

SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH BERBASIS IOT

Fahri Al Farizki¹⁾, SA Pratiwi^{2)*}, Desy Agung³⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Esa Unggul, Bekasi

³⁾Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

*Corresponding Author: siti.astari@esaunggul.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi perawatan tanaman melalui sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembapan tanah. Berbagai studi menunjukkan bahwa integrasi sensor kelembapan, mikrokontroler (seperti ESP32 atau NodeMCU), modul relay, dan platform IoT memungkinkan penyiraman dilakukan berdasarkan kondisi aktual media tanam serta pemantauan real-time melalui aplikasi atau antarmuka web. Sistem bekerja dengan mengaktifkan pompa saat kelembapan berada di bawah ambang batas dan mematikannya ketika mencapai tingkat yang diinginkan, sehingga mencegah kekeringan dan kelebihan air. Hasil penelitian terdahulu juga melaporkan penghematan penggunaan air sekitar 20–30% dibandingkan irigasi konvensional berbasis jadwal tetap, khususnya pada greenhouse dan lahan uji skala kecil. Selain itu, data historis kelembapan dan status pompa mendukung analisis kebutuhan air tanaman sebagai dasar pengembangan pertanian presisi dan smart agriculture. Namun, kajian literatur menunjukkan bahwa sebagian besar implementasi masih terbatas pada uji fungsional, dengan evaluasi kuantitatif terhadap akurasi sensor, kalibrasi, dan keandalan jangka panjang yang masih minim.

Kata Kunci: *IoT, Sensor Kelembapan Tanah, Penyiraman Otomatis, Pertanian Cerdas.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Internet of Things (IoT) telah mendorong lahirnya berbagai inovasi di bidang pertanian, salah satunya sistem penyiraman tanaman otomatis yang memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan konektivitas internet untuk mengendalikan irigasi secara lebih cerdas. Sistem ini memungkinkan proses penyiraman tidak lagi mengandalkan perkiraan manual, melainkan keputusan berbasis data aktual kelembapan tanah yang dipantau secara kontinu. Dalam konteks keterbatasan sumber daya air dan kebutuhan efisiensi pada lahan pertanian maupun skala rumah tangga, pendekatan ini menjadi semakin penting untuk memastikan tanaman memperoleh suplai air yang cukup tanpa pemborosan. (Bajiel Rifaat et al., 2024).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi sensor kelembapan tanah dengan mikrokontroler dan platform IoT mampu mengotomatisasi proses penyiraman berdasarkan nilai ambang kelembapan tertentu. Pompa air diaktifkan saat kelembapan turun di bawah batas yang ditentukan dan dimatikan ketika kelembapan kembali berada pada rentang yang diinginkan. Selain itu, data kelembapan tanah dan status pompa dapat dipantau secara real-time melalui antarmuka web atau aplikasi seluler.

Namun, meskipun hasil awal menunjukkan potensi penghematan air dan kemudahan pemantauan, masih terdapat banyak variasi pendekatan teknis, kualitas evaluasi, serta tantangan implementasi yang perlu dikaji secara sistematis. (Bajiel Rifaat et al., 2024).

1.1 Latar Belakang

Di banyak daerah, praktik penyiraman tanaman masih dilakukan secara manual atau menggunakan jadwal tetap tanpa mempertimbangkan kondisi aktual media tanam. Pola ini berisiko menimbulkan kekurangan air (*under-irrigation*) yang menghambat pertumbuhan tanaman maupun kelebihan air (*over-irrigation*) yang menyebabkan pemborosan sumber daya dan menurunkan kualitas tanah. Tantangan ini menjadi semakin krusial di tengah perubahan iklim, ketidakpastian pola curah hujan, dan meningkatnya tekanan terhadap ketersediaan air untuk kebutuhan pertanian (Yudiana et al., 2024)

Teknologi IoT menawarkan solusi dengan memanfaatkan sensor kelembapan tanah, sensor lingkungan, dan mikrokontroler yang saling terhubung melalui jaringan (Dwianti Westari & Syaeful Ilman, 2024; Elza, 2025; Oktavian & Yunanda, n.d.). Data kelembapan tanah yang diperoleh dapat digunakan untuk mengendalikan aktuator pompa secara otomatis, sekaligus disimpan dan dianalisis untuk memahami pola kebutuhan air tanaman pada berbagai kondisi. Di sisi lain, literatur juga mencatat adanya keterbatasan, seperti kurangnya prosedur kalibrasi sensor yang baku, potensi korosi pada sensor jenis tertentu, ketergantungan pada koneksi jaringan yang stabil, serta desain antarmuka yang belum sepenuhnya ramah bagi pengguna non-teknis.

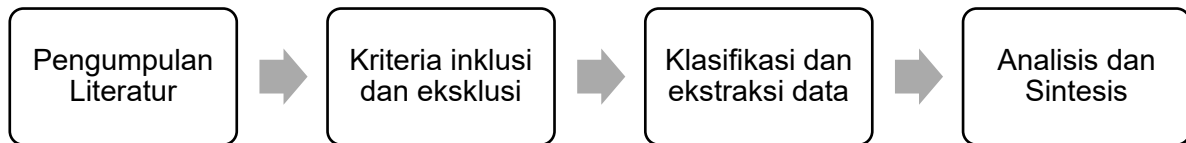
Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki kebutuhan mendesak akan teknologi irigasi yang efisien, andal, dan mudah diadopsi oleh petani. Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah berpotensi menjadi salah satu komponen penting dalam pengembangan pertanian cerdas (*smart agriculture*) (Abdiansyah et al., 2024; Romadan et al., 2024). Namun, sebelum diadopsi secara luas, diperlukan kajian sistematis terhadap berbagai penelitian yang telah dilakukan untuk memetakan pendekatan yang digunakan, menilai kinerja yang dilaporkan, serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang masih terbuka.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan memetakan pendekatan teknis yang digunakan dalam sistem penyiraman atau irigasi tanaman otomatis berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah, mencakup konfigurasi perangkat keras, jenis sensor, metode kontrol, dan platform IoT. Selain itu, penelitian ini menganalisis dan membandingkan kinerja sistem yang dilaporkan dalam literatur, termasuk akurasi sensor, mekanisme kerja penyiraman otomatis, efisiensi penggunaan air, serta kestabilan koneksi. Kajian ini juga mengulas secara kritis kelemahan dan tantangan implementasi dari aspek teknis, jaringan, energi, dan pengalaman pengguna, sekaligus merumuskan rekomendasi arah pengembangan dan penelitian lanjutan untuk meningkatkan keandalan, efisiensi, dan keberlanjutan sistem pada skala rumah tangga maupun pertanian komersial.

2. METODE

Pada gambar 1 terdapat diagram alir metode penelitian ini. Terdapat empat langkah yaitu pengumpulan literatur, kriteria inklusi dan eksklusi, klasifikasi dan ekstraksi data serta analisis dan sintesis.



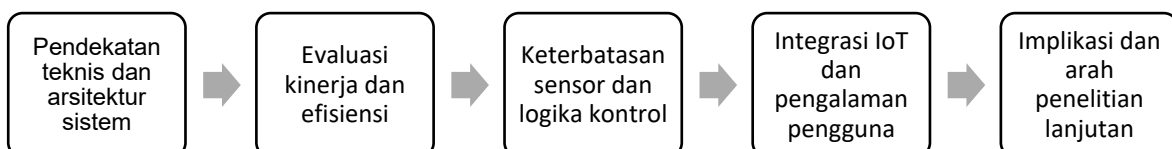
Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam review paper ini adalah studi literatur sistematis terhadap publikasi ilmiah yang membahas sistem penyiraman atau irigasi tanaman otomatis berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah. Prosesnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pengumpulan literatur
Artikel dikumpulkan dari berbagai basis data jurnal (misalnya Google Scholar, portal jurnal nasional/internasional) menggunakan kata kunci seperti “automatic irrigation”, “soil moisture sensor”, “IoT-based irrigation”, dan istilah terkait dalam bahasa Indonesia maupun Inggris.
- b. Kriteria inklusi dan eksklusi
Literatur yang dipilih adalah artikel yang:
 - Mengimplementasikan sistem penyiraman/irigasi otomatis berbasis IoT.
 - Menggunakan sensor kelembapan tanah sebagai salah satu parameter utama.
 - Menyajikan hasil uji atau evaluasi sistem (baik kualitatif maupun kuantitatif).Artikel yang hanya membahas konsep tanpa implementasi, atau tidak melibatkan sensor kelembapan tanah secara langsung, dikeluarkan dari kajian.
- c. Klasifikasi dan ekstraksi data
Dari setiap artikel, diekstraksi informasi mengenai: arsitektur sistem (jenis sensor, mikrokontroler, aktuator, platform IoT), metode kontrol (threshold, fuzzy logic, dsb.), skenario pengujian, indikator kinerja yang diukur (misalnya akurasi sensor, penghematan air), serta kendala yang dilaporkan.
- d. Analisis dan sintesis
Data yang diperoleh dianalisis secara kualitatif dengan membandingkan pendekatan antar penelitian, mengidentifikasi pola umum dan perbedaan, serta menyoroti tren pengembangan dan celah penelitian yang belum banyak dibahas. Metode ini memungkinkan penyusunan gambaran komprehensif mengenai keadaan riset terkini di bidang sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menjelaskan diagram alir proses hasil dan pembahasan penelitian



Gambar 2. Diagram alir proses hasil dan pembahasan penelitian

- a. Pendekatan teknis dan arsitektur sistem
Sebagian besar penelitian mengadopsi arsitektur yang serupa, yaitu sensor kelembapan tanah (resistif atau kapasitif) yang terhubung ke mikrokontroler (ESP8266, ESP32, Arduino) yang kemudian mengendalikan pompa melalui modul relay. Nilai kelembapan tanah dibaca secara periodik, dibandingkan dengan ambang batas tertentu, dan keputusan penyiraman diambil berdasarkan perbandingan tersebut. Beberapa penelitian menambahkan sensor lain seperti suhu dan kelembapan udara untuk memperkaya parameter pengambilan keputusan (And & Expert, 2024).
Integrasi dengan platform IoT umumnya dilakukan menggunakan layanan seperti Blynk, Thingspeak, Firebase, Telegram ataupun dashboard web khusus. Platform tersebut digunakan untuk menampilkan grafik kelembapan tanah, status pompa, dan kadang memberikan kontrol manual jarak jauh. Meskipun arsitektur ini terbukti fungsional dan relatif mudah diimplementasikan, variasi dalam pemilihan sensor, prosedur kalibrasi, dan konfigurasi jaringan menyebabkan perbedaan kinerja antar studi (Nadindra & Chandra, 2022).
- b. Evaluasi kinerja dan efisiensi
Beberapa artikel melaporkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis IoT mampu mengurangi penggunaan air dibanding metode manual atau berbasis jadwal tetap, dengan besaran penghematan yang umumnya berada pada kisaran puluhan persen. Sistem juga dilaporkan mampu menjaga kelembapan tanah dalam rentang yang didefinisikan sebagai “optimal” oleh peneliti, misalnya dengan mengaktifkan pompa ketika kelembapan turun di bawah nilai tertentu dan mematikannya setelah melewati ambang atas (Suseno et al., 2025).
Namun, tidak semua penelitian menyajikan prosedur pengukuran yang rinci. Di sejumlah karya, klaim penghematan air atau akurasi sensor tidak selalu disertai data pembandingan yang kuat, seperti perbandingan jelas antara skenario otomatis dan manual, atau analisis error sensor terhadap nilai referensi. Hal ini menyulitkan penilaian sejauh mana sistem benar-benar lebih efisien dan akurat dalam berbagai kondisi lingkungan dan jenis tanah.
- c. Keterbatasan sensor dan logika kontrol
Salah satu kelemahan utama yang sering muncul adalah keterbatasan kalibrasi dan keandalan sensor. Sensor kelembapan tanah tipe resistif rentan mengalami korosi sehingga bacaan dapat bergeser seiring waktu, sedangkan sensor kapasitif meskipun lebih stabil tetap memerlukan kalibrasi terhadap jenis tanah yang berbeda. Banyak penelitian belum melakukan kalibrasi yang terdokumentasi secara sistematis maupun uji jangka panjang terhadap stabilitas pembacaan.
Dari sisi logika kontrol, sebagian besar sistem menerapkan threshold tunggal yang bersifat statis untuk seluruh fase pertumbuhan tanaman dan berbagai kondisi cuaca. Pendekatan ini sederhana dan mudah diterapkan, tetapi kurang adaptif terhadap variasi kebutuhan air antar jenis tanaman atau perubahan lingkungan harian. Beberapa penelitian mulai mengeksplorasi algoritma yang lebih cerdas, seperti fuzzy logic atau penggabungan multi-sensor, namun implementasi dan evaluasi mendalam terhadap peningkatan kinerja yang diperoleh masih terbatas.
- d. Integrasi IoT dan pengalaman pengguna
Secara umum, integrasi IoT berhasil menampilkan data dan status sistem secara real-time. Namun, pembahasan mengenai aspek pengalaman pengguna (user experience) masih relatif minim. Banyak antarmuka dirancang dari sudut pandang

teknis, dengan pengaturan threshold dan tampilan grafik yang mungkin tidak intuitif bagi petani atau pengguna non-teknis. Selain itu, hampir semua sistem sangat bergantung pada koneksi Wi-Fi yang stabil, sementara uji di lingkungan dengan jaringan lemah jarang dilakukan secara sistematis (Suseno et al., 2025).

Isu keamanan data dan akses jarak jauh juga belum banyak disentuh, padahal penting ketika sistem dioperasikan dalam skala yang lebih luas (Nadindra & Chandra, 2022). Di beberapa penelitian, penggunaan energi terbarukan seperti panel surya mulai diperkenalkan, tetapi analisis biaya, perawatan, dan kelayakan ekonomi jangka panjang masih jarang dibahas secara mendalam.

e. Implikasi dan arah penelitian lanjutan

Berdasarkan hasil review, kontribusi penelitian selanjutnya sebaiknya tidak sekadar mengulang arsitektur standar sistem penyiraman otomatis berbasis IoT, tetapi menitikberatkan pada peningkatan akurasi, ketahanan, dan kemudahan penggunaan melalui pengujian kalibrasi sensor yang jelas, evaluasi jangka panjang, analisis efisiensi air dan energi yang terukur, serta penilaian pengalaman pengguna di lingkungan nyata. Selain itu, literatur menunjukkan peluang pengembangan melalui penerapan multi-sensor, pemanfaatan energi terbarukan, penggunaan algoritma adaptif atau machine learning, serta perluasan skala implementasi, sehingga sistem berpotensi berkembang dari prototipe akademik menjadi solusi IoT yang lebih andal dan siap diterapkan di lapangan (Tarigan et al., 2023; Wahyudi et al., 2025).

4. KESIMPULAN

Review terhadap berbagai penelitian mengenai sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT menunjukkan bahwa teknologi ini secara umum mampu menjalankan fungsi dasar otomasi penyiraman dan memberikan potensi penghematan air serta kemudahan pemantauan. Sistem yang memanfaatkan pembacaan sensor kelembapan tanah untuk mengendalikan pompa secara otomatis terbukti dapat menjaga kelembapan media tanam dalam rentang yang didefinisikan oleh perancang.

Namun, banyak implementasi masih berada pada tahap prototipe dengan kelemahan pada aspek kalibrasi sensor, keandalan jangka panjang, dan evaluasi kinerja yang terukur. Ketergantungan pada koneksi jaringan yang stabil, isu korosi sensor, serta desain antarmuka yang belum sepenuhnya ramah bagi pengguna nonteknis menjadi tantangan nyata untuk adopsi di lapangan. Oleh karena itu, penelitian berikutnya perlu lebih berfokus pada penguatan aspek teknis, ekonomi, dan usability, sehingga sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah dapat berkembang dari sekadar proyek akademik menjadi solusi praktis yang siap diterapkan di berbagai skala pertanian (Fatur Rachman et al., n.d.).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdiansyah, Renny Maulidda, & A. Rahman. (2024). *nurhajar,+SISTEM+MONITORING+SUHU+DAN+KELEMBABAN+TANAH+UNTUK+PENYIRAMAN+TANAMAN+OTOMATIS+BERBASIS+IOT*.
- And, I., & Expert, D. (2024). *Aplikasi Mobile Monitoring Dan Deteksi Dini Tanah Longsor Berbasis Internet Of Things (IOT)* (Vol. 6, Number 2). <http://e-journal.unper.ac.id>

- Bajiel Rifaat, A., Sephiani, F., & Studi Teknik Elektro, P. (2024). *Pengembangan Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Sensor Suhu, Kelembapan Udara dan Kelembapan Tanah*. 16(2).
- Dwianti Westari, & Syaeful Ilman. (2024). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Moisture Sensor, DHT22 Sensor dan Blynk. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, 3(4), 314–321. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i4.4941>
- Elza, P. (2025). ISSN : XXXX-XXXX Efektivitas Sensor Kelembaban Tanah terhadap Optimasi Penggunaan Pupuk di Lahan Jagung. In *Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pertanian* (Vol. 01, Number 1). <http://pustakajurnal.web.id/index.php/jatp>
- Fatur Rachman, I., Tenri Puji, A., Studi Teknik Informatika, P., PPKIA Tarakanita Rahmawati, S., & Utara, K. (n.d.). Rekayasa Perangkat Penyiraman Dan Pemupukan Tanaman Otomatis Pada Perkebunan Berbasis IoT. *Journal of Applied Microcontroller and Autonomous System*, 5(2), 24–30.
- Nadindra, D. E., & Chandra, J. C. (2022). Sistem IoT Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Dengan Kontrol Telegram. In *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika* (Vol. 5, Number 1). Halaman.
- Oktavian, A., & Yunanda, A. B. (n.d.). RANCANG BANGUN SIMULASI IRIGASI OTOMATIS PADA TANAMAN BAWANG MERAH DI MUNCAR KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH DAN SENSOR CAHAYA BERBASIS IoT id 2. In *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi* (Vol. 2).
- Romadan, D. P., Arinal, V., Sarimole, F. M., & Tundo, T. (2024). Prototipe Sistem Monitoring Kelembapan Tanah pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan NodeMCU Esp8266, Blynk dan Thingspeak. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(1), 130–140. <https://doi.org/10.57152/malcom.v5i1.1600>
- Suseno, B. G., Efa Maydhona Saputra, & Nugroho, D. H. T. (2025). PERANCANGAN SISTEM MONITORING KONDISI TANAH DAN CITRA TANAMAN BERBASIS IOT DAN MIKROKONTROLLER. *Jurnal SINTA: Sistem Informasi Dan Teknologi Komputasi*, 1(4), 171–181. <https://doi.org/10.61124/sinta.v1i4.28>
- Tarigan, J., Bukit, M., Siprianus, D., & Yilu, N. (2023). RANCANG BANGUN SISTEM IRIGASI TETES OTOMATIS UNTUK BUDIDAYA TANAMAN TERONG UNGU (SOLANUM MELONGENA L.) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) (Vol. 8, Number 2).
- Wahyudi, F., Ramadhan, A., Mahadi Sihombing, P., & Hasrudy Siregar, Z. (2025). PENGUJIAN KINERJA PROTOTIPE SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN APLIKASI TELEGRAM. 6(2), 2723–3359. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16935939>
- Yudiana, T. T. Y., Patma, T. S., & Fauziyah, M. (2024). Implementasi Sensor Kelembapan Tanah Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan IoT. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v11i1.3025>
- Klik atau ketuk di sini untuk memasukkan teks.