

PENGEMBANGAN IRRIGATION SYSTEM BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 DAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH UNTUK EFISIENSI AIR DAN PERTANIAN

Wisnu CandraGipta^{1*}, Woro Agus Nurtiyanto², Juhana³, Ojak Abdul Rozak⁴, Gaguk Firasanto⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang; Jl. Witana Harja No. 18b, Pamulang Bar, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417

Keywords:

ESP32;
Internet of Things (Iot);
Thinkspeak;
Irrigation System; Soil
Moisture Sensor.

Correspondent Email:

Wisnucandragipta@gmail.com

Abstrak. Penyiraman tanaman yang dilakukan secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi kelembapan tanah secara real-time berpotensi menyebabkan overwatering maupun underwatering yang berdampak pada pertumbuhan tanaman serta pemborosan air. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan smart irrigation system berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan ESP32 dengan sensor kelembapan tanah sebagai parameter utama, serta didukung sensor pH tanah, DS18B20 untuk suhu tanah, dan DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara. Sistem dirancang untuk menjaga kelembapan tanah pada rentang optimal 60–75% dan terintegrasi dengan platform *ThingSpeak* untuk monitoring jarak jauh. Pengujian dilakukan selama 30 hari dengan membandingkan metode penyiraman manual dan otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode manual menghasilkan fluktuasi kelembapan yang lebih tinggi, sedangkan sistem otomatis mampu menjaga kestabilan kelembapan tanah dengan penyiraman selektif berbasis *set point*. Pada kondisi pengujian, sistem membutuhkan rata-rata 450 mL air untuk mencapai kelembapan 75% pada media tanam berukuran 90 × 31 × 28 cm, serta menunjukkan efisiensi penggunaan air hingga 91% dibandingkan metode manual. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menjaga kestabilan kondisi tanah secara lebih adaptif dan terkontrol



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Manual watering without considering real-time soil moisture conditions can potentially cause overwatering or underwatering, which affects plant growth and leads to water wastage. This study aims to design and implement an *Internet of Things (IoT)*-based smart irrigation system using ESP32 with soil moisture sensors as the main parameter, supported by soil pH sensors, DS18B20 for soil temperature, and DHT11 for air temperature and humidity. The system is designed to maintain soil moisture within the optimal range of 60–75% and is integrated with the *ThingSpeak* platform for remote monitoring. Testing was conducted for 30 days by comparing manual and automatic watering methods. The results showed that the manual method produced higher moisture fluctuations, while the automatic system was able to maintain stable soil moisture with selective watering based on set points. Under test conditions, the system required an average of 450 mL of water to achieve 75% moisture in a 90 × 31 × 28 cm growing medium, demonstrating water use efficiency of up to 91% compared to the manual method. Thus, the designed system is capable of improving water use efficiency and maintaining soil conditions in a more adaptive and controlled manner

1. PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting dalam pertumbuhan tanaman karena berperan dalam proses fisiologis seperti fotosintesis, transportasi nutrisi, serta pengaturan suhu tanaman. Kekurangan air diketahui dapat menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman secara signifikan [1].

Dalam praktik budidaya, khususnya pada media tanam pot, penyiraman masih banyak dilakukan secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi kelembapan tanah secara real-time. Metode ini berpotensi menyebabkan overwatering maupun underwatering yang berdampak negatif terhadap kesehatan tanaman dan efisiensi penggunaan air [2].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan penerapan sistem irigasi otomatis yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian secara real-time. Teknologi ini dinilai lebih adaptif dibandingkan metode manual dalam mengelola kebutuhan air tanaman [3], [4].

Dalam sistem tersebut, sensor kelembapan tanah berperan sebagai parameter utama dalam menentukan kebutuhan air tanaman. Namun, keakuratan dan keandalan sensor menjadi faktor penting yang mempengaruhi efektivitas sistem, terutama pada kondisi lingkungan yang berbeda [5], [6].

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem irigasi otomatis, sebagian besar masih terbatas pada satu parameter utama dan belum mengintegrasikan pemantauan multisensor secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem irigasi berbasis IoT menggunakan ESP32 dengan integrasi sensor kelembapan tanah sebagai parameter utama serta sensor pendukung lainnya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan kestabilan kondisi tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi sektor pertanian menuju konsep smart agriculture yang memanfaatkan integrasi sensor, Internet of Things (IoT), serta sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penerapan teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-

time sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih akurat dan adaptif [7].

Salah satu implementasi utama dalam smart agriculture adalah sistem irigasi otomatis berbasis IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor sebagai input utama untuk mengukur kondisi tanah, khususnya kelembapan, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam pengendalian penyiraman tanaman. Dengan pendekatan ini, pemberian air dapat dilakukan secara tepat waktu dan sesuai kebutuhan tanaman [8], [9].

Sensor kelembapan tanah [10] merupakan komponen utama dalam sistem irigasi otomatis karena berfungsi untuk mendeteksi kadar air dalam tanah. Data yang dihasilkan sensor digunakan sebagai parameter dalam menentukan kapan penyiraman harus dilakukan. Selain itu, untuk mendukung monitoring kondisi lingkungan secara lebih komprehensif, digunakan sensor tambahan seperti sensor suhu tanah (DS18B20), sensor suhu dan kelembapan udara (DHT11), serta sensor pH tanah.

Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali sistem karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik serta mendukung konektivitas jaringan untuk implementasi IoT. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke platform monitoring berbasis web, yaitu ThingSpeak, sehingga memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi tanaman secara real-time.

Dengan integrasi berbagai sensor dan sistem monitoring berbasis IoT, sistem irigasi otomatis diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menjaga kestabilan kondisi tanah secara optimal.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi sektor pertanian menuju konsep smart agriculture yang memanfaatkan integrasi sensor, Internet of Things (IoT), serta sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penerapan teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih akurat dan adaptif [7].

Salah satu implementasi utama dalam smart agriculture adalah sistem irigasi otomatis berbasis IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor

sebagai input utama untuk mengukur kondisi tanah, khususnya kelembapan, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam pengendalian penyiraman tanaman. Dengan pendekatan ini, pemberian air dapat dilakukan secara tepat waktu dan sesuai kebutuhan tanaman [8].

Sensor kelembapan tanah merupakan komponen utama dalam sistem irigasi otomatis karena berfungsi untuk mendeteksi kadar air dalam tanah. Data yang dihasilkan sensor digunakan sebagai parameter dalam menentukan kapan penyiraman harus dilakukan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, nilai keluaran sensor dalam bentuk ADC dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi tanah, di mana nilai di atas 2000 menunjukkan kondisi basah, sedangkan nilai di bawah 1500 menunjukkan kondisi kering [11]. Rentang nilai ini digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan penyiraman otomatis.

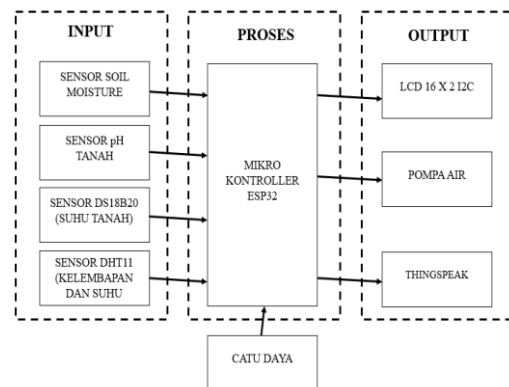
Selain itu, untuk mendukung monitoring kondisi lingkungan secara lebih komprehensif, digunakan sensor tambahan seperti sensor suhu tanah (DS18B20), sensor suhu dan kelembapan udara (DHT11), serta sensor pH tanah.

Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali sistem karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik serta mendukung konektivitas jaringan untuk implementasi IoT. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke platform monitoring berbasis web, yaitu ThingSpeak, sehingga memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi tanaman secara real-time.

Dengan integrasi berbagai sensor dan sistem monitoring berbasis IoT, sistem irigasi otomatis diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menjaga kestabilan kondisi tanah secara optimal.

3.2. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pada penelitian ini dirancang dalam tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Bagian input terdiri dari sensor kelembapan tanah sebagai parameter utama, serta sensor pendukung berupa DS18B20 untuk suhu tanah, DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, dan sensor pH tanah. Seluruh sensor bekerja dengan melakukan pembacaan data secara berkala terhadap kondisi lingkungan pada media tanam.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan sistem. ESP32 kemudian melakukan pengolahan data dengan membandingkan nilai kelembapan tanah terhadap batas yang telah ditentukan, yaitu 60% sebagai batas minimum dan 75% sebagai batas maksimum.

Apabila nilai kelembapan tanah berada di bawah 60%, maka sistem akan mengaktifkan pompa air melalui modul relay untuk melakukan penyiraman secara otomatis. Sebaliknya, jika nilai kelembapan telah mencapai atau melebihi 75%, maka sistem akan menghentikan proses penyiraman. Mekanisme ini memungkinkan sistem bekerja secara adaptif berdasarkan kondisi aktual tanah.

Selain sebagai pengendali aktuatur, ESP32 juga berfungsi sebagai pengirim data ke platform monitoring berbasis web, yaitu ThingSpeak. Data yang dikirim meliputi seluruh parameter sensor sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time.

Dengan arsitektur ini, sistem tidak hanya mampu melakukan penyiraman otomatis, tetapi juga menyediakan informasi kondisi tanah dan lingkungan secara berkelanjutan sebagai dasar evaluasi kinerja sistem.

3.3. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan pada media tanam pot berukuran $90 \times 31 \times 28$ cm dengan objek penelitian berupa tanaman cabai. Sistem irigasi otomatis yang telah dirancang diintegrasikan secara keseluruhan, meliputi sensor, mikrokontroler ESP32, modul relay, serta pompa air sebagai aktuatur penyiraman.

Implementasi sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi sistem irigasi otomatis pada media tanam

Pengujian sistem dilakukan selama 30 hari untuk mengevaluasi kinerja alat dalam kondisi nyata. Metode pengujian dibagi menjadi dua skenario, yaitu penyiraman manual dan penyiraman otomatis. Pada tahap awal, pengujian dilakukan selama 15 hari menggunakan metode manual, di mana penyiraman dilakukan berdasarkan kebiasaan tanpa mempertimbangkan data sensor. Selanjutnya, pengujian dilakukan selama 15 hari menggunakan sistem otomatis yang telah dirancang.

Pada metode otomatis, sistem bekerja berdasarkan pembacaan sensor kelembapan tanah secara real-time. Ketika nilai kelembapan berada di bawah batas minimum, pompa air akan aktif untuk meningkatkan kadar air tanah hingga mencapai batas optimal. Seluruh proses berlangsung tanpa intervensi manual sehingga memungkinkan evaluasi terhadap kinerja sistem secara objektif.

Selama proses pengujian, data hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui LCD serta dikirimkan ke platform ThingSpeak untuk keperluan monitoring jarak jauh. Dengan implementasi ini, sistem tidak hanya diuji dari sisi fungsi kontrol, tetapi juga dari sisi kemampuan monitoring secara real-time.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pembacaan sensor yang terintegrasi pada sistem irigasi otomatis. Data yang dikumpulkan meliputi kelembapan tanah sebagai parameter utama, serta data pendukung

berupa suhu tanah (DS18B20), suhu dan kelembapan udara (DHT11), dan pH tanah.

Proses pengambilan data dilakukan secara berkala selama periode pengujian berlangsung. Setiap sensor membaca kondisi lingkungan pada media tanam dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses dan disimpan. Selanjutnya, data tersebut ditampilkan melalui LCD serta dikirimkan ke platform ThingSpeak untuk keperluan monitoring secara real-time.

Selama pengujian, data dikumpulkan dalam dua kondisi, yaitu saat penyiraman manual dan penyiraman otomatis. Data pada metode manual diperoleh tanpa intervensi sistem kontrol, sedangkan pada metode otomatis data diperoleh dari sistem yang bekerja berdasarkan pembacaan sensor secara langsung. Seluruh data yang terkumpul digunakan sebagai dasar dalam proses analisis untuk membandingkan performa kedua metode tersebut.

3.5. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan performa sistem penyiraman manual dan otomatis berdasarkan data yang telah dikumpulkan selama periode pengujian. Parameter utama yang dianalisis adalah kestabilan kelembapan tanah serta efisiensi penggunaan air dalam menjaga kondisi tanah pada rentang optimal.

Kestabilan kelembapan tanah dianalisis berdasarkan kemampuan sistem dalam mempertahankan nilai kelembapan pada rentang 60–75%. Data hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengamati fluktuasi nilai kelembapan pada kedua metode. Metode yang mampu menjaga nilai kelembapan lebih konsisten dalam rentang tersebut dinilai memiliki performa yang lebih baik.

Efisiensi penggunaan air dianalisis berdasarkan jumlah air yang digunakan untuk mencapai dan mempertahankan kondisi kelembapan tanah yang diinginkan. Perbandingan dilakukan antara metode manual dan otomatis untuk mengetahui tingkat penghematan air yang dihasilkan oleh sistem.

Selain itu, data dari sensor pendukung seperti suhu tanah, suhu dan kelembapan udara, serta pH tanah digunakan sebagai informasi tambahan untuk mendukung interpretasi hasil penelitian. Analisis ini bertujuan untuk

memberikan gambaran menyeluruh terhadap kondisi lingkungan selama proses pengujian berlangsung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan selama 30 hari untuk mengevaluasi kinerja sistem irigasi otomatis dalam kondisi nyata. Pengujian dibagi menjadi dua metode, yaitu penyiraman manual selama 15 hari dan penyiraman otomatis selama 15 hari. Parameter utama yang diamati adalah kelembapan tanah, dengan data pendukung berupa suhu tanah, suhu dan kelembapan udara, serta pH tanah.

Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara metode penyiraman manual dan otomatis. Pada metode manual, nilai kelembapan tanah cenderung mengalami fluktuasi yang cukup besar dan tidak terkontrol, sehingga sering berada di luar rentang optimal. Kondisi ini menunjukkan bahwa penyiraman manual belum mampu menyesuaikan kebutuhan air berdasarkan kondisi aktual tanah.

Sebaliknya, pada metode penyiraman otomatis, sistem mampu menjaga nilai kelembapan tanah dalam rentang yang lebih stabil. Penyiraman dilakukan berdasarkan pembacaan sensor secara real-time, sehingga sistem hanya mengaktifkan pompa ketika nilai kelembapan berada di bawah batas minimum. Hal ini menyebabkan fluktuasi kelembapan menjadi lebih terkendali dan mendekati kondisi optimal yang diharapkan.



Gambar 3. Grafik perbandingan kelembapan tanah pada metode manual dan otomatis

Grafik pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa metode manual menghasilkan pola perubahan kelembapan yang tidak stabil dengan fluktuasi yang cukup tajam. Sebaliknya, metode otomatis menunjukkan pola yang lebih konsisten dengan nilai kelembapan yang

cenderung berada dalam rentang optimal. Perbedaan pola ini menegaskan bahwa sistem otomatis memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menjaga kestabilan kelembapan tanah.

Selain itu, berdasarkan data dari sensor pendukung, kondisi lingkungan selama pengujian relatif stabil. Oleh karena itu, perbedaan hasil yang diperoleh lebih dipengaruhi oleh metode penyiraman yang digunakan, bukan oleh faktor lingkungan eksternal.

4.2. Analisis Kelembapan Tanah

Analisis kelembapan tanah dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menjaga kondisi tanah pada rentang optimal 60–75%. Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 3, metode penyiraman manual menunjukkan fluktuasi kelembapan yang cukup besar dan tidak stabil. Nilai kelembapan tanah pada metode ini beberapa kali berada di luar batas optimal, baik di bawah maupun di atas rentang yang telah ditentukan.

Sebaliknya, metode penyiraman otomatis menunjukkan performa yang lebih baik dalam menjaga kestabilan kelembapan tanah. Nilai kelembapan cenderung berada dalam rentang yang lebih terkontrol dan jarang keluar dari batas optimal. Hal ini disebabkan oleh mekanisme sistem yang bekerja berdasarkan pembacaan sensor secara real-time, sehingga penyiraman hanya dilakukan ketika kondisi tanah membutuhkan air.

Pada beberapa hari pengujian, nilai kelembapan tanah pada metode otomatis mengalami peningkatan hingga di atas 90%. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan eksternal, yaitu curah hujan yang terjadi selama periode pengujian, yang menyebabkan peningkatan kadar air tanah secara alami di luar kendali sistem. Pengujian yang dilakukan pada lingkungan terbuka bertujuan untuk merepresentasikan kondisi nyata di lapangan, sehingga sistem dapat dievaluasi dalam menghadapi variasi faktor lingkungan seperti perubahan cuaca.

Meskipun terjadi peningkatan kelembapan akibat hujan, sistem tidak mengaktifkan penyiraman tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan dan mencegah terjadinya kelebihan air yang berlebihan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa nilai kelembapan tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan rentang nilai sensor untuk menentukan kondisi kering dan basah [11]. Dengan menggunakan acuan tersebut, sistem pada penelitian ini mampu menentukan waktu penyiraman secara lebih akurat dibandingkan metode manual.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem irigasi otomatis yang dirancang memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menjaga kestabilan kelembapan tanah, serta mampu beroperasi secara adaptif terhadap kondisi lingkungan nyata.

4.3. Analisis Efisiensi Penggunaan Air

Analisis efisiensi penggunaan air dilakukan untuk membandingkan jumlah air yang digunakan pada metode penyiraman manual dan metode penyiraman otomatis selama periode pengujian. Pada metode penyiraman manual, penyiraman dilakukan setiap 3 hari sekali dengan volume tetap sebesar 1 liter, sehingga total penggunaan air selama 15 hari mencapai 5 liter.

Sebaliknya, pada metode penyiraman otomatis, sistem hanya mengaktifkan pompa air ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah batas minimum yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian, total penggunaan air pada metode otomatis tercatat sebesar 0,45 liter.

Berdasarkan perbandingan tersebut, sistem irigasi otomatis mampu menghemat penggunaan air hingga sekitar 91% dibandingkan metode penyiraman manual.

Tingginya efisiensi penggunaan air pada sistem otomatis juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama pengujian, khususnya curah hujan yang terjadi pada sebagian besar periode penyiraman otomatis. Kondisi ini menyebabkan kelembapan tanah tetap berada pada tingkat yang tinggi tanpa memerlukan penyiraman tambahan dari sistem.

Namun demikian, pada periode akhir pengujian, ketika tidak terjadi hujan selama beberapa hari, nilai kelembapan tanah mengalami penurunan hingga berada di bawah batas minimum. Pada kondisi tersebut, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa air untuk melakukan penyiraman. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tetap responsif terhadap

perubahan kondisi lingkungan dan hanya melakukan penyiraman ketika benar-benar dibutuhkan.

Dengan demikian, sistem irigasi otomatis yang dirancang tidak hanya mampu menjaga kestabilan kelembapan tanah, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan air secara signifikan melalui mekanisme penyiraman yang adaptif terhadap kondisi tanah dan lingkungan.

4.4. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang mampu menjaga kestabilan kelembapan tanah dalam rentang yang lebih terkontrol dibandingkan metode penyiraman manual. Pada metode manual, kelembapan tanah cenderung mengalami fluktuasi yang signifikan karena penyiraman dilakukan secara periodik tanpa mempertimbangkan kondisi aktual tanah. Sebaliknya, pada metode otomatis, penyiraman dilakukan berdasarkan pembacaan sensor secara real-time sehingga lebih responsif terhadap kebutuhan air tanaman [12].

Selain itu, sistem juga menunjukkan kemampuan adaptif terhadap kondisi lingkungan eksternal. Pada periode pengujian, peningkatan kelembapan tanah hingga di atas 80% terjadi akibat curah hujan, namun sistem tidak mengaktifkan penyiraman tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mencegah terjadinya kelebihan air dan bekerja sesuai dengan kondisi aktual tanah.

Dari sisi efisiensi, sistem irigasi otomatis terbukti mampu menghemat penggunaan air secara signifikan dibandingkan metode manual. Penggunaan air pada sistem otomatis hanya sebesar 0,45 liter dibandingkan 5 liter pada metode manual, sehingga diperoleh efisiensi hingga sekitar 91%. Efisiensi ini terjadi karena sistem hanya melakukan penyiraman saat kondisi tanah berada di bawah batas minimum yang telah ditentukan [13], [14].

Lebih lanjut, hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kelembapan tanah berada pada kisaran 80–90%, yang termasuk dalam kategori tanah sangat lembap atau mendekati kondisi jenuh air. Meskipun kondisi ini menunjukkan ketersediaan air yang tinggi, tidak semua tanaman memerlukan tingkat kelembapan tersebut [15].

Tanaman cabai (*Capsicum annum*) sebagai objek penelitian memiliki kondisi optimal pada kisaran kelembapan sekitar 60–75%, di mana aerasi tanah masih terjaga sehingga mendukung perkembangan sistem perakaran. Kelembapan tanah yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan suplai oksigen di zona akar dan meningkatkan risiko pembusukan akar.

Di sisi lain, beberapa jenis tanaman memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap kondisi tanah sangat lembap, seperti tanaman kangkung air yang mampu tumbuh optimal pada kondisi tanah dengan kadar air tinggi [16]. Hal ini menunjukkan bahwa parameter kelembapan tanah dalam sistem irigasi otomatis perlu disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tanaman yang dibudidayakan.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu menjaga ketersediaan air tanah, tetapi juga menunjukkan potensi untuk diterapkan pada berbagai jenis tanaman dengan penyesuaian parameter kelembapan. Dengan demikian, sistem irigasi otomatis berbasis IoT ini dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menjaga kondisi tanah secara adaptif terhadap lingkungan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang mampu berfungsi dengan baik dalam mengontrol penyiraman tanaman berdasarkan nilai kelembapan tanah secara real-time.
- Sistem mampu menjaga kestabilan kelembapan tanah dalam rentang optimal dibandingkan metode penyiraman manual yang cenderung menghasilkan fluktuasi kelembapan yang tidak terkontrol.
- Sistem irigasi otomatis terbukti lebih efisien dalam penggunaan air, dengan penghematan mencapai sekitar **91%** dibandingkan metode penyiraman manual.
- Sistem memiliki kemampuan adaptif terhadap kondisi lingkungan, seperti curah hujan, di mana sistem tidak melakukan penyiraman tambahan saat tanah sudah dalam kondisi lembap.
- Kelebihan sistem terletak pada kemampuan otomatisasi dan efisiensi penggunaan air,

sedangkan keterbatasan penelitian ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol sepenuhnya selama proses pengujian.

- Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan integrasi data cuaca, peningkatan akurasi sensor, serta pengujian dalam jangka waktu yang lebih panjang dan pada kondisi lingkungan yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Yu *et al.*, “Review of research progress on soil moisture sensor technology,” vol. 14, no. 4, pp. 32–42, 2021, doi: 10.25165/j.ijabe.20211404.6404.
- [2] M. Nurhandi *et al.*, “Jurnal JPILKOM (Jurnal Penelitian Ilmu Komputer) Pengembangan Sistem Penyiraman Otomatis berbasis IoT,” Online, 2023.
- [3] S. Singh, “Smart Irrigation System for Precision Farming,” vol. 09, pp. 1–5, 2025, doi: 10.55041/IJSREM48203.
- [4] F. E. Subagja, A. P. Supriyadi, A. R. Kurniadi, and Y. Saragih, “Pengujian Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Iot,” *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 8, no. 2, p. 91, Dec. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.2.3015.
- [5] N. Effendi, W. Ramadhani, and F. Farida, “Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT,” *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, no. 2, pp. 91–98, Aug. 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3923.
- [6] A. Fahmi, C. Fathul Hadi, and A. M. Yusa, “Prototype Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Udara Pada Tanaman Cabai Berbasis (IOT),” *Zetroem*, vol. 4, no. 2, pp. 42–46, 2022.
- [7] Y. Pang, F. Marinello, P. Tang, H. Li, and Q. Liang, “Bibliometric Analysis of Trends in Smart Irrigation for Smart Agriculture,” pp. 1–23, 2023.
- [8] M. Del-coco and M. Leo, “Machine Learning for Smart Irrigation in Agriculture : How Far along Are We ?,” 2024.
- [9] A. AZHAR, S. M. Al Sasongko, and D. F. Budiman, “IMPLEMENTASI PURWARUPA WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK MONITORING DAN PENYIRAMAN OTOMATIS PADA TANAMAN MINT MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS IoT-LoRa,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, pp. 2113–2121, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4678.

- [10] Rahardjo Vendryo Adhitra and Setiyadi Didik, "Implementasi Sensor Pengukur Kelembapan Tanah Dan Penyiraman Otomatis Serta Monitoring Pada Kebun Tanaman Cabai Rawit," *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [11] M. R. Ariwibowo, L. A. Setiawan, and A. Iman, "Sistem Pemantau Kelembapan Tanah Dan Debit Air Pada Tanaman Cabai Menggunakan Esp32 Berbasis Internet of Things," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, pp. 963–969, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6382.
- [12] Y. Gamal, A. Soltan, L. A. Said, S. Member, A. G. Radwan, and S. Member, "Smart Irrigation Systems : Overview," *IEEE Access*, vol. 13, no. February 2023, pp. 66109–66121, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3251655.
- [13] A. Ali, T. Hussain, and A. Zahid, "Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable Agriculture," 2025.
- [14] R. Khebbache, A. Merizig, K. Rezeg, and J. Lloret, "The Recent Technological Trends of Smart Irrigation Systems in Smart Farming : A Review," vol. 1, no. 1, 2023.
- [15] Z. Ahmed, D. Gui, G. Murtaza, L. Yunfei, and S. Ali, "An Overview of Smart Irrigation Management for Improving Water Productivity under Climate Change in Drylands," pp. 1–25, 2023.
- [16] M. To, E. Water, and S. Ipomoea, "UTILIZATION OF ARDUINO MICROCONTROLLER FOR PRECISE WATER SUPPLY MANAGEMENT TO ENHANCE WATER SPINACH (*Ipomoea reptans* Poir) GROWTH," vol. 13, no. 1, pp. 139–146, 2025.