

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritis

1. Sistem Otomasi



Gambar 2. 1 Sistem Otomasi

Sumber: https://awsimages.detik.net.id/community/media/visual/2022/10/12/otomasi-industri_169.jpeg?w=700&q=90

Sistem otomasi merupakan suatu sistem yang dirancang untuk menjalankan proses kerja secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi kontrol, sensor, aktuator, dan perangkat pengolah data sehingga dapat mengurangi keterlibatan manusia dalam suatu proses. Penerapan sistem otomasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, kecepatan, dan akurasi kerja dibandingkan dengan sistem manual. Dalam suatu sistem otomasi, informasi yang diperoleh dari sensor akan diproses oleh pengendali (*controller*) untuk menghasilkan keputusan yang selanjutnya diteruskan kepada aktuator sebagai pelaksana tindakan. Dengan adanya sistem otomasi, suatu proses dapat berlangsung secara konsisten dan berulang sesuai dengan logika yang telah diprogramkan sehingga mampu

meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia (Nurjayanto et al., 2022).

Perkembangan teknologi mendorong penerapan sistem otomasi pada berbagai bidang, termasuk sektor pertanian. Salah satu penerapannya adalah sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor kelembaban tanah, dan sensor suhu untuk memantau kondisi lingkungan serta mengendalikan pompa air secara otomatis. Sistem tersebut memungkinkan proses penyiraman dilakukan sesuai kondisi media tanam sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dan proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time (Westari & Ilman, 2024).

2. Internet of Things (IoT)



Gambar 2. 2 Internet of Things

Sumber: <https://diengcyber.com/wp-content/uploads/2023/03/Internet-of-Things-1024x683.jpg>

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep yang memungkinkan berbagai perangkat fisik dapat saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan bertukar data secara otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung

(Efendi, 2018). Teknologi IoT memanfaatkan kombinasi sensor, mikrokontroler, perangkat komunikasi, dan layanan internet untuk menghasilkan sistem yang mampu melakukan pemantauan maupun pengendalian secara real-time (Selay, 2022). Dengan adanya konektivitas tersebut, informasi yang diperoleh dari perangkat dapat diakses dari berbagai lokasi selama terhubung dengan jaringan internet sehingga memudahkan proses monitoring dan pengambilan keputusan (Rizkir, 2021).

Perkembangan Internet of Things telah memberikan dampak yang signifikan pada berbagai sektor, seperti industri, kesehatan, transportasi, rumah pintar (*smart home*), hingga pertanian. Pada bidang pertanian, teknologi IoT banyak diterapkan untuk sistem monitoring lingkungan, pengendalian irigasi, dan penyiraman otomatis berbasis sensor. Data yang diperoleh dari sensor dapat dikirimkan secara langsung ke platform monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara real-time dan melakukan pengendalian dari jarak jauh. Dalam penelitian ini, teknologi IoT digunakan untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor kelembaban tanah dari mikrokontroler ESP32 ke platform monitoring sehingga kondisi media tanam dan status penyiraman dapat dipantau secara daring (Rizkir, 2021).

3. Mikrokontroler ESP32 Devkit V1



Gambar 2. 3 Board ESP32 Devkit V1

Sumber : <https://www.voltaat.com/products/doit-esp32-devkit-v1-development-board>

Mikrokontroler ESP32 merupakan sebuah sistem mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan dirancang untuk mendukung pengembangan perangkat berbasis *Internet of Things (IoT)*. ESP32 memiliki prosesor dual-core, memori yang cukup besar, serta fitur komunikasi nirkabel berupa Wi-Fi dan Bluetooth yang telah terintegrasi dalam satu chip (Hercog, 2023). Kemampuan tersebut memungkinkan ESP32 untuk melakukan pengolahan data dari sensor sekaligus mengirimkan data ke platform monitoring melalui jaringan internet tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan (Rahardjo, et al., 2022). Dengan spesifikasi tersebut, ESP32 menjadi salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT.

Dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler lainnya, ESP32 memiliki keunggulan pada kemampuan konektivitas, kecepatan pemrosesan data, dan jumlah pin input-output yang cukup banyak untuk mendukung berbagai perangkat eksternal (Hercog, 2023). Pada penelitian ini, ESP32

digunakan sebagai pusat pengendali sistem yang bertugas membaca data dari tiga sensor kelembaban tanah, mengolah data hasil pembacaan sensor, mengendalikan kerja relay dan pompa air, serta mengirimkan data kelembaban tanah ke platform monitoring secara real-time (Rahardjo, et al., 2022). Dengan demikian, ESP32 berperan sebagai komponen utama yang menghubungkan proses monitoring dan pengendalian dalam sistem otomasi penyiraman media tanam yang dirancang.

4. Sensor Kelembaban Tanah



Gambar 2.4 Sensor Kelembaban Tanah

Sumber: <https://share.google/wWrNNscP2D4WrUvi7>

Sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur tingkat kelembaban pada media tanam. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat listrik yang dipengaruhi oleh kandungan air di dalam tanah (Bogena, 2022). Semakin tinggi kandungan air pada media tanam, maka nilai kelembaban yang terbaca oleh sensor akan semakin besar, sedangkan semakin rendah kandungan air dalam tanah maka nilai kelembaban yang terbaca akan semakin kecil (Arginanta, et al., 2024). Informasi yang diperoleh dari sensor kemudian dikirimkan ke

mikrokontroler untuk diproses sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem otomasi penyiraman (Setyowati, 2020).

Dalam sistem penyiraman otomatis, sensor kelembaban tanah berfungsi sebagai komponen input yang menentukan kapan proses penyiraman harus dilakukan berdasarkan kondisi aktual media tanam (Rahardjo, 2022). Penggunaan sensor kelembaban tanah memungkinkan proses penyiraman menjadi lebih efisien karena air diberikan sesuai kebutuhan media tanam dan tidak hanya berdasarkan perkiraan pengguna (Saputra & Suryono, 2024). Pada penelitian ini digunakan tiga sensor kelembaban tanah yang ditempatkan pada beberapa titik pengukuran dalam media tanam berukuran 60 cm × 40 cm × 15 cm. Penggunaan tiga sensor bertujuan untuk memperoleh data kelembaban tanah yang lebih representatif serta menganalisis konsistensi pembacaan sensor pada berbagai titik pengukuran sehingga kinerja sistem otomasi penyiraman dapat dievaluasi dengan lebih akurat (Saputra, 2023).

5. Relay



Gambar 2.5 Relay

Sumber : <https://www.tokopedia.com/elektronikdr/modul-relay-5v-1-channel-low-level-trigger-arduino-optocoupler-module>

Relay merupakan komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik berdasarkan sinyal kendali yang diberikan. Relay bekerja dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik, yaitu ketika kumparan (*coil*) dialiri arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet yang mampu menggerakkan kontak saklar dari kondisi terbuka (*Normally Open/NO*) menjadi tertutup atau sebaliknya dari kondisi tertutup (*Normally Closed/NC*) menjadi terbuka (Wiguna, et al., 2020). Dengan prinsip kerja tersebut, relay banyak digunakan sebagai penghubung antara perangkat kontrol berdaya rendah, seperti mikrokontroler, dengan perangkat beban yang membutuhkan arus atau tegangan lebih besar.

Pada sistem otomasi penyiraman media tanam, relay berfungsi sebagai aktuator perantara antara mikrokontroler ESP32 dan pompa air. Ketika nilai kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor berada di bawah batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengirimkan sinyal logika ke relay untuk mengaktifkan pompa air. Sebaliknya, ketika kelembaban tanah telah mencapai nilai yang diinginkan, relay akan memutus aliran listrik ke pompa sehingga proses penyiraman berhenti secara otomatis (Nurhadi, et al., 2022). Penggunaan relay pada sistem ini bertujuan untuk melindungi mikrokontroler dari arus beban yang besar sekaligus memastikan proses pengendalian pompa dapat berjalan dengan aman dan andal.

6. Pompa Air DC



Gambar 2.6 Pompa Air DC

Sumber : <https://shop-id.tokopedia.com/pdp/pompa-dc-cba-80-psi-3-1-lpm-untuk-sprayer-hama-2-varian/1729962444922981085>

Pompa air DC merupakan perangkat elektromekanis yang berfungsi untuk memindahkan atau mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lain dengan memanfaatkan sumber tegangan arus searah (*Direct Current*). Pompa jenis ini banyak digunakan pada sistem otomasi karena memiliki ukuran yang relatif kecil, konsumsi daya yang rendah, serta mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler melalui modul relay atau driver. Pada sistem penyiraman otomatis, pompa air DC berperan sebagai aktuator yang bertugas menyalurkan air dari reservoir menuju media tanam sesuai perintah yang diberikan oleh sistem kontrol (Arginanta, et al., 2024). Kinerja pompa sangat mempengaruhi keberhasilan proses penyiraman karena jumlah air yang diberikan bergantung pada lama waktu operasi dan kapasitas debit pompa yang digunakan.

Dalam sistem otomasi penyiraman media tanam, pompa air DC diaktifkan secara otomatis ketika nilai kelembaban tanah yang terbaca

sensor berada di bawah batas yang telah ditentukan. Sebaliknya, pompa akan berhenti bekerja apabila kelembaban tanah telah mencapai nilai yang diinginkan (Firman, et al., 2025). Pada penelitian ini, pompa air DC digunakan untuk menyuplai air ke media tanam berukuran 60 cm × 40 cm × 15 cm dengan durasi penyiraman yang bervariasi sesuai skenario pengujian. Oleh karena itu, analisis efektivitas durasi nyala pompa menjadi salah satu aspek penting untuk mengetahui waktu operasi yang paling optimal dalam mempertahankan kelembaban media tanam sekaligus menjaga efisiensi penggunaan air.

7. Sistem Monitoring Berbasis IoT

Sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) merupakan sistem yang digunakan untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan menampilkan data dari perangkat atau sensor secara real-time melalui jaringan internet. Pada sistem ini, data yang diperoleh dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler dan kemudian dikirimkan ke platform monitoring sehingga dapat diakses oleh pengguna dari berbagai lokasi yang memiliki koneksi internet (Rizkir, et al., 2021). Teknologi IoT memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara lebih mudah dan efisien karena pengguna tidak perlu berada secara langsung di lokasi sistem untuk mengetahui kondisi yang sedang terjadi. Selain itu, data yang tersimpan pada platform monitoring dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dan analisis kinerja sistem.

Dalam penelitian ini, sistem monitoring berbasis IoT digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan tiga sensor kelembaban tanah yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Data kelembaban tanah dikirimkan secara berkala melalui jaringan Wi-Fi ke platform monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi media tanam secara real-time (Efendi, 2018). Melalui sistem monitoring tersebut, pengguna dapat memantau perubahan nilai kelembaban tanah, status kerja pompa, serta hasil pengujian yang dilakukan selama penelitian. Dengan adanya monitoring berbasis IoT, proses pengawasan sistem penyiraman menjadi lebih efektif dan mendukung analisis kinerja sistem secara berkelanjutan (Hidayat, et al., 2021).

8. Efektivitas Durasi Nyala Pompa

Efektivitas durasi nyala pompa merupakan tingkat keberhasilan waktu operasi pompa dalam memenuhi kebutuhan penyiraman media tanam sesuai dengan kondisi kelembaban yang diinginkan. Durasi nyala pompa yang tepat sangat berpengaruh terhadap jumlah air yang diberikan ke media tanam, karena semakin lama pompa bekerja maka semakin banyak air yang disalurkan. Sebaliknya, durasi penyiraman yang terlalu singkat dapat menyebabkan kelembaban tanah tidak mencapai nilai yang ditetapkan sehingga media tanam berpotensi mengalami kekeringan. Oleh karena itu, penentuan durasi nyala pompa menjadi salah satu aspek penting dalam sistem otomasi penyiraman untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan air dan efisiensi penggunaan sumber daya (Arginanta et al., 2024).

Pada sistem otomasi penyiraman berbasis sensor kelembaban tanah, efektivitas durasi nyala pompa dapat dianalisis melalui perubahan nilai kelembaban tanah setelah proses penyiraman berlangsung. Pengujian dilakukan dengan mengamati respons kelembaban tanah terhadap beberapa variasi waktu operasi pompa, kemudian mengevaluasi kemampuan sistem dalam mempertahankan kondisi kelembaban media tanam pada rentang yang diinginkan (Mulyana, et al., 2021). Dalam penelitian ini, analisis efektivitas durasi nyala pompa dilakukan pada media tanam berukuran 60 cm × 40 cm × 15 cm dengan memanfaatkan tiga sensor kelembaban tanah sebagai titik pengukuran. Hasil pengujian diharapkan dapat menunjukkan durasi kerja pompa yang paling efektif untuk menjaga kelembaban media tanam sekaligus mendukung efisiensi penggunaan air pada sistem yang dirancang.

9. Media Tanam Sebagai Objek Pengujian

Media tanam merupakan tempat tumbuh tanaman yang berfungsi sebagai penopang akar serta penyedia air dan unsur hara yang dibutuhkan selama proses pertumbuhan tanaman. Selain berperan sebagai penyangga tanaman, media tanam juga memiliki kemampuan menyimpan dan mendistribusikan air sehingga kondisi kelembabannya dapat memengaruhi ketersediaan air bagi tanaman (Trihaditia, et al., 2021). Oleh karena itu, kelembaban media tanam menjadi salah satu parameter penting yang perlu dipantau dalam sistem otomasi penyiraman. Pada penelitian berbasis sensor kelembaban tanah, media tanam digunakan sebagai objek utama

pengukuran karena perubahan kandungan air di dalam tanah akan memengaruhi nilai keluaran sensor yang digunakan sebagai dasar pengendalian penyiraman.



Gambar 2.7 Media Tanam

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada penelitian ini, media tanam yang digunakan berupa pot berbentuk persegi dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tinggi tanah 15 cm. Media tanam tersebut digunakan sebagai objek pengujian untuk menganalisis kinerja sistem otomasi penyiraman yang dirancang. Pengujian dilakukan dengan menempatkan tiga sensor kelembaban tanah pada beberapa titik pengukuran untuk mengetahui kondisi kelembaban media tanam secara lebih representatif (Arginanta, et al., 2024). Data yang diperoleh dari ketiga sensor digunakan untuk mengevaluasi respons sistem terhadap perubahan kelembaban tanah serta menganalisis efektivitas durasi nyala pompa dalam mempertahankan kondisi kelembaban media tanam pada rentang yang diinginkan. Dengan demikian, media tanam berfungsi

sebagai lingkungan pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem otomasi penyiraman berbasis Internet of Things (IoT).

B. Kajian Empiris

Kajian empiris merupakan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan penelitian yang telah dilakukan, menemukan persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan, serta mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Penelitian terdahulu yang digunakan dalam kajian empiris ini berkaitan dengan sistem otomasi penyiraman, Internet of Things (IoT), sensor kelembaban tanah, mikrokontroler ESP32, serta sistem monitoring berbasis IoT.

Tabel 2.1 Kajian Empiris

Peneliti	Tahun	Judul	Metode	Hasil
Dallarizki Arginanta dan Wahid Miftahul Ashari .	2024	Automatic Vegetable Watering System Using Fuzzy Logic with Integration of Soil Moisture, Rain Sensors, and RTC	Fuzzy Logic, Soil Moisture Sensor, Rain Sensor, RTC	Sistem penyiraman otomatis berhasil bekerja berdasarkan kondisi kelembaban tanah dengan rata-rata error sensor sebesar 5%.

M. A. Mulyana dkk.	2021	Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah	Sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler	Sistem mampu melakukan penyiraman otomatis berdasarkan nilai kelembaban tanah yang terbaca sensor.
A. Siswanto dkk.	2023	Implementasi Internet of Things Menggunakan ESP32 pada Sistem Monitoring	ESP32 dan IoT	ESP32 mampu melakukan akuisisi dan pengiriman data sensor secara real-time.
A. Mulyana dan D. Pratama	2022	Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis ESP32 untuk Aplikasi Internet of Things	ESP32 dan sistem monitoring	Sistem monitoring berbasis ESP32 berhasil menampilkan data sensor secara daring.
Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F.	2022	Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan Sensor	Sensor kelembaban tanah dan pompa air otomatis	Sistem penyiraman bekerja secara otomatis berdasarkan data sensor kelembaban tanah.

		Kelembaban Tanah		
Ibnu Husni Mubarak, Atmiasri, dan Wildan Surya Wijaya	2026	Alat Pertanian Cerdas (Smart Farming) di Persawahan Padi Desa Jogosatru Sukodono Sidoarjo Jawa Timur	WSN menggunakan Arduino UNO, ESP32, LoRa, dan sensor lingkungan.	Sistem smart farming berbasis WSN mampu memantau kondisi lahan secara real-time dan meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30%.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa sistem otomasi penyiraman berbasis sensor kelembaban tanah dan Internet of Things telah banyak dikembangkan. Penelitian yang dilakukan umumnya berfokus pada penerapan sensor kelembaban tanah sebagai parameter pengendalian penyiraman, penggunaan mikrokontroler sebagai pusat pengendali sistem, serta implementasi teknologi IoT untuk proses monitoring dan pengendalian jarak jauh.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu lebih menekankan pada keberhasilan implementasi sistem penyiraman otomatis dan metode pengendalian yang digunakan, seperti logika fuzzy atau pengaturan berbasis ambang batas kelembaban tanah (Wolfert et al., 2017). Penelitian terdahulu juga umumnya menggunakan satu titik pengukuran sensor kelembaban tanah sehingga belum banyak membahas konsistensi pembacaan beberapa sensor pada satu media tanam.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada fokus analisis yang dilakukan. Penelitian ini tidak hanya merancang sistem otomasi penyiraman berbasis Internet of Things menggunakan mikrokontroler ESP32, tetapi juga menganalisis kinerja tiga sensor kelembaban tanah yang ditempatkan pada beberapa titik pengukuran dalam media tanam berukuran 60 cm × 40 cm × 15 cm. Selain itu, penelitian ini menganalisis efektivitas durasi nyala pompa dalam mempertahankan kelembaban media tanam sehingga dapat diperoleh durasi operasi pompa yang paling efektif. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem otomasi penyiraman yang lebih efisien dan andal.

C. Kerangka Berpikir Penelitian

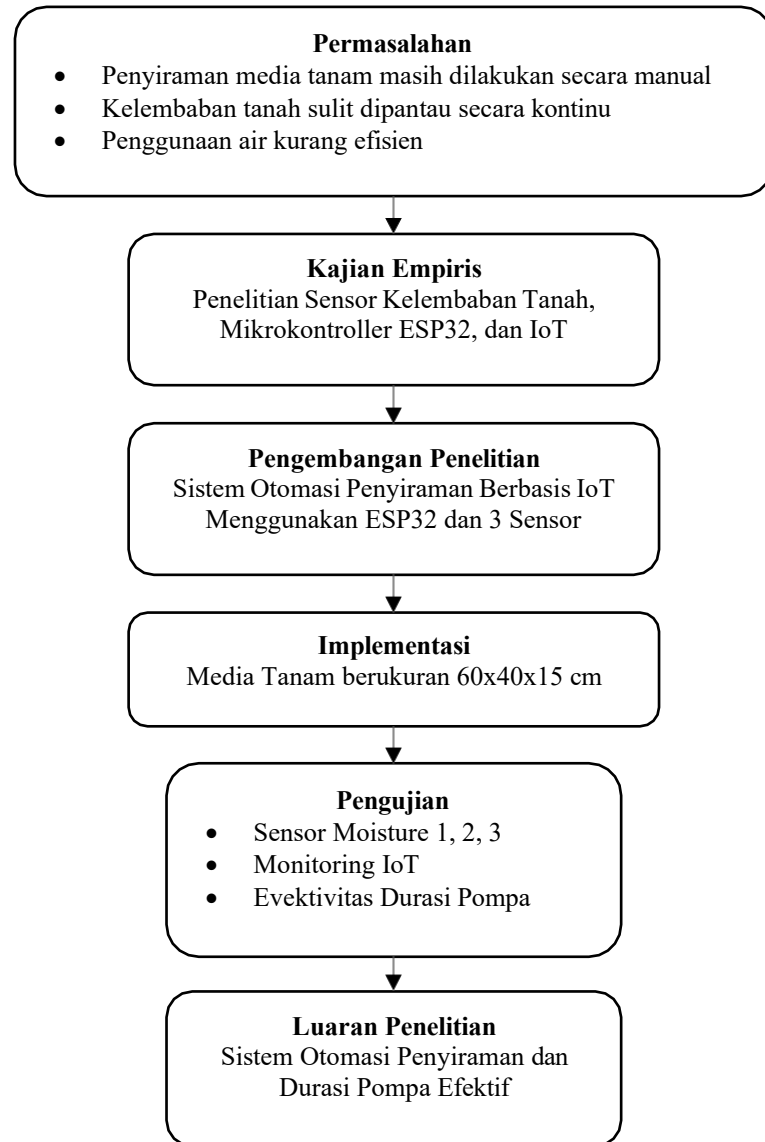
Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong penerapan sistem otomasi pada berbagai bidang, termasuk sistem penyiraman media tanam. Proses penyiraman yang masih dilakukan secara manual memiliki beberapa kelemahan, seperti ketidaktepatan waktu penyiraman, penggunaan air yang kurang efisien, dan kesulitan dalam memantau kondisi kelembaban media tanam secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem otomasi penyiraman yang mampu bekerja berdasarkan kondisi kelembaban tanah secara aktual sehingga proses penyiraman dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

Pada penelitian ini dirancang sistem otomasi penyiraman media tanam berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan tiga sensor kelembaban tanah

sebagai perangkat input, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, relay sebagai aktuator penghubung, dan pompa air sebagai perangkat penyiraman. Ketiga sensor kelembaban tanah berfungsi untuk mendeteksi kondisi kelembaban media tanam pada beberapa titik pengukuran. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi media tanam dan mengendalikan kerja pompa secara otomatis sesuai nilai kelembaban yang telah ditetapkan. Selain itu, data sensor dikirimkan ke platform monitoring berbasis IoT sehingga dapat dipantau secara real-time.

Penelitian difokuskan pada analisis kinerja sistem yang meliputi pengujian pembacaan tiga sensor kelembaban tanah, pengujian sistem monitoring berbasis IoT, respons kerja pompa terhadap perubahan kelembaban tanah, serta analisis efektivitas durasi nyala pompa dalam mempertahankan kelembaban media tanam. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan penyiraman otomatis dan menentukan durasi kerja pompa yang paling efektif pada media tanam berukuran 60 cm × 40 cm × 15 cm.

Berdasarkan uraian tersebut, maka kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.8 Diagram Kerangka Berpikir Penelitian