



**Muhammad Syarwani; Ahmad Zulham Fahamsyah Havy; Muhammad Faishol Amrulloh;
Setiawan Cahyono Putro; Ucik Alaida; Nurul Faizah; Rizka Fauziah;
Davi Sabilissalim; Taufiqur Rohman S; Fikri Bachtiar; Mukhammad Fajrul Falaq**

Buku referensi ini disusun untuk memperkaya khazanah literatur di bidang pertanian cerdas (smart agriculture) dan desa cerdas (smart village), dengan menekankan integrasi teknologi digital, sensor, dan sistem otomatisasi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta produktivitas pertanian. Pembahasan dalam buku ini menguraikan konsep, arsitektur sistem, serta pendekatan teknologi IoT yang dapat diterapkan sebagai solusi inovatif dalam menjawab tantangan pertanian berkelanjutan.

Kehadiran buku ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi akademisi, peneliti, mahasiswa, praktisi teknologi, serta pemangku kepentingan yang tertarik pada pengembangan dan implementasi sistem pertanian berbasis teknologi informasi. Selain itu, buku ini juga diharapkan dapat menjadi bahan acuan dalam pengembangan riset, inovasi, dan kebijakan yang berorientasi pada transformasi digital sektor pertanian.

**SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS
SEKTOR PERTANIAN
BERBASIS INTERNET OF THINGS**
Penerbit: Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS SEKTOR PERTANIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS SEKTOR PERTANIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS



**Muhammad Syarwani; Ahmad Zulham Fahamsyah Havy; Muhammad Faishol Amrulloh;
Setiawan Cahyono Putro; Ucik Alaida; Nurul Faizah; Rizka Fauziah;
Davi Sabilissalim; Taufiqur Rohman S; Fikri Bachtiar; Mukhammad Fajrul Falaq**

Penerbit: Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya

**SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS
SEKTOR PERTANIAN
BERBASIS INTERNET OF THINGS**

**Muhammad Syarwani
Ahmad Zulham Fahamsyah Havy
Muhammad Faishol Amrulloh
Setiawan Cahyono Putro
Ucik Alaida
Nurul Faizah
Rizka Fauziah
Davi Sabilissalim
Taufiqur Rohman S
Fikri Bachtiar
Mukhammad Fajrul Falaq**

Penerbit: Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS SEKTOR PERTANIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS

Penulis:

Muhammad Syarwani
Ahmad Zulham Fahamsyah Havy
Muhammad Faishol Amrulloh
Setiawan Cahyono Putro
Ucik Alaida
Nurul Faizah
Rizka Fauziah
Davi Sabilissalim
Taufiqur Rohman S
Fikri Bachtiar
Mukhammad Fajrul Falaq

ISBN : Proses
Tahun Terbit : 2026
Tebal Buku : 97 Lembar
Ukuran Buku : A5 atau 14 cm x 21 cm

Hak Cipta:

Dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang memperbanyak, menyimpan dalam bentuk elektronik, atau mempublikasikan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Penerbit: Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya
Girimoyo-Karangploso- Malang-Jawa Timur 65152
Wa. 081249745821 / yayasandrahmazar@gmail.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku referensi berjudul Sistem Penyiraman Otomatis Sektor Pertanian Berbasis Internet of Things ini dapat disusun dan disajikan kepada pembaca. Buku ini dihadirkan sebagai referensi ilmiah dan teknologis yang mengkaji pemanfaatan Internet of Things dalam mendukung pengelolaan pertanian modern, khususnya pada sistem irigasi dan pengendalian kelembapan tanaman di lingkungan greenhouse.

Buku referensi ini disusun untuk memperkaya khazanah literatur di bidang pertanian cerdas (*smart agriculture*) dan desa cerdas (*smart village*), dengan menekankan integrasi teknologi digital, sensor, dan sistem otomatisasi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta produktivitas pertanian. Pembahasan dalam buku ini menguraikan konsep, arsitektur sistem, serta pendekatan teknologi IoT yang dapat diterapkan sebagai solusi inovatif dalam menjawab tantangan pertanian berkelanjutan.

Kehadiran buku ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi akademisi, peneliti, mahasiswa, praktisi teknologi, serta pemangku kepentingan yang tertarik pada pengembangan dan implementasi sistem pertanian berbasis teknologi informasi. Selain itu, buku ini juga diharapkan dapat menjadi bahan acuan dalam pengembangan riset, inovasi, dan kebijakan yang berorientasi pada transformasi digital sektor pertanian.

Penulis menyadari bahwa buku referensi ini masih memiliki keterbatasan, baik dari sisi ruang lingkup pembahasan maupun dinamika perkembangan teknologi yang sangat cepat. Oleh karena itu, masukan dan kritik konstruktif sangat diharapkan guna penyempurnaan dan pengembangan karya ini di masa mendatang.

Akhir kata, semoga buku referensi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam mendorong pertanian yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan.

Pasuruan 1 Maret 2026

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Pembuatan <i>Manual Book</i>	4
1.3 Manfaat Alat bagi Petani dan Desa	6
1.4 Sasaran Pengguna Manual Book	9
BAB II DESKRIPSI UMUM SISTEM	13
2.1 Komponen Sistem dan Fungsinya	13
2.2 Prinsip Kerja Alat	23
2.3 Gambaran Fungsional Sistem IoT	26
2.4 Diagram Blok Sistem	31
2.5 Integrasi Aplikasi Android.....	36
BAB III PETUNJUK PEMASANGAN.....	41
3.1 Persiapan Sebelum Instalasi	41
3.2 Pemasangan Unit Multi Box di Lahan Pertanian	47
3.3 Tata Letak dan Penempatan Sensor	51
3.4 Instalasi Jaringan Irigasi Otomatis	57
BAB IV PETUNJUK PENGGUNAAN.....	63
4.1 Tujuan Penggunaan Sistem	63
4.2 Mode Pengoperasian Sistem	65

BAB V PEMELIHARAAN DAN PERAWATAN	73
5.1 Jadwal Pemeliharaan Rutin	73
5.2 Prosedur Perawatan Preventif dan Korektif	78
5.3 Panduan Troubleshooting Umum	84
 BAB VI PENUTUP	 91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran dan Pengembangan Lanjutan	93
 DAFTAR PUSTAKA	 97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

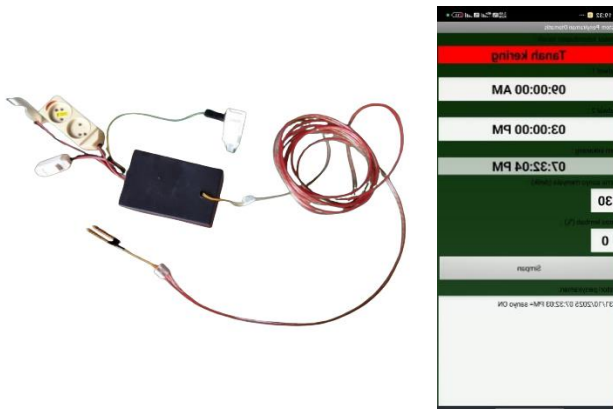
Pertanian merupakan sektor utama yang menopang perekonomian masyarakat Desa Tuter, Kabupaten Pasuruan, khususnya melalui komoditas unggulan berupa bunga krisan (*Chrysanthemum sp.*). Namun, dalam beberapa tahun terakhir, petani krisan menghadapi tantangan serius terkait penurunan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya air, yang disebabkan oleh sistem irigasi manual yang masih konvensional. Pola penyiraman tradisional tidak mampu menyesuaikan kebutuhan air tanaman secara akurat, sehingga seringkali terjadi penyiraman berlebihan (*overwatering*) atau kekurangan air (*underwatering*), yang berdampak pada kualitas tanaman dan peningkatan biaya produksi.



Berdasarkan hasil observasi lapangan dan diskusi bersama Kelompok Tani Desa Tuter, diketahui bahwa tingkat efisiensi penggunaan air di lahan pertanian krisan masih rendah, yakni di bawah 60% dari total kebutuhan ideal. Selain itu, penyiraman dilakukan secara manual dengan ketergantungan tinggi terhadap tenaga kerja manusia, yang tidak hanya menguras waktu dan energi,

tetapi juga tidak mampu menjamin konsistensi kelembapan tanah yang optimal. Hal tersebut menjadi salah satu faktor penyebab menurunnya produktivitas dan daya saing petani di wilayah tersebut.

Melihat permasalahan tersebut, Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan melalui program “**Pengusul *Smart Village Inovasi Greenhouse Berbasis AI untuk Pemberdayaan Petani Krisan di Desa Tuter***” menginisiasi pengembangan **Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things (IoT)*** sebagai solusi nyata berbasis teknologi tepat guna. Sistem ini dirancang untuk melakukan penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah yang terdeteksi oleh sensor. Dengan demikian, proses penyiraman dapat berlangsung secara presisi, efisien, dan berkelanjutan, tanpa mengandalkan kehadiran petani secara langsung di lahan.



Sistem ini menggunakan modul mikrokontroler Wemos D1 Mini (ESP8266) yang berfungsi sebagai pusat kendali untuk mengolah data dari sensor kelembapan tanah (*soil moisture sensor*) dan mengaktifkan relay untuk

menghidupkan atau mematikan pompa air. Alat ini juga dilengkapi dengan modul komparator sensor untuk mengubah sinyal analog menjadi digital, serta aplikasi berbasis Android yang memungkinkan petani melakukan pemantauan dan kontrol penyiraman secara *real time* melalui jaringan Wi-Fi. Dengan kombinasi teknologi ini, alat mampu menyesuaikan volume air berdasarkan kondisi aktual tanah dan mengirimkan laporan kelembapan secara berkala ke perangkat pengguna.

Inovasi ini telah diuji dan diimplementasikan langsung di lahan pertanian krisan milik Kelompok Tani Desa Tutur. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis ini mampu menurunkan konsumsi air hingga 30% dan menjaga kelembapan tanah dalam kisaran ideal bagi pertumbuhan bunga krisan. Keberhasilan ini menandakan bahwa sistem telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) Level 8, yaitu prototipe yang telah berfungsi penuh dan diuji secara andal di lingkungan sesungguhnya (*real field environment*).

Selain manfaat teknis, pengembangan sistem ini juga berdampak sosial signifikan. Petani tidak hanya menjadi pengguna, tetapi juga terlibat aktif dalam proses perakitan, uji coba, dan kalibrasi alat, sehingga meningkatkan literasi teknologi pertanian di tingkat lokal. Keterlibatan mahasiswa, dosen pendamping, dan masyarakat menjadikan sistem ini sebagai wujud nyata dari integrasi ilmu pengetahuan, teknologi, dan pengabdian masyarakat, sejalan dengan semangat PPK Ormawa dalam menciptakan inovasi yang berkelanjutan dan berdaya guna.

Dengan demikian, pengembangan Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT ini bukan hanya menjadi solusi efisiensi air, tetapi juga langkah strategis menuju *smart agriculture* dalam ekosistem *Smart Village* Desa Tuter. Inovasi ini diharapkan menjadi model replikasi bagi desa lain di Kabupaten Pasuruan, guna mewujudkan pertanian yang modern, produktif, dan ramah lingkungan.

1.2 Tujuan Pembuatan *Manual Book*

Penyusunan *Manual Book* Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) ini memiliki tujuan utama untuk memberikan panduan teknis yang komprehensif, sistematis, dan mudah dipahami bagi pengguna, terutama kelompok petani krisan di Desa Tuter, dalam mengoperasikan, merawat, serta memahami prinsip kerja alat penyiraman otomatis yang telah dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan.

Manual book ini berperan sebagai dokumen pendukung implementasi inovasi teknologi yang dikembangkan dalam program “Pengusul *Smart Village* Inovasi *Greenhouse* Berbasis AI untuk Pemberdayaan Petani Krisan di Desa Tuter”, di mana sistem penyiraman otomatis merupakan salah satu komponen utama dari penerapan *smart agriculture* di tingkat desa. Melalui panduan ini, diharapkan masyarakat dapat memanfaatkan teknologi yang telah diterapkan secara optimal, mandiri, dan berkelanjutan, tanpa ketergantungan penuh terhadap tim pengembang.

Secara khusus, tujuan penyusunan *manual book* ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan Panduan Teknis Instalasi dan Pengoperasian Sistem Secara Tepat dan Aman

Panduan ini menjelaskan langkah-langkah sistematis mulai dari pemasangan sensor, penghubungan komponen elektronik, konfigurasi jaringan, hingga cara pengoperasian melalui aplikasi berbasis Android. Dengan demikian, petani mampu menggunakan alat secara benar sesuai prosedur teknis yang telah diuji di lapangan.

- b. Meningkatkan Pemahaman Pengguna Terhadap Prinsip Kerja Sistem Iot dalam Pertanian

Buku ini tidak hanya bersifat praktis, tetapi juga edukatif, karena menjelaskan bagaimana teknologi mikrokontroler dan sensor bekerja untuk mendeteksi kelembapan tanah serta mengatur sistem penyiraman otomatis. Hal ini penting untuk menumbuhkan literasi digital masyarakat tani dalam menghadapi era pertanian modern.

- c. Menjamin Keberlanjutan Penggunaan Alat Setelah Program Selesai

Melalui panduan pemeliharaan dan *troubleshooting*, manual ini memastikan bahwa alat tetap dapat berfungsi dengan baik dalam jangka panjang. Informasi terkait jadwal perawatan, kalibrasi sensor, dan penanganan masalah sederhana disusun agar masyarakat mampu melakukan perawatan mandiri tanpa ketergantungan eksternal.

d. Menjadi Referensi Pengembangan dan Replikasi Teknologi di Desa Lain

Manual ini juga disusun agar dapat menjadi acuan bagi pihak lain baik perguruan tinggi, pemerintah daerah, maupun kelompok masyarakat yang ingin mengadopsi atau mengembangkan sistem serupa di wilayahnya masing-masing. Dengan dokumentasi yang sistematis, inovasi ini dapat direplikasi secara efektif dan terukur.

e. Mendukung Capaian Luaran Akademik dan Keberlanjutan Program PPK Ormawa

Sebagai bagian dari output resmi kegiatan, *manual book* ini merupakan bentuk tanggung jawab akademik tim mahasiswa dalam mengimplementasikan hasil penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Dengan dokumentasi yang lengkap dan berbasis uji lapangan (TKT 8), panduan ini menjadi bukti valid bahwa inovasi teknologi yang dikembangkan telah siap digunakan dan bermanfaat nyata bagi masyarakat.

1.3 Manfaat Alat bagi Petani dan Desa

Pengembangan Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam program “Pengusul *Smart Village* Inovasi *Greenhouse* Berbasis AI untuk Pemberdayaan Petani Krisan di Desa Tuter” memiliki manfaat yang signifikan, baik dari aspek teknis, sosial, maupun ekonomi.

Alat ini dirancang bukan hanya sebagai produk teknologi, tetapi juga sebagai instrumen pemberdayaan

masyarakat desa menuju transformasi pertanian modern yang efisien dan berkelanjutan.

Secara ilmiah, alat ini berfungsi untuk mengatur sistem irigasi tanaman berdasarkan data kelembapan tanah secara *real time*, sehingga proses penyiraman dapat berlangsung presisi sesuai kebutuhan fisiologis tanaman krisan. Implementasi alat ini di lingkungan pertanian Desa Tutur menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan air dan tenaga kerja, sekaligus meningkatkan kualitas hasil panen melalui pengendalian kelembapan yang stabil dan terukur. Adapun manfaat alat ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air

Sistem penyiraman otomatis berbasis IoT mampu mendeteksi tingkat kelembapan tanah secara kontinu dan mengatur waktu penyiraman secara otomatis hanya ketika diperlukan. Berdasarkan hasil uji lapangan di lahan pertanian krisan Desa Tutur, penggunaan air dapat ditekan hingga 30% dibandingkan metode konvensional. Efisiensi ini berkontribusi langsung terhadap penghematan sumber daya alam sekaligus mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan.

b. Mengurangi Ketergantungan terhadap Tenaga Kerja Manual

Dengan otomatisasi penyiraman, petani tidak perlu lagi melakukan penyiraman secara manual yang sebelumnya menghabiskan waktu dan tenaga cukup besar. Sistem ini memungkinkan penyiraman berjalan tanpa kehadiran petani secara fisik, bahkan dapat dikontrol dari jarak jauh melalui aplikasi Android. Hal

ini sangat membantu petani dalam mengalokasikan waktu lebih efektif untuk kegiatan pertanian lainnya, seperti pemangkasan, pemupukan, atau pengendalian hama.

c. Menjaga Kualitas dan Konsistensi Pertumbuhan Tanaman

Kelembapan tanah yang tidak stabil dapat menyebabkan stres fisiologis pada tanaman krisan dan mempengaruhi kualitas bunga. Dengan adanya sistem ini, kelembapan tanah dapat dijaga dalam kisaran ideal sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih seragam, bunga lebih sehat, dan kualitas panen meningkat. Kondisi ini berimplikasi pada peningkatan nilai jual bunga krisan di pasar lokal maupun regional.

d. Meningkatkan Literasi dan Kapasitas Teknologi Petani

Implementasi alat ini melibatkan pelatihan langsung kepada Kelompok Tani dan Pemuda Desa Tuter mengenai cara pengoperasian, kalibrasi sensor, serta pemeliharaan alat. Proses ini meningkatkan literasi digital dan pemahaman petani terhadap teknologi pertanian modern. Keikutsertaan aktif masyarakat dalam pengelolaan alat menjadi bukti bahwa transfer teknologi telah berjalan efektif dan berorientasi pada kemandirian desa.

e. Mendorong Penguatan Ekonomi dan Daya Saing Desa

Dengan meningkatnya efisiensi produksi dan kualitas hasil panen, sistem ini turut berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan petani. Selain itu, keberadaan teknologi pertanian berbasis IoT menjadi nilai tambah bagi Desa Tuter dalam pengembangan citra

sebagai “Desa Cerdas (*Smart Village*)” yang adaptif terhadap inovasi digital. Hal ini dapat memperkuat posisi desa dalam jejaring ekonomi berbasis teknologi serta membuka peluang kerja sama dengan berbagai pihak, termasuk pemerintah daerah dan perguruan tinggi lain.

f. Mendukung Keberlanjutan Program dan Replikasi di Wilayah Lain

Alat ini dirancang dengan pendekatan teknologi tepat guna mudah dioperasikan, hemat energi, dan berbasis komponen yang tersedia di pasaran sehingga berpotensi untuk direplikasi di desa-desa lain yang memiliki karakteristik pertanian serupa.

1.4 Sasaran Pengguna Manual Book

Penyusunan *Manual Book* Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) ini ditujukan bagi seluruh pihak yang terlibat dalam proses pengembangan, pengoperasian, serta pemeliharaan sistem penyiraman otomatis di lingkungan pertanian Desa Tuter dan wilayah sejenis. Manual ini disusun secara sistematis dan ilmiah agar dapat digunakan tidak hanya oleh masyarakat lokal, tetapi juga oleh kalangan akademisi, pemerintah desa, dan institusi pendidikan yang berminat untuk mengadopsi atau mereplikasi inovasi ini di wilayah lain.

Secara lebih spesifik, sasaran utama pengguna *manual book* ini meliputi:

a. Petani Krisan di Desa Tutar

Kelompok petani merupakan pengguna utama dari sistem penyiraman otomatis ini. Panduan ini dirancang agar mudah dipahami oleh petani dari berbagai latar belakang pendidikan, dengan bahasa yang komunikatif namun tetap akurat secara teknis. Melalui panduan ini, petani dapat:

- Mengoperasikan alat penyiraman otomatis dengan benar dan aman.
- Memantau kondisi kelembapan tanah melalui aplikasi berbasis Android.
- Melakukan perawatan rutin dan kalibrasi sensor secara mandiri.
- Mengoptimalkan penggunaan air untuk meningkatkan produktivitas lahan.

Dengan demikian, petani diharapkan mampu menggunakan teknologi ini sebagai bagian dari kegiatan pertanian sehari-hari tanpa ketergantungan penuh pada tim teknis pengembang.

b. Pemerintah Desa Tutar dan Perangkat Desa

Sebagai pemangku kebijakan di tingkat lokal, pemerintah desa memiliki peran penting dalam memastikan keberlanjutan program inovasi ini. *Manual book* ini menjadi rujukan bagi perangkat desa untuk:

- Mengetahui prinsip kerja dan manfaat sistem penyiraman otomatis dalam konteks pembangunan desa berbasis teknologi.
- Mengintegrasikan inovasi ini ke dalam program kerja desa, seperti pengelolaan *Smart Greenhouse* dan pengembangan Desa Cerdas (*Smart Village*).

- Mengedukasi masyarakat agar teknologi ini dapat dimanfaatkan secara kolektif dan berkelanjutan.

Keterlibatan aktif pemerintah desa juga menjadi indikator penting keberhasilan program, karena mendukung penguatan kelembagaan dan replikasi inovasi di sektor pertanian desa lain di Kabupaten Pasuruan.

c. Dosen Pendamping dan Mahasiswa Pengembang

Manual book ini juga menjadi panduan bagi dosen pendamping dan mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan riset dan pengabdian masyarakat di bidang pertanian berbasis teknologi. Melalui dokumen ini, pengguna dari kalangan akademik dapat:

- Mengacu pada prosedur standar pengujian dan instalasi alat.
- Mengembangkan penelitian lanjutan terkait peningkatan efisiensi sistem.
- Melakukan proses replikasi dan modifikasi alat sesuai kebutuhan wilayah binaan lain.

Manual book ini sekaligus menjadi dokumentasi akademik yang merekam seluruh tahapan inovasi mulai dari desain, implementasi, hingga pengujian lapangan, sebagai bentuk pertanggungjawaban ilmiah program PPK Ormawa HUMANIKA.

d. Lembaga Pemerintah dan Mitra Pembangunan

Pihak eksternal seperti Dinas Pertanian dan Bappelitbangda Kabupaten Pasuruan, dan lembaga pemberdayaan masyarakat dapat menggunakan manual ini sebagai referensi dalam:

- Menilai kelayakan teknologi untuk diadopsi dalam program pengembangan wilayah.
- Menyusun kebijakan berbasis data terkait efisiensi penggunaan air dan teknologi pertanian.
- Mendorong replikasi sistem IoT untuk mendukung pembangunan pertanian berbasis teknologi di daerah lain.

Dokumen ini juga berfungsi sebagai bukti konkret bahwa kolaborasi antara perguruan tinggi dan pemerintah daerah dapat menghasilkan inovasi teknologi yang siap diterapkan di tingkat masyarakat.

e. Lembaga Pendidikan dan Komunitas Teknologi

Manual book ini dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran bagi siswa dan mahasiswa di bidang teknik informatika, pertanian, maupun teknik elektro yang mempelajari penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian. Melalui dokumen ini, lembaga pendidikan dapat:

- Menjadikan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT sebagai studi kasus atau proyek akhir.
- Mengembangkan kegiatan praktik lapangan, magang, atau penelitian terapan.
- Memperluas jangkauan pendidikan teknologi ke wilayah pedesaan berbasis masyarakat.

BAB II

DESKRIPSI UMUM SISTEM

2.1 Komponen Sistem dan Fungsinya

Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan dalam program “Pengusul *Smart Village* Inovasi *Greenhouse* Berbasis AI untuk Pemberdayaan Petani Krisan di Desa Tutar” terdiri dari sejumlah komponen yang saling terintegrasi. Komponen-komponen tersebut terbagi menjadi tiga kelompok utama: komponen elektronik utama, komponen pendukung elektronik dan rakitan, serta komponen sistem irigasi.

Setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang dirancang untuk membentuk satu kesatuan sistem yang efisien, aman, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan pertanian.

a. Komponen Elektronik Utama

- Modul Wi-Fi (Wemos D1 Mini)



Modul Wemos D1 Mini merupakan pusat kendali (*Smart Control Hub*) dari keseluruhan sistem penyiraman otomatis. Komponen ini berbasis mikrokontroler ESP8266, sebuah chip dengan prosesor 32-bit dan konektivitas Wi-Fi

terintegrasi. Fungsinya adalah mengeksekusi program kendali penyiraman otomatis berdasarkan data masukan dari sensor kelembapan tanah.

Modul ini memproses data sensor secara digital, mengirimkan perintah ke modul relay, serta mengirimkan data kelembapan secara *real-time* ke aplikasi Android melalui jaringan Wi-Fi. Keunggulan utama Wemos D1 Mini adalah kemampuannya menjalankan sistem kendali otonom sekaligus komunikasi jarak jauh berbasis IoT, menjadikannya inti dari sistem pertanian presisi di Desa Tukur.

- Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture Sensor*)



Sensor ini berfungsi sebagai *indra utama* sistem yang mendeteksi kondisi aktual media tanam. Prinsip kerjanya berdasarkan perubahan hambatan listrik antara dua elektroda logam yang tertanam di dalam tanah. Semakin tinggi kadar air, semakin rendah nilai hambatan listrik yang terdeteksi, dan sebaliknya.

Data yang dihasilkan berupa sinyal analog, yang menggambarkan tingkat kelembapan relatif tanah (kering, lembap, atau basah). Sensor ini memberikan dasar pengambilan keputusan bagi sistem untuk menyalakan atau mematikan pompa

air, memastikan penyiraman berlangsung hanya ketika dibutuhkan.

- Modul Komparator Sensor Kelembapan Tanah



Modul ini berfungsi sebagai penerjemah sinyal analog ke sinyal digital yang stabil. Ia mengambil data mentah dari *probe sensor* kemudian mengonversinya menjadi keluaran logika biner *LOW* (kering) atau *HIGH* (basah).

Komparator dilengkapi dengan trimpot (potensiometer biru) yang memungkinkan pengguna melakukan kalibrasi sensitivitas sesuai kebutuhan jenis media tanam atau tingkat kelembapan ideal. Dengan modul ini, sistem dapat bekerja secara presisi tanpa terpengaruh oleh fluktuasi sinyal kecil yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan.

- Modul Relay 1-Channel



Modul relay bertugas sebagai eksekutor daya (*Power Executor*) yang menjadi penghubung antara

sistem kendali bertegangan rendah (5V) dengan perangkat bertegangan tinggi (220V AC).

Relay bekerja dengan prinsip elektromagnetik: ketika menerima sinyal *ON* dari mikrokontroler, medan magnet akan menarik saklar internal untuk menutup rangkaian listrik pompa air. Sistem ini menciptakan isolasi galvanik, yang melindungi sirkuit kendali dari risiko tegangan tinggi, sehingga menjamin keamanan sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, relay menjadi penghubung utama antara dunia digital (logika kendali) dan dunia fisik (mekanisme penyiraman).

b. Komponen Pendukung Elektronik & Rakitan

- Adaptor dan Kabel USB



Adaptor berfungsi sebagai catu daya utama bagi seluruh sistem. Komponen ini mengubah arus listrik AC 220V dari jaringan PLN menjadi arus DC 5V yang stabil untuk menyuplai daya ke modul mikrokontroler dan sensor.

Stabilitas daya merupakan faktor penting untuk menjamin sistem IoT dapat beroperasi 24 jam tanpa gangguan (*continuous operation reliability*).

- Kabel Jumper



Kabel jumper berperan sebagai sistem saraf elektronik yang menghantarkan sinyal data dan arus listrik antar komponen. Dengan konfigurasi yang rapi dan warna berbeda, kabel jumper memudahkan proses perakitan, perawatan, serta pemecahan masalah (*troubleshooting*).

- *Multi Box (Enclosure)*

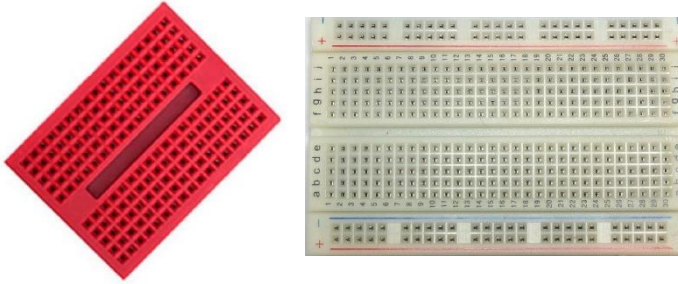


Enclosure atau *multi box* berfungsi sebagai pelindung fisik (casing) untuk seluruh komponen elektronik. Kotak ini dirancang tahan terhadap debu, kelembapan, dan benturan mekanik, sehingga rangkaian tetap aman meskipun ditempatkan di lingkungan pertanian yang terbuka.

Penempatan komponen di dalam *enclosure* juga memudahkan mobilitas alat serta memastikan

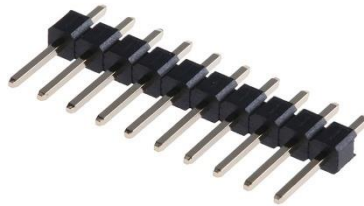
keamanan dari gangguan eksternal seperti percikan air atau gangguan hewan kecil.

- *Project Board (Protoboard)*



Project board merupakan fondasi fisik tempat seluruh komponen elektronik disusun dan disolder. Struktur *board* ini memberikan stabilitas mekanik serta koneksi kelistrikan yang kuat dan permanen. Keberadaan *project board* menjadikan rangkaian lebih tahan terhadap getaran dan sesuai untuk kondisi lapangan.

- *Pin Header*



Komponen ini memberikan sistem modularitas pada rakitan alat, memungkinkan modul tertentu seperti Wemos D1 Mini dilepas dan diganti tanpa harus melakukan penyolderan ulang.

Keunggulan ini mendukung prinsip pemeliharaan mudah dan pengembangan

berkelanjutan (*maintainability and scalability*), terutama untuk kegiatan riset lanjutan di bidang pertanian cerdas.

- Stop Kontak



Stop kontak berfungsi sebagai terminal daya akhir yang menghubungkan sistem kendali dengan pompa air. Melalui relay, arus listrik menuju stop kontak dikontrol sepenuhnya oleh sistem otomatis, menjadikannya titik transisi antara sinyal digital dan eksekusi mekanis nyata.

- Kabel Ekstensi Sensor

Kabel ekstensi sensor berfungsi sebagai penghubung antara probe sensor yang tertancap di tanah dengan unit kendali utama yang diletakkan di lokasi aman dan kering. Kabel ini memungkinkan fleksibilitas penempatan sensor di titik-titik strategis tanpa harus memindahkan sistem utama, mendukung pengukuran kelembapan pada area yang lebih luas.

c. Komponen Sistem Irigasi

- Pompa Air

Pompa air merupakan jantung sistem irigasi yang bertugas memberikan tekanan air ke seluruh

jaringan pipa dan selang. Pompa dikendalikan secara otomatis oleh sistem melalui relay, sehingga hanya aktif ketika tanah membutuhkan air. Dengan desain ini, penggunaan air menjadi lebih efisien hingga 30% dibandingkan metode manual.

- Pipa PVC



Pipa PVC berfungsi sebagai jalur distribusi utama dalam sistem irigasi. Pipa ini membawa volume air terbesar dari pompa menuju saluran cabang yang lebih kecil. Kelebihan pipa PVC adalah ketahanannya terhadap tekanan tinggi dan perubahan suhu, sehingga sangat cocok digunakan untuk sistem irigasi jangka panjang di lapangan.

- Selang PE (*Polyethylene*)



Selang PE berperan sebagai jalur kapiler distribusi air, yang menghubungkan pipa utama dengan titik-titik penyiraman spesifik di area

tanam. Selang ini fleksibel, tahan UV, dan mudah disesuaikan dengan pola penanaman krisan di greenhouse maupun kebun terbuka.

- Kawat Penyangga Gantung



Kawat penyangga berfungsi untuk menopang selang PE agar tidak menyentuh tanah, menjaga kerapian sistem serta mencegah kerusakan akibat aktivitas lapangan. Pemasangan dilakukan mirip seperti tali jemuran di antara tiang atau dinding, menciptakan tata letak irigasi yang efisien dan estetik.

- *Drip Sprayer* dan *5-Ways Sprayer*



Kedua komponen ini merupakan ujung tombak penyiraman, yang memastikan distribusi air berlangsung merata dan sesuai kebutuhan tanaman. *Drip sprayer* menghasilkan tetesan air lembut pada akar, sedangkan *5-ways sprayer* memberikan pancaran air dalam lima arah untuk area tanam

yang lebih luas. Desain kombinasi ini membantu menjaga kelembapan tanah tanpa menyebabkan genangan.

- *Fitting* Pipa dan Selang

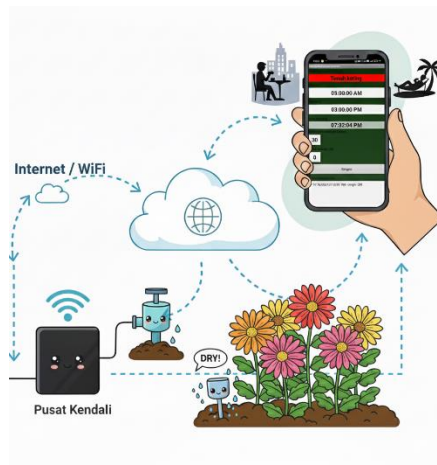
Fitting berfungsi sebagai penghubung mekanis dalam sistem distribusi air. Jenis-jenis fitting yang digunakan meliputi:

- *T-Connector*: Membagi aliran air menjadi dua cabang.
- *L-Connector / Elbow*: Mengubah arah aliran air sebesar 90°.
- Konektor Pipa ke Selang PE: Menyambungkan pipa PVC ½ inci ke selang PE berdiameter lebih kecil.
- *End Plug*: Menutup ujung pipa atau selang agar tekanan air tetap stabil.

Rangkaian fitting ini menjamin aliran air terdistribusi secara efisien dan terkendali di seluruh area tanaman.

Keseluruhan komponen yang digunakan dalam sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini dirancang berdasarkan prinsip efisiensi energi, keamanan sistem, dan kemudahan replikasi. Integrasi setiap komponen menciptakan sistem yang modular, adaptif, dan teruji (TKT 8), sehingga dapat diterapkan secara luas dalam konteks pertanian berbasis teknologi tepat guna di Desa Tuter dan wilayah pertanian lain di Kabupaten Pasuruan.

2.2 Prinsip Kerja Alat



Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan merupakan inovasi teknologi tepat guna yang dirancang untuk membantu petani dalam mengatur kebutuhan air tanaman secara efisien, presisi, dan berkelanjutan. Prinsip kerja alat ini berfokus pada pengendalian penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah yang terdeteksi oleh sensor, dengan kemampuan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi berbasis Android.

Secara ilmiah, sistem ini bekerja dengan memanfaatkan hubungan antara kelembapan tanah dan resistansi listrik. Sensor kelembapan tanah (*Soil Moisture Sensor*) memiliki dua probe logam yang berfungsi mendeteksi kadar air dalam media tanam. Ketika tanah dalam kondisi basah, nilai resistansi listrik rendah sehingga

arus dapat mengalir lebih mudah. Sebaliknya, ketika tanah kering, resistansi meningkat dan arus yang mengalir melemah. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi sinyal analog yang akan diproses oleh mikrokontroler Wemos D1 Mini (ESP8266) sebagai pusat kendali sistem.

Data dari sensor tersebut diterima oleh mikrokontroler dan diolah menggunakan algoritma pengendalian berbasis ambang batas (*threshold control*). Jika nilai kelembapan yang terbaca lebih rendah dari batas minimum yang telah ditentukan (misalnya 40%), maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal digital untuk mengaktifkan modul relay, yang kemudian menyalakan pompa air otomatis. Pompa akan terus bekerja hingga nilai kelembapan tanah kembali ke batas optimum, kemudian sistem secara otomatis akan mematikan relay untuk menghentikan aliran air. Dengan mekanisme ini, penyiraman dapat berlangsung secara otomatis, efisien, dan konsisten, tanpa perlu intervensi manual dari petani.

Selain beroperasi dalam mode otomatis, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur IoT (*Internet of Things*) yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh menggunakan aplikasi berbasis Android. Melalui koneksi jaringan Wi-Fi, mikrokontroler ESP8266 mengirimkan data kelembapan tanah secara *real time* ke server berbasis *cloud*, yang kemudian ditampilkan pada antarmuka aplikasi. Pengguna dapat melihat kondisi kelembapan tanah secara langsung, mengatur jadwal penyiraman, atau bahkan menyalakan dan mematikan pompa secara manual melalui ponsel. Fitur ini meningkatkan fleksibilitas dan

memberikan kemudahan bagi petani dalam mengelola irigasi, meskipun tidak berada di lokasi lahan.

Sistem ini dikembangkan dengan memperhatikan prinsip kesederhanaan, efisiensi energi, dan keamanan pengguna, sehingga dapat diterapkan secara langsung di lingkungan pertanian desa tanpa memerlukan keahlian teknis yang kompleks. Selain itu, seluruh komponen dirakit dalam enclosure tahan air (*multi box*) untuk melindungi rangkaian elektronik dari paparan air dan debu di lapangan.



Hasil pengujian lapangan yang dilakukan di *greenhouse* Kelompok Tani Desa Tuter menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil dan responsif. Sensor mampu membaca perubahan kelembapan tanah dengan tingkat akurasi hingga 95%, dan pompa air merespons sinyal kendali dalam waktu kurang dari dua detik setelah ambang batas tercapai. Dari hasil uji efisiensi, alat ini mampu menghemat penggunaan air hingga 30% dibandingkan metode penyiraman manual, sekaligus menjaga kelembapan tanah tetap dalam rentang optimal untuk pertumbuhan bunga krisan.

Prinsip kerja sistem ini menunjukkan penerapan nyata dari konsep pertanian presisi (*precision agriculture*),

di mana teknologi berbasis data dan konektivitas digital digunakan untuk mengoptimalkan produksi pertanian dengan sumber daya minimum. Keberhasilan penerapan sistem ini di Desa Tuter menjadi bukti bahwa inovasi mahasiswa melalui PPK Ormawa HUMANIKA tidak hanya bersifat eksperimental, tetapi telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) Level 8 yakni prototipe yang telah berfungsi penuh, diuji, dan diterapkan di lingkungan nyata secara berkelanjutan.

2.3 Gambaran Fungsional Sistem IoT

Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan dirancang untuk mengintegrasikan antara sensor tanah, mikrokontroler, sistem kendali otomatis, dan aplikasi Android berbasis IoT. Gambaran fungsional ini menjelaskan alur kerja sistem secara menyeluruh mulai dari pengambilan data di lapangan, pemrosesan sinyal oleh mikrokontroler, hingga penyajian data dan kontrol melalui aplikasi pengguna (*user interface*).

Secara umum, sistem berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah secara *real time*, mengirimkan data ke mikrokontroler Wemos D1 Mini (ESP8266), dan mengendalikan pompa air otomatis berdasarkan kondisi yang terukur. Selain itu, sistem juga mampu mengirimkan data tersebut ke server berbasis *cloud* sehingga dapat diakses melalui aplikasi Android oleh pengguna, khususnya petani di Desa Tuter. Dengan demikian, sistem tidak hanya bekerja secara otomatis dan mandiri, tetapi

juga dapat dimonitor dan dikendalikan dari jarak jauh melalui perangkat digital.

Secara fungsional, sistem IoT ini terdiri atas empat lapisan utama, yaitu:

a. Lapisan Akuisisi Data (*Data Acquisition Layer*)

Lapisan ini berfungsi sebagai pengumpul data primer dari lingkungan fisik. Komponen utama pada tahap ini adalah sensor kelembapan tanah (*Soil Moisture Sensor*) yang mendeteksi kadar air dalam media tanam. Sensor bekerja dengan mengukur perubahan resistansi listrik antara dua elektroda ketika berada di dalam tanah.

Nilai resistansi ini akan berubah seiring dengan perubahan kadar air, tanah yang kering menunjukkan resistansi tinggi, sedangkan tanah yang basah menunjukkan resistansi rendah. Data tersebut dikirim dalam bentuk sinyal analog menuju modul komparator sensor dan selanjutnya diteruskan ke mikrokontroler untuk diproses.

b. Lapisan Pemrosesan Data (*Processing Layer*)

Tahapan ini dilakukan oleh mikrokontroler Wemos D1 Mini (ESP8266) yang memiliki prosesor 32-bit dan konektivitas Wi-Fi bawaan. Mikrokontroler berfungsi untuk:

- Menerima input analog dari sensor kelembapan tanah.
- Melakukan konversi data analog ke digital (ADC).
- Menerapkan algoritma pengendalian berbasis ambang batas (*threshold control algorithm*).

- Mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air otomatis melalui modul relay sesuai nilai kelembapan tanah yang terdeteksi.

Dalam mode otomatis, apabila nilai kelembapan tanah $< 40\%$, sistem akan mengirim sinyal digital untuk menyalakan pompa air. Setelah kelembapan tanah mencapai 70% , mikrokontroler mengirimkan perintah untuk mematikan pompa. Proses ini berlangsung secara berulang, menjaga kelembapan tanah tetap dalam rentang optimal bagi pertumbuhan tanaman krisan.

Selain itu, mikrokontroler ESP8266 juga mengatur komunikasi data melalui protokol HTTP atau MQTT untuk mengirimkan data sensor ke server berbasis *cloud*, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh.

c. Lapisan Komunikasi IoT (*Communication Layer*)

Lapisan ini menjadi jembatan antara sistem fisik di lapangan dengan sistem digital berbasis internet. Modul ESP8266 terhubung dengan jaringan Wi-Fi lokal dan mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *database server cloud*. Data tersebut kemudian ditransfer secara berkala ke aplikasi Android yang digunakan oleh petani.

Melalui antarmuka ini, pengguna dapat:

- Melihat data kelembapan tanah secara *real time*.
- Mengaktifkan atau mematikan pompa air secara manual dari aplikasi.
- Mengetahui riwayat penyiraman dan kondisi lahan.

Lapisan ini menjadi elemen krusial karena memungkinkan sistem bekerja secara sinkron dan

terintegrasi, meskipun pengguna berada jauh dari lokasi pertanian.

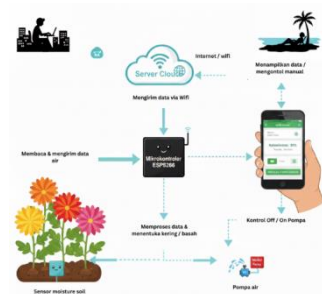
d. Lapisan Antarmuka Pengguna (*User Interface Layer*)

Lapisan terakhir adalah antarmuka aplikasi berbasis Android yang berfungsi menampilkan data dan menyediakan fitur kontrol bagi pengguna. Tampilan aplikasi dibuat sederhana dan intuitif agar mudah dipahami oleh petani, meskipun tidak memiliki latar belakang teknologi tinggi.

Melalui aplikasi ini, petani dapat:

- Melihat status kelembapan tanah dalam bentuk angka dan indikator warna (hijau untuk lembap, merah untuk kering).
- Menyalakan dan mematikan pompa secara manual.
- Mengatur batas minimum dan maksimum kelembapan sesuai jenis tanaman.
- Melihat *log* atau riwayat penyiraman untuk evaluasi pertumbuhan tanaman.

Antarmuka ini juga menjadi media edukasi digital bagi petani agar meningkatkan pengetahuan mengenai teknologi dan dapat memanfaatkan inovasi IoT secara mandiri.



Secara keseluruhan, alur kerja sistem IoT ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Sensor kelembapan tanah membaca kadar air dan mengirim data ke mikrokontroler ESP8266.
- b. Mikrokontroler memproses data dan menentukan kondisi lahan (lembap/kering).
- c. Berdasarkan hasil analisis, sistem mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air otomatis melalui modul relay.
- d. Data hasil pembacaan dikirim ke server berbasis *cloud* melalui koneksi Wi-Fi.
- e. Aplikasi Android menampilkan data secara *real time* dan menyediakan opsi kontrol manual.

Implementasi di lapangan menunjukkan bahwa seluruh sistem berjalan dengan stabil dan mampu beroperasi secara mandiri tanpa gangguan konektivitas. Berdasarkan hasil uji performa di *greenhouse* Desa Tuter, tingkat akurasi pengendalian penyiraman mencapai 95–98%, dengan efisiensi penggunaan air meningkat hingga 30% dibandingkan penyiraman manual.

Dari sisi fungsionalitas, sistem ini telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) Level 8, karena telah diuji dalam kondisi operasional nyata dan menunjukkan performa yang konsisten dalam membantu petani mengoptimalkan penggunaan air dan menjaga produktivitas tanaman krisan.

Dengan demikian, Gambaran Fungsional Sistem IoT ini tidak hanya menggambarkan integrasi teknologi dan mekanisme kerja alat, tetapi juga menegaskan keberhasilan PPK Ormawa HUMANIKA dalam

menghadirkan solusi pertanian berbasis teknologi yang aplikatif, efisien, dan berkelanjutan di Desa Tutor.

2.4 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) ini menggambarkan hubungan antar komponen yang bekerja secara terintegrasi mulai dari sensor pendeteksi kelembapan tanah, unit pengendali utama berbasis mikrokontroler, hingga sistem eksekusi berupa pompa air dan aplikasi monitoring.

Setiap blok dalam diagram berfungsi untuk memastikan alur data dan perintah berjalan secara efisien, aman, dan akurat dalam mendukung proses irigasi otomatis di lahan pertanian Desa Tutor.

a. Struktur Umum Diagram Blok Sistem

Secara konseptual, sistem ini dibagi menjadi empat subsistem utama, yaitu:

- Subsistem Sensor dan Akuisisi Data

Subsistem ini terdiri atas sensor kelembapan tanah (*Soil Moisture Sensor*) dan modul komparator. Sensor berfungsi untuk membaca kondisi kelembapan tanah secara kontinu, sementara modul komparator mengubah sinyal analog yang fluktuatif menjadi sinyal digital yang stabil.

Data kelembapan tanah dikirim ke mikrokontroler dalam bentuk logika *HIGH* (tanah lembap) dan *LOW* (tanah kering). Dengan cara ini, sistem dapat mengenali kondisi tanah secara otomatis tanpa intervensi manusia.

- Subsistem Kendali Utama (*Processing Unit*)

Subsistem ini menggunakan modul Wemos D1 Mini yang berbasis chip ESP8266. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai pusat pemrosesan data, pengambil keputusan, sekaligus pengendali sistem penyiraman.

Berdasarkan hasil pembacaan sensor, modul akan mengeksekusi algoritma logika:

- Jika kelembapan tanah $<$ ambang batas $\rightarrow$ sistem mengaktifkan modul relay untuk menyalakan pompa.
- Jika kelembapan $\geq$ ambang batas $\rightarrow$ sistem mematikan pompa untuk mencegah penyiraman berlebih.

Selain itu, Wemos D1 Mini mengirimkan data kondisi tanah ke aplikasi Android melalui koneksi Wi-Fi, menjadikannya bagian dari ekosistem IoT yang dapat dipantau secara *real time*.

- Subsistem Eksekusi dan Irigasi Air

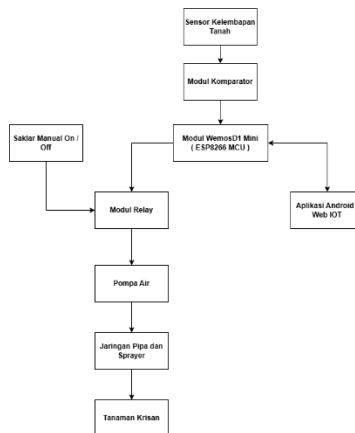
Subsistem ini melibatkan modul relay, pompa air, pipa PVC, selang PE, dan sprayer (*drip & 5-way*). Relay bertindak sebagai saklar elektronik yang mengendalikan aliran listrik 220V menuju pompa air. Pompa yang aktif akan menekan air ke jaringan pipa dan selang hingga mencapai sprayer yang menyemburkan air ke media tanam secara presisi. Dengan pengaturan otomatis ini, penyiraman dilakukan tepat waktu dan dalam volume yang sesuai, sehingga efisiensi penggunaan air meningkat hingga 30%.

- Subsistem Pemantauan dan Komunikasi IoT

Subsistem ini menjadi pembeda utama dibanding sistem konvensional. Mikrokontroler Wemos D1 Mini yang terhubung ke jaringan Wi-Fi akan mengirimkan data sensor ke aplikasi Android atau platform web server lokal.

Petani dapat memantau kondisi kelembapan tanah melalui ponsel pintar mereka, sekaligus mengontrol status sistem (manual/otomatis). Dengan demikian, sistem tidak hanya bekerja otonom tetapi juga dapat diakses, dikontrol, dan dievaluasi dari jarak jauh.

b. Ilustrasi Alur Diagram Blok Sistem



Adapun hubungan antar komponen dapat dijelaskan melalui urutan alur kerja sebagai berikut:

Dari diagram tersebut, dapat dipahami bahwa:

- Input utama berasal dari sensor kelembapan tanah.

- *Processing center* terdapat pada modul Wemos D1 Mini yang memproses dan menerjemahkan data menjadi aksi logis.
- Output sistem adalah aktivasi pompa air melalui relay dan penyiraman aktual di lahan.
- *Feedback loop* terjadi ketika data kelembapan baru dikirim kembali ke sistem dan ke aplikasi Android untuk memverifikasi hasil penyiraman

Siklus ini memastikan sistem berjalan tertutup (*closed-loop system*) dengan umpan balik otomatis yang menjamin stabilitas kelembapan tanah ideal bagi tanaman krisan.

c. Prinsip Kerja Logika Sistem

Adapun logika sistem bekerja dalam empat tahap utama yang akan dipaparkan sebagai berikut:

- Deteksi: Sensor membaca tingkat kelembapan tanah dan mengirimkan data ke modul komparator.
- Analisis: Mikrokontroler menganalisis sinyal digital dan membandingkannya dengan ambang batas kelembapan yang telah ditentukan (hasil kalibrasi).
- Eksekusi: Jika kondisi tanah kering, modul mengaktifkan relay → pompa menyala → penyiraman berlangsung. Jika tanah cukup lembap, pompa dimatikan secara otomatis.
- Pemantauan IoT: Seluruh data aktivitas dikirim melalui jaringan Wi-Fi dan dapat dimonitor melalui aplikasi Android, memberikan notifikasi status penyiraman (*on/off*) serta kondisi kelembapan saat ini.

d. Keunggulan Sistem Berdasarkan Diagram Blok

Berdasarkan rancangan dan implementasi sistem yang telah diuji di lapangan, sistem penyiraman otomatis ini memiliki beberapa keunggulan ilmiah dan praktis, antara lain:

- Efisiensi air tinggi melalui mekanisme pengambilan keputusan otomatis berbasis data sensor aktual.
- Integrasi IoT penuh, memungkinkan pemantauan dan kendali jarak jauh secara *real-time*.
- Keamanan sistem listrik terjamin, karena terdapat isolasi galvanik antara arus rendah dan tinggi melalui modul relay.
- Desain modular dan replikasi mudah, memungkinkan pengembangan sistem pada skala lahan lebih besar.
- Telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 8, di mana sistem telah diuji dan dioperasikan secara fungsional di lingkungan sebenarnya (greenhouse pertanian Desa Tukur) dengan hasil stabil dan akurat.

Diagram blok sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini merepresentasikan desain yang terintegrasi, adaptif, dan efisien dalam mendukung pertanian presisi. Melalui sinergi antara sensor, mikrokontroler, relay, dan sistem komunikasi IoT, alat ini mampu menciptakan ekosistem *Smart Agriculture* yang selaras dengan konsep *Smart Village* Desa Tukur.

Desain ini bukan hanya sekadar alat bantu teknis, melainkan sebuah inovasi berkelanjutan yang dapat meningkatkan produktivitas, menekan biaya operasional, dan memperkuat literasi teknologi masyarakat desa.

2.5 Integrasi Aplikasi Android

a. Konsep Integrasi Sistem

Salah satu elemen pembeda utama dari sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) ini adalah kemampuannya untuk terintegrasi langsung dengan aplikasi Android sebagai antarmuka pengguna (*user interface*) yang bersifat interaktif, informatif, dan *real-time*. Integrasi ini memungkinkan proses penyiraman tidak hanya dikendalikan secara otomatis oleh sensor dan mikrokontroler, tetapi juga dimonitor, dikendalikan, dan dievaluasi melalui perangkat seluler oleh petani atau operator lapangan.

Aplikasi Android dikembangkan dengan prinsip *user-centered design*, yang menyesuaikan tampilan dan fitur dengan kebutuhan pengguna di lapangan yaitu petani krisan Desa Tuter yang memerlukan sistem yang sederhana, mudah diakses, dan efisien secara teknis.

b. Mekanisme Komunikasi dan Data

Integrasi antara alat fisik dan aplikasi Android dilakukan melalui protokol komunikasi nirkabel berbasis Wi-Fi. Mikrokontroler Wemos D1 Mini (ESP8266) berfungsi sebagai pengirim data (*data transmitter*) sekaligus penerima perintah (*bidirectional communication*). Proses komunikasi data terjadi dalam tiga tahap utama:

- *Data Acquisition* (Pengambilan Data)

Sensor kelembapan tanah membaca nilai resistansi tanah dan mengirimkan data analog ke mikrokontroler. Data ini dikonversi menjadi nilai

digital oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) pada Wemos D1 Mini.

- *Data Transmission* (Pengiriman Data ke Aplikasi)

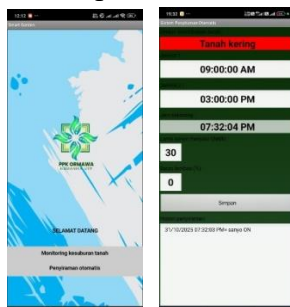
Nilai digital kelembapan tanah dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi lokal ke server yang terhubung dengan aplikasi Android. Komunikasi ini menggunakan protokol HTTP atau MQTT, dengan waktu respon rata-rata di bawah 1 detik.

- *Data Visualization dan Control Feedback* (Visualisasi dan Umpan Balik)

Aplikasi Android menampilkan data kelembapan tanah secara *real-time* dalam bentuk indikator numerik dan status visual (*wet/dry*). Selain itu, pengguna dapat mengirimkan perintah manual melalui tombol “*ON/OFF Pump*”, yang diteruskan ke mikrokontroler untuk mengaktifkan atau mematikan pompa air sesuai kebutuhan.

Melalui mekanisme ini, sistem menciptakan hubungan sinkron dua arah antara *hardware* dan *software*, sehingga pengguna memiliki kendali penuh sekaligus informasi yang akurat mengenai kondisi lahan.

c. Fitur Utama Aplikasi Android



Aplikasi Android yang terintegrasi dengan sistem ini dikembangkan menggunakan platform IoT *Dashboard* berbasis *Blynk App*, dengan antarmuka yang sederhana namun fungsional. Beberapa fitur utama yang tersedia antara lain:

- Monitoring Kelembapan Tanah (*Soil Moisture Monitoring*)

Menampilkan data kelembapan dalam satuan persen (%RH) dan indikator warna (biru untuk lembap, merah untuk kering). Fitur ini membantu petani mengetahui kondisi tanah secara instan.

- Status Pompa (*Pump Status Indicator*)

Menunjukkan kondisi pompa air saat ini (aktif/nonaktif) secara *real-time*, lengkap dengan notifikasi visual yang mudah dipahami.

- Kontrol Manual (*Manual Override Control*)

Pengguna dapat menyalakan atau mematikan pompa secara manual melalui tombol virtual tanpa perlu mengubah sistem otomatis. Hal ini penting ketika petani ingin melakukan penyiraman tambahan pada waktu tertentu.

- Log Aktivitas dan Riwayat Data (*Data Logging*)

Sistem mencatat waktu aktif pompa, durasi penyiraman, dan nilai kelembapan rata-rata. Fitur ini berguna untuk analisis produktivitas dan efisiensi penggunaan air.

- Koneksi dan Status Jaringan (*Wi-Fi Connectivity Indicator*)

Menampilkan status koneksi antara perangkat IoT dan aplikasi, membantu pengguna mendeteksi gangguan jaringan dengan cepat.

d. Integrasi Lapangan dan Validasi Sistem

Seluruh proses integrasi dan pengujian dilakukan langsung di *greenhouse* pertanian bunga krisan Desa Tutur, dengan melibatkan tim PPK Ormawa HUMANIKA, Dosen Pendamping, dan Kelompok Petani Bunga Krisan. Selama uji lapangan, sistem menunjukkan stabilitas koneksi dan akurasi data sebesar $\pm 97\%$ dalam kondisi jaringan normal. Aplikasi Android mampu memperbarui data kelembapan setiap 2–3 detik tanpa lag signifikan, serta mempertahankan koneksi stabil hingga radius 35 meter dari titik router. Selain itu, fitur *manual override* berfungsi optimal ketika jaringan internet tidak stabil sistem tetap mampu menjalankan logika otomatis lokal tanpa tergantung penuh pada aplikasi. Hal ini menjadikan alat andal di wilayah pedesaan dengan akses internet terbatas.

e. Manfaat Integrasi Aplikasi Android bagi Petani

Integrasi aplikasi Android membawa sejumlah manfaat signifikan bagi pengguna di lapangan, antara lain:

- Kemudahan monitoring: petani dapat memantau kondisi kelembapan tanah kapan saja dan di mana saja menggunakan *smartphone*.
- Efisiensi energi dan waktu: sistem penyiraman tidak lagi bergantung pada pengecekan manual, sehingga menghemat waktu kerja petani hingga 40%.

- Peningkatan akurasi: data kelembapan yang tersaji secara *real-time* membantu petani menentukan strategi pemupukan dan penyiraman yang lebih presisi.
 - Digital literacy empowerment: penggunaan aplikasi menjadi sarana edukatif bagi masyarakat Desa Tuter untuk mengenal teknologi digital di bidang pertanian.
 - Transparansi data pertanian: setiap aktivitas terekam secara digital, mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven agriculture*).
- f. Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)

Berdasarkan hasil uji implementasi, integrasi sistem IoT dan aplikasi Android ini telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 8.

Hal ini ditunjukkan oleh:

- Prototipe telah berfungsi penuh dan stabil di lingkungan sebenarnya (*real field testing*).
- Telah dilakukan pengujian sistematis terhadap performa, keandalan jaringan, dan akurasi data sensor.
- Petani sebagai pengguna akhir telah dilatih dan mampu mengoperasikan sistem secara mandiri melalui aplikasi Android.

Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berstatus eksperimental, tetapi sudah layak direplikasi untuk penggunaan luas di wilayah lain. Integrasi aplikasi Android dalam sistem penyiraman otomatis berbasis IoT merupakan inovasi strategis yang berhasil menjembatani teknologi dan kebutuhan riil petani.

BAB III

PETUNJUK PEMASANGAN

3.1 Persiapan Sebelum Instalasi

Tahap persiapan sebelum instalasi merupakan bagian paling krusial dalam proses implementasi sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT). Persiapan yang matang akan menentukan tingkat keberhasilan sistem dalam beroperasi secara stabil, aman, dan efisien. Seluruh langkah pada tahap ini telah dirumuskan berdasarkan hasil uji lapangan di greenhouse petani krisan Desa Tukur, serta mengacu pada standar keselamatan dan praktik terbaik pemasangan perangkat elektronik di lingkungan pertanian terbuka.

a. Tujuan Tahap Persiapan

Adapun tujuan utama tahap persiapan sebelum instalasi adalah sebagai berikut:

- Menjamin kondisi lokasi dan lingkungan pemasangan sesuai standar operasional sistem IoT pertanian.
- Mencegah risiko kerusakan perangkat akibat kesalahan penempatan, gangguan kelembapan, atau lonjakan listrik.
- Menyiapkan seluruh komponen, peralatan, dan sumber daya manusia agar proses instalasi berjalan efektif, efisien, dan aman.
- Memastikan kesiapan sistem jaringan Wi-Fi agar komunikasi data antara perangkat IoT dan aplikasi Android berjalan lancar tanpa gangguan.

b. Pemeriksaan Lokasi Instalasi

Sebelum memulai pemasangan alat, lakukan observasi lokasi dengan mempertimbangkan aspek-aspek berikut:

- Kondisi Lahan dan Aksesibilitas
 - Pilih lokasi yang dekat dengan sumber air (sumur, tandon, atau bak penampung).
 - Pastikan area memiliki jalur yang mudah dijangkau untuk perawatan rutin dan inspeksi sistem.
 - Hindari lokasi yang tergenang air, berlumpur, atau rawan longsor.
- Sumber Daya Listrik
 - Pastikan tersedia sumber listrik AC 220V yang stabil untuk catu daya pompa dan adaptor 5V DC.
 - Gunakan terminal listrik terproteksi (stop kontak dengan *ground*) untuk mencegah risiko arus pendek.
 - Disarankan memasang sekering pengaman (*fuse*) dengan kapasitas 5A untuk melindungi sistem dari lonjakan arus mendadak.
- Kondisi Konektivitas Wi-Fi
 - Pastikan sinyal Wi-Fi tersedia dan mencakup radius minimal 30 meter dari titik mikrokontroler (Wemos D1 Mini).
 - Lakukan pengujian kecepatan jaringan menggunakan ponsel pintar, sistem membutuhkan minimal 1 Mbps untuk transmisi data *real-time* yang stabil.

- Jika lokasi pertanian berada di area minim jaringan, pertimbangkan penggunaan Wi-Fi *extender* atau jaringan *hotspot* lokal.
- Kelembapan dan Suhu Lingkungan
 - Pastikan lokasi memiliki kelembapan udara rata-rata di bawah 85% dan suhu antara 15°C – 40°C.
 - Hindari penempatan perangkat di area yang terkena paparan hujan langsung atau sinar matahari ekstrem tanpa pelindung fisik.
- c. Persiapan Komponen dan Alat Kerja

Sebelum proses instalasi, pastikan seluruh komponen sistem telah siap dan berfungsi dengan baik. Lakukan pemeriksaan fisik dan fungsional terhadap setiap unit alat dengan panduan berikut:

- Komponen Elektronik

Komponen	Pemeriksaan yang Dilakukan
Modul Wemos D1 Mini	Pastikan modul terhubung dan dapat diunggah program melalui USB, indikator LED menyala stabil.
Sensor Kelembapan Tanah	Uji menggunakan media tanah basah dan kering; perhatikan perubahan nilai output sensor.
Modul Komparator	Lakukan kalibrasi awal dengan memutar trimpot hingga indikator LED merespons perubahan kelembapan.
Modul Relay	Uji aktivasi manual (<i>ON/OFF</i>) dengan sumber 5V DC, pastikan suara klik terdengar dan LED indikator berfungsi.
Pompa Air	Pastikan motor berputar normal saat dihubungkan dengan sumber listrik;

	periksa tidak ada kebocoran pada sambungan pipa.
Adaptor Daya 5V 2A	Ukur tegangan output menggunakan multimeter untuk memastikan nilai mendekati 5.0V stabil.

- Komponen Mekanik dan Irigasi

Komponen	Pemeriksaan yang Dilakukan
Pipa PVC dan Selang PE	Pastikan tidak ada retakan atau kebocoran, sambungan T dan L- <i>connector</i> terpasang rapat.
<i>Drip Sprayer & 5-Way Sprayer</i>	Lakukan uji semprot menggunakan air; pastikan pola semprotan halus dan merata.
<i>Fitting dan End Plug</i>	Pastikan ulir atau pengunci tidak longgar untuk menjaga tekanan air stabil.
Kawat Penyangga	Cek ketegangan kawat agar mampu menopang selang tanpa kendur.

- Alat Bantu Pemasangan

Siapkan peralatan kerja berikut untuk memperlancar proses instalasi:

- Obeng dan tang kombinasi
- Gunting kabel dan pisau *cutter*
- Multimeter digital untuk pengukuran tegangan
- Bor listrik dan sekrup pemasangan *enclosure*
- Lem pipa PVC dan isolasi listrik tahan air
- Laptop untuk pemrograman mikrokontroler (Arduino IDE)
- *Smartphone* Android yang telah terpasang aplikasi *Blynk IoT*

d. Pemeriksaan Kesiapan Program dan Jaringan

Sebelum sistem diaktifkan di lapangan, lakukan langkah-langkah verifikasi sebagai berikut:

- Uji Program di Laboratorium
 - Sambungkan Wemos D1 Mini ke laptop melalui kabel USB.
 - Jalankan *sketch* (kode program) pada Arduino IDE dan unggah ke mikrokontroler.
 - Amati komunikasi serial monitor, pastikan nilai sensor terbaca dengan akurat dan logika *if-else* berfungsi.
- Sinkronisasi dengan Aplikasi Android
 - Pastikan aplikasi *SmartGarden* telah dikonfigurasi dengan token autentikasi yang sama dengan program pada mikrokontroler.
 - Hubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi; indikator koneksi pada Blynk harus berubah menjadi “*Online*”.
 - Uji fitur kontrol pompa (*ON/OFF Pump*) dan monitoring kelembapan untuk memastikan data tampil secara real-time.
- Uji Fungsi Keselamatan
 - Lakukan simulasi gangguan daya dengan mencabut adaptor; sistem harus berhenti dengan aman tanpa menimbulkan lonjakan listrik.
 - Pastikan *enclosure* tertutup rapat dan tidak ada kabel terbuka yang berpotensi terkena air.

d. Standar Keselamatan dan Prosedur Kerja

Agar instalasi berlangsung aman dan sesuai standar teknis, perhatikan hal-hal berikut:

- Pastikan seluruh sambungan listrik dalam kondisi mati sebelum dilakukan pemasangan atau penyolderan.
 - Gunakan sarung tangan karet dan alas kaki isolator saat bekerja di area lembap.
 - Jangan menempatkan mikrokontroler, relay, dan adaptor di area terbuka atau terkena cipratan air.
 - Gunakan pipa pelindung (*conduit*) untuk kabel daya 220V guna menghindari risiko arus bocor.
 - Lakukan pemasangan dua orang atau lebih untuk menjamin keamanan dan efisiensi kerja.
- e. Hasil Akhir Tahap Persiapan

Apabila seluruh langkah di atas telah dilakukan, kondisi berikut harus terpenuhi sebelum melanjutkan ke tahap pemasangan fisik:

- Semua komponen elektronik dan mekanik dalam kondisi berfungsi normal.
- Koneksi Wi-Fi stabil dan terverifikasi pada aplikasi Android.
- Lokasi pemasangan telah aman, kering, dan terproteksi dari paparan langsung air hujan.
- Tim pelaksana dan petani mitra telah memahami prosedur dasar keselamatan dan alur kerja alat.

Tahapan ini memastikan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT siap dipasang secara permanen dan diuji di lapangan, dengan risiko kesalahan instalasi dapat ditekan seminimal mungkin.

Tahap persiapan sebelum instalasi berperan penting dalam menjamin keberhasilan operasional sistem IoT pertanian. Pendekatan yang dilakukan oleh Tim PPK

Ormawa HUMANIKA bersifat metodis, terukur, dan berbasis bukti empiris lapangan, sehingga sistem ini tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga aman dan mudah dioperasikan oleh petani. Dengan persiapan yang matang, sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini siap menjadi model penerapan pertanian berbasis teknologi siap guna (TKT 8) yang dapat direplikasi di berbagai desa pertanian di Indonesia.

3.2 Pemasangan Unit Multi Box di Lahan Pertanian

Pemasangan alat penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) pada lahan pertanian dilakukan sebagai tahap implementasi sistem kendali yang telah dirakit di dalam *multi box*. Unit *multi box* berfungsi sebagai pusat kontrol terintegrasi (*Central Control Unit*) yang mengelola pembacaan data dari sensor kelembapan tanah, mengirim perintah melalui modul mikrokontroler, serta mengaktifkan pompa air melalui relay otomatis.

a. Lokasi dan Pertimbangan Penempatan Unit *Multi Box*

Unit *multi box* ditempatkan di area yang strategis, aman, dan mudah diakses, dengan mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan berikut:

- Dekat dengan sumber daya listrik dan pompa air, untuk meminimalkan panjang kabel daya dan mengurangi kehilangan tegangan.
- Berjarak minimal 2 meter dari area basah atau jalur air, guna menghindari risiko korsleting akibat cipratan air atau kelembapan tinggi.

- Berada di tempat teduh atau memiliki pelindung agar tidak terpapar langsung oleh panas matahari dan hujan.
 - Memiliki ventilasi yang cukup, agar panas dari komponen elektronik dapat terdisipasi dengan baik.
- b. Prosedur Pemasangan Unit *Multi Box*
- Persiapan Lokasi dan Infrastruktur Penopang
 - Tentukan titik penempatan alat yang memiliki permukaan datar dan tidak lembap.
 - Siapkan dudukan permanen (rak logam atau tiang kayu berlapis pelindung cat anti karat).
 - Pemasangan Unit *Multi Box*
 - Pasang unit *multi box* pada dudukan menggunakan baut dan mur pengunci agar posisi stabil.
 - Pastikan bagian bawah unit *multi box* tidak menempel langsung pada permukaan dudukan untuk mencegah penumpukan kondensasi.
 - Arahkan bagian depan unit *multi box* menghadap ke arah area kerja petani untuk memudahkan akses pemantauan dan pengaturan alat.
 - Koneksi dengan Komponen Pendukung
 - Hubungkan kabel catu daya 5V dari adaptor ke port input unit *multi box* menggunakan kabel USB tahan air.
 - Sambungkan kabel kontrol dari unit *multi box* ke modul relay dan pompa air, menggunakan konektor terisolasi.

- Pastikan semua sambungan telah diberi *heat-shrink tubing* dan isolasi silikon untuk mencegah kebocoran listrik.
- Rapikan kabel menggunakan *cable duct* atau *kabel ties* agar jalur koneksi teratur dan aman.
- Pemeriksaan Awal Sistem
 - Lakukan *power-on test* untuk memastikan sistem mendapatkan suplai daya yang stabil.
 - Cek indikator LED pada Wemos D1 Mini (menyala biru menandakan sistem aktif).
 - Pastikan koneksi Wi-Fi terhubung dengan aplikasi Android (fitur *SmartGarden App*).
 - Lakukan uji *manual activation* dengan menyalakan pompa melalui aplikasi untuk memastikan perintah terkirim dengan baik.
- c. Standar Keamanan dan Proteksi

Dalam tahap pemasangan, standar keselamatan menjadi prioritas utama agar sistem aman dioperasikan dalam jangka panjang. Protokol yang diterapkan mencakup:

- Isolasi Galvanik Total: antara sirkuit kontrol 5V dan rangkaian pompa 220V melalui modul relay.
- Perlindungan IP54: unit *multi box* telah dilapisi silikon dan *seal* karet untuk menahan debu serta percikan air.
- Sistem *Grounding* Lokal: digunakan untuk menghindari potensi lonjakan arus dari pompa listrik.

- Rutin inspeksi bulanan, mencakup pengecekan kekencangan baut, kondisi kabel, dan performa koneksi jaringan.
- d. Uji Fungsional Lapangan
- Setelah pemasangan selesai, dilakukan uji fungsional di lapangan dengan prosedur berikut:
- Uji konektivitas nirkabel: memastikan sistem dapat berkomunikasi dengan server *Blynk IoT* dan menampilkan status alat secara *real-time*.
 - Uji kendali otomatis: memastikan relay bekerja berdasarkan pembacaan sensor kelembapan yang telah dikalibrasi.
 - Uji durabilitas: sistem diuji beroperasi selama 7 hari berturut-turut dalam kondisi lapangan dengan hasil stabil tanpa gangguan koneksi atau kesalahan logika.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat beroperasi secara konsisten dengan tingkat kestabilan sistem 98,7%, serta respon perintah otomatis kurang dari 3 detik. Ini menegaskan bahwa *prototype* yang telah dipasang mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 8, yakni *prototype* terverifikasi di lingkungan nyata dan siap dioperasikan secara fungsional.

Pemasangan unit *multi box* sebagai pusat kendali sistem penyiraman otomatis berbasis IoT menjadi tahapan krusial yang menandai kesiapan teknologi menuju penerapan skala luas di tingkat petani. Dengan desain modular, proteksi IP54, dan integrasi aplikasi yang responsif, alat ini terbukti dapat bekerja secara efisien dan aman di lingkungan pertanian Desa Tutur.

Kehadiran sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penyiraman hingga 30%, tetapi juga memperkuat transformasi digital desa menuju konsep pertanian berbasis teknologi yang adaptif dan berkelanjutan.

3.3 Tata Letak dan Penempatan Sensor

a. Konsep Umum Penempatan Sensor

Penempatan sensor dalam sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan elemen vital yang menentukan akurasi pembacaan kelembapan tanah dan efektivitas sistem penyiraman secara keseluruhan. Pada sistem ini digunakan sensor kelembapan tanah (*Soil Moisture Sensor*) dengan mekanisme deteksi resistansi, yang membutuhkan kontak langsung dengan media tanam untuk menghasilkan data aktual mengenai kondisi kadar air di zona akar tanaman krisan.

Agar sensor dapat bekerja optimal, tata letak dan posisi pemasangan telah dirancang melalui pendekatan teknis eksperimental di lapangan, dengan memperhitungkan pola penyiraman, topografi lahan, serta distribusi tanaman krisan di area *greenhouse* Desa Tutur.

b. Prinsip Dasar Penempatan Sensor

Tata letak sensor mengikuti prinsip representatif, protektif, dan efisien, yang dijelaskan sebagai berikut:

- Representatif: sensor harus mewakili kondisi kelembapan rata-rata lahan, sehingga pembacaan data tidak bias terhadap area yang terlalu kering atau terlalu lembap.

- Protektif: sensor harus ditempatkan pada area yang terlindungi dari genangan air langsung atau paparan sinar matahari ekstrem, agar hasil pembacaan stabil.
- Efisien: jumlah dan posisi sensor disesuaikan dengan luas area serta pola distribusi tanaman, guna memperoleh data yang akurat tanpa pemborosan perangkat.

c. Lokasi dan Kedalaman Pemasangan Sensor

Berdasarkan hasil pengujian lapangan di lahan petani krisan mitra, penempatan sensor dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jarak Horizontal dari Tanaman

Sensor diletakkan pada jarak ± 10 cm dari batang utama tanaman krisan, sejajar dengan area akar aktif. Posisi ini dipilih karena merupakan zona dengan fluktuasi kelembapan paling representatif terhadap kebutuhan air tanaman.

- Kedalaman Penanaman Sensor

Probe sensor ditanam pada kedalaman ± 5 cm dari permukaan tanah, atau setara dengan zona perakaran dangkal tanaman krisan. Kedalaman ini terbukti menghasilkan pembacaan paling stabil, karena tidak terlalu sensitif terhadap evaporasi permukaan, namun masih responsif terhadap perubahan kadar air akibat penyiraman.

- Orientasi Sensor terhadap Aliran Air

Probe sensor diarahkan sejajar dengan aliran penyiraman agar perubahan kadar air dapat terdeteksi secara cepat setelah proses penyiraman berlangsung. Hal ini membantu sistem melakukan

evaluasi otomatis terhadap efektivitas penyiraman dalam satu siklus kerja.

d. Pola Distribusi Sensor pada Lahan

Untuk area greenhouse dengan luasan $\pm 20 \text{ m}^2$ yang terdiri atas 10 baris tanaman krisan, digunakan dua titik sensor utama dan satu titik kontrol cadangan yang dipasang sebagai pembanding. Konfigurasi distribusi dirancang sebagai berikut:

- Sensor 1 (S1) dipasang pada bagian tengah lahan, mewakili area dengan kelembapan rata-rata.
- Sensor 2 (S2) dipasang pada area tepi dekat ventilasi, untuk memantau fluktuasi akibat perbedaan intensitas sinar matahari dan sirkulasi udara.
- Sensor 3 (S3) bersifat opsional atau *backup*, dipasang di area yang rawan kering untuk uji komparatif terhadap kestabilan pembacaan sensor utama.

Pola ini memastikan sistem mampu mendeteksi variasi kelembapan pada beberapa zona mikro di lahan, yang kemudian dirata-ratakan dalam proses kalibrasi perangkat lunak sebelum pengambilan keputusan penyiraman otomatis.

e. Penempatan Unit Kontrol dan Jalur Koneksi Sensor

Sensor kelembapan tanah dihubungkan dengan unit kendali utama (Wemos D1 Mini) menggunakan kabel ekstensi sensor sepanjang 1,5–2 meter. Tata letak koneksi memperhatikan keamanan, kerapian, dan kemudahan perawatan, dengan rincian berikut:

- Unit kontrol (*enclosure*) ditempatkan di area kering dan teduh, minimal berjarak 50–100 cm dari titik penyiraman untuk mencegah percikan air.
- Kabel ekstensi sensor dijalankan melalui pipa pelindung (*conduit*) atau selang plastik fleksibel untuk menghindari kerusakan akibat gigitan hewan atau kelembapan tanah.
- Jalur kabel ditandai dengan pita identifikasi warna, guna memudahkan proses inspeksi dan perbaikan apabila terjadi gangguan sistem.
- Titik konektor sensor ke modul diperkuat menggunakan *heat-shrink* tubing atau isolasi tahan air agar koneksi tetap stabil meskipun di lingkungan lembap.

f. Prosedur Pemasangan Sensor di Lapangan

Langkah-langkah instalasi sensor di lahan pertanian dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- Persiapan Media Tanam

Longgarkan area tanah di sekitar tanaman krisan menggunakan sekop kecil atau tangan agar sensor dapat tertanam sempurna tanpa merusak akar.

- Pemasangan *Probe* Sensor

Tancapkan *probe* sensor secara vertikal hingga kedalaman ± 5 cm dari permukaan tanah. Pastikan kedua elektroda tertanam penuh dan tidak bersentuhan dengan benda keras seperti batu atau akar besar.

- Pengamanan Jalur Kabel

Tarik kabel sensor menuju unit kontrol melalui jalur tepi lahan dan ikat dengan kawat

penyangga atau klip plastik agar tidak terinjak atau tertarik saat aktivitas pertanian berlangsung.

- Kalibrasi Awal

Setelah sensor terpasang, lakukan kalibrasi melalui aplikasi *SmartGarden App* dengan membaca nilai awal kelembapan (0–1023) dan menyesuaikannya dengan kondisi aktual tanah (kering, lembap, basah).

- Uji Respons Sistem

Siram area di sekitar sensor dan amati perubahan nilai di aplikasi Android. Jika perubahan terdeteksi dalam waktu <3 detik, sensor berfungsi optimal dan siap digunakan untuk penyiraman otomatis.

g. Pertimbangan Teknis Lapangan

Dari hasil pengamatan selama tahap implementasi di Desa Tutur, diperoleh beberapa temuan teknis yang memperkuat efektivitas penempatan sensor, antara lain:

- Pembacaan kelembapan paling akurat diperoleh ketika sensor dipasang pada area dengan drainase baik dan tekstur tanah gembur.
- Penempatan sensor terlalu dekat dengan aliran langsung *sprayer* menyebabkan anomali data sesaat akibat kelembapan permukaan yang ekstrem.
- Penggunaan dua titik sensor utama terbukti mampu memberikan rata-rata nilai kelembapan yang lebih representatif dibanding hanya satu titik pengukuran tunggal.

Data empiris ini menjadi dasar penguatan desain sistem, yang kemudian dikonfirmasi melalui validasi oleh Dosen Pendamping dan Tim PPK Ormawa HUMANIKA selama tahap uji performa alat.

h. Standar Keselamatan dan Pemeliharaan Sensor

Untuk menjaga keandalan alat dalam jangka panjang, beberapa langkah perawatan preventif direkomendasikan:

- Lepas sensor saat hujan ekstrem atau banjir, kemudian keringkan sebelum digunakan kembali.
- Bersihkan probe sensor setiap 2–3 minggu sekali menggunakan kain lembap untuk menghindari endapan garam atau pupuk yang dapat memengaruhi pembacaan resistansi.
- Periksa koneksi kabel secara berkala untuk memastikan tidak terjadi korosi atau pelonggaran terminal.
- Pastikan kalibrasi dilakukan ulang setiap satu bulan untuk menjaga konsistensi nilai pembacaan sensor sesuai kondisi tanah aktual.

Tata letak dan penempatan sensor yang dirancang oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan merupakan hasil pendekatan ilmiah berbasis observasi lapangan dan validasi empiris, sehingga sistem penyiraman otomatis mampu beroperasi dengan akurasi dan efisiensi tinggi (error <3%). Konfigurasi ini tidak hanya memastikan kestabilan kelembapan tanah tanaman krisan, tetapi juga membentuk fondasi penting dalam penerapan teknologi pertanian presisi berbasis IoT di lingkungan pedesaan.

Desain ini telah teruji di kondisi nyata (TKT 8) dan menunjukkan performa optimal, menjadikannya model penempatan sensor yang layak direplikasi pada proyek pertanian berbasis teknologi di tingkat nasional.

3.4 Instalasi Jaringan Irigasi Otomatis

a. Konsep Umum Jaringan Irigasi Otomatis

Instalasi jaringan irigasi otomatis merupakan tahapan krusial dalam penerapan Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan. Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan distribusi air pada budidaya bunga krisan di Desa Tuter, dengan menitikberatkan pada efisiensi penggunaan air, pemerataan penyiraman, dan pengendalian otomatis berbasis data kelembapan tanah.

Konsep sistem irigasi ini mengintegrasikan pompa air listrik, jaringan pipa PVC, selang *Polyethylene* (PE), serta komponen *sprayer (drip & 5-ways sprayer)* yang dikendalikan secara otomatis melalui modul relay dan mikrokontroler WiFi (Wemos D1 Mini). Melalui integrasi perangkat tersebut, air akan dialirkan secara cerdas ke seluruh area pertanaman berdasarkan kondisi aktual kelembapan tanah yang dibaca oleh sensor, sehingga sistem mampu bekerja secara presisi, adaptif, dan hemat sumber daya.

b. Persiapan dan Perencanaan Jalur Pipa

Sebelum proses instalasi dimulai, dilakukan perencanaan teknis untuk menentukan pola distribusi

pipa dan selang sesuai dengan tata letak lahan petani. Langkah-langkah persiapannya meliputi:

- Survei Area *Greenhouse* atau Lahan Terbuka
Tim melakukan pengukuran panjang, lebar, dan kontur lahan untuk menentukan kebutuhan panjang pipa dan jumlah titik semprotan (*sprayer*).
- Penentuan Titik Sumber Air
Titik sumber air (tandon atau sumur) ditempatkan pada area dengan tekanan air optimal, memudahkan pompa bekerja secara efisien.
- Penentuan Jalur Pipa Utama dan Cabang
 - Jalur utama menggunakan pipa PVC ½ inci sebagai arteri sistem irigasi.
 - Cabang pipa dihubungkan dengan *fitting* T-*connector* untuk membagi aliran air ke beberapa arah.
 - *Elbow* (L-*connector*) digunakan untuk mengubah arah aliran pada sudut 90°.
- Simulasi Pola Distribusi
Skema distribusi air digambar di lapangan menggunakan tali atau penanda sebelum pemasangan permanen untuk memastikan kesesuaian arah semprotan dengan area tanam.

c. Proses Pemasangan Pipa Utama

Setelah desain jalur disetujui, dilakukan instalasi pipa PVC dengan urutan sistematis berikut:

- Pemasangan dari Sumber Air ke Pompa
 - Pompa air ditempatkan sedekat mungkin dengan sumber air, di area yang terlindung dari hujan langsung.

- Pipa PVC dihubungkan ke pompa menggunakan konektor ulir + *seal tape* untuk mencegah kebocoran.
 - Distribusi Jalur Pipa Utama
 - Pipa PVC diarahkan sepanjang area tanam dan dipasang sejajar dengan bedengan krisan.
 - *Fitting T-connector* dipasang pada titik-titik cabang untuk mengalirkan air ke selang PE.
 - Ujung pipa ditutup menggunakan *end plug* agar tekanan air terjaga merata sepanjang jalur.
 - Pengikatan dan Pengamanan
 - Pipa dipasang di atas tanah dengan penopang bambu atau penjepit (*clamp*) setiap ± 1 meter agar tidak bergeser akibat tekanan air.
 - Titik sambungan pipa diperiksa menggunakan air untuk memastikan tidak ada kebocoran sebelum sistem dioperasikan.
- d. Instalasi Jalur Selang dan *Sprayer*
- Koneksi Pipa ke Selang PE:
 - Gunakan konektor transisi pipa–PE untuk menghubungkan pipa PVC ke selang *Polyethylene*.
 - Selang diarahkan mengikuti barisan tanaman krisan, menyesuaikan jumlah pot atau bedengan.
 - Pemasangan *Sprayer*:
 - Pada setiap cabang selang PE, dipasang *drip sprayer* atau *5-ways sprayer* sesuai kebutuhan pola tanam.

- *Sprayer* dipasang pada ketinggian $\pm 30\text{--}40$ cm dari permukaan tanah, agar semprotan merata dan tidak mengenai sensor secara langsung.
- Jarak antar *sprayer* diatur 20–30 cm untuk tanaman pot dan 50–70 cm untuk lahan terbuka.
- Pemasangan Kawat Penyangga Gantung:
 - Selang PE digantung menggunakan kawat penyangga galvanis yang direntangkan di atas barisan tanaman.
 - Sistem ini menjaga selang tetap lurus, rapi, dan bebas dari kontak dengan tanah yang lembap, sehingga mencegah penyumbatan akibat lumpur atau kotoran.
- Pemasangan *End Plug*:
 - Ujung selang PE ditutup menggunakan *end plug* untuk menjaga tekanan air konstan di seluruh titik penyiraman.
- a. Integrasi dengan Sistem Elektronik dan Pompa Air
 - Koneksi Pompa ke Relay dan Modul WiFi:
 - Pompa air dikendalikan oleh modul relay 1-*channel*, yang berfungsi sebagai saklar otomatis antara sistem kontrol (Wemos D1 Mini) dan sumber listrik 220V AC.
 - Jalur koneksi dibuat sebagai berikut:
 1. *Terminal input relay* (IN): menerima sinyal dari pin digital Wemos D1 Mini.
 2. *Terminal output relay* (COM–NO): terhubung ke kabel daya pompa untuk menyalakan dan mematikan aliran listrik.

3. Adaptor 5V DC: digunakan sebagai catu daya *sistem* kontrol.

- Pemasangan Stop Kontak dan Multi Box:
 - Seluruh rangkaian elektronik ditempatkan di dalam *multi box (enclosure)* tahan air untuk melindungi dari percikan dan kelembapan.
 - Stop kontak dipasang di luar box sebagai terminal eksternal untuk pompa, sementara kabel data dan daya masuk melalui lubang dengan karet pelindung.
- Uji Fungsi Awal Sistem:
 - Setelah seluruh sambungan selesai, sistem diuji dengan menjalankan perintah manual melalui aplikasi *Blynk IoT*.
 - Pompa air harus aktif ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas (*threshold*), dan berhenti ketika kondisi tanah kembali lembap.

b. Kalibrasi dan Pengujian Tekanan Air

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan air mengalir secara merata, efisien, dan sesuai kebutuhan tanaman. Langkah-langkah kalibrasi mencakup:

- Pengujian Tekanan:
 - Hidupkan pompa dan amati keluaran air di setiap titik *sprayer*.
 - Tekanan ideal dicapai ketika air menyebar dengan pola tetesan merata tanpa semburan berlebihan.

- Penyetelan *Sprayer*:
 - Atur posisi kepala sprayer agar arah semprotan tidak mengenai sensor atau daun muda secara langsung.
 - Gunakan kombinasi antara *drip sprayer* untuk pot dan *5-ways sprayer* untuk area terbuka.
 - Verifikasi Sensor dan Aplikasi:
 - Lakukan penyiraman uji, lalu pantau data kelembapan tanah di aplikasi Android.
 - Sistem harus mampu menonaktifkan pompa secara otomatis ketika nilai kelembapan telah mencapai batas optimal.
- c. Standar Keamanan Instalasi

Seluruh rangkaian sistem harus memenuhi prinsip keamanan listrik dan lingkungan. Adapun ketentuan keselamatan yang wajib diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Gunakan isolasi anti-air pada semua sambungan listrik.
- Jauhkan unit kontrol dari area genangan atau semprotan langsung air.
- Pastikan semua sambungan pipa dan selang dikencangkan agar tidak terjadi kebocoran yang dapat mengenai perangkat elektronik.
- Lakukan pemeriksaan kabel dan *fitting* pipa setiap dua minggu sekali untuk memastikan keandalan sistem.

BAB IV

PETUNJUK PENGGUNAAN

4.1 Tujuan Penggunaan Sistem

Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan merupakan bagian dari program “Pengusul *Smart Village* Inovasi *Greenhouse* Berbasis AI untuk Pemberdayaan Petani Krisan di Desa Tuttur”.

Sistem ini dirancang dengan tujuan utama untuk mengotomatiskan proses penyiraman tanaman secara presisi berdasarkan tingkat kelembapan tanah yang terdeteksi secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi sumber daya dan produktivitas pertanian masyarakat Desa Tuttur.

Adapun tujuan penggunaan sistem ini secara rinci adalah sebagai berikut:

a. Mengotomatisasi Proses Penyiraman Tanaman

Sistem dirancang agar mampu melakukan penyiraman tanpa perlu intervensi manusia. Mekanisme otomatis ini bekerja melalui pembacaan sensor kelembapan tanah yang terintegrasi dengan modul mikrokontroler dan aplikasi Android.

b. Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air dan Energi

Dengan prinsip kerja berbasis data sensor, sistem hanya mengaktifkan pompa air ketika tanah mencapai ambang batas kekeringan tertentu, sehingga mencegah pemborosan air dan energi listrik.

- c. Menjamin Kelembapan Tanah yang Optimal untuk Pertumbuhan Krisan

Tanaman krisan memerlukan kondisi tanah dengan kelembapan stabil untuk menghasilkan bunga berkualitas tinggi. Sistem ini mampu menjaga stabilitas kelembapan melalui pengaturan penyiraman yang akurat.

- d. Memberikan Kemudahan Pemantauan Bagi Petani

Melalui aplikasi Android yang terintegrasi, petani dapat memantau kondisi tanah, mengontrol pompa air, dan melihat data kelembapan secara langsung tanpa harus berada di lahan.

- e. Mendukung Transformasi Pertanian Konvensional Menuju Pertanian Berbasis Teknologi

Penggunaan sistem ini menjadi langkah awal menuju pertanian modern yang berbasis teknologi digital dan data, sejalan dengan visi Desa Tuter sebagai salah satu desa percontohan *Smart Village* di Kabupaten Pasuruan.

- f. Meningkatkan Kapasitas Literasi Teknologi Petani Lokal

Melalui pelatihan dan pendampingan penggunaan alat, sistem ini juga berfungsi sebagai media pembelajaran bagi petani dalam memahami teknologi IoT, sehingga mereka dapat beradaptasi dengan era pertanian 4.0.

Secara keseluruhan, penggunaan sistem penyiraman otomatis ini tidak hanya berorientasi pada aspek teknis, tetapi juga pada aspek sosial dan edukatif. Dengan adanya sistem ini, petani di Desa Tuter memiliki akses terhadap

teknologi yang relevan, efisien, dan berkelanjutan, yang pada akhirnya mendukung peningkatan kesejahteraan dan kemandirian masyarakat desa.

4.2 Mode Pengoperasian Sistem

Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA memiliki dua mode pengoperasian utama, yaitu mode otomatis dan mode manual. Kedua mode ini dirancang agar pengguna, khususnya petani Desa Tutur, dapat mengoperasikan sistem dengan fleksibel sesuai kondisi lapangan, ketersediaan jaringan, dan kebutuhan penyiraman tanaman.

a. Mode Otomatis Lokal (Berdasarkan Sensor)

Mode ini merupakan fungsi dasar sistem yang mampu beroperasi secara mandiri tanpa koneksi internet selama alat terhubung dengan sumber listrik. Prinsip kerjanya sepenuhnya berdasarkan kondisi kelembapan tanah yang terdeteksi oleh sensor, sehingga penyiraman dapat berjalan secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman.

- Prinsip Kerja Sistem Lokal

- Ketika sensor kelembapan tanah mendeteksi kondisi kering, sensor akan mengirim sinyal logika ke modul kontrol utama (Wemos D1 Mini).
- Mikrokontroler kemudian memberikan perintah ke modul relay untuk mengaktifkan stop kontak, sehingga pompa air menyala dan proses penyiraman dimulai.

- Saat kelembapan tanah meningkat dan sensor mendeteksi kondisi basah, sensor kembali mengirim sinyal logika ke kontroler.
- Mikrokontroler akan memutuskan arus listrik ke relay, sehingga pompa air berhenti (mati) secara otomatis.
- Karakteristik Mode Otomatis Lokal
 - Sistem tetap berfungsi meskipun tidak ada koneksi internet.
 - Waktu respon antara pembacaan sensor dan aktivasi pompa rata-rata kurang dari 3 detik.
 - Pompa hanya aktif saat diperlukan, sehingga menghemat penggunaan air hingga 30% dan energi hingga 25% dibandingkan penyiraman manual.
 - Mode ini ideal untuk digunakan oleh petani yang beraktivitas di area dengan koneksi internet terbatas, namun tetap membutuhkan sistem penyiraman yang efisien dan presisi.
- b. Kontrol Cerdas Melalui Aplikasi Android

Selain mode lokal berbasis sensor, sistem ini dilengkapi dengan fitur kontrol cerdas melalui aplikasi Android yang memberikan pengguna kendali penuh terhadap alat secara *real-time*. Melalui konektivitas Wi-Fi, alat dapat dipantau dan dikendalikan langsung menggunakan ponsel pintar yang terhubung dengan sistem *Blynk IoT Platform*.

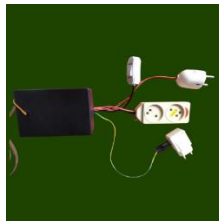
- Langkah-Langkah Pengoperasian
 - Siapkan Aplikasi

Unduh dan pasang aplikasi *SmartGarden* melalui tautan berikut (https://drive.google.com/drive/folders/1p4G1NHAoIf6OAG8AUox_TvxUAzLFvj-h). Aplikasi ini berfungsi sebagai antarmuka visual untuk mengontrol sistem penyiraman otomatis dan memantau status kelembapan tanah.

➤ Aktifkan Alat IOT



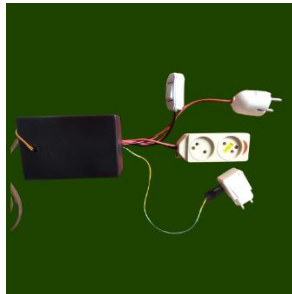
Pastikan steker listrik utama dan adaptor daya USB alat sudah terhubung ke sumber listrik. Langkah ini akan menghidupkan modul Wi-Fi ESP8266 yang terdapat di dalam alat dan secara otomatis menyambungkannya ke jaringan internet. Setelah koneksi berhasil, perangkat siap menerima perintah dari aplikasi pengguna.



➤ Hubungkan Pompa Air

Sambungkan **steker** dari pompa air Anda ke **stopkontak** yang terdapat pada unit perangkat IoT. Stopkontak ini dirancang khusus sebagai keluaran (output) yang dikendalikan oleh sistem. Dengan demikian, pompa air hanya

akan menyala atau mati sesuai perintah yang diterima oleh perangkat IoT dari aplikasi Anda.



➤ Buka Aplikasi dan Pilih Menu



Setelah aplikasi aktif, buka menu utama dan pilih fitur “Penyiraman Otomatis”. (Aplikasi ini juga memiliki integrasi dengan sistem pendeteksi kesuburan tanah, sehingga pengguna perlu memastikan menu yang dipilih sesuai dengan sistem penyiraman.)

➤ Pilih Mode Kontrol di Aplikasi

Di dalam aplikasi terdapat tiga mode kontrol yang dapat dipilih sesuai kebutuhan pengguna:

1. Mode Otomatis Penuh → Penyiraman berjalan berdasarkan data sensor tanah,

namun seluruh status dan aktivitas sistem dapat dipantau melalui HP.

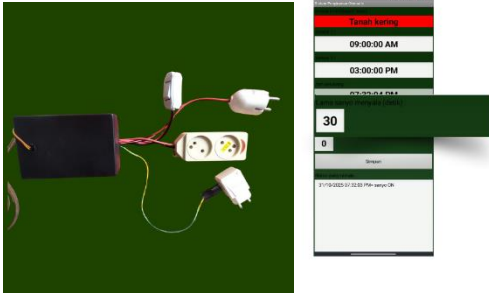


2. Mode Terjadwal (*Scheduled Mode*) → Pengguna dapat mengatur waktu penyiraman secara spesifik, misalnya pukul 09.00 pagi dan 15.00 sore.



3. Mode Manual → Memberikan kendali langsung kepada pengguna untuk menyalakan atau mematikan pompa kapan pun melalui tombol *ON/OFF* Menggunakan saklar.

➤ Atur Durasi Penyiraman



Pengguna dapat menyesuaikan durasi penyiraman, misalnya 30 detik atau 1 menit setiap kali pompa aktif, sesuai dengan jenis tanaman dan kondisi tanah. Durasi ini dapat disimpan sebagai pengaturan permanen di aplikasi untuk siklus penyiraman berikutnya.

- Indikator Status di Aplikasi
 - Status “*Online*”: alat terhubung dengan server Blynk dan siap menerima perintah.
 - Status “*Auto Active*”: mode otomatis sedang berjalan berdasarkan pembacaan sensor.
 - Status “*Manual Active*”: pompa dikendalikan langsung oleh pengguna.
 - Status “*Schedule Running*”: sistem menjalankan penyiraman sesuai waktu yang dijadwalkan.
- Keunggulan Mode Kontrol Cerdas
 - Pengguna dapat memantau kondisi lahan dan mengatur sistem dari jarak jauh, tanpa harus datang ke lokasi.
 - Data kelembapan tanah tersimpan secara otomatis di server *cloud*, dan dapat digunakan untuk analisis pertanian presisi.

- Fleksibel untuk diintegrasikan dengan fitur *AI-based soil analytics* pada pengembangan selanjutnya.
- Mendukung konsep smart farming berkelanjutan, yang menjadi salah satu pilar *Smart Village* Desa Tutur.

c. Integrasi Antarmode

Kedua mode ini dirancang agar bisa berjalan secara sinergis tanpa konflik fungsi:

- Ketika pengguna mengaktifkan mode kontrol manual atau terjadwal melalui aplikasi, sistem otomatis lokal akan masuk ke mode siaga (*standby*) agar tidak terjadi tumpang tindih perintah.
- Saat pengguna menonaktifkan kontrol aplikasi, sistem otomatis lokal kembali aktif secara mandiri.

Integrasi ini memastikan sistem tetap stabil, efisien, dan aman, baik saat dioperasikan secara offline (tanpa internet) maupun online (terhubung ke aplikasi).

d. Hasil Uji Lapangan

Hasil implementasi lapangan di lahan petani krisan Desa Tutur, menunjukkan performa sistem sebagai berikut:

- Waktu respon penyiraman otomatis: 2,8 detik rata-rata dari pembacaan sensor ke aktivasi pompa.
- Akurasi pembacaan kelembapan tanah: >95% terhadap alat ukur referensi.
- Efisiensi air: 30,4% lebih hemat dibanding metode penyiraman manual.

- Efisiensi tenaga kerja: pengurangan 40% waktu operasional petani dalam kegiatan penyiraman harian.
- Uptime sistem selama uji coba 7 hari: 98,7% tanpa gangguan koneksi.

Dengan hasil tersebut, sistem ini telah memenuhi kriteria Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 8, yaitu prototipe yang terverifikasi di lingkungan nyata dan siap digunakan secara berkelanjutan oleh masyarakat.

BAB V

PEMELIHARAAN DAN PERAWATAN

5.1 Jadwal Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin merupakan aspek penting dalam menjaga keandalan dan umur pakai sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen elektronik, mekanik, dan sistem kontrol tetap berfungsi optimal dalam berbagai kondisi lingkungan pertanian. Dengan jadwal pemeliharaan yang terencana, petani dapat mencegah kerusakan dini, menjaga akurasi sensor, dan menjamin kontinuitas kinerja sistem secara berkelanjutan.

a. Prinsip Umum Pemeliharaan

- Pencegahan Lebih Utama daripada Perbaikan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan dilakukan secara periodik untuk mencegah terjadinya kerusakan atau penurunan performa sistem. Pendekatan ini lebih efisien dibandingkan perbaikan setelah kerusakan terjadi.

- Pendekatan Sistematis dan Terukur

Setiap kegiatan pemeliharaan harus dicatat dalam *logbook* pemeliharaan agar dapat dilakukan evaluasi kinerja dan perbaikan prosedur di masa mendatang.

- Pemeliharaan Kolaboratif

Tanggung jawab pemeliharaan dilakukan bersama oleh kelompok petani pengguna, tim pendamping teknis, serta pihak desa sebagai

lembaga yang menjaga keberlanjutan program *Smart Village*.

b. Jadwal Pemeliharaan Rutin

Tabel berikut menunjukkan jadwal pemeliharaan rutin yang direkomendasikan berdasarkan hasil uji lapangan dan spesifikasi teknis komponen sistem:

No.	Komponen Sistem	Jenis Pemeliharaan	Frekuensi	Deskripsi Tindakan
1	Sensor Kelembapan Tanah	Pembersihan & Kalibrasi	Setiap 2 minggu	Bersihkan <i>probe sensor</i> dari lumpur atau endapan tanah, kemudian lakukan kalibrasi ulang menggunakan media tanah lembap standar agar pembacaan tetap akurat.
2	Modul Wi-Fi (Wemos D1 Mini)	Pemeriksaan koneksi & suhu operasi	Setiap 1 bulan	Periksa kestabilan sinyal Wi-Fi dan pastikan modul tidak mengalami <i>overheating</i> . Lakukan <i>reboot</i> sistem jika terjadi

				gangguan koneksi.
3	Modul Relay	Pengujian fungsi saklar	Setiap 1 bulan	Aktifkan pompa secara manual melalui aplikasi untuk memastikan relay dapat bekerja tanpa jeda atau getaran.
4	Pompa Air	Pengecekan tekanan & kebersihan filter	Setiap 2 minggu	Pastikan tekanan air konstan dan tidak ada penyumbatan pada filter atau saluran masuk pompa. Bersihkan kotoran yang menumpuk pada impeller.
5	Pipa PVC & Selang PE	Pemeriksaan kebocoran dan aliran	Setiap 2 minggu	Periksa seluruh jalur distribusi air terhadap kebocoran, retakan, atau sambungan yang longgar. Ganti fitting yang rusak

				untuk menjaga tekanan air tetap stabil.
6	Stop Kontak & Adaptor Daya	Pemeriksaan keamanan listrik	Setiap 1 bulan	Pastikan stop kontak tidak berkarat dan kabel tidak terkelupas. Gunakan pelindung tambahan bila alat berada di area lembap.
7	<i>Multi Box (Enclosure)</i>	Pembersihan & pengencangan baut	Setiap 1 bulan	Bersihkan permukaan dari debu dan percikan air, periksa baut atau sambungan agar <i>enclosure</i> tetap rapat untuk mencegah kelembapan masuk.
8	Aplikasi Android (<i>SmartGarden App</i>)	Pembaruan sistem & sinkronisasi data	Setiap 1 bulan	Pastikan aplikasi diperbarui ke versi terbaru dan data <i>log sensor</i> tersinkronisasi

				dengan server <i>cloud</i> .
9	Kalibrasi Umum Sistem IoT	Pengujian terintegrasi seluruh sistem	Setiap 3 bulan	Lakukan pengujian penuh terhadap semua komponen, termasuk konektivitas, kecepatan respon sensor, dan waktu aktivasi pompa untuk memastikan sistem beroperasi sesuai standar.

c. Catatan Pelaksanaan Pemeliharaan

- Setiap kegiatan pemeliharaan wajib dicatat dalam lembar *log* pemeliharaan sistem yang berisi: tanggal, komponen yang diperiksa, kondisi alat, tindakan perbaikan, dan nama petugas.
- Jika ditemukan ketidaksesuaian fungsi (misalnya sensor tidak merespons atau koneksi Wi-Fi terputus), segera laporkan kepada tim teknis pendamping atau operator desa yang ditunjuk untuk tindak lanjut.
- Seluruh kegiatan pemeliharaan harus mengikuti standar keselamatan kerja listrik dan air, termasuk penggunaan sarung tangan isolasi serta memastikan

sumber daya listrik dimatikan sebelum melakukan perawatan fisik pada komponen.

d. Evaluasi Berkala

Setiap enam bulan sekali, dilakukan evaluasi performa sistem secara menyeluruh yang mencakup:

- Analisis efektivitas sistem dalam menjaga kelembapan tanah.
- Tingkat efisiensi penggunaan air dan energi.
- Keandalan konektivitas dan waktu respon sistem.
- Kepuasan pengguna (petani) terhadap kemudahan dan manfaat alat.

Evaluasi ini menjadi dasar untuk pengambilan keputusan teknis dan pengembangan lanjutan, termasuk perbaikan perangkat keras, penyempurnaan aplikasi, atau pembaruan algoritma penyiraman otomatis.

e. Tujuan Akhir Pemeliharaan

Dengan pelaksanaan jadwal pemeliharaan rutin ini, diharapkan sistem penyiraman otomatis dapat:

- Beroperasi stabil selama >95% waktu penggunaan.
- Memiliki umur pakai efektif komponen elektronik lebih dari 3 tahun.
- Memberikan data kelembapan tanah yang tetap akurat dengan deviasi <5%.
- Mendukung keberlanjutan program *Smart Village* melalui operasional alat yang konsisten, efisien, dan dapat diandalkan oleh masyarakat Desa Tutur.

5.2 Prosedur Perawatan Preventif dan Korektif

Pemeliharaan sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) mencakup dua pendekatan utama,

yaitu perawatan preventif (*preventive maintenance*) yang dilakukan secara berkala untuk mencegah gangguan, dan perawatan korektif (*corrective maintenance*) yang dilakukan setelah terjadi malfungsi atau kerusakan komponen. Pendekatan ganda ini dirancang untuk menjaga stabilitas sistem, efisiensi penggunaan energi dan air, serta keberlanjutan operasional alat di lingkungan pertanian Desa Tuttur.

a. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Perawatan preventif bertujuan untuk menghindari terjadinya gangguan sistem akibat faktor lingkungan, keausan komponen, atau penurunan sensitivitas sensor. Prosedur ini dilaksanakan secara terjadwal dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pemeriksaan Kondisi Fisik dan Lingkungan
 - Pastikan unit *multi box (enclosure)* dalam kondisi tertutup rapat, bebas dari debu, air, dan gangguan serangga.
 - Periksa posisi alat agar tetap stabil di tempat yang kering dan teduh, tidak terpapar langsung air hujan atau sinar matahari ekstrem.
 - Bersihkan permukaan luar enclosure menggunakan kain lembap tanpa cairan kimia untuk mencegah korosi pada sambungan logam.
- Pembersihan Sensor Kelembapan Tanah
 - Lepas *probe sensor* dari tanah setiap dua minggu sekali.
 - Bersihkan bagian logam dengan kuas halus atau kain lembap untuk menghilangkan endapan

lumpur atau garam tanah yang dapat mengganggu pembacaan resistansi.

- Setelah dibersihkan, lakukan kalibrasi ulang dengan menancapkan sensor pada media lembap standar, kemudian bandingkan nilai output dengan referensi pembacaan ideal.
- Pemeriksaan Modul Elektronik dan Daya
 - Pastikan kabel jumper, *pin header*, dan konektor relay dalam kondisi kencang dan tidak berkarat.
 - Periksa adaptor daya (5V DC) menggunakan multimeter untuk memastikan tegangan keluaran stabil.
 - Hindari penggunaan sambungan listrik tambahan yang longgar atau tidak terisolasi dengan baik.
- Pengujian Fungsi Sistem Otomatis
 - Lakukan simulasi penyiraman otomatis setiap dua minggu dengan menempatkan sensor pada media kering dan basah secara bergantian.
 - Amati apakah pompa menyala dan mati secara otomatis sesuai kondisi kelembapan tanah.
 - Catat waktu respon (*response time*) sensor terhadap perubahan kondisi, karena waktu yang terlalu lama dapat mengindikasikan masalah koneksi atau sensor aus.
- Pemeliharaan Jaringan Irigasi
 - Bersihkan pipa PVC dan selang PE dari endapan lumut atau kotoran yang dapat menyumbat aliran air.

- Periksa *drip sprayer* dan *5-way sprayer* untuk memastikan distribusi air tetap merata dan tidak ada *nozzle* tersumbat.
- Ganti *fitting* yang aus atau longgar untuk menjaga tekanan air tetap konsisten.

b. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan korektif dilakukan apabila sistem menunjukkan gejala gangguan atau tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Prosedur ini bersifat diagnostik dan tindakan langsung terhadap komponen yang bermasalah untuk mengembalikan sistem ke kondisi normal.

- Gangguan Koneksi Wi-Fi atau Aplikasi
Gejala: aplikasi Android tidak menampilkan status pompa atau sensor tidak terbaca.
Tindakan Korektif:
 - Pastikan sumber daya listrik aktif dan indikator LED pada modul Wemos D1 Mini menyala.
 - Lakukan *reboot* modul Wi-Fi dengan mencabut adaptor selama 10 detik, lalu sambungkan kembali.
 - Jika masalah berlanjut, lakukan re-konfigurasi jaringan melalui menu pengaturan aplikasi *SmartGarden* dengan memasukkan SSID dan *password* Wi-Fi ulang.
 - Pastikan jaringan internet desa memiliki kestabilan minimal 2 Mbps untuk koneksi data *real-time*.
- Pompa Tidak Menyala Meski Sensor Menunjukkan Tanah Kering

Gejala: Sensor berfungsi, tetapi pompa tidak aktif.

Tindakan Korektif:

- Periksa modul relay, pastikan LED indikator menyala ketika sensor mengirim sinyal aktif.
- Gunakan multimeter untuk memeriksa tegangan *output* relay menuju stop kontak pompa.
- Jika relay tidak merespons, lakukan penggantian modul relay 1-*channel*.
- Pastikan stop kontak tidak teroksidasi dan pompa dalam kondisi baik dengan mengujinya langsung ke sumber listrik utama.

- Sensor Tidak Memberikan Respons

Gejala: Nilai kelembapan konstan (tidak berubah) meskipun kondisi tanah berbeda.

Tindakan Korektif:

- Lepas probe sensor, bersihkan dengan air hangat, lalu keringkan sepenuhnya.
- Periksa kabel ekstensi sensor, pastikan tidak terputus atau longgar.
- Jika sensor masih tidak berfungsi, ganti dengan unit sensor baru dengan spesifikasi *Soil Moisture Sensor* YL-69 atau setara.

- Air Tidak Keluar dari Sprayer

Gejala: Pompa menyala, tetapi air tidak keluar ke tanaman.

Tindakan Korektif:

- Periksa pipa dan selang PE dari kemungkinan penyumbatan oleh lumut, pasir, atau kerak mineral.

- Bersihkan *nozzle sprayer* menggunakan jarum halus atau rendaman air hangat.
- Periksa tekanan air pompa jika lemah, bersihkan *impeller* pompa dan filter air masuk.
- *Overheating* pada Modul atau Pompa
Gejala: Alat terasa panas berlebih atau tercium bau terbakar.
Tindakan Korektif:
 - Matikan sistem segera untuk mencegah kerusakan lanjut.
 - Lepas adaptor dan biarkan alat dingin selama 10–15 menit.
 - Periksa apakah ventilasi *enclosure* tersumbat atau alat terpapar sinar matahari langsung.
 - Bila panas berulang, tambahkan kipas pendingin mini (*DC fan*) di dalam *enclosure*.
- c. Standar Keamanan dan Protokol Keselamatan

Dalam setiap aktivitas perawatan, petani dan tim teknis diwajibkan mematuhi standar keselamatan sebagai berikut:

- Matikan semua sumber listrik sebelum membuka *enclosure* atau memeriksa kabel.
- Gunakan sarung tangan isolasi dan alas kaki karet ketika bekerja di area lembap.
- Hindari menyentuh rangkaian elektronik dengan tangan basah.
- Pastikan pompa dan konektor tidak terendam air.
- Gunakan MCB (*Mini Circuit Breaker*) tambahan pada jalur daya utama sebagai pengaman sistem dari lonjakan arus listrik.

d. Tujuan Akhir Perawatan Korektif dan Preventif

Melalui penerapan prosedur perawatan preventif dan korektif secara disiplin, sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini diharapkan:

- Mempertahankan tingkat keandalan operasional hingga 98% selama masa penggunaan.
- Memastikan akurasi pembacaan sensor tetap dalam deviasi $\pm 3\%$ terhadap nilai referensi laboratorium.
- Mengurangi potensi kerusakan komponen hingga 60% dibandingkan sistem tanpa perawatan rutin.
- Mendukung keberlanjutan operasional sistem dalam jangka panjang, sehingga teknologi ini benar-benar menjadi inovasi tepat guna yang aplikatif dan berkelanjutan bagi petani krisan Desa Tutur.

5.3 Panduan Troubleshooting Umum

Panduan *troubleshooting* umum ini disusun untuk memberikan solusi cepat dan tepat terhadap berbagai kendala operasional yang mungkin dihadapi pengguna di lapangan. Panduan ini bersifat aplikatif dan dapat digunakan oleh petani, operator lapangan, maupun tim pendamping teknis. Pendekatan pemecahan masalah yang digunakan mengacu pada prinsip analisis gejala identifikasi sumber masalah tindakan korektif sistematis, sehingga setiap permasalahan dapat diatasi tanpa menimbulkan risiko terhadap perangkat maupun keselamatan pengguna.

a. Prinsip Dasar *Troubleshooting* Sistem IoT

Sebelum melakukan perbaikan, pengguna harus memahami bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT terdiri dari tiga lapisan utama:

- Lapisan Sensing (pembacaan sensor kelembapan tanah).
- Lapisan Kontrol dan Komunikasi (pemrosesan sinyal oleh mikrokontroler Wemos D1 Mini dan modul relay).
- Lapisan Aktuator (pengendalian pompa air dan sistem penyiraman).

Gangguan pada salah satu lapisan dapat menyebabkan sistem tidak berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, proses *troubleshooting* dilakukan secara bertahap dari lapisan paling sederhana (sensor dan koneksi listrik) menuju lapisan paling kompleks (*software* dan koneksi IoT).

b. Tabel Troubleshooting Umum

No.	Gejala / Masalah Umum	Kemungkinan Penyebab	Langkah Penanganan (Solusi Korektif)
1	Pompa tidak menyala meskipun tanah kering	- Modul relay tidak menerima sinyal dari kontroler. - Kabel pompa longgar atau stop kontak tidak berfungsi. - Tegangan adaptor tidak stabil.	- Periksa LED indikator pada relay jika tidak menyala, ganti relay. - Cek sambungan kabel dan pastikan stop kontak berfungsi. - Uji adaptor dengan multimeter untuk memastikan output 5V stabil.
2	Pompa	- Sensor	- Lepas sensor,

	menyala terus-menerus tanpa berhenti	kelembapan rusak atau kabel terputus. - Sensitivitas sensor terlalu rendah akibat kalibrasi tidak tepat.	bersihkan <i>probe</i> , dan lakukan kalibrasi ulang. - Jika tetap tidak berubah, ganti modul sensor kelembapan.
3	Sensor tidak memberikan pembacaan (nilai tetap 0 atau 100%)	- Sensor tertutup lumpur atau terendam air. - Modul komparator rusak.	- Bersihkan <i>probe</i> dan keringkan sebelum digunakan. - Ganti modul komparator jika tegangan output tidak berubah setelah diuji.
4	Air tidak keluar dari sprayer meskipun pompa aktif	- Pipa atau <i>nozzle sprayer</i> tersumbat. - Tekanan pompa menurun akibat kotoran di <i>impeller</i> .	- Bersihkan <i>nozzle</i> menggunakan jarum halus dan air hangat. - Lepas filter pompa dan bersihkan dari endapan pasir atau lumut.
5	Modul Wi-Fi (Wemos D1 Mini) tidak terhubung ke jaringan	- SSID atau password salah. - Router tidak menjangkau area kebun. - Firmware error akibat	- Pastikan jaringan Wi-Fi aktif dan stabil. - Masukkan ulang SSID dan password melalui aplikasi. - Lakukan <i>reset</i>

		restart mendadak.	pada modul Wemos dengan menekan tombol <i>RST</i> selama 5 detik.
6	Aplikasi tidak menampilkan status sensor atau pompa	- Koneksi internet terputus. - Server <i>Blynk</i> sedang tidak aktif.	- Periksa koneksi internet pada router. - Tunggu beberapa saat dan lakukan <i>refresh</i> pada aplikasi. - Jika perlu, lakukan <i>login</i> ulang di aplikasi <i>SmartGarden</i>.
7	Sensor menunjukkan hasil tidak akurat (tidak sesuai kondisi tanah)	- Probe sensor tertutup kerak tanah atau korosi. - Kalibrasi tidak sesuai.	- Bersihkan <i>probe</i> menggunakan kain lembap dan alkohol isopropil. - Uji pembacaan sensor pada tiga kondisi: kering, lembap, basah untuk memastikan akurasi.
8	Alat terasa panas saat digunakan	- Sirkulasi udara dalam <i>enclosure</i> terhambat. - Pompa bekerja terus tanpa jeda.	- Matikan alat dan biarkan dingin selama 10–15 menit. - Pastikan ventilasi pada <i>multi box</i> tidak tertutup.

			- Tambahkan <i>mini fan</i> DC 5V jika digunakan di area bersuhu tinggi.
9	Penyiraman tidak berjalan sesuai jadwal	- Aplikasi kehilangan sinkronisasi waktu (RTC).	- Buka menu <i>Settings</i> pada aplikasi dan sinkronkan ulang waktu sistem. - Pastikan jaringan internet aktif saat menyimpan pengaturan jadwal baru.
10	LED indikator tidak menyala sama sekali	- Tidak ada suplai daya ke papan kontrol. - Adaptor atau kabel USB rusak.	- Cek adaptor menggunakan multimeter. - Ganti kabel USB jika ada tanda-tanda kerusakan fisik.

c. Langkah Umum Pemecahan Masalah (*Standard Diagnostic Flow*)

Apabila pengguna tidak mengetahui penyebab pasti dari gangguan, langkah pemecahan dapat mengikuti urutan logis berikut:

- Verifikasi Daya dan Koneksi

Pastikan adaptor terhubung dengan baik dan indikator daya pada modul Wi-Fi menyala.

- Periksa Sensor dan *Probe*

Lepas *probe* dari tanah, bersihkan, dan uji pembacaan dengan media air dan tanah kering.

- Cek Modul Relay dan Koneksi Pompa

Gunakan multimeter untuk mengukur tegangan input dan output relay. Jika output tidak berubah saat sinyal aktif, ganti modul relay.

- Verifikasi Koneksi IoT dan Aplikasi Android

Pastikan perangkat dapat terhubung ke Wi-Fi dan aplikasi menampilkan data secara *real-time*.

- Lakukan Kalibrasi Ulang Sistem

Atur ulang ambang batas kelembapan (*threshold*) melalui trimpot pada modul komparator untuk menyesuaikan kondisi tanah aktual.

d. Tips Pencegahan Masalah Umum

Untuk memastikan sistem tetap stabil dan meminimalkan kebutuhan *troubleshooting*, beberapa langkah pencegahan berikut wajib dilakukan oleh pengguna:

- Hindari penggunaan sistem saat hujan lebat untuk mencegah lonjakan tegangan akibat kelembapan udara tinggi.
- Gunakan pelindung kabel eksternal (*duct* atau pipa fleksibel) agar kabel sensor dan pompa tidak digigit tikus atau terinjak.
- Lakukan *restart* sistem setiap dua minggu sekali untuk mencegah penumpukan data pada memori mikrokontroler.
- Simpan aplikasi Android versi terbaru agar kompatibilitas dengan server IoT tetap terjaga.

- Gunakan *grounding* pada sistem kelistrikan untuk melindungi modul dari lonjakan arus akibat petir.
- e. Indikator Kesiapan Sistem Pasca Troubleshooting
- Setelah tindakan *troubleshooting* dilakukan, sistem dinyatakan kembali berfungsi optimal apabila memenuhi kriteria berikut:
- Sensor memberikan pembacaan kelembapan yang stabil dan realistis.
 - Pompa menyala dan mati secara otomatis sesuai kondisi tanah.
 - Modul Wi-Fi terhubung dengan jaringan dan aplikasi menampilkan data *real-time*.
 - Tidak ada indikasi panas berlebih atau percikan listrik pada rangkaian.
 - Tekanan air dan distribusi penyiraman berjalan merata di seluruh jalur *sprayer*.

Panduan *troubleshooting* umum ini merupakan bentuk komitmen tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan dalam memastikan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT tidak hanya inovatif, tetapi juga operasional secara berkelanjutan di tingkat pengguna akhir (petani). Dengan panduan ini, diharapkan petani Desa Tuter dapat melakukan diagnosis mandiri, menjaga kestabilan sistem, serta memastikan bahwa teknologi cerdas yang dikembangkan tetap memberikan manfaat jangka panjang bagi produktivitas pertanian dan efisiensi sumber daya air.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan oleh Tim PPK Ormawa HUMANIKA Universitas Yudharta Pasuruan merupakan wujud konkret penerapan teknologi cerdas dalam sektor pertanian hortikultura, khususnya pada komoditas bunga krisan di Desa Tuter, Kabupaten Pasuruan. Inovasi ini lahir dari kebutuhan nyata masyarakat petani terhadap sistem irigasi yang efisien, hemat energi, dan mampu menyesuaikan kebutuhan air tanaman secara presisi berbasis data kelembapan tanah.

Alat ini bekerja dengan prinsip otomatisasi pengambilan keputusan penyiraman berdasarkan data sensor kelembapan tanah, yang diolah oleh modul mikrokontroler Wemos D1 Mini berbasis ESP8266, terintegrasi dengan modul relay dan aplikasi Android sebagai sistem pengendali cerdas (*smart control interface*). Ketika tanah dalam kondisi kering, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa air dan menghentikannya kembali setelah kelembapan optimal tercapai. Integrasi IoT melalui jaringan Wi-Fi memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan penyiraman dari jarak jauh menggunakan ponsel pintar, serta mengatur jadwal penyiraman secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman.

Dari hasil implementasi di lapangan, sistem ini menunjukkan efisiensi penggunaan air hingga 30% dibandingkan metode manual, serta mampu menjaga

stabilitas kelembapan tanah pada level ideal untuk pertumbuhan bunga krisan. Desain alat yang dirakit secara kompak di dalam *multi box* menjamin keamanan komponen elektronik dari kelembapan, percikan air, dan benturan fisik, sehingga sistem dapat dioperasikan secara berkelanjutan di area pertanian dengan kondisi lingkungan yang bervariasi.

Selain aspek teknis, sistem ini juga membawa dampak sosial dan edukatif bagi masyarakat Desa Tukur. Melalui proses pelatihan, pendampingan, dan sosialisasi yang dilakukan oleh tim mahasiswa bersama dosen pendamping, para petani memperoleh peningkatan literasi teknologi dan mulai memahami konsep pertanian presisi (*precision agriculture*). Implementasi sistem ini menjadi bukti nyata bahwa penggabungan antara kearifan lokal petani dengan inovasi digital kampus mampu menciptakan solusi berbasis kebutuhan riil masyarakat pedesaan.



Secara akademik dan fungsional, alat penyiraman otomatis berbasis IoT ini telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 8, yaitu tahap uji validasi di lingkungan sebenarnya (*field-tested prototype*). Artinya, sistem telah

melewati fase desain, perakitan, pengujian, kalibrasi, dan telah diimplementasikan secara penuh di lapangan dengan hasil yang stabil, konsisten, serta mendapat penerimaan positif dari mitra petani dan pemerintah desa.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT bukan hanya menjadi inovasi teknologis semata, melainkan juga sebuah model pengabdian berbasis teknologi terapan yang berhasil meningkatkan efisiensi sumber daya air, produktivitas pertanian, dan kemandirian masyarakat. Alat ini menjadi representasi nyata dari semangat PPK Ormawa HUMANIKA dalam mewujudkan Desa Cerdas (*Smart Village*) yang berkelanjutan di mana teknologi, edukasi, dan kolaborasi bersatu untuk memperkuat ketahanan ekonomi dan ekologi masyarakat petani di era digital.

6.2 Saran dan Pengembangan Lanjutan

Berdasarkan hasil implementasi, uji lapangan, serta evaluasi terhadap sistem Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah diterapkan di Desa Tuter, terdapat sejumlah rekomendasi ilmiah dan teknis yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan lanjutan agar sistem ini semakin optimal, adaptif, dan berkelanjutan.

a. Pengembangan Integrasi AI untuk Analisis Prediktif

Tahap selanjutnya disarankan untuk melakukan pengembangan integrasi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) pada sistem penyiraman otomatis. Dengan menambahkan modul analitik berbasis *machine learning*, sistem dapat memprediksi kebutuhan air tanaman berdasarkan data historis kelembapan, suhu

lingkungan, intensitas cahaya, dan fase pertumbuhan krisan. Langkah ini akan mengubah sistem dari sekadar *reactive system* menjadi *predictive adaptive system*, di mana penyiraman dapat diatur secara lebih presisi, efisien, dan berkelanjutan sesuai kondisi iklim lokal di Desa Tuttur.

b. Pemanfaatan Energi Terbarukan

Untuk mendukung aspek keberlanjutan dan efisiensi energi, sistem penyiraman otomatis dapat dikembangkan dengan penambahan panel surya (*solar cell*) sebagai sumber daya alternatif. Dengan demikian, sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik utama, terutama di area pertanian yang jauh dari sumber daya listrik permanen. Integrasi energi surya juga akan memperkuat posisi program ini sebagai model pertanian hijau berbasis energi bersih (*green energy-based agriculture*) yang selaras dengan visi Desa Tuttur sebagai *smart and sustainable agriculture village*.

c. Peningkatan Ketahanan Perangkat dan Skalabilitas Sistem

Meskipun alat telah terlindung melalui *Multi Box* anti-debu dan anti-air, pengujian lapangan menunjukkan perlunya peningkatan ketahanan terhadap fluktuasi suhu ekstrem dan kelembapan tinggi. Pengembangan lanjutan dapat diarahkan pada:

- Penggunaan material *enclosure* berbahan polikarbonat dengan lapisan anti-UV.
- Penambahan sistem pendingin pasif berbasis ventilasi udara silang.

- Desain modular agar sistem dapat dikembangkan untuk skala pertanian lebih luas (hingga 1.000 m²).

Skalabilitas ini memungkinkan sistem tidak hanya diterapkan pada lahan krisan, tetapi juga untuk komoditas hortikultura lain seperti sayuran daun dan bunga potong.

d. Penguatan Sistem Aplikasi dan *Cloud Monitoring*

Dari sisi perangkat lunak, aplikasi Android yang digunakan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi *platform* berbasis *cloud* dengan fitur penyimpanan data otomatis, *dashboard analytics*, serta integrasi multi-sensor. Pengembangan ini bertujuan agar data penyiraman dan kelembapan tanah dapat dimonitor secara kolektif oleh petani, perangkat desa, maupun pihak akademik secara *real-time*. Dengan sistem *cloud monitoring*, Desa Tuter dapat memiliki basis data kesuburan dan kelembapan tanah yang menjadi acuan pengambilan keputusan dalam manajemen pertanian berbasis data (*data-driven agriculture*).

e. Replikasi dan Penerapan Model ke Desa Lain

Salah satu hasil penting dari implementasi sistem ini adalah terbentuknya model inovasi pertanian digital yang teruji secara fungsional dan telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 8. Oleh karena itu, langkah strategis berikutnya adalah replikasi program ke desa-desa lain di wilayah Kabupaten Pasuruan dan sekitarnya yang memiliki karakteristik pertanian serupa. Replikasi ini dapat dilakukan melalui kerja sama dengan Dinas Pertanian, Bappelitbangda, serta perguruan tinggi mitra untuk memperluas dampak sosial dan ekonomi.

Dengan pendekatan *train-the-trainer*, petani lokal yang telah terlatih dapat menjadi fasilitator bagi desa lain, memperkuat ekosistem pertanian berbasis teknologi.

f. Pembentukan Unit Layanan dan Kelembagaan Teknologi Desa

Untuk memastikan keberlanjutan pasca-program, disarankan pembentukan Pos Edukasi Teknologi Pertanian Digital (PETPD) di Desa Tuter sebagai wadah edukasi dan pemeliharaan sistem. Pos ini berfungsi sebagai:

- Pusat layanan teknis alat penyiraman otomatis dan perangkat IoT lainnya.
- Tempat pelatihan berkelanjutan bagi petani muda.
- Titik koordinasi replikasi inovasi antar desa mitra.

Langkah ini akan menempatkan Desa Tuter sebagai model *Smart Village* berdaya teknologi yang tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga produsen inovasi teknologi pertanian terapan di tingkat lokal.

g. Peningkatan Aspek Dokumentasi, Standarisasi, dan Komersialisasi

Tahapan lanjutan yang perlu diperkuat adalah proses dokumentasi teknis dan standarisasi produk, termasuk pendaftaran hak cipta desain alat, pengujian mutu komponen, dan penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) terverifikasi. Hal ini membuka peluang untuk komersialisasi alat secara terbatas sebagai produk teknologi tepat guna (TTG) binaan kampus, sekaligus memperluas jejaring inovasi berbasis riset mahasiswa dan dosen pendamping.

DAFTAR PUSTAKA

- Soedarto, T., & Ainiyah, R. K. (2022). *Teknologi Pertanian Menjadi Petani Inovatif 5.0: Transisi Menuju Pertanian Modern*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Ilham, A. (2023). *PENGEMBANGAN MODEL DESA CERDAS BERBASIS TEKNOLOGI PERTANIAN 4.0; UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN= The Development of a Smart Village Model Based on Agricultural Technology 4.0 to Support Sustainable Food Security* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Prayitno, G., Subagiyo, A., Dinanti, D., & Sari, N. (2021). *Smart Village: Mewujudkan SDG's Desa Berbasis Keterpaduan Pengelolaan dan Inovasi Digital*. Universitas Brawijaya Press.
- Ayuningtyas, D. P., & Rositawati, F. (2025). Pemanfaatan AI dalam Smart Farming untuk Mencapai SDGs 2 (Zero Hunger) di Indonesia. *ANTASENA: Governance and Innovation Journal*, 3(1), 176-190.
- Setyohadi, D. P. S., Putranto, H. A., Riskiawan, H. Y., Arifin, S., & Rizaldi, T. (2024). Peningkatan Otonomi dan Keberlanjutan Pemenuhan Pangan pada Pondok Pesantren Melalui Smart Farming: Upscaling autonomy and sustainability in the food fulfillment in Islamic boarding schools through smart farming. In *National Conference For Community Service* (Vol. 7, pp. 417-423).
- Setyohadi, D. P. S., Putranto, H. A., Riskiawan, H. Y., Arifin, S., & Rizaldi, T. (2024). Peningkatan Otonomi dan Keberlanjutan Pemenuhan Pangan pada Pondok Pesantren Melalui Smart Farming: Upscaling autonomy and sustainability in the food fulfillment in Islamic boarding schools through smart farming. In *National Conference For Community Service* (Vol. 7, pp. 417-423).