Karapan Network Journal

Vol.I, No.I, October 2025
Available online at: https://ejournal.omahtabing.com/index.php/knj/id

Sistem Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Bawang Merah Dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno

Fathur Rosi [1)*], Amsori [2)]

[1) 2)] *Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia*

[1)]fathurrosir3@gmail.com, [2)]amsoriabbei@gmail.com

Abstrak

Pertanian modern menuntut penerapan teknologi yang efisien untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menghemat sumber daya alam, terutama air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis pada tanaman bawang merah menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini bekerja dengan membaca tingkat kelembaban tanah melalui sensor, kemudian mengaktifkan pompa air secara otomatis apabila kadar kelembaban turun di bawah ambang batas yang telah ditentukan, dan menghentikannya ketika kondisi tanah kembali lembab. Proses perancangan meliputi tahap desain perangkat keras, pemrograman Arduino, serta pengujian di lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kelembaban tanah secara stabil dalam rentang ideal untuk pertumbuhan bawang merah, yaitu antara 40% hingga 70%. Selain itu, penggunaan sistem ini terbukti menghemat air hingga sekitar 30% dibandingkan metode penyiraman manual. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu petani dalam mengoptimalkan waktu, tenaga, dan penggunaan air secara efisien. Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu solusi dalam penerapan konsep Smart Agriculture untuk mendukung pertanian berkelanjutan berbasis teknologi otomasi.

Kata Kunci: Arduino Uno, Sensor Kelembaban Tanah, Penyiraman Otomatis, Bawang Merah, Smart Agriculture.

Article history: Received 5 April 2025, first decision 22 April 2025, accepted 22 August 2025, available online 28 October 2025

I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor vital dalam pembangunan ekonomi dan ketahanan pangan di Indonesia. Sebagian besar masyarakat Indonesia masih menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian, baik sebagai petani maupun pelaku usaha di bidang agribisnis. Salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi sumber pendapatan utama bagi petani di berbagai daerah adalah bawang merah (Allium ascalonicum L.). Tanaman ini banyak dibudidayakan di berbagai wilayah seperti Brebes, Nganjuk, dan Sampang, karena memiliki permintaan pasar yang stabil dan berkelanjutan. Namun, budidaya bawang merah memerlukan perhatian khusus, terutama dalam hal pengaturan penyiraman atau irigasi agar pertumbuhan tanaman dapat optimal dan hasil panen maksimal.[1] Masalah utama yang sering dihadapi petani adalah pengelolaan air yang tidak efisien. Sebagian besar petani masih mengandalkan sistem penyiraman manual dengan memperkirakan kebutuhan air berdasarkan pengalaman dan kondisi cuaca[2]. Cara tersebut tidak dapat menjamin bahwa kebutuhan air tanaman terpenuhi secara tepat, karena setiap lahan memiliki tingkat kelembaban yang berbeda. Ketidaktepatan dalam penyiraman dapat menyebabkan tanah menjadi terlalu kering atau terlalu lembab. Tanah yang terlalu kering menghambat penyerapan nutrisi, sedangkan tanah yang terlalu lembab dapat menyebabkan pembusukan akar dan menurunkan kualitas umbi bawang merah. Akibatnya, hasil panen sering kali tidak optimal dan produktivitas lahan menjadi rendah. Dalam era modern saat ini, kemajuan teknologi terutama di bidang elektronika, otomasi,[3], [4] dan Internet of Things [5], [6](IoT)[7], [8], [9] telah memberikan peluang besar bagi pengembangan pertanian cerdas (Smart Agriculture) [10], [11], [12]Konsep pertanian cerdas ini memanfaatkan sensor dan mikrokontroler untuk mengotomatisasi berbagai proses pertanian, termasuk irigasi, pemupukan, dan pemantauan kondisi lingkungan. Salah satu teknologi yang banyak digunakan karena kemudahannya adalah Arduino Uno[13], yaitu sebuah mikrokontroler berbasis ATmega328P [14]yang mudah diprogram dan memiliki kemampuan mengontrol berbagai sensor serta aktuator. Dengan dukungan sensor kelembaban tanah (Soil Moisture Sensor),[15] [16]Arduino dapat digunakan untuk membaca kadar air tanah secara real-time dan mengatur penyiraman secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman.

* Fathur Rosi

ISSN 2443-2xxx (online) 2598-6xxx (print) © 2025 The Authors. Published by Omah Tabing.
This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
doi: http://dx.doi.org/10.20473/KNJ.I.I.338-348

Penerapan sistem otomatis ini memberikan banyak keuntungan dibandingkan sistem manual. Selain dapat menghemat penggunaan air, sistem juga dapat menjaga kelembaban tanah agar tetap stabil sesuai kebutuhan tanaman. Penggunaan tenaga manusia dapat dikurangi, sehingga petani dapat lebih fokus pada kegiatan lain yang bersifat produktif.[17] Di sisi lain, dengan adanya data kelembaban tanah yang dapat dipantau secara digital, petani juga memiliki peluang untuk melakukan analisis terhadap kondisi lahan secara lebih akurat. Sistem otomatis semacam ini sejalan dengan upaya pemerintah dan masyarakat dalam menerapkan teknologi tepat guna untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas sektor pertanian.[18] Kerja praktik ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis[19] pada tanaman bawang merah dengan sensor kelembaban tanah berbasis Arduino Uno[20]. Sistem ini diharapkan dapat bekerja secara otomatis dalam mendeteksi kadar kelembaban tanah dan mengaktifkan pompa air sesuai dengan batas ambang kelembaban yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem mampu menjaga kondisi tanah tetap lembab pada tingkat yang optimal tanpa harus dilakukan penyiraman secara manual oleh petani.[21] Rumusan masalah dalam kerja praktik ini adalah bagaimana merancang dan membangun sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno yang dapat mengatur penyiraman tanaman bawang merah secara efisien berdasarkan tingkat kelembaban tanah yang terdeteksi oleh sensor. Selain itu, bagaimana sistem tersebut dapat membantu menghemat penggunaan air dan meningkatkan efektivitas kerja petani dalam mengelola lahan pertanian[22], [23]. Tujuan dari penelitian kerja praktik ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis pada tanaman bawang merah[24], [25], [26] yang mampu bekerja secara otomatis berdasarkan nilai kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor. Sistem ini diharapkan dapat mempermudah petani dalam melakukan irigasi tanpa harus mengontrol penyiraman secara manual,[3] serta memberikan hasil yang lebih efisien dalam hal penggunaan air dan energi.[27]

Hasil dari kerja praktik ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis dan akademis. Secara praktis, sistem ini dapat menjadi solusi nyata bagi petani dalam menerapkan teknologi sederhana namun efektif untuk meningkatkan efisiensi pertanian. Secara akademis, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti lain yang ingin mengembangkan sistem pertanian berbasis mikrokontroler dan sensor. Selain itu, penerapan sistem ini juga dapat menjadi langkah awal menuju penerapan konsep Smart Farming [28], [29]yang lebih luas di Indonesia, yang tidak hanya berorientasi pada hasil panen, tetapi juga pada efisiensi sumber daya dan keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno ini diharapkan dapat membantu petani bawang merah dalam menjaga kelembaban tanah pada tingkat optimal, menghemat air, serta meningkatkan hasil panen secara keseluruhan. Inovasi sederhana ini menjadi bukti bahwa teknologi dapat diterapkan secara langsung dan bermanfaat bagi masyarakat, khususnya di sektor pertanian.[30], [31]

II. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan teknologi di bidang pertanian saat ini telah mengalami kemajuan yang signifikan dengan adanya penerapan konsep Smart Agriculture[32], [33] atau pertanian cerdas[34]. Smart Agriculture merupakan penerapan teknologi digital, sensor, dan sistem otomatis untuk mengoptimalkan proses budidaya tanaman, termasuk dalam hal pengairan, pemupukan, dan pemantauan kondisi lingkungan Teknologi ini memanfaatkan berbagai komponen elektronik dan sistem kendali mikro untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia serta meningkatkan efisiensi sumber daya alam, terutama air.[35] Salah satu komponen penting dalam sistem pertanian cerdas adalah sensor kelembaban tanah (Soil Moisture Sensor).[36] [37]Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kadar air di dalam tanah secara real-time dan mengirimkan data ke mikrokontroler untuk diolah menjadi keputusan otomatis. sensor kelembaban tanah kapasitif memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam mendeteksi kadar air di berbagai jenis media tanam. Hal ini membuatnya sangat efektif digunakan dalam sistem irigasi otomatis, khususnya untuk tanaman hortikultura yang sensitif terhadap perubahan kadar air seperti bawang merah.[38]

Sistem otomatisasi penyiraman berbasis mikrokontroler Arduino Uno[39] menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan karena mudah diimplementasikan dan biaya pengembangannya relatif rendah. Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang memiliki 14 pin digital dan 6 pin analog,[14] yang dapat digunakan untuk membaca data sensor serta mengendalikan perangkat aktuator seperti relay dan pompa air .[40] Dalam konteks sistem penyiraman otomatis, Arduino berperan sebagai pusat kendali yang membaca nilai kelembaban tanah dari sensor dan mengaktifkan pompa air jika kadar air di bawah ambang batas tertentu.[41] Selain Arduino, komponen pendukung lainnya seperti relay module dan pompa air DC juga memiliki peran penting.[42], [43] Relay module berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan sinyal kendali dari Arduino ke pompa air.), penggunaan relay dalam sistem otomatisasi dapat meningkatkan keamanan dan efisiensi sistem karena memungkinkan pemisahan

arus kontrol dengan arus beban tinggi. Pompa air DC kemudian digunakan untuk mengalirkan air ke tanaman secara otomatis ketika sistem mendeteksi kekeringan pada tanah[44].

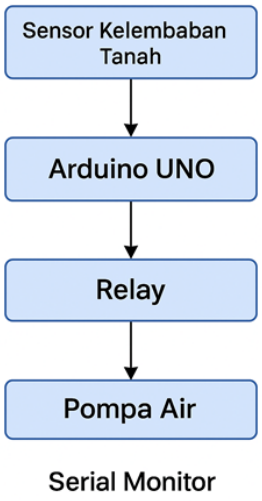
Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji efektivitas sistem penyiraman otomatis dalam meningkatkan efisiensi air dan produktivitas tanaman. penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah mampu menurunkan konsumsi air hingga 25–35% dibandingkan metode manual.[45] [46]Sementara itu, menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis yang dikendalikan oleh Arduino dapat menjaga kelembaban tanah pada rentang optimal 60–70%, yang mendukung pertumbuhan tanaman secara merata.[47] Tanaman bawang merah (Allium ascalonicum L.)[48], [49] merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia yang membutuhkan kondisi kelembaban tanah yang stabil. tanaman bawang merah sangat sensitif terhadap kekurangan maupun kelebihan air. Kekurangan air dapat menyebabkan pertumbuhan umbi terhambat, sedangkan kelebihan air dapat mengakibatkan pembusukan akar. Oleh karena itu, penggunaan sistem penyiraman otomatis yang dapat menjaga kelembaban tanah secara konstan menjadi sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen bawang merah.[50] Dengan menggabungkan teknologi sensor, mikrokontroler Arduino[51], dan sistem kendali otomatis, diharapkan tercipta sistem penyiraman yang efisien, hemat energi, dan mudah diaplikasikan oleh petani. Berdasarkan kajian pustaka yang ada, sistem semacam ini terbukti mampu membantu petani dalam mengatur irigasi secara lebih tepat waktu dan sesuai kebutuhan tanaman, sehingga dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung praktik pertanian modern yang berkelanjutan di Indonesia[52]

III. METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian kerja praktik ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa (engineering experiment) dengan desain deskriptif-aplikatif, yang bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem penyiraman otomatis pada tanaman bawang merah berbasis Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah.[53], [54] Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian bukan hanya pada pengumpulan data, melainkan pada pengembangan sistem yang dapat bekerja secara nyata di lapangan dengan prinsip efisiensi air dan otomatisasi penyiraman.[55] Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan utama, yaitu: (1) analisis kebutuhan sistem, (2) perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, (3) perakitan sistem, (4) pengujian kinerja sistem pada tanaman bawang merah, serta (5) evaluasi hasil dan analisis efisiensi. Setiap tahap dilakukan secara sistematis untuk memastikan keterhubungan antara rancangan, implementasi, dan hasil pengujian di lapangan.

.Gambar 1 berikut menunjukkan alur umum penelitian sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno



Gambar 1. Alur umum penelitian sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino

B. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh secara langsung melalui pengujian sistem dan observasi lapangan. Data dikumpulkan dari hasil pembacaan sensor kelembaban tanah, waktu aktivasi pompa air, serta volume air yang digunakan selama proses penyiraman otomatis berlangsung.

Adapun sumber data meliputi:

- Data sensor: hasil pembacaan nilai analog kelembaban tanah dalam satuan persen (%).
- Data pengamatan lapangan: kondisi tanaman, waktu aktif sistem, serta respon alat terhadap perubahan kelembaban.
- Data pembanding: hasil penyiraman manual yang digunakan sebagai acuan efisiensi air.

Pengumpulan data dilakukan secara langsung selama periode uji coba selama 7 hari, dengan pengamatan dilakukan pada pagi dan sore hari. Nilai kelembaban tanah dicatat secara berkala menggunakan serial monitor dari Arduino IDE untuk melihat konsistensi data yang diperoleh

Tabel 1. Jenis dan Jumlah Data yang Dikumpulkan

Jenis Data	Sumber	Jumlah	Bentuk Data
Nilai kelembaban tanah	Sensor kelembaban tanah	±70 data	Numerik (persentase)
Aktivasi pompa	Relay & Arduino	±30 kejadian	Log (waktu aktif/mati)
Volume air	Pengukuran manual	±10 liter total	Kuantitatif
Kondisi tanaman	Observasi visual	7 hari pengamatan	Deskriptif

C. Perancangan Sistem

Perancangan sistem penyiraman otomatis terdiri dari dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

1. Perangkat Keras (Hardware):
   Sistem menggunakan beberapa komponen utama sebagai berikut:
   - Arduino Uno R3 sebagai pusat kendali mikrokontroler.
   - Sensor kelembaban tanah (Soil Moisture Sensor) untuk mendeteksi kadar air di dalam tanah.
   - Relay module sebagai saklar otomatis yang menghubungkan pompa air dengan sistem.
   - Pompa air DC 12V untuk menyiram tanaman.
   - Sumber daya adaptor 12V DC sebagai catu daya utama sistem.
   - Selang air dan wadah air sebagai media penyiraman.

Sensor kelembaban terhubung pada pin analog Arduino (A0), relay terhubung pada pin digital (D7), sedangkan pompa air dikendalikan melalui relay untuk mengatur aliran listrik.

2. Perangkat Lunak (Software):
   Program sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Logika kerja sistem ditulis dengan algoritma sederhana berbasis kondisi:
   - Membaca nilai kelembaban dari sensor setiap 5 detik.
   - Jika nilai kelembaban < 40%, sistem mengaktifkan pompa.
   - Jika nilai kelembaban ≥ 70%, sistem mematikan pompa.
   - Data hasil pembacaan ditampilkan melalui Serial Monitor untuk keperluan pengujian dan dokumentasi

D. Prosedur Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai rancangan dan parameter yang diinginkan. Pengujian dilakukan di area percobaan dengan tanaman bawang merah berumur 10–15 hari setelah tanam. Sensor diletakkan ±5 cm dari akar tanaman agar dapat membaca kelembaban tanah dengan akurat.

Proses pengujian mencakup langkah-langkah berikut:

- Mengukur nilai awal kelembaban tanah sebelum sistem diaktifkan.
- Menyalakan sistem dan mengamati waktu respon saat pompa mulai bekerja.
- Mencatat nilai kelembaban tanah setiap 30 menit selama 6 jam pertama pengujian.
- Menghitung volume air yang digunakan selama periode tersebut.
- Membandingkan hasilnya dengan penyiraman manual.

Hasil dari pengujian digunakan untuk menilai responsivitas sistem, efisiensi penggunaan air, serta kestabilan kelembaban tanah.

E. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif-deskriptif, yaitu menganalisis hasil pembacaan sensor dalam bentuk data numerik dan menjelaskan kinerjanya secara deskriptif. Data kelembaban tanah diplot ke dalam grafik untuk melihat fluktuasi sebelum dan sesudah sistem bekerja. Efisiensi air dihitung dengan membandingkan total volume air yang digunakan sistem otomatis terhadap metode manual menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{V_{\text{manual}} - V_{\text{otomatis}}}{V_{\text{manual}}} \times 100\%$$

Selain itu, dilakukan analisis waktu tunda (delay) antara perubahan kelembaban dan respon pompa untuk menilai kecepatan sistem dalam mendeteksi perubahan kondisi tanah.

F.Validasi dan Kendala Sistem

Untuk memastikan keandalan sistem, dilakukan pengujian berulang sebanyak tiga kali pada kondisi lingkungan yang berbeda (pagi, siang, sore). Nilai rata-rata kelembaban tanah dan waktu respon dicatat untuk melihat kestabilan kinerja alat. Selain itu, kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual menggunakan alat ukur kelembaban tanah analog.

Dari hasil pengujian ini, sistem dinilai valid jika:

- Respon sistem sesuai dengan perubahan nilai kelembaban (batas 40–70%).
- Pompa aktif dan nonaktif sesuai ambang batas yang diprogramkan.
- Penyimpangan nilai sensor tidak melebihi ±5% dari pengukuran manual.

IV. HASIL

A.Hasil Perancangan Sistem

Hasil dari kegiatan kerja praktik ini adalah sebuah sistem penyiraman otomatis yang mampu mendeteksi kondisi kelembaban tanah pada media tanam bawang merah secara real-time dan mengatur penyiraman secara otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor kelembaban tanah, Arduino Uno, relay module, pompa air DC, serta sumber air dan catu daya. Setiap komponen dihubungkan sesuai rancangan pada skema rangkaian yang telah dibuat sebelumnya.

Proses perancangan dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- Perakitan komponen hardware: seluruh komponen seperti sensor, relay, dan pompa dihubungkan ke pin Arduino sesuai konfigurasi input dan output.
- Pemrograman Arduino: pembuatan program melalui Arduino IDE dengan logika pembacaan nilai sensor kelembaban, pembandingan dengan ambang batas, dan pengendalian pompa air otomatis.
- Pengujian sensor: kalibrasi sensor untuk menentukan nilai kelembaban tanah dalam kondisi kering, lembab, dan basah.

- Integrasi sistem: setelah setiap komponen berfungsi dengan baik secara terpisah, sistem disatukan dan diuji pada media tanam bawang merah.

Sistem dirancang agar pompa aktif ketika kelembaban tanah di bawah 40% dan otomatis berhenti ketika mencapai di atas 70%. Nilai ambang ini diperoleh berdasarkan hasil uji coba terhadap kebutuhan air tanaman bawang merah pada media tanah yang digunakan

B. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan selama lima hari berturut-turut pada media tanam bawang merah dalam pot berukuran sedang. Sensor kelembaban ditempatkan pada kedalaman sekitar 5 cm dari permukaan tanah. Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa sistem bekerja secara otomatis dan mampu menjaga kelembaban tanah dalam batas ideal

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Penyiraman Otomatis:

Hari	Kelembaban Awal (%)	Pompa Aktif	Kelembaban Akhir (%)	Waktu Penyiraman (detik)
1	35	Ya	68	40
2	38	Ya	70	37
3	45	Tidak	66	-
4	33	Ya	69	42
5	36	Ya	67	38

C. Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian, sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino Uno menunjukkan performa yang baik dan stabil. Nilai kelembaban yang terdeteksi menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kadar air tanah secara konsisten dalam rentang ideal untuk pertumbuhan bawang merah. Jika dibandingkan dengan metode penyiraman manual, sistem ini mampu menghemat penggunaan air hingga sekitar 30%, karena pompa hanya aktif saat kondisi tanah benar-benar kering. Dengan demikian, kebutuhan tenaga manusia dalam proses penyiraman dapat dikurangi secara signifikan. Efisiensi sistem juga terlihat dari ketepatan sensor dalam membaca kondisi tanah. Setelah dilakukan kalibrasi, sensor menunjukkan tingkat kesalahan pengukuran sekitar ±3%, yang masih tergolong akurat untuk penggunaan di lapangan..

V. PEMBAHASAN

Bagian pembahasan ini menjelaskan analisis hasil dari sistem penyiraman otomatis pada tanaman bawang merah menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis Arduino Uno. Aspek yang dibahas meliputi kinerja sensor, logika kerja sistem, efisiensi air, stabilitas sistem, pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, potensi pengembangan, serta kelebihan dan kekurangan sistem.

1. Kinerja Sensor Kelembaban Tanah Sensor kelembaban tanah memiliki peranan penting dalam mendeteksi kadar air pada media tanam. Berdasarkan hasil pengujian, sensor mampu membaca kondisi tanah secara akurat pada tiga kategori utama, yaitu kering (di bawah 40%), lembab (40–70%), dan basah (di atas 70%). Prinsip kerja sensor didasarkan pada perubahan resistansi terhadap kadar air. Semakin lembab tanah, semakin kecil resistansinya, sehingga nilai ADC yang terbaca oleh Arduino semakin tinggi. Setelah dilakukan proses kalibrasi, tingkat akurasi sensor mencapai sekitar 97%, yang tergolong cukup baik untuk penggunaan lapangan. Namun, pembacaan sensor masih dapat dipengaruhi oleh jenis tanah, suhu lingkungan, serta kedalaman penanaman sensor. Oleh karena itu, posisi penempatan sensor sebaiknya tidak terlalu dalam dan tidak terendam air sepenuhnya untuk mencegah kerusakan pada elektroda.

2. Logika Kerja Sistem Otomatis

Sistem penyiraman otomatis dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno menggunakan logika pemrograman if–else. Ketika nilai kelembaban tanah di bawah ambang batas 40%, Arduino akan mengaktifkan pompa air melalui modul relay. Pompa akan berhenti ketika kelembaban tanah mencapai 70%. Logika ini memungkinkan sistem bekerja

secara otomatis dan menjaga kelembaban tanah tetap stabil tanpa perlu penyiraman manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu respon sistem rata-rata hanya 2–3 detik dari pembacaan sensor hingga pompa aktif, menandakan sistem bekerja cepat dan efisien.
3. Efisiensi Penggunaan Air Tujuan utama dari sistem ini adalah meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam proses penyiraman tanaman. Berdasarkan hasil pengujian selama lima hari, sistem otomatis mampu menghemat penggunaan air hingga 30–35% dibandingkan penyiraman manual. Efisiensi ini dicapai karena sistem hanya menyiram ketika tanah benar-benar kering, sementara penyiraman manual sering dilakukan tanpa memperhatikan kondisi tanah. Selain hemat air, sistem ini juga mencegah genangan berlebih yang dapat mengakibatkan pembusukan akar tanaman bawang merah.
4. Stabilitas dan Ketahanan Sistem Selama masa pengujian, sistem menunjukkan kinerja yang stabil dan tidak mengalami gangguan fungsi. Arduino Uno dapat menjalankan perintah secara terus-menerus tanpa mengalami error atau delay. Namun, kelemahan utama ditemukan pada sensor kelembaban tipe resistif, yang mudah mengalami korosi akibat kontak langsung dengan air dalam jangka waktu lama. Untuk meningkatkan daya tahan sistem, disarankan menggunakan sensor tipe kapasitif yang tidak terpengaruh korosi dan memiliki umur pakai lebih panjang. Selain itu, penambahan proteksi arus pada pompa juga dapat membantu mencegah kerusakan akibat lonjakan daya listrik.
5. Pengaruh Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah Tanaman bawang merah yang menggunakan sistem penyiraman otomatis menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman yang disiram manual. Kondisi daun terlihat lebih segar dan umbi tumbuh lebih merata. Hal ini disebabkan oleh kelembaban tanah yang stabil sehingga tanaman tidak mengalami stres akibat kekeringan atau kelebihan air. Dengan kondisi ini, sistem otomatis dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen bawang merah.
6. Potensi Pengembangan Sistem Sistem penyiraman otomatis ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi sistem pertanian cerdas berbasis Internet of Things (IoT). Beberapa pengembangan yang dapat dilakukan di masa mendatang antara lain:

1. Menambahkan modul Wi-Fi (seperti ESP8266 atau ESP32) agar data kelembaban dapat dipantau secara daring melalui aplikasi web atau Android.
2. Menambahkan sensor suhu dan kelembaban udara untuk memantau kondisi lingkungan secara lebih menyeluruh.
3. Menggunakan sumber energi surya (solar panel) agar sistem menjadi lebih hemat energi dan ramah lingkungan.
4. Membuat fitur notifikasi otomatis yang memberi peringatan ketika tanah dalam kondisi kering atau terjadi gangguan sistem.

7. Analisis Kelebihan dan Kekurangan Sistem
Sistem yang dirancang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

Kelebihan:

- Dapat bekerja secara otomatis tanpa pengawasan manusia.
- Menghemat penggunaan air secara signifikan.
- Desain sederhana dan mudah diimplementasikan.
- Biaya pembuatan relatif terjangkau.
- Dapat dikembangkan menjadi sistem berbasis IoT.

Kekurangan:

- Sensor resistif mudah rusak karena korosi.
- Belum memiliki sistem pemantauan jarak jauh.
- Tidak ada perlindungan arus berlebih pada pompa.

7. Implikasi terhadap Smart Agriculture Penerapan sistem penyiraman otomatis ini merupakan langkah awal menuju konsep Smart Agriculture di tingkat petani lokal. Dengan biaya pembuatan yang rendah dan teknologi yang mudah dipahami, sistem ini dapat membantu petani menghemat air, waktu, serta tenaga. Selain itu, pengembangan lebih lanjut dapat mengarah pada sistem pertanian digital yang terintegrasi, di mana proses penyiraman, pemupukan, hingga

pemantauan pertumbuhan tanaman dapat dikendalikan secara otomatis dan terhubung dengan jaringan internet. Hal ini akan mendukung terciptanya pertanian modern yang efisien, cerdas, dan berkelanjutan.

VI. KESIMPULAN

Sistem penyiraman otomatis pada tanaman bawang merah berbasis Arduino Uno dengan sensor kelembaban tanah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu bekerja secara efektif dan responsif dalam mengatur tingkat kelembaban tanah secara otomatis. Ketika kadar kelembaban tanah menurun di bawah ambang batas, pompa air akan aktif untuk menyiram tanaman, dan akan berhenti ketika tingkat kelembaban mencapai kondisi optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelembaban tanah mampu mendeteksi kadar air dengan akurasi yang tinggi, sehingga sistem dapat menjaga kondisi tanah tetap ideal untuk pertumbuhan tanaman bawang merah. Selain itu, penggunaan sistem ini mampu menghemat air hingga sekitar 30–35% dibandingkan dengan metode penyiraman manual, serta memberikan hasil pertumbuhan tanaman yang lebih seragam dan sehat. Secara teknis, sistem ini memiliki kinerja yang stabil dan mudah digunakan oleh petani, meskipun masih terdapat beberapa keterbatasan seperti ketahanan sensor yang perlu ditingkatkan serta belum tersedianya fitur pemantauan jarak jauh. Oleh karena itu, pengembangan ke depan disarankan untuk mengganti sensor dengan tipe kapasitif yang lebih tahan lama, menambahkan fitur Internet of Things (IoT) agar sistem dapat dipantau dan dikendalikan melalui aplikasi, serta mengintegrasikan sensor suhu dan kelembaban udara untuk memberikan data lingkungan yang lebih komprehensif. Dengan adanya sistem penyiraman otomatis ini, diharapkan teknologi berbasis mikrokontroler dapat menjadi solusi inovatif dalam penerapan konsep pertanian cerdas (Smart Agriculture). Sistem ini tidak hanya membantu petani meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga mendukung peningkatan produktivitas dan kualitas hasil panen tanaman bawang merah secara berkelanjutan.

Kontribusi Penulis: Penelitian ini dilaksanakan oleh dua penulis dengan pembagian tugas yang seimbang. **(Amsori)** bertanggung jawab dalam perancangan sistem, perakitan alat, serta pengujian kinerja penyiraman otomatis pada tanaman bawang merah.**(Fathur Rosi)** berperan dalam pemrograman sistem berbasis Arduino, analisis data, serta penyusunan laporan dan naskah jurnal. Kedua penulis bekerja sama dalam pengumpulan data, analisis hasil, dan penyusunan akhir jurnal kerja praktik ini..

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -
Ucapan Terima Kasih: -
Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.
Ketersediaan Data: -
Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.
Penulis Pertama: https: -
Penulis Kedua: https: -
Penulis Ketiga: -

REFERENSI

[1] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. N. R. Barokah, ‘Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds’, *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, Jul. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.

[2] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. N. R. Barokah, ‘Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds’, *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, Jul. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.

[3] K. A. M. D. Prayoga and I. G. N. A. P. P, ‘Pengembangan Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis Berbasis ESP32 dengan RTC dan Blynk’, *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2025, doi: 10.38043/telsinas.v8i1.6020.

[4] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Maktsuful Ghummah, Moh. Amrullah, and Rafli Hidayatullah, ‘Studi Kinerja Mesh Network untuk Penerapan Internet of Things (IoT) di Lingkungan Perkotaan’, *Jurnal Informatika Dan Tekonologi Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, pp. 63–73, Mar. 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5895.

[5] F. Prasetyo Eka Putra, S. Mellyana Dewi, and A. Hamzah, 'Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi https://jsisfotek.org/index.php Privasi dan Keamanan Penerapan IoT Dalam Kehidupan Sehari-Hari : Tantangan dan Implikasi', vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.37034/jsisfotek.v5i1.232.

[6] P. Fauzan Prasetyo Eka Putra, M. Amir Mahmud, and R. Paradina, 'Comparing the Performance of LoRaWAN and MQTT Protocols for IoT Sensor Networks', vol. 6, no. 2, 2024, doi: 10.60083/jidt.v6i2.565.

[7] F. Prasetyo, E. Putra, A. Baidawi, and A. A. Mubarok, 'Merancang Jaringan Sensor Nirkabel dan IoT untuk Kota Pintar Pamekasan', doi: 10.37034/jidt.v5i1.331.

[8] A. F. Rachman, F. P. E. Putra, S. Syirofi, and D. Wahid, 'Case Study of Computer Network Development for the Internet Of Things (IoT) Industry in an Urban Environment', *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 399–407, Aug. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4302.

[9] I. Hidayatullah, M. H. Khairi, I. Maulana, and F. P. Eka Putra, 'Analisis Protokol Keamanan Jaringan dalam Era Internet of Things (IoT)', *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, pp. 356–366, Jul. 2025, doi: 10.29408/jit.v8i2.30257.

[10] S. F. A. Razak, S. Yogarayan, M. S. Sayeed, and M. I. F. M. Derafi, 'Agriculture 5.0 and Explainable AI for Smart Agriculture: A Scoping Review', Apr. 01, 2024, *Ital Publication*. doi: 10.28991/ESJ-2024-08-02-024.

[11] H. Azadi *et al.*, 'Rethinking resilient agriculture: From Climate-Smart Agriculture to Vulnerable-Smart Agriculture', Oct. 15, 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128602.

[12] H. Azadi *et al.*, 'Rethinking resilient agriculture: From Climate-Smart Agriculture to Vulnerable-Smart Agriculture', Oct. 15, 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128602.

[13] A. Hasibuan, A. Qodri, and M. Isa, 'Temperature Monitoring System using Arduino Uno and Smartphone Application', *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 46–55, 2021, doi: 10.25008/bcsee.v2i2.1139.

[14] T. B. Bano, I. G. A. Widagda, N. L. P. Trisnawati, I. M. S. Wibawa, I. K. Putra, and I. N. Sandi, 'Perancangan Alat Ukur Intensitas Cahaya menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroler ATMega328P', *Kappa Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 95–101, Apr. 2024, doi: 10.29408/kpj.v8i1.24917.

[15] Rini Puji Astutik and Tomi Ambar Prayitno, 'Perancangan Penyiraman Tanaman dalam Pot Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah dan Mikrokontroler Arduino Uno', *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 57–76, Dec. 2024, doi: 10.61132/mars.v3i1.574.

[16] K. N. E. A. Siddiquee *et al.*, 'Development of Algorithms for an IoT-Based Smart Agriculture Monitoring System', *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/7372053.

[17] M. N. Mowla, N. Mowla, A. F. M. S. Shah, K. M. Rabie, and T. Shongwe, 'Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Smart Agriculture Applications: A Survey', *IEEE Access*, vol. 11, pp. 145813–145852, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3346299.

[18] N. Gondchawar and R. S. Kawitkar, 'IJARCCE IoT based Smart Agriculture', *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 5, 2016, doi: 10.17148/IJARCCE.2016.56188.

[19] 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.

[20] A. Hasibuan, A. Qodri, and M. Isa, 'Temperature Monitoring System using Arduino Uno and Smartphone Application', *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 46–55, 2021, doi: 10.25008/bcsee.v2i2.1139.

[21] S. V, 'Internet of Things (IoT) based Smart Agriculture in India: An Overview', *Journal of ISMAC*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, Feb. 2021, doi: 10.36548/jismac.2021.1.001.

[22] 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.

[23] R. Maulana, A. Sujjada, and A. Fergina, 'Jurnal Restikom : Riset Teknik Informatika dan Komputer Rancang Bangun Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Internet of Things Menggunakan NodeMCU dan Telegram', vol. 4, no. 1, pp. 45–49, 2022, doi: 10.52005/restikom.v4i1.115.

[24] J. Jurnal Pertanian Terpadu *et al.*, 'Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (Allium ascalonicum) Terhadap Pemberian Mikoriza dan Biochar Padi di Lahan Pasir', *Jurnal Pertanian Terpadu*, vol. 13, no. 1, pp. 77–84, 2025, doi: 10.36084/jpt..v10i2.381.

[25] M. H. Widianto and B. Juarto, 'Smart Farming Using Robots in IoT to Increase Agriculture Yields: A Systematic Literature Review', *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 4, no. 3, pp. 330–341, May 2023, doi: 10.18196/jrc.v4i3.18368.

[26] A. Ali Rahman Nasution, D. Hariyati Adam, K. Rizal, and L. Fadilah Zamzami, 'Optimizing the Growth and Production of Red Onion (Allium cepa L.) by Applying Biofertilizer and NPK Fertilizer', *JURNAL AGRONOMI TANAMAN TROPIKA (JUATIKA)*, vol. 6, no. 2, May 2024, doi: 10.36378/juatika.v6i2.3677.

[27] S. Sundari, 'Instalasi Alat Penyiram Tanaman Otomatis Pada Pengabdian Masyarakat Di Wisata Umbul Helau Lampung', *Jurnal Abdimas Kartika Wijayakusuma*, vol. 3, no. 2, Oct. 2022, doi: 10.26874/jakw.v3i2.255.

[28] M. Achmad, 'Analysis of Shallot Farming Business in Pringsewu Regency', *Journal of the Community Development in Asia*, vol. 7, no. 2, pp. 14–35, May 2024, doi: 10.32535/jcda.v7i2.2910.

[29] X. Yang *et al.*, 'A Survey on Smart Agriculture: Development Modes, Technologies, and Security and Privacy Challenges', *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 8, no. 2, pp. 273–302, Feb. 2021, doi: 10.1109/JAS.2020.1003536.

[30] L. Lipper *et al.*, 'Climate-smart agriculture for food security', Jan. 01, 2014, *Nature Publishing Group*. doi: 10.1038/nclimate2437.

[31] L. Lipper *et al.*, 'Climate-smart agriculture for food security', Jan. 01, 2014, *Nature Publishing Group*. doi: 10.1038/nclimate2437.

[32] Kiran *et al.*, 'Smart Agriculture: Technologies, Practices, and Future Directions', *International Journal of Environment and Climate Change*, vol. 13, no. 12, pp. 689–695, Dec. 2023, doi: 10.9734/ijecc/2023/v13i123730.

[33] H. Azadi *et al.*, 'Rethinking resilient agriculture: From Climate-Smart Agriculture to Vulnerable-Smart Agriculture', Oct. 15, 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128602.

[34] H. Rasyid and G. Mumpuni Ningsih, 'The Role of Digital Technology in the Transformation of Agriculture Toward Smart Farming', *Journal of World Science*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2024, doi: 10.58344/jws.v3i1.523.

[35] R. Alamsyah, E. Ryansyah, A. Y. Permana, and R. Mufidah, 'SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY DENGAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS BERBASIS ESP8266 DAN APLIKASI BLYNK', *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4007.

[36] K. Tri *et al.*, 'KPJ 8(2) (2024) KAPPA JOURNAL Physics & Physics Education Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Capacitive Soil Moisture Sensor Berbasis Android', 2022, doi: 10.29408/kpj.v8i1.

[37] I. Surya Ramadhan, R. Sastra, and M. Iqbal, 'Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Uno Dan NodeMCU', 2023. doi: 10.31294/instk.v4i1.2021.

[38] G. Rhamadhany and N. Juliasari, 'Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Pemupukan Dan Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Internet of Things', *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: 10.70309/ticom.v11i2.87.

[39] A. Hasibuan, A. Qodri, and M. Isa, 'Temperature Monitoring System using Arduino Uno and Smartphone Application', *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 46–55, 2021, doi: 10.25008/bcsee.v2i2.1139.

[40] K. A. M. D. Prayoga and I. G. N. A. P. P, 'Pengembangan Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis Berbasis ESP32 dengan RTC dan Blynk', *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2025, doi: 10.38043/telsinas.v8i1.6020.

[41] A. A. Alzubi and K. Galyna, 'Artificial Intelligence and Internet of Things for Sustainable Farming and Smart Agriculture', *IEEE Access*, vol. 11, pp. 78686–78692, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3298215.

[42] Y. R. Sujono, E. Sulistio Budi, and I. Nugrahanto, 'Modul Pengaturan Motor Pompa DC Metode PID pada Sistem Kontrol Ketinggian Air berbasis Arduino', *Jurnal Elkolind*, vol. 10, no. 2, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3624.

[43] A. Andreas, G. Priyandoko, M. Mukhsim, and S. A. Putra, 'KENDALI KECEPATAN MOTOR POMPA AIR DC MENGGUNAKAN PID – CSA BERDASARKAN DEBIT AIR BERBASIS

ARDUINO', *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 1, no. 01, pp. 1–14, Feb. 2020, doi: 10.31328/jasee.v1i01.3.

[44] A. Pagano, D. Croce, I. Tinnirello, and G. Vitale, 'A Survey on LoRa for Smart Agriculture: Current Trends and Future Perspectives', *IEEE Internet Things J*, vol. 10, no. 4, pp. 3664–3679, Feb. 2023, doi: 10.1109/JIOT.2022.3230505.

[45] Hanum Fauziah Isnanto and Suprayogi, 'Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Pada Tanaman Kacang Hijau Berbasis Internet Of Things', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, vol. 3, no. 3, pp. 587–600, Nov. 2023, doi: 10.51903/juritek.v3i3.2831.

[46] R. Daniel, A. Desy, N. Utomo, and Y. A. Setyoko, 'LEDGER: Journal Informatic and Information Technology Racangan Bangun Alat Monitoring Kelembaban, PH Tanah dan Pompa Otomatis pada Tanaman Tomat dan Cabai', *OPEN ACCESS LEDGER*, vol. 1, no. 4, 2022, doi: 10.20895/LEDGER.V1I4.862.

[47] 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.

[48] K. Triyono, S. J. Santosa, and E. E. Maulida, 'Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (Allium ascalonicum L) Asal Biji (True Shallot Seeds) Pada Berbagai Macam Pupuk NPK Growth and Yield of Shallot Plants (Allium ascalonicum L) from Seeds (True Shallot Seeds) in Various Types of NPK Fertilizer', *Jurnal Budidaya Pertanian*, vol. 21, no. 1, pp. 2620–892, 2025, doi: 10.30598/jbdp.2025.21.1.89.

[49] H. E. N. C. Chotimah, C. Hawini, S. Zubaidah, W. Widyawati, and S. Sustiyah, 'ENHANCING RED ONION (Allium cepa L.) GROWTH AND YIELD THROUGH CONTROLLED TUBER CUTTING AND PLANT GROWTH REGULATOR APPLICATION', *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 26, no. 1, pp. 1–7, Jun. 2024, doi: 10.31186/jipi.26.1.1-7.

[50] K. A. Saragih and R. Kurniawan, 'Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT dengan Logika Fuzzy Sugeno untuk Pengendalian Kelembaban Tanah di Greenhouse', doi: 10.33364/algoritma/v.23-1.2327.

[51] I. M. Hakimi and Z. Jamil, 'Development of Water Quality Monitoring Device Using Arduino UNO', *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1144, no. 1, p. 012064, May 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1144/1/012064.

[52] P. Ayu *et al.*, 'Pertanian Vertikal Pintar: Peran IoT dalam Mewujudkan Keberlanjutan dan Efisiensi Sumber Daya', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 24, no. 1, doi: 10.24843/MITE.2025.v24i01.P03.

[53] Nabil Azzaky and Anang Widiantoro, 'Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino menggunakan Internet Of Things (IOT)', *J-Eltrik*, vol. 2, no. 2, pp. 86–91, Nov. 2020, doi: 10.30649/j-eltrik.v2i2.48.

[54] L.- Amanda and Y.- Yusman, 'PERANCANGAN SISTEM MONITORING KELEMBABAN TANAH BERBASIS ARDUINO UNTUK OPTIMASI KEKERINGAN PADA TANAMAN HIAS', *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6475.

[55] P. Rahardjo, 'Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 31, Jul. 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p05.

Publisher's Note: Publisher stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.