Implementasi dan Evaluasi Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT: Studi Perbandingan Teknik Drip dan Hidroponik

Implementation and Evaluation of an IoT-Based Automatic Plant Watering System: A Comparative Study of Drip and Hydroponic Techniques

1st Mochamad Iqbal Maulana
D3 Rekayasa Perangkat Lunak Aplikasi
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
iqbal12312366@gmail.com

2nd Hariandi Maulid
D3 Rekayasa Perangkat Lunak Aplikasi
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
hariandi@telkomuniversity.ac.id

3rd Fat'hah Noor Prawita
D3 Rekayasa Perangkat Lunak Aplikasi
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
fathahnoor@telkomuniversity.ac.id

Perawatan tanaman secara manual sering terkendala ketidakteraturan jadwal penyiraman dan keterbatasan waktu, terutama bagi masyarakat urban. Di sisi lain, masih terbatas penelitian yang membandingkan efektivitas teknik penyiraman secara langsung dalam satu platform terintegrasi. Penelitian ini merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 yang membandingkan dua teknik budidaya, yaitu teknik drip dengan media pasir yang dipantau sensor kelembaban tanah, dan teknik hidroponik yang dipantau sensor level air, TDS, serta pH. Data sensor dikirim secara realtime ke Firebase Realtime Database dan dikendalikan melalui aplikasi Android SiTanam yang dibangun dengan Jetpack Compose dan arsitektur MVVM. Pengujian mencakup akurasi sensor setelah kalibrasi, respons pompa terhadap ambang batas, mode manual dan otomatis, pengujian aplikasi, serta pengamatan pertumbuhan tanaman. Hasil menunjukkan seluruh sensor bekerja dalam rentang yang dapat diterima, dengan akurasi TDS mencapai 99,9% dan pH sekitar 97% (R^2 = 0,991, galat maksimum 0,29 pH). Seluruh skenario pengujian black box dinyatakan valid, sedangkan pengujian usability terhadap 21 responden memperoleh skor 86,2% dengan kategori Sangat Baik. Pengamatan kangkung selama 9 hari menunjukkan teknik hidroponik tumbuh sedikit lebih baik (9,0 cm dan 38 helai daun) dibandingkan teknik drip (8,5 cm dan 35 helai daun). Sistem terbukti dapat menjadi sarana perbandingan objektif kedua teknik dalam satu platform terintegrasi.

Kata kunci—IoT, ESP32, penyiraman otomatis, drip, hidroponik, Firebase, Android, SiTanam.

Manual plant care is often hindered by irregular watering schedules and limited time, especially for urban communities. Moreover, few studies directly compare the effectiveness of watering techniques within a single integrated platform. This research designs, implements, and evaluates an Internet of Things (IoT)-based automatic plant watering system using an ESP32 that compares two cultivation techniques: the drip technique with a sand medium monitored by a soil-moisture sensor, and the hydroponic technique monitored by water-level, TDS, and pH sensors. Sensor data are sent in realtime to Firebase Realtime Database and controlled through the SiTanam Android application, built with Jetpack Compose and the MVVM architecture. Testing covered sensor accuracy after calibration, pump response to thresholds, manual and automatic modes, application testing, and plant growth observation. The results show that all sensors operated within an acceptable range, with TDS accuracy reaching 99.9% and pH approximately 97% (R^2 = 0.991, maximum error 0.29 pH). All black box test scenarios were valid, while usability testing involving 21 respondents obtained a score of 86.2%, categorized as Very Good. Observation of water spinach over 9 days indicated that the hydroponic technique grew slightly better (9.0 cm and 38 leaves) than the drip technique (8.5 cm and 35 leaves). The system proves capable of serving as an objective means of comparing both techniques within a single integrated platform.

Keywords*—*IoT, ESP32, automatic watering, drip, hydroponics, Firebase, Android, SiTanam.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi memberikan dampak signifikan pada berbagai sektor, termasuk pertanian. Salah satu inovasi yang berkembang pesat adalah Internet of Things (IoT), yaitu teknologi yang memungkinkan perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pemantauan, pengendalian, dan analisis secara otomatis. Pada pertanian modern, IoT berperan penting dalam menciptakan sistem yang lebih efisien, cerdas, dan ramah lingkungan, khususnya pada proses penyiraman dan pemantauan tanaman [1].

Penyiraman tanaman secara manual sering menimbulkan kendala berupa ketidakteraturan jadwal, pemborosan air akibat penyiraman berlebihan, serta tingginya penggunaan waktu dan tenaga. Kondisi ini terutama dirasakan masyarakat urban yang memiliki keterbatasan waktu dalam merawat tanaman di lingkungan dengan lahan terbatas [2].

Seiring berkembangnya teknologi IoT, berbagai sistem penyiraman otomatis telah dikembangkan. Namun, penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas beberapa teknik penyiraman secara objektif dan terukur dalam satu platform IoT terintegrasi masih terbatas, khususnya antara teknik penyiraman tetes (drip) yang memberikan air langsung ke zona perakaran dan teknik hidroponik yang memiliki karakteristik sangat berbeda [3].

Kedua teknik tersebut membutuhkan parameter pemantauan yang berbeda. Teknik drip bekerja dengan meneteskan air secara terukur ke media tanam di sekitar perakaran sehingga cocok dipantau menggunakan sensor kelembaban tanah. Sebaliknya, teknik hidroponik bekerja

tanpa media tanah dan menggunakan larutan nutrisi dalam bak penampung sehingga membutuhkan sensor level air untuk memantau ketinggian larutan serta sensor TDS dan pH untuk menjaga kualitas larutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 yang mampu mengakomodasi teknik drip dan hidroponik sekaligus dalam satu platform terintegrasi dengan Firebase dan aplikasi Android, serta membandingkan efektivitas kedua teknik berdasarkan data sensor yang dipantau secara realtime.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Internet of Things dan ESP32

Internet of Things merupakan paradigma yang memungkinkan objek fisik dilengkapi sensor dan aktuator untuk saling bertukar data melalui jaringan [4]. Pada sektor pertanian, penerapan IoT yang dipadukan dengan komputasi awan memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan tanam secara berkelanjutan [5]. ESP32 dipilih sebagai pengendali utama karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi, sejumlah kanal ADC untuk pembacaan sensor analog, serta konsumsi daya yang efisien [6].

B. Sensor Pemantauan

Sensor kelembaban tanah kapasitif digunakan untuk memantau kadar air media tanam pada teknik drip [7], sedangkan sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman [8]. Pada teknik hidroponik, sensor ultrasonik HC-SR04 memantau ketinggian larutan, sensor TDS mengukur konsentrasi nutrisi terlarut, dan sensor pH menjaga tingkat keasaman larutan tetap berada pada rentang optimal. Aktuasi pompa dilakukan melalui modul relay yang bekerja sebagai sakelar elektronik [9].

C. Teknik Drip dan Hidroponik

Teknik irigasi tetes terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air karena air diberikan langsung ke zona perakaran dalam jumlah terukur [10]. Sementara itu, sistem hidroponik menumbuhkan tanaman tanpa media tanah dengan larutan nutrisi sebagai sumber unsur hara, sehingga pengendalian ketinggian dan kualitas larutan menjadi faktor penentu keberhasilan [11], [12], [13].

D. Posisi Penelitian

Penelitian terdahulu dapat dikelompokkan menjadi dua kategori. Kelompok pertama berfokus pada sistem hidroponik saja tanpa membandingkannya dengan teknik lain [14], [15], [16], [17]. Kelompok kedua berfokus pada sistem penyiraman berbasis tanah dengan satu teknik saja [18], [19], [20], [21], [22]. Kesenjangan yang teridentifikasi adalah belum adanya penelitian yang secara eksplisit membandingkan teknik drip dan hidroponik dalam satu platform IoT terintegrasi dengan sensor lengkap serta antarmuka aplikasi mobile. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan melalui lima tahap, yaitu studi literatur, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dan evaluasi.

A. Arsitektur Sistem

Sistem terdiri atas tiga lapisan. Lapisan perangkat berupa ESP32 yang membaca enam sensor dan mengendalikan empat relay pompa. Lapisan data berupa Firebase Realtime Database yang menyimpan nilai sensor, status kontrol, dan konfigurasi ambang batas. Lapisan aplikasi berupa aplikasi Android SiTanam yang menampilkan data serta mengirimkan perintah kontrol. Komunikasi antara ESP32 dan Firebase berlangsung dua arah sehingga perubahan ambang batas dari aplikasi langsung diterapkan pada logika otomasi perangkat.

B. Implementasi Perangkat Keras

Kedua pot dikendalikan oleh satu unit ESP32. Realisasi koneksi pin ditunjukkan pada Tabel I. Seluruh relay bekerja dengan logika active-low.

TABEL 1
REALISASI KONEKSI PIN PERANGKAT IoT

Komponen	Pin ESP32	Teknik
Sensor kelembaban tanah	GPIO34	Drip
Sensor DHT22	GPIO5	Keduanya
HC-SR04 (TRIG/ECHO)	GPIO32 / 18	Hidroponik
Sensor TDS	GPIO35	Hidroponik
Sensor pH	GPIO33	Hidroponik
Relay 1 – pompa drip	GPIO14	Drip
Relay 2 – pompa air bersih	GPIO27	Hidroponik
Relay 3 – pompa nutrisi B	GPIO26	Hidroponik
Relay 4 – pompa nutrisi A	GPIO25	Hidroponik

C. Logika Otomasi

Pada pot teknik drip, pompa aktif ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang minimum dan berhenti setelah durasi kerja terpenuhi atau kelembaban melampaui ambang maksimum. Pada pot teknik hidroponik, pompa air bersih aktif ketika level larutan berada di bawah ambang minimum. Apabila nilai TDS berada di bawah ambang, pompa nutrisi A dan B bekerja bergantian dengan jeda sirkulasi dan periode cooldown untuk mencegah dosis berlebih. Nilai pH di luar rentang aman tidak memicu pompa mana pun, melainkan menampilkan peringatan beserta saran tindakan manual pada aplikasi.

D. Implementasi Aplikasi

Aplikasi SiTanam dikembangkan menggunakan Kotlin dan Jetpack Compose dengan arsitektur MVVM. Aplikasi memiliki tiga layar utama, yaitu Dashboard yang menampilkan enam kartu sensor beserta banner peringatan, layar Kontrol untuk pemilihan mode dan pengoperasian pompa, serta layar Setelan untuk mengubah ambang batas. Autentikasi dilakukan secara anonim melalui Firebase Authentication tanpa memerlukan masukan akun dari pengguna, karena sistem dirancang untuk penggunaan personal pada satu perangkat.

E. Variabel Penelitian

Variabel bebas penelitian ini adalah teknik budidaya, yaitu teknik drip dengan media pasir dan teknik hidroponik dengan larutan nutrisi. Variabel terikat adalah

pertumbuhan tanaman yang dioperasionalisasikan menjadi tinggi tanaman dalam sentimeter dan jumlah helai daun, keduanya diukur pada hari kesembilan. Variabel terkontrol meliputi jenis tanaman kangkung (Ipomoea aquatica), jumlah benih sebanyak delapan per pot, sumber benih dari kemasan yang sama, durasi pengamatan sembilan hari, sistem IoT yang identik untuk kedua pot, serta lokasi pengujian yang sama.

Perlu ditekankan bahwa penelitian ini membandingkan dua sistem budidaya secara utuh, bukan mengisolasi metode pemberian air sebagai satu-satunya variabel bebas. Perbedaan media tanam dan komposisi nutrisi merupakan bagian tidak terpisahkan dari definisi teknik yang dibandingkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap alat ukur pembanding atau nilai standar. Hasilnya disajikan pada Tabel II.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN AKURASI SENSOR

Sensor	Acuan	Terbaca	Galat
TDS	1280 ppm	1279 ppm	0,08%
pH	4,01 / 6,86 / 9,18	4,15 / 6,57 / 9,31	maks 0,29
DHT22 (suhu)	±0,5 °C	–	±0,5 °C
DHT22 (RH)	±2–5% RH	–	±2–5%
Kelemb. tanah	0% / 100%	~2% / ~98%	±2–3%
Level air	0% / 50% / 100%	~0% / ~50% / ~100%	±2–5%

Sensor TDS dikalibrasi menggunakan larutan standar SYNMIX 1280 ppm pada suhu 25 °C dan menghasilkan akurasi sekitar 99,9%. Sensor pH dikalibrasi tiga titik menggunakan larutan buffer 4,01, 6,86, dan 9,18 dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,991$ serta galat maksimum 0,29 pH, sehingga akurasinya sekitar 97%. Sensor kelembaban tanah dan level air dikalibrasi dua titik, masing-masing menggunakan pemetaan nilai ADC dan pengukuran jarak reservoir dengan penggaris sebagai pembanding.

B. Pengujian Respons Pompa

Pengujian dilakukan per fitur dengan mengondisikan nilai sensor melewati ambang batas, kemudian mengamati apakah pompa terkait aktif atau nonaktif sesuai logika otomasi. Ambang yang digunakan adalah kelembaban tanah minimum 41%, level air minimum 35%, TDS minimum 1000 ppm, dan batas atas pH 8,0.

Seluruh skenario berhasil. Pompa drip aktif ketika kelembaban tanah terbaca 6% dan berhenti setelah media kembali lembap. Pompa air bersih aktif ketika level air terbaca 0% dan nilai level naik bertahap dari 0% menjadi 5%, 20%, 53%, hingga 77% seiring terisinya reservoir. Ketika nilai TDS turun menjadi 111 ppm, pompa nutrisi A dan B bekerja bergantian sesuai urutan dan siklus tidak berulang sebelum periode cooldown selesai. Nilai pH di luar rentang aman memunculkan banner peringatan tanpa mengaktifkan relay mana pun. Banner peringatan pada aplikasi tampil dalam waktu kurang dari lima detik setelah kondisi terpenuhi.

C. Pengujian Aplikasi

Kualitas kode diuji menggunakan fitur Inspect Code pada Android Studio dengan profil Project Default. Hasil inspeksi menunjukkan mayoritas temuan berupa typo pada komentar dan teks antarmuka serta deklarasi yang tidak terpakai. Tidak ditemukan temuan berkategori kritis yang menyebabkan kegagalan build maupun crash saat aplikasi dijalankan.

Pengujian fungsional dilakukan dengan metode black box terhadap delapan skenario, meliputi pembukaan aplikasi, tampilan Dashboard, kemunculan banner peringatan, perpindahan mode, pengoperasian pompa manual, penguncian tombol pada mode otomatis, perubahan ambang batas, serta pembaruan data realtime. Seluruh skenario dinyatakan valid.

Pengujian usability menggunakan kuesioner USE dengan skala Likert lima tingkat yang diisi oleh 21 responden, terdiri atas mahasiswa (47,6%), pekerja kantoran (28,6%), ibu rumah tangga (14,3%), dan penghobi tanaman (9,5%). Rekap hasilnya disajikan pada Tabel III.

TABEL 3
REKAP HASIL PENGUJIAN USABILITY

Aspek	Persentase	Kategori
Effectiveness	85,5%	Sangat Baik
Usefulness	86,7%	Sangat Baik
Satisfaction	86,3%	Sangat Baik
Rata-rata keseluruhan	86,2%	Sangat Baik

Seluruh aspek memperoleh persentase di atas 81% sehingga termasuk kategori Sangat Baik. Hasil ini menunjukkan aplikasi SiTanam dinilai efektif, bermanfaat, dan memuaskan bagi pengguna.

D. Perbandingan Teknik Drip dan Hidroponik

Pengamatan dilakukan selama sembilan hari terhadap masing-masing delapan benih kangkung. Hasilnya disajikan pada Tabel IV.

TABEL 4
DATA PERTUMBUHAN TANAMAN KANGKUNG

Parameter	Drip	Hidroponik
Jumlah benih	8	8
Tinggi tertinggi (cm)	8,5	9,0
Jumlah daun (helai)	35	38
Lama pengamatan	9 hari	9 hari

Pot teknik hidroponik menunjukkan pertumbuhan yang sedikit lebih baik dengan tinggi tertinggi 9,0 cm dan 38 helai daun, dibandingkan pot teknik drip yang mencapai 8,5 cm dan 35 helai daun. Selisih 0,5 cm dan tiga helai daun memberikan indikasi awal bahwa teknik hidroponik dengan nutrisi AB mix menghasilkan pertumbuhan yang sedikit lebih cepat pada fase awal. Namun, selisih tersebut tergolong kecil sehingga pengujian hingga masa panen tetap diperlukan untuk memperoleh kesimpulan yang lebih kuat.

E. Diskusi

Secara keseluruhan sistem berhasil menjalankan fungsinya sebagai platform perbandingan dua teknik penyiraman. Keunggulan utama sistem terletak pada kemampuannya menjalankan dua teknik berbeda secara bersamaan di bawah kendali satu mikrokontroler dan satu aplikasi, sehingga faktor perangkat tidak menjadi sumber perbedaan hasil.

Beberapa keterbatasan perlu dicatat. Pengamatan pertumbuhan hanya berlangsung sembilan hari sehingga belum mencakup masa panen. Perbedaan komposisi nutrisi antara kedua pot belum dikendalikan secara ketat, sehingga hasil perbandingan berlaku untuk keseluruhan sistem budidaya dan bukan semata-mata metode pemberian air. Selain itu, sensor suhu dan kelembaban udara belum diverifikasi terhadap alat ukur standar karena keterbatasan instrumen pembanding.

V. KESIMPULAN

Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk mengakomodasi teknik drip dan hidroponik dalam satu platform terintegrasi dengan Firebase Realtime Database dan aplikasi Android SiTanam. Sistem dapat beroperasi mandiri selama 24 jam dengan dukungan fitur auto-reconnect Wi-Fi.

Seluruh sensor bekerja akurat setelah kalibrasi, dengan akurasi TDS mencapai 99,9% dan pH sekitar 97%. Sistem otomasi mengaktifkan pompa sesuai ambang batas yang dapat dikonfigurasi langsung dari aplikasi. Pengujian black box menyatakan seluruh fitur valid, sedangkan pengujian usability memperoleh skor 86,2% dengan kategori Sangat Baik.

Pengamatan awal selama sembilan hari memberikan indikasi bahwa teknik hidroponik menghasilkan pertumbuhan kangkung yang sedikit lebih baik dibandingkan teknik drip media pasir. Pengembangan selanjutnya disarankan melanjutkan pengujian hingga masa panen dengan pengendalian variabel pupuk yang lebih ketat, menambahkan notifikasi push dan fitur riwayat data sensor, memperketat Firebase Security Rules menjadi berbasis autentikasi, serta menguji skalabilitas sistem pada jumlah pot dan jenis tanaman yang lebih banyak.

REFERENSI

[1] N. Effendi, W. Ramadhani, F. Farida, dan M. Dimas, “Perancangan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT,” Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech), vol. 3, pp. 91–98, 2022.

[2] Fathurrohman, T. Prasetiya, Iin, dan Mulyawan, “Sistem monitoring penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan soil moisture pada tanaman melon,” JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), vol. 8, 2024.

[3] S. Wijaya, L. D. Samsumar, dan M. M. Efendi, “Perancangan sistem monitoring kelembapan dan penyiraman otomatis tanaman jagung berbasis Internet of Things,” Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT), vol. 1, 2024.

[4] L. Atzori, A. Iera, dan G. Morabito, “The Internet of Things: A survey,” Computer Networks, vol. 54, 2010.

[5] M. S. Mekala dan P. Viswanathan, “A survey: Smart agriculture IoT with cloud computing,” Journal of Network and Computer Applications, 2017.

[6] Espressif Systems, “ESP32 Technical Reference Manual,” 2022.

[7] X. Liu dan B. Bhaduri, “Soil moisture sensor technologies for IoT-based agriculture,” IEEE Sensors Journal, 2020.

[8] A. K. Mishra, “Performance analysis of DHT sensors in IoT agriculture systems,” International Journal of Engineering Research & Technology, 2021.

[9] M. H. Rashid, Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications. Pearson, 2014.

[10] D. Bhavsar, N. Bhavsar, S. Pande, R. Bhavsar, dan S. Panchal, “A comprehensive and systematic study in smart drip and sprinkler irrigation systems,” Smart Agricultural Technology, vol. 5, 2023.

[11] I. Safira, Badriana, M. Ikhwanus, Asri, dan S. J. Wattimena, “Sistem pengontrol ketinggian air pada tanaman hidroponik menggunakan Internet of Things,” Jurnal Energi Elektrik, vol. 14, no. 2, 2025, doi: 10.29103/jee.v14i2.19598.

[12] A. E. Pratama, M. Hurairah, dan Eliza, “Otomasi sistem hidroponik berbasis mikrokontroler ESP32,” Jurnal Surya Energy, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2024, doi: 10.32502/jse.v9i1.172.

[13] D. Wijayanto, “Prototype IoT untuk pemantauan nutrisi dan pH pada hidroponik menggunakan ESP32 di Kebun Hidroponik Vefar Yogyakarta,” HOAQ: Jurnal Teknologi Informasi, 2024.

[14] P. Hidayatullah dkk., “Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol tanaman hidroponik berbasis Internet of Things dengan metode deep flow technique,” JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), Institut Teknologi Nasional Malang, 2022.

[15] I. Khairani dan K. Prawiroredjo, “Prototype of Internet of Things-based automatic hydroponic system,” Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI), vol. 14, no. 1, 2025.

[16] Nadhiroh dkk., “Penyiram tanaman hidroponik otomatis berbasis IoT dengan PLC Outseal dan ESP32,” ELECTRICES: Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan, vol. 6, no. 1, pp. 17–26, 2024, doi: 10.32722/ees.v6i1.6361.

[17] M. A. J. Hidayat dan A. Z. Amrullah, “Sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP32,” Jurnal Saintekom, vol. 12, no. 1, pp. 23–32, 2022, doi: 10.33020/saintekom.v12i1.223.

[18] M. S. Alhamda dkk., “Prototipe sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler ESP32,” Jurnal Elektronika, Universitas Islam Lamongan, 2026.

[19] Ma’luf dan M. Ardita, “Rancang bangun sistem monitoring penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT di lingkungan Pesantren Mahasiswa Al-Hikam Malang,” Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang, 2025.

[20] M. Syafi'i dan E. Budihartono, "Sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan ESP32," Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET), vol. 12, no. 2, 2024.

[21] M. Roziqin, A. F. Kabes, dan S. Z. N. Haq, "Rancang bangun penyiraman tanaman cabe otomatis menggunakan ESP32 dan sensor kelembapan tanah," Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET), vol. 13, no. 3S1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3S1.7966.

[22] D. Westari dan S. Ilman, "Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32, moisture sensor, DHT22 sensor dan Blynk," Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI), 2024.