

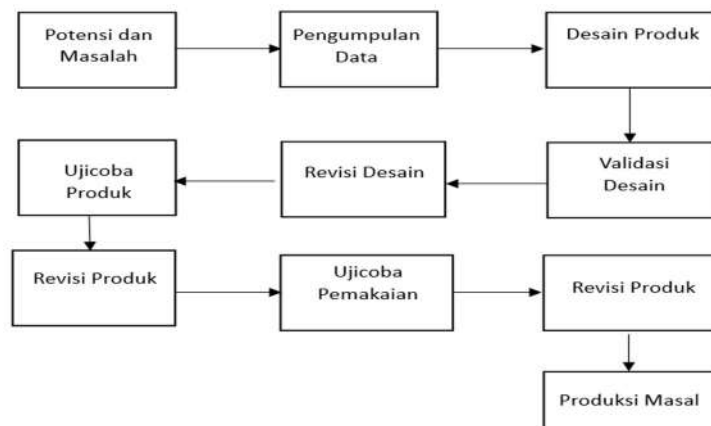
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN

A. Metode Penelitian dan Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), yang merupakan pendekatan sistematis untuk mengembangkan dan menyempurnakan produk atau sistem baru. (Sugiyono, 2020, p.297) Menjelaskan bahwa metode Research and Development (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk dan menguji keefektifan produk tersebut.

Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji keefektifan produk tersebut. Jadi penelitian dan pengembangan bersifat longitudinal (bertahap bisa multy years). (Sugiyono, 2020, p.297) Berikut adalah Langkah-langkah Research and Development:



Gambar 3. 1 R&D

Sumber: Sugiyono (2020)

Adapun langkah dalam penelitian ini dengan 3 metode yaitu:

- 1) Metode Deskriptif, metode ini memuat langkah dari tahap 1 dan 2 sebagai berikut:
 - (a) Research and Information Collecting, Mengidentifikasi kebutuhan sistem penyiraman tanaman, mengumpulkan literatur terkait IoT, sensor kelembapan tanah, logika fuzzy, serta studi pendukung mengenai efisiensi penggunaan air.
 - (b) Planning, Merancang sistem penyiraman otomatis berbasis ESP32, sensor kelembapan tanah, pompa air, relay, serta integrasi aplikasi Blynk dan API cuaca dari OpenWeatherMap.

- 2) Metode Evaluatif, metode ini memuat langkah dari tahapan 3, sampai dengan 7 sebagai berikut:
 - (a) Develop Preliminary Form of Product, Membangun prototipe awal sistem penyiraman otomatis dengan konfigurasi sensor kelembapan tanah, koneksi ke ESP32, logika fuzzy sederhana, serta antarmuka Blynk.
 - (b) Preliminary Field Testing, Melakukan uji coba skala kecil di lingkungan terbatas (indoor) untuk memastikan sensor membaca dengan benar, koneksi Wi-Fi stabil, dan pompa berfungsi sesuai keputusan fuzzy.
 - (c) Main Product Revision, Melakukan penyempurnaan sistem berdasarkan hasil uji awal, seperti kalibrasi sensor kelembapan, perbaikan logika fuzzy, serta pengaturan interval pembacaan sensor.
 - (d) Main Field Testing, Menguji sistem secara langsung pada lahan tanaman untuk mengevaluasi efektivitas penyiraman, akurasi sensor, serta efisiensi penggunaan air.
 - (e) Operational Product Revision, Menyempurnakan sistem berdasarkan hasil uji lapangan, misalnya pada tampilan dashboard Blynk, pengaturan logika fuzzy, dan respon pompa otomatis.
- 3) Metode Eksperimental, metode ini memuat langkah dari tahapan 8 sampai dengan 10 sebagai berikut:
 - (a) Final Product Revision, Menyelesaikan versi akhir sistem penyiraman otomatis yang stabil dan siap digunakan.
 - (b) Operational Field Testing, Mengaplikasikan sistem pada kondisi lapangan yang sebenarnya dengan pengujian efektivitas air, akurasi sensor, dan respon fuzzy.
 - (c) Dissemination and Implementation, Mengimplementasikan sistem secara luas, mendokumentasikan hasil, dan menyediakan panduan penggunaan untuk pengguna akhir. Mendokumentasikan hasil penelitian, menyusun laporan skripsi, dan memberikan rekomendasi penggunaan serta pengembangan lebih lanjut.

B. Model yang diusulkan

Model yang digunakan pada penelitian ini yaitu model teoritis, model konseptual, dan model prosedural.

1. Model Teoritis

Model teoritis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan fuzzy sebagai metode pengambilan Keputusan. Logika samar atau fuzzy logic dapat dianggap sebagai pendekatan untuk memetakan suatu ruang input atau masukkan ke dalam suatu ruang output atau keluaran. Logika fuzzy digunakan sebagai suatu

cara untuk memecahkan permasalahan dari input menuju output yang diharapkan. Pada himpunan fuzzy, nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1.

Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy, misalnya umur, temperatur, dan lain-lain. Fungsi keanggotaan atau membership function adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Saelan, 2009, p.4). Berikut ini merupakan Pseudocode dan flowchart dari sistem IoT yang dikembangkan dengan model fuzzy logic.

Pseudocode
<pre> BEGIN // Step 1: Input Sensor kelembapan = BacaSensorKelembapanTanah() // 0-100% peluangHujan = BacaDataPrediksiCuaca() // 0-100% // Step 2: Fuzzifikasi Kelembapan IF kelembapan <= 40 THEN kelembapanFuzzy = "Kering" ELSE IF kelembapan > 40 AND kelembapan <= 70 THEN kelembapanFuzzy = "Normal" ELSE kelembapanFuzzy = "Basah" // Step 3: Fuzzifikasi Prediksi Hujan IF peluangHujan <= 30 THEN prediksiFuzzy = "TidakHujan" ELSE IF peluangHujan > 30 AND peluangHujan <= 70 THEN prediksiFuzzy = "MungkinHujan" ELSE prediksiFuzzy = "AkanHujan" // Step 4: Aturan Inferensi Fuzzy IF kelembapanFuzzy == "Kering" AND prediksiFuzzy == "TidakHujan" THEN outputFuzzy = "Banyak" ELSE IF kelembapanFuzzy == "Kering" AND prediksiFuzzy == "MungkinHujan" THEN outputFuzzy = "Sedikit" ELSE IF kelembapanFuzzy == "Kering" AND prediksiFuzzy == "AkanHujan" THEN outputFuzzy = "Tidak" ELSE IF kelembapanFuzzy == "Normal" AND prediksiFuzzy == "TidakHujan" THEN outputFuzzy = "Sedikit" ELSE IF kelembapanFuzzy == "Normal" AND prediksiFuzzy == "MungkinHujan" THEN outputFuzzy = "Tidak" ELSE IF kelembapanFuzzy == "Normal" AND prediksiFuzzy == "AkanHujan" THEN outputFuzzy = "Tidak" ELSE IF kelembapanFuzzy == "Basah" THEN outputFuzzy = "Tidak" // Step 5: Defuzzifikasi IF outputFuzzy == "Banyak" THEN waktuPenyiraman = 10 menit ELSE IF outputFuzzy == "Sedikit" THEN waktuPenyiraman = 5 menit ELSE waktuPenyiraman = 0 </pre>

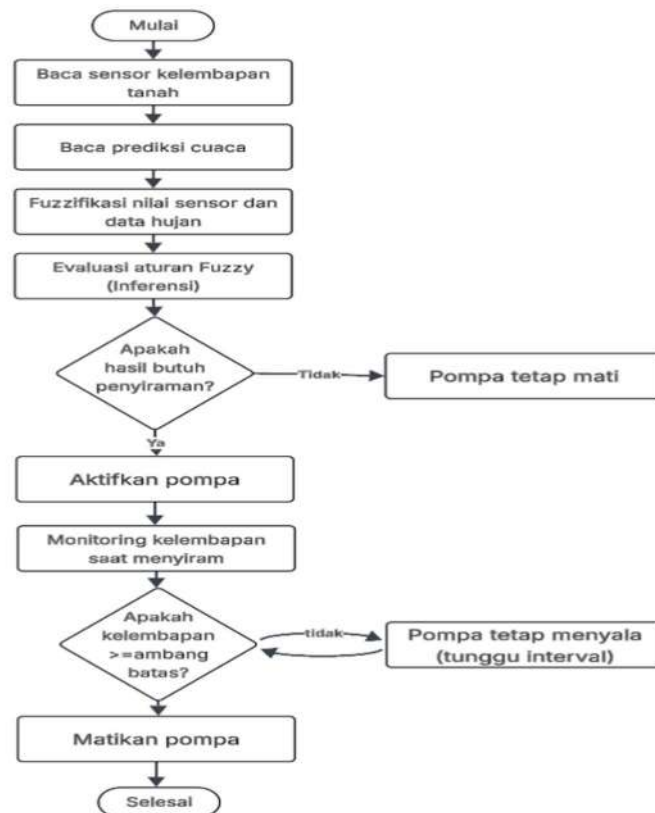
```

// Step 6: Eksekusi Penyiraman
IF waktuPenyiraman > 0 THEN
    AktifkanPompa(waktuPenyiraman)
ELSE
    PompaMati()

```

END

Gambar 3. 2 Pseudocode



Gambar 3. 3 Flowchart

Berikut adalah penjelasan detail tiap langkah dalam flowchart sistem penyiraman otomatis berbasis logika fuzzy:

- 1) Sistem dimulai saat mikrokontroler (ESP32) aktif. Biasanya proses akan diulang setiap beberapa menit atau setiap kali pembacaan sensor dilakukan secara periodik.
- 2) Sensor kelembapan membaca kondisi tanah dan menghasilkan nilai analog (biasanya 0–4095 untuk ADC ESP32). Nilai ini dikonversi menjadi persentase menggunakan rumus:

$$\text{Kelembapan}(\%) = \left(1 - \frac{ADC - \text{Nilai Kering}}{\text{Nilai Basah} - \text{Nilai Kering}}\right) \times 100\%$$

Nilai inilah yang akan digunakan dalam proses fuzzy.

- 3) Sistem mengambil data peluang hujan (0–100%) dari API atau sumber lokal. Data ini menentukan apakah dalam waktu dekat akan turun hujan, sehingga mempengaruhi keputusan penyiraman.
- 4) Fuzzifikasi Nilai Sensor & Prediksi Cuaca dimana nilai kelembapan dan peluang hujan yang bersifat numerik (crisp) diubah menjadi nilai linguistik dengan fungsi keanggotaan fuzzy:
 Kelembapan Tanah: Kering, Normal, Basah
 Prediksi Cuaca: Tidak Hujan, Mungkin Hujan, Akan Hujan
 Hasilnya berupa nilai keanggotaan fuzzy (μ) untuk masing-masing kategori.
- 5) Evaluasi Aturan Fuzzy (Inferensi) dengan Aturan IF–THEN, contohnya:
 IF Kelembapan = Kering AND Cuaca = Tidak Hujan THEN Penyiraman = Perlu
 IF Kelembapan = Normal AND Cuaca = Akan Hujan THEN Penyiraman = Tidak Perlu
 Logika fuzzy menggunakan operator minimum (AND):

$$\mu_{\text{output}} = \min(\mu_{\text{kelembapan}}, \mu_{\text{hujan}})$$
- 6) Apakah Hasil Inferensi = Perlu Menyiram?
 Jika Ya: Lanjut ke proses penyiraman
 Jika Tidak: Pompa tetap dalam keadaan mati
- 7) Pompa diaktifkan dan sistem masuk ke mode penyiraman dengan monitoring real-time terhadap kelembapan.
- 8) Selama pompa menyiram, sensor kelembapan terus dibaca setiap beberapa detik (untuk melihat apakah kelembapan tanah sudah cukup)
 Apakah Kelembapan $\geq$ Ambang Batas?
 Jika belum, maka penyiraman dilanjutkan.
 Jika sudah cukup (kelembapan $\geq 60\%$), maka penyiraman dihentikan.
- 9) Pompa dimatikan secara otomatis oleh sistem. Kondisi tanah dianggap sudah cukup lembap dan tidak membutuhkan tambahan air.
- 10) Satu siklus sistem selesai. Sistem dapat menunggu beberapa menit sebelum melakukan pembacaan ulang sensor dan mengulangi proses dari awal (mulai dari langkah 2).

2. Model Konseptual

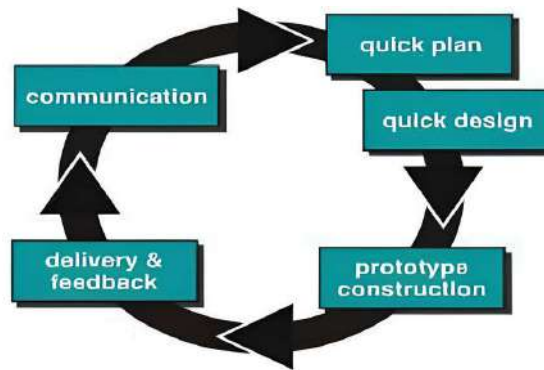
Model konseptual dalam penelitian ini mengacu pada konsep Internet of Things atau yang biasa disingkat IoT, yaitu suatu sistem dimana suatu objek atau benda terhubung & terintegrasinya perangkat satu dengan yang lainnya. Konsep Internet of Thing (IoT) adalah menterjemahkan suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Selain itu juga, Internet of Things (IoT) merupakan konsep komputasi tentang objek sehari-hari yang terhubung ke internet dan mampu mengidentifikasi diri ke perangkat lain. Istilah "Internet of Things" terdiri atas dua bagian utama yaitu Internet yang mengatur konektivitas dan Things yang berarti objek atau perangkat. Secara sederhana "Things" yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Internet. Data ini dapat diakses oleh "Things" objek benda lainnya juga. (Mambang, 2021, pp. 1–2)

Ada 7 layer dalam memahami IoT yaitu :

- (a) Physical Devices & Controller, Bagian ini berupa sensor, embedded system, dan gateway, perangkat-perangkat teknis yang saling terhubung.
- (b) Connectivity, Perangkat konektivitas yang menghubungkan perangkat fisik dengan internet seperti LoRa, dan Wifi.
- (c) Edge Computing, Berfungsi untuk menangkap data yang dikirimkan dari sensor.
- (d) Data Accumulation, Data dari sensor disimpan pada suatu storage.
- (e) Data Abstraction, Berfungsi untuk mengatur aliran data pada server atau cloud.
- (f) Application, Berfungsi untuk kontrol system untuk mobile aplikasi dan bisnis analisis.
- (g) Collaboration & Process, Berfungsi untuk memberikan informasi kepada pengguna untuk dapat melakukan suatu hal berdasarkan data yang diterima

3. Model Prototyping

Model prosedural dalam penelitian ini mengacu pada metode prototyping. (Ogedebe & Jacob, 2012, p.220) menyampaikan bahwa prototyping merupakan metode pengembangan perangkat lunak, yang berupa model fisik kerja sistem dan berfungsi sebagai versi awal dari sistem. Dengan metode prototyping ini akan dihasilkan prototype sistem sebagai perantara pengembang dan pengguna agar dapat berinteraksi dalam proses kegiatan pengembangan sistem informasi. Berikut adalah tahapan prototyping :



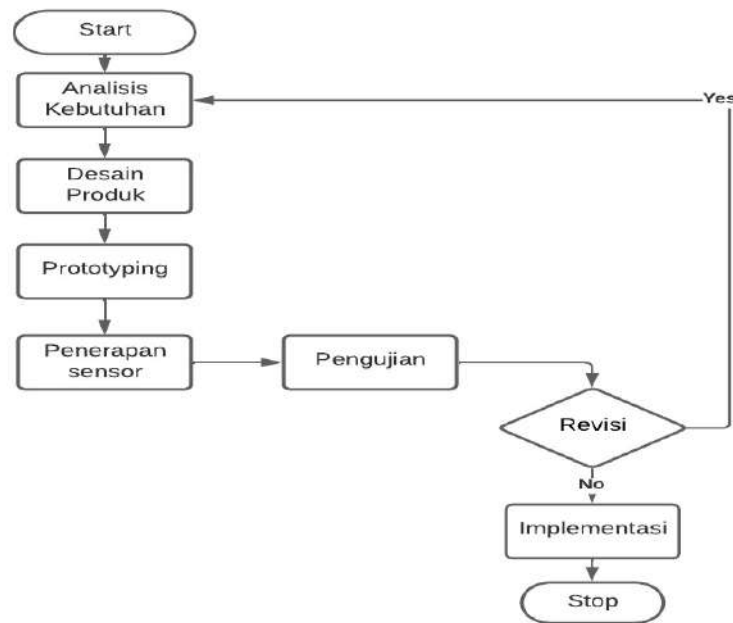
Gambar 3. 4 Tahapan Prototyping

Sumber: (Ogedebe & Jacob, 2012, p.220)

Adapun penjelasan dari tahapan dari gambar diatas yaitu:

- (1) *Communication*, Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem penyiraman otomatis, baik dari sisi perangkat keras (sensor kelembapan tanah, ESP32, relay, pompa air) maupun perangkat lunak (aplikasi Blynk dan integrasi API cuaca). Identifikasi kebutuhan diperoleh dari studi literatur serta diskusi dengan pembimbing.
- (2) *Quick Plan*, Tahap perencanaan awal meliputi penyusunan gambaran umum sistem, alur data, serta fungsi utama yang harus dipenuhi, seperti pembacaan sensor, pengolahan logika fuzzy, dan pengendalian pompa otomatis.
- (3) *Quick Design*, Pada tahap ini dilakukan perancangan diagram blok, use case, hingga desain antarmuka aplikasi Blynk. Perancangan masih bersifat sederhana, namun sudah menggambarkan interaksi utama antara perangkat keras dan perangkat lunak.
- (4) *Construction*, Tahap pembangunan sistem dilakukan dengan merakit komponen perangkat keras serta menuliskan kode program pada ESP32. Setelah itu, dilakukan pengujian awal untuk memastikan sensor, koneksi Wi-Fi, API cuaca, serta logika fuzzy dapat berjalan sesuai rancangan.
- (5) *Delivery & Feedback*, Sistem yang sudah diuji coba kemudian dipasang pada lahan percobaan untuk mendapatkan masukan dari pengguna. Hasil pengujian di lapangan digunakan sebagai dasar evaluasi dan penyempurnaan sistem sebelum menghasilkan prototipe final.

C. Prosedur Pengembangan



Gambar 3. 5 Prosedur Pengembangan

Tahapan dalam prosedur pengembangan pada penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan masukan dari pengguna akhir, seperti petani atau pengelola kebun. Kebutuhan meliputi perangkat keras seperti sensor kelembapan tanah, ESP32, dan perangkat lunak untuk pemrosesan data. Informasi diperoleh melalui wawancara, observasi, dan studi literatur untuk memahami kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

2. Desain Produk

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, dilakukan perancangan awal sistem. Desain meliputi arsitektur sistem yang mengintegrasikan sensor kelembapan tanah, modul komunikasi IoT, dan algoritma pengolahan data untuk prediksi hujan. Selain itu, antarmuka pengguna dirancang agar sederhana dan mudah digunakan.

3. Prototype

Prototipe awal dikembangkan dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini, sistem diuji untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai dengan rancangan awal. Prototipe mencakup pengolahan data dari sensor kelembapan tanah dan penyiraman otomatis berdasarkan hasil analisis.

4. Penerapan Sensor dan Integrasi Awal

Sensor kelembapan tanah dipasang di lapangan untuk pengujian awal dalam lingkungan nyata. Data yang dihasilkan dari sensor dikalibrasi untuk memastikan akurasi. Selain itu, sistem diuji dalam hal integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak untuk memastikan kompatibilitas dan kinerja optimal.

5. Pengujian

Sistem diuji untuk mengevaluasi keakuratan pengukuran kelembapan tanah, ketepatan prediksi hujan, dan keandalan penyiraman otomatis. Pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi potensi masalah pada perangkat keras, perangkat lunak, dan integrasi antar komponen.

6. Revisi

Jika ditemukan kekurangan selama pengujian, sistem diperbaiki dan disempurnakan. Tahap ini melibatkan evaluasi hasil pengujian dan implementasi solusi untuk mengatasi masalah yang terdeteksi, sehingga kinerja sistem dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan pengguna.

7. Implementasi Sistem

Setelah revisi selesai, sistem diimplementasikan dalam skala penuh pada lingkungan nyata. Implementasi ini mencakup uji coba akhir untuk memastikan semua fitur bekerja dengan baik, seperti penyiraman otomatis berdasarkan data kelembapan tanah dan prediksi hujan. Sistem juga dievaluasi dalam berbagai kondisi untuk mengukur keandalan dan efisiensi operasional.

8. Selesai

Tahap terakhir adalah mendokumentasikan seluruh proses pengembangan dan menyerahkan sistem kepada pengguna akhir untuk digunakan secara berkelanjutan. Dokumentasi meliputi panduan penggunaan, pengelolaan, dan pemeliharaan sistem agar tetap optimal.

D. Uji Coba Produk/Percobaan

Uji coba produk dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan logika fuzzy berbasis sensor kelembapan tanah dan prediksi hujan, baik dari sisi teknis maupun dari pengalaman pengguna. Tahap awal dilakukan melalui simulasi di laboratorium untuk memastikan sistem bekerja sesuai logika yang telah dirancang, seperti respon sensor terhadap kelembapan tanah dan integrasi data prediksi cuaca. Setelah sistem dinyatakan berfungsi dengan baik, pengujian dilanjutkan pada kelompok terbatas agar dapat diketahui efektivitas dan kemudahan penggunaan di lapangan.

1. Desain Uji Coba

Uji coba dirancang untuk mengevaluasi performa sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dan prediksi hujan. Desain uji coba melibatkan dua tahap utama:

a. Uji Coba Ahli Materi

Dilakukan uji coba oleh ahli materi/dosen pembimbing yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem telah memenuhi spesifikasi teknis dan kebutuhan fungsional.

b. Uji Coba Pengguna

Dilakukan uji coba oleh petani atau pengelola kebun kecil yang bertujuan untuk menguji kenyamanan, kegunaan, dan efektivitas sistem dari perspektif pengguna akhir.

2. Subjek Uji Coba

Uji coba dalam penelitian ini dilakukan secara terbatas dengan pendekatan *purposive sampling*, yaitu pemilihan partisipan yang dianggap paling relevan dengan tujuan pengembangan sistem. Partisipan terdiri dari dua kelompok utama. Pertama, dua orang ahli di bidang Teknologi Informasi yang dilibatkan untuk menilai aspek teknis, fungsionalitas, serta kesesuaian sistem dengan standar yang berlaku. Kedua, tiga orang pengguna akhir yang terdiri dari petani dan pengelola kebun kecil, dengan tujuan mengevaluasi kemudahan penggunaan, kenyamanan, serta manfaat sistem dalam praktik nyata. Uji coba dilakukan pada jumlah partisipan terbatas sebagai tahap awal (*pilot test*) untuk memperoleh validasi fungsional dan efektivitas sistem. Hasil uji coba ini diharapkan memberikan gambaran awal mengenai keandalan sistem serta potensi penerapannya di lapangan

3. Jenis Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu kualitatif dan kuantitatif, untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai kinerja sistem penyiraman otomatis. Data kualitatif digunakan untuk mengetahui tanggapan, pengalaman, serta observasi pengguna maupun ahli, sedangkan data kuantitatif diperoleh dalam bentuk angka terukur untuk menilai akurasi dan efisiensi sistem. Berikut jenisnya, yaitu:

a. Data Kualitatif:

- 1) Masukan dari ahli materi mengenai aspek teknis dan desain sistem.
- 2) Pendapat pengguna terkait kemudahan penggunaan dan manfaat sistem.

b. Data Kuantitatif:

- 1) Kelembapan tanah, diukur menggunakan sensor dalam satuan persen (%).
- 2) Prediksi hujan, diperoleh melalui API OpenWeather sebagai pertimbangan keputusan penyiraman.
- 3) Efisiensi sistem, dihitung dari kemampuan menjaga kelembapan tanah pada rentang optimal sekaligus mengurangi pemborosan air.

4. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data pada penelitian ini berupa kuesioner yang disusun dan disesuaikan dengan peran dan posisi responden terhadap pengembangan penelitian ini. Setiap instrumen dirancang untuk memperoleh informasi yang mendalam dan komprehensif dari berbagai perspektif, yang meliputi aspek teknis dari sistem yang dikembangkan serta pengalaman pengguna dalam memanfaatkannya.

a. Instrumen untuk ahli materi

Instrumen ini digunakan untuk mendapatkan penilaian dan evaluasi dari ahli materi yang berkompeten dalam bidang teknologi informasi, pertanian, dan IoT. Instrumen yang digunakan berupa kuesioner yang berisi pertanyaan tentang kelayakan teknis, keakuratan sensor, serta potensi penerapan sistem.

Tabel 3. 1 Rencana Instrumen Pengujian Untuk Ahli Materi

No	Proses yang Diuji	Hasil Pengujian	
		Valid	Tidak Valid
1	Sistem dapat mendeteksi tingkat kelembapan tanah secara akurat menggunakan sensor kelembapan tanah.		
2	Sistem dapat menghubungkan sensor kelembapan tanah dengan ESP32 dan mengirimkan data secara real-time.		
3	Sistem dapat menampilkan data kelembapan dan status penyiraman melalui aplikasi Blynk.		
4	Sistem dapat mengambil data prediksi hujan dari API cuaca secara real-time		
5	Sistem dapat memproses logika fuzzy untuk menentukan keputusan penyiraman berdasarkan kelembapan tanah dan prediksi hujan.		

No	Proses yang Diuji	Hasil Pengujian	
		Valid	Tidak Valid
6	Sistem dapat mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis berdasarkan hasil keputusan fuzzy.		
7	Sistem dapat menampilkan status pompa dan cuaca secara langsung di aplikasi Blynk.		
8	Aplikasi mobile (Blynk) memiliki antarmuka yang mudah digunakan untuk memantau sistem penyiraman.		

kolom “No” berfungsi untuk memberikan nomor urut pada setiap proses yang diuji. Kolom “Proses yang Diuji” berisi deskripsi tentang proses atau fitur sistem yang diuji, seperti pengujian integrasi perangkat atau akurasi sensor. Kolom “Hasil Pengujian” mencatat hasil evaluasi yang menunjukkan apakah proses tersebut valid atau tidak valid.

b. Instrumen untuk pengguna

Instrumen untuk pengguna berupa kuesioner dengan skala Likert lima poin (Sangat Setuju, Setuju, Ragu-ragu, Tidak Setuju, Sangat Tidak Setuju). Kuesioner ini dirancang untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, kenyamanan, efisiensi, manfaat, serta kepuasan pengguna terhadap sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan. Dengan instrumen ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai pengalaman pengguna secara menyeluruh, baik dari aspek teknis maupun praktis dalam pengelolaan penyiraman tanaman.

Tabel 3. 2 Rencana Instrumen Pengujian Untuk Pengguna

No	PERTANYAAN	JAWABAN				
		SS	S	RG	TS	STS
1	Saya merasa sistem ini mudah digunakan tanpa pelatihan khusus.					
2	Saya dapat dengan cepat memahami fungsi dari fitur-fitur yang tersedia di sistem.					
3	Tampilan antarmuka aplikasi di smartphone sangat membantu dalam pengoperasian sistem.					

No	PERTANYAAN	JAWABAN				
		SS	S	RG	TS	STS
4	Informasi mengenai kelembapan tanah mudah dipahami oleh saya.					
5	Saya merasa lebih efisien dalam menyiram tanaman sejak menggunakan sistem ini.					
6	Prediksi hujan yang ditampilkan oleh sistem cukup akurat dan relevan.					
7	Sistem ini membantu saya menghemat penggunaan air untuk penyiraman					
8	Saya merasa yakin untuk mengandalkan sistem ini dalam mengatur penyiraman tanaman.					
9	Saya merasa nyaman menggunakan sistem ini untuk pemantauan harian.					
10	Sistem ini memberikan saya informasi yang cukup untuk mengambil keputusan.					
11	Saya jarang mengalami kesalahan atau kendala saat menggunakan sistem ini.					
12	Saya dapat dengan mudah memperbaiki kesalahan yang terjadi saat penggunaan sistem.					
13	Notifikasi dari sistem sangat membantu saya mengetahui kondisi tanah dan kebutuhan penyiraman.					
14	Saya merasa lebih produktif dalam mengelola tanaman setelah menggunakan sistem ini.					
15	Saya bersedia merekomendasikan sistem ini kepada petani atau pengguna lain.					
16	Secara keseluruhan, saya puas dengan kinerja sistem penyiraman otomatis ini.					

c. Skala Penilaian

(a) Skala Likert

Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial. Dalam penelitian, fenomena sosial ini telah ditetapkan secara spesifik oleh peneliti, yang selanjutnya disebut sebagai variabel penelitian. Dengan skala Likert, maka variabel yang akan diukur dijabarkan menjadi indikator variabel. Kemudian indikator tersebut dijadikan sebagai titik tolak untuk menyusun item-item instrumen yang dapat berupa pernyataan atau pertanyaan (Sugiyono, 2020, pp. 93–94).

Tabel 3. 3 Skala Likert

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

(b) Skala Guttman

Skala pengukuran dengan tipe ini, akan didapat jawaban yang tegas, yaitu "ya-tidak"; "benar-salah"; "pernah-tidak pernah"; "positif-negatif" dan lain lain. Data yang diperoleh dapat berupa data interval atau rasio dikotomi (dua alternatif). Jadi kalau pada skala Likert terdapat 3, 4, 5, 6, 7 interval, dari kata "sangat setuju" sampai "sangat tidak setuju", maka pada dalam skala Guttman hanya ada dua interval yaitu "setuju" atau "tidak setuju". Penelitian menggunakan skala Guttman dilakukan bila ingin mendapatkan jawaban yang tegas terhadap suatu permasalahan yang ditanyakan.(Sugiyono, 2020, p. 96)

Tabel 3. 4 Skala Guttman

Alternatif Jawaban	Skor Alternatif Jawaban	
	Positif	Negatif
Ya	1	0
Tidak	0	1

Skor alternatif untuk jawaban responden diberikan dengan nilai tertinggi "Satu" dan terendah "No". Untuk pernyataan positif, kategori "Ya" mendapatkan nilai 1, sedangkan kategori "Tidak" mendapat nilai 0. Untuk

pernyataan negatif, kategori “Ya” diberi nilai 0, dan kategori “Tidak” mendapatkan nilai 1.

5. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan logika fuzzy dari berbagai aspek, yaitu akurasi sensor, efektivitas penggunaan air, fungsionalitas sistem, dan kelayakan pengguna. Setiap aspek dianalisis dengan metode yang sesuai, sebagai berikut:

- (a) Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan pembacaan sensor kelembapan tanah terhadap kondisi aktual di lapangan. Perhitungan akurasi dilakukan dengan membandingkan nilai sensor dengan alat ukur referensi, menggunakan rumus:

$$\text{Akurasi (\%)} = \left(1 - \frac{|\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Referensi}|}{\text{Nilai Referensi}} \right) \times 100\%$$

Nilai akurasi dihitung berdasarkan rata-rata dari beberapa kali pengukuran. Jika hasil akurasi $\geq 80\%$, maka sensor dianggap cukup akurat dan layak digunakan dalam sistem penyiraman otomatis.

- (b) Uji efektivitas bertujuan untuk menilai seberapa besar sistem penyiraman otomatis mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Perbandingan dilakukan dengan menghitung selisih volume air yang digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \left(\frac{\text{Air manual} - \text{Air IOT}}{\text{Air manual}} \right) \times 100\%$$

Jika penghematan air $\geq 20\%$, sistem dianggap efektif.

- (c) Uji fungsionalitas dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk memastikan setiap fitur utama sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi. Pengujian dilakukan dengan memberikan input tertentu dan mencatat output yang dihasilkan. Tingkat keberhasilan dihitung dengan rumus:

$$\text{Tingkat Keberhasilan (\%)} = \frac{\text{juml fitur yang berfungsi dengan baik}}{\text{jumla total fitur yang diuji}} \times 100\%$$

Jika hasil yang diperoleh $\geq 80\%$, maka sistem dianggap layak digunakan.

- (d) Uji kelayakan dilakukan melalui kuesioner yang diberikan kepada pengguna (petani/pengelola kebun kecil). Skala Likert 5 poin digunakan untuk menilai

aspek kemudahan, kenyamanan, dan manfaat sistem. Nilai rata-rata diperoleh dengan rumus:

$$Rata - rata = \frac{total\ skor\ jawaban}{jumlah\ responden \times jumlah\ pertanyaan}$$

Jadi jika hasil perhitungan mendapati nilai 4,3 (> 4) maka nilai tersebut termasuk dalam kategori Sangat Layak