart Irrigation System for Rice Fields*. (2023). *IoT-Based smart irrigation system for rice fields*.
- Tiang Ghadha. (2021). *Sistem penyiraman otomatis untuk taman*. <https://www.tianggadha.com/2021/04/sistem-penyiraman-otomatis-untuk-taman.html>
- Telkom University. (2022). Mengontrol LED menggunakan *platform IoT Blynk* pada smartphone. <https://dte.telkomuniversity.ac.id/mengontrol-led-menggunakan-platform-iot-blynk-pada-smarthphone/>
- Electrocomponentes*. (2024). *ESP32 Devkit V1 NodeMCU 32*. https://www.electrocomponentes.es/21103-large_default/esp32-devkit-v1-nodemcu-32-30pin-wifi-bluetooth-micro-usb.jpg
- RC Shop BD. (2020). *16x2 LCD display module*. <https://www.rcshopbd.com/wp-content/uploads/2020/11/16x2-lcd-display-module-1-e1676455480768.jpg>
- Blogspot. (2016). *IIC I2C serial interface board module LCD1602*. <https://1.bp.blogspot.com/-cGKSgXPbqxE/Vws0kWfPv1I/AAAAAAAAAL9w/YPrQuQPBBBSIBAPrffF>

_ojEasJSNm6x--

yQ/s1600/1PCS+IIC+I2C+Serial+Interface+Board+Module+LCD1602+Address+Changeable+M1.jpg

Narincomicro. (2024). *Relay module*.

https://www.narincomicro.com/media/cache/product_large/uploads/images/4a374641b5f34e2fefff736308f737d1.jpeg

Voltaat. (2021). *DS18B20 temperature sensor*.

https://cdn.shopify.com/s/files/1/2822/2674/products/voltaat-temperature-sensor-ds18b20-28337616420966_1200x1200.jpg?v=1628497273

Ebay. (2020). *DHT11 temperature and humidity sensor*.

https://i.ebayimg.com/00/s/MTAwMFgxMDAw/z/Ix0AAOSw09Ve7WXC/_57.JPG?set_id=8800005007

EITKW. (2024). *Capacitive soil moisture sensor V1.2*. <https://www.eitkw.com/wp-content/uploads/2024/01/Capacitive-Soil-Moisture-Sensor-V1.2-1.jpg>

Microscale. (2023). *Mini water pump DC*.

<https://microscale.net/cdn/shop/products/pump.jpg?v=1682024026>

Rezeki Barokah. (2022). *Pengertian skala Likert*.

<https://rezekibarokah.com/pengertian-skala-likert/>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Source code Arduino IDE

```
6  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6sq1VRvFI"
7  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Smart Agro IOT"
8  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "TJViRWsgyzZBGy6J8rKTWmN7wgjffNE1"
9  #define BLYNK_PRINT Serial
10
11 #include <WiFi.h>
12 #include <WiFiClient.h>
13 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
14 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
15 #include <DHT.h>
16 #include <DallasTemperature.h>
17 #include <OneWire.h>
18 #include <TimeLib.h>
19 #include <WidgetRTC.h>
20
21 // --- DEFINISI PIN ---
22 #define DHTPIN 5
23 #define DHTTYPE DHT11
24 #define ONE_WIRE_BUS 4
25 #define pump 14
26 #define SOIL_PIN A6
27
28 // --- OBJEK ---
29 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
30 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
31 DallasTemperature sensors(&oneWire);
32 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
33 WidgetRTC rtc;
34 BlynkTimer timer;
35
36 // --- KONEKSI ---
37 char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
38 char ssid[] = "GalaxyA";
39 char pass[] = "12345678";
40
41 // --- VARIABEL DATA ---
42 const int AirValue = 2620;
43 const int WaterValue = 1180;
44 int SP_LOW = 40;
45 int SP_HIGH = 60;
46 int soilmoist, humi, temp;
47 int sistem = 0; // V3 (Auto/Manual)
48 int modeJadwal = 0; // V4 (Jadwal Mode)
49 int fp = 0;
50 bool isScheduledRunning = false;
51
```

```

52 // --- VARIABEL JADWAL ---
53 int targetHour = -1, targetMinute = -1;
54 int targetDay = -1, targetMonth = -1, targetYear = -1;
55 void readSensors() {
56     humi = dht.readHumidity();
57     sensors.requestTemperatures();
58     temp = sensors.getTempCByIndex(0);
59
60     int soilRaw = analogRead(SOIL_PIN);
61     soilmoist = map(soilRaw, AirValue, WaterValue, 0, 100);
62     soilmoist = constrain(soilmoist, 0, 100);
63
64     Blynk.virtualWrite(V0, temp);
65     Blynk.virtualWrite(V1, soilmoist);
66     Blynk.virtualWrite(V2, humi);
67
68     lcd.setCursor(4, 0); lcd.print(soilmoist); lcd.print("% ");
69     lcd.setCursor(12, 0); lcd.print(temp);
70     lcd.setCursor(5, 1); lcd.print(humi); lcd.print("% ");
71 }
72
73 void checkLogic() {
74     // Debug waktu di Serial Monitor untuk memastikan RTC jalan
75     Serial.print("Waktu Sekarang: ");
76     Serial.print(hour()); Serial.print(":"); Serial.print(minute());
77     Serial.print(" Target: ");
78     Serial.print(targetHour); Serial.print(":"); Serial.println(targetMinute);
79
80 // 1. LOGIKA JADWAL (Hanya jika Mode V4 Aktif / Posisi ON)
81 if (modeJadwal == 1) {
82     if (day() == targetDay && month() == targetMonth && year() == targetYear &&
83         hour() == targetHour && minute() == targetMinute) {
84
85         if (!isScheduledRunning) {
86             digitalWrite(pump, LOW); // ON
87             isScheduledRunning = true;
88             Blynk.virtualWrite(V11, "Aktif (Menyiram...)");
89             Blynk.setProperty(V11, "color", "#23C48E");
90             lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("ON ");
91             Serial.println(">>> JADWAL AKTIF: POMPA ON");
92         }
93     }
94     else if (isScheduledRunning && minute() != targetMinute) {
95         digitalWrite(pump, HIGH); // MATI
96         isScheduledRunning = false;
97         Blynk.virtualWrite(V11, "Tidak Aktif");
98         Blynk.setProperty(V11, "color", "#D3435C");
99         lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("OFF");
100        Serial.println(">>> JADWAL SELESAI: POMPA OFF");
101    }
102 }
103
104 // 2. LOGIKA OTOMATIS (V3)
105 if (sistem == 1 && modeJadwal == 0 && !isScheduledRunning) {
106     if ((soilmoist < SP_LOW) && (fp == 0)) {
107         digitalWrite(pump, LOW);
108         lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("ON ");
109         fp = 1;
110     } else if ((soilmoist > SP_HIGH) && (fp == 1)) {
111         digitalWrite(pump, HIGH);
112         lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("OFF");
113         fp = 0;
114     }
115 }
116 }
117 }
118

```

```

121 BLYNK_WRITE(V3) { sistem = param.asInt(); }
122 BLYNK_WRITE(V4) { modeJadwal = param.asInt(); }
123
124 BLYNK_WRITE(V5) { // Pompa Manual
125   if (modeJadwal == 0) {
126     if (param.asInt()) {
127       digitalWrite(pump, LOW);
128       lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("ON ");
129     } else {
130       digitalWrite(pump, HIGH);
131       lcd.setCursor(12, 1); lcd.print("OFF");
132     }
133   }
134 }
135
136 // Widget JAM (V9) menggunakan Time Input
137 BLYNK_WRITE(V9) {
138   TimeInputParam t(param);
139   if (t.hasStartTime()) {
140     targetHour = t.getStartHour();
141     targetMinute = t.getStartMinute();
142     Serial.printf("Target Jam: %02d:%02d\n", targetHour, targetMinute);
143   }
144 }
145
146 // Widget TANGGAL (V10) menggunakan Time Input
147 BLYNK_WRITE(V10) {
148   TimeInputParam t(param);
149   if (t.hasStartTime()) {
150     targetDay = t.getStartDay();
151     targetMonth = t.getStartMonth();
152     targetYear = t.getStartYear();
153     Serial.printf("Target Tanggal: %02d-%02d-%04d\n", targetDay, targetMonth, targetYear);
154   }
155 }
156
157 BLYNK_CONNECTED() {
158   rtc.begin();
159   Blynk.syncAll();
160 }
161
162 void setup() {
163   Serial.begin(115200);
164   lcd.init();
165   lcd.backlight();
166
167   pinMode(pump, OUTPUT);
168   digitalWrite(pump, HIGH); // Default OFF
169
170   dht.begin();
171   sensors.begin();
172   Blynk.begin(auth, ssid, pass);
173
174   setSyncInterval(5 * 60); // Sync tiap 5 menit agar akurat
175
176   lcd.clear();
177   lcd.print("Tnh= % Shu= C");
178   lcd.setCursor(0, 1);
179   lcd.print("Udr= % Pu=OFF");
180
181   timer.setInterval(1000L, readSensors);
182   timer.setInterval(1000L, checkLogic);
183 }
184
185 void loop() {
186   Blynk.run();
187   timer.run();
188 }

```

Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian



UNIVERSITAS PGRI WIRANEGARA (UNIWARA) FAKULTAS TEKNOLOGI DAN SAINS

SK MENDIKBUD RI. NO. 259/M/2020

Jl. Ki Hajar Dewantara 27-29 Pasuruan, Telp - (0343) 421948, Fax - (0343) 411086, univ.pgrirwiranegara@gmail.com, Web - www.uniwar.ac.id

Program Pascasarjana
Magister Pend. Ekonomi

Fakultas Pedagogi & Psikologi
Pend. Bahasa & Sastra Indonesia
Pend. Bahasa Inggris
Pend. Matematika
Pend. Pancasila & Kewarganegaraan

Fakultas Teknologi & Sains
Teknik Industri
Ilmu Komputer
Teknologi Pangan

Fakultas Agama Islam
Pend. Agama Islam
PGMI

Fakultas Ekonomi & Bisnis
Manajemen Bisnis Syariah
Ekonomi Syariah
Pend. Ekonomi

Nomor : 2092/UNIWARA/LT/2026
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Ijin Penelitian

Kepada

Yth : Bapak/Ibu Petani Desa Sumberanyar, Kec Nguling
di -

Kabupaten Pasuruan

Sehubungan dengan tugas mahasiswa kami untuk mengadakan penelitian guna penulisan tugas akhir, maka kami mohon dengan hormat, agar diijinkan untuk mengadakan penelitian di Instansi/Dinas Saudara, atas nama :

Nama : Wahyu Triono
Tempat, Tanggal Lahir : Pasuruan, 05 Oktober 2004
NIM : 22157201048
Fakultas : Teknologi dan Sains
Program Studi : Ilmu Komputer
Judul Penelitian :

**“PENGEMBANGAN SISTEM PENYEMPROTAN PADI OTOMATIS
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN METODE
RESEARCH AND DEVELOPMENT (R&D)”**

Atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Pasuruan, 8 Mei 2026



Sapto Hadi Riono, M.Kom
NUPTK : 8454756657130103

Lampiran 3. Lampiran Angket Hasil Wawancara Petani

Pengumpulan Data (Wawancara) Untuk analisis kebutuhan Pembuatan Alat Sistem
Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama Petani : Bapak Supake

Hari/Tanggal : Jum'at / 1 Mei 2026

No	Pertanyaan
1	Seberapa sering penyemprotan dilakukan dalam satu musim tanam? Jika musim kemarau dilakukan 6x semprotan, jika musim hujan 7-8x semprot.
2	Luas Sawah yang saat ini Bapak/Ibu garap berapa hektar? 500 m ²
3	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sekali penyemprotan? Sekali semprot ± 2 jam
4	Apa saja kendala yang sering dialami saat melakukan penyemprotan? Kadang-kadang nozel penyemprotan tidak lancar, hasil tidak merata, cuaca
5	Apakah hasil penyemprotan sudah merata pada seluruh tanaman? Jika ingin merata menghampiri lahan/posisi yang sulit dijangkau - dan membutuhkan stok semprot panjang.
6	Bagaimana pengaruh cuaca terhadap kegiatan penyemprotan? Jika terkena penyemprotan tidak efektif / obat terbuang.
7	Apakah Bapak/Ibu pernah menggunakan alat pertanian berbasis teknologi? Tidak pernah, tetapi pernah melihat di televisi
8	Apakah Bapak/Ibu menggunakan smartphone dalam aktivitas sehari-hari? Iya, digunakan untuk hal biasa saja.
9	Apakah Bapak/Ibu tertarik jika penyemprotan dapat dikontrol melalui HP? Iya, tertarik karena petani juga ingin maju
10	Fitur apa yang paling dibutuhkan dalam alat penyemprotan? Manajemen cuaca, hemat pemakaian obat, tidak ribet untuk langsung turun ke lahan.

Pengumpulan Data (Wawancara) Untuk analisis kebutuhan Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama Petani : Bapak Sumar

Hari/Tanggal : Jumat / Mei 2026

No	Pertanyaan
1	Seberapa sering penyemprotan dilakukan dalam satu musim tanam? 8 kali, Pembibitan - Masa Panen.
2	Luas Sawah yang saat ini Bapak/Ibu garap berapa hektar? 300 m ²
3	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sekali penyemprotan? 2 Jam
4	Apa saja kendala yang sering dialami saat melakukan penyemprotan? Obat padi Mahal & Penyemprotan Alat yg Manual.
5	Apakah hasil penyemprotan sudah merata pada seluruh tanaman? Ya, Merata
6	Bagaimana pengaruh cuaca terhadap kegiatan penyemprotan? Jika Mendung akan di funde esok hari.
7	Apakah Bapak/Ibu pernah menggunakan alat pertanian berbasis teknologi? Tidak Pernah.
8	Apakah Bapak/Ibu menggunakan smartphone dalam aktivitas sehari-hari? Ya Menggunakan.
9	Apakah Bapak/Ibu tertarik jika penyemprotan dapat dikontrol melalui HP? Ya tertarik, tp Jarang Ada
10	Fitur apa yang paling dibutuhkan dalam alat penyemprotan? Hemat Obat Padi & hasil merata.

**Pengumpulan Data (Wawancara) Untuk analisis kebutuhan Pembuatan Alat Sistem
Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)**

Nama Petani: Bapak Hartono

Hari/Tanggal: Jumat, 11 Mei 2024

No	Pertanyaan
1	Seberapa sering penyemprotan dilakukan dalam satu musim tanam? 1x musim yaitu 6-8 x kali
2	Luas Sawah yang saat ini Bapak/Ibu garap berapa hektar? 150 m ²
3	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sekali penyemprotan? 1 jam 30 menit.
4	Apa saja kendala yang sering dialami saat melakukan penyemprotan? Cuaca & Mesin Pompa
5	Apakah hasil penyemprotan sudah merata pada seluruh tanaman? Penyemprotan manual bisa merata.
6	Bagaimana pengaruh cuaca terhadap kegiatan penyemprotan? Cuaca hujan akan rugi, karena penyemprotan tidak efektif pada padi.
7	Apakah Bapak/Ibu pernah menggunakan alat pertanian berbasis teknologi? Tidak.
8	Apakah Bapak/Ibu menggunakan smartphone dalam aktivitas sehari-hari? Tidak.
9	Apakah Bapak/Ibu tertarik jika penyemprotan dapat dikontrol melalui HP? Ya, Tertarik.
10	Fitur apa yang paling dibutuhkan dalam alat penyemprotan? Penyemprotan cepat & merata.

Lampiran 4. Angket Hasil Pengujian *Usability testing*

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : Bpk Supake

Hari/Tanggal : Jumat 8 Mei 2026

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan		✓			
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami			✓		
3	Sistem membantu proses penyemprotan	✓				
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik	✓				
5	Monitoring data mudah dilakukan	✓				
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik		✓			
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan		✓			

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : Bapak Sudar

Hari/Tanggal : Jumat, 8 Mei 2026

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan		✓			
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami	✓				
3	Sistem membantu proses penyemprotan		✓			
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik		✓			
5	Monitoring data mudah dilakukan	✓				
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik			✓		
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan		✓			

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : Babik Hartono
 Hari/Tanggal : Jum'at 8 Mei 2026

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan	✓				
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami		✓			
3	Sistem membantu proses penyemprotan		✓			
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik		✓			
5	Monitoring data mudah dilakukan		✓			
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik		✓			
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan	✓				

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : Bapak Sumat
 Hari/Tanggal : Jum'at 8 Mei 2026

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan	✓				
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami	✓				
3	Sistem membantu proses penyemprotan	✓				
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik	✓				
5	Monitoring data mudah dilakukan		✓			
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik		✓			
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan	✓				

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : *Satrio*

Hari/Tanggal : *Jumat 8 Mei 2022*

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan		✓			
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami			✓		
3	Sistem membantu proses penyemprotan		✓			
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik		✓			
5	Monitoring data mudah dilakukan		✓			
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik		✓			
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan		✓			

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna
Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : Sutrisno

Hari/Tanggal : Selasa / 12-08-2020

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan	✓				
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami		✓			
3	Sistem membantu proses penyemprotan		✓			
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik		✓			
5	Monitoring data mudah dilakukan		✓			
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik		✓			
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan		✓			

Angket Analisis Pengujian Usability Testing oleh pengguna

Pembuatan Alat Sistem Penyemprotan Padi Otomatis berbasis Internet of Things (IoT)

Nama : *Siamar*

Hari/Tanggal : *selesai / 12 Mei 2026*

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia, dengan memberikan penilaian sesuai dengan indikator dari pernyataan pengujian usability testing. Terdapat 5 penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

SS : Sangat setuju

S : Setuju

RG : Ragu ragu

TS : Tidak Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

No	Pernyataan	SS	S	RG	TS	STS
1	Sistem mudah digunakan		✓			
2	Tampilan aplikasi mudah dipahami		✓			
3	Sistem membantu proses penyemprotan	✓				
4	Kontrol sistem berjalan dengan baik		✓			
5	Monitoring data mudah dilakukan	✓				
6	Kontrol pompa melalui aplikasi berjalan dengan baik		✓			
7	Secara keseluruhan sistem layak digunakan	✓				

Lampiran 5. Foto Kegiatan Penelitian









RIWAYAT HIDUP



Nama penulis skripsi ini adalah Wahyu Triono. Lahir pada 05 Oktober 2004 di Pasuruan, Jawa Timur, penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Supakih dan Miswati. Penulis memulai pendidikan di SDN Sumberanyar 3 Nguling pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2016. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Nguling Kabupaten Pasuruan dan menyelesaikannya pada tahun 2019. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Grati Kabupaten Pasuruan dan lulus pada tahun 2022. Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Universitas PGRI Wiranegara (Uniwara) Pasuruan, Fakultas Teknologi dan Sains.

Dengan ketekunan, semangat, dan motivasi yang tinggi dalam menempuh pendidikan, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul **“Pengembangan Sistem Penyemprotan Padi Otomatis Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Metode Research And Development (R&D)”**. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi positif dalam pengembangan teknologi, khususnya pada bidang pertanian berbasis *Internet of Things (IoT)*. Penulis juga mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.