



Sistem Monitoring Kesehatan Tanaman Hidroponik *Portable* di Dalam Ruangan dengan Integrasi *Smartphone* Berbasis IoT untuk Pertanian Cerdas

Muhammad Rifal Rofdiansyah¹, Pita Hutabalian², Nadiyah Nur Rafifah³,
Susilawati⁴

^{1,2,3,4}Universitas Singaperbangsa Karawang

Abstract

Received: 28 April 2026

Revised: 1 Mei 2026

Accepted: 4 Mei 2026

Monitoring system based on the Internet of Things (IoT) was developed using an ESP32 microcontroller and the Blynk application. The system integrates temperature and humidity sensors (DHT22), a soil moisture sensor (YL-69), and a light sensor (LDR), transmitting real-time data to a smartphone. The test results indicate that the system accurately and reliably monitors indoor plant conditions. Therefore, this system supports efficient and water-saving smart farming practices that can be easily implemented by urban farmers and communities.

Keywords: *IoT, Smart Farming, ESP32, Hydroponic Monitoring, Blynk.*

(*) Corresponding Author: rifalmuhamad12330@gmail.com¹, hutabalianpita@gmail.com², nadiarafifah8@gmail.com³, susilawati.sobur@staff.unsika.ac.id⁴

How to Cite: Rofdiansyah, M., Hutabalian, P., Rafifah, N., & M.Si, S. (2026). Indonesia Sistem Monitoring Kesehatan Tanaman Hidroponik *Portable* di Dalam Ruangan dengan Integrasi *Smartphone* Berbasis IoT untuk Pertanian Cerdas. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 12(5.D), 242-251. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13122>.

PENDAHULUAN

Pertanian berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional, namun sektor ini menghadapi tekanan serius akibat pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan perubahan iklim global. Alih fungsi lahan produktif menjadi kawasan industri dan permukiman menyebabkan menurunnya kapasitas produksi pangan secara signifikan. Dampak lain seperti peningkatan suhu rata-rata, perubahan pola curah hujan, serta frekuensi hama dan penyakit tanaman yang meningkat turut memperburuk stabilitas hasil pertanian. Kondisi tersebut menuntut hadirnya inovasi baru yang mampu menjamin efisiensi, keberlanjutan, dan akurasi dalam proses budidaya.

Salah satu pendekatan yang sedang berkembang pesat ialah pertanian cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT). Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui internet untuk melakukan akuisisi, pertukaran, dan analisis data lingkungan secara otomatis. Dalam konteks pertanian, IoT mempermudah pemantauan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya secara real-time, sehingga keputusan dapat diambil secara cepat dan berbasis data. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aplikasi seluler tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga memperkuat kemampuan prediksi dan kontrol pertumbuhan tanaman.

Metode hidroponik indoor menjadi pilihan strategis bagi masyarakat perkotaan karena tidak membutuhkan tanah dan dapat diterapkan pada ruang terbatas. Sistem ini menggunakan larutan nutrisi sebagai media tumbuh yang dikontrol secara presisi untuk menjaga stabilitas unsur hara. Dibandingkan metode

konvensional, hidroponik mampu menghemat penggunaan air hingga 90 % dan mempercepat siklus panen sebesar 25–30 %. Namun, sebagian besar sistem hidroponik sederhana masih mengandalkan pemantauan manual yang tidak efisien serta rentan terhadap kesalahan manusia dalam menjaga keseimbangan faktor lingkungan.

Penelitian terdahulu telah mengonfirmasi efektivitas penerapan IoT dalam sistem hidroponik. Rofiansyah et al. mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT dengan pengolahan citra digital yang meningkatkan akurasi pengamatan pertumbuhan tanaman. Awal et al. merancang sistem hidroponik rumah tangga menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan integrasi sensor pH, TDS, dan EC untuk mempertahankan stabilitas larutan nutrisi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi dan reliabilitas dibandingkan metode tradisional. Meski demikian, kebanyakan rancangan masih bersifat statis, tidak portabel, dan memiliki biaya implementasi tinggi karena menggunakan sensor profesional.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini mengusulkan Sistem *Monitoring Kesehatan Tanaman Hidroponik Portable di Dalam Ruangan Berbasis IoT dengan Integrasi Smartphone*. Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai pusat pemrosesan yang terhubung dengan sensor DHT22 (suhu dan kelembaban udara), YL-69 (kelembaban media tanam), dan LDR (intensitas cahaya). Semua data dikirim secara otomatis ke aplikasi Blynk melalui koneksi nirkabel sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman dari jarak jauh secara real-time.

Rancangan ini diharapkan menjadi solusi *portable*, hemat energi, dan berbiaya rendah untuk mendukung praktik pertanian cerdas di lingkungan perkotaan. Selain memberikan manfaat praktis bagi petani skala kecil, proyek ini juga berfungsi sebagai media pembelajaran teknologi digital bagi mahasiswa dan masyarakat umum. Ke depan, sistem ini dapat dikembangkan dengan penambahan sensor nutrisi seperti pH, TDS, atau EC guna meningkatkan akurasi pengawasan kualitas larutan hidroponik. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam memperkuat ekosistem smart farming di Indonesia yang adaptif terhadap tantangan perubahan iklim dan keterbatasan lahan

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam mendukung pengembangan sistem ini, diperlukan kajian yang berkaitan dengan penerapan teknologi IoT pada bidang pertanian, khususnya sistem hidroponik. Kajian tersebut dijelaskan dalam tinjauan pustaka berikut;

1) *Internet of Things (IoT)* dalam Pertanian

Internet of Things (IoT) merupakan jaringan perangkat fisik yang dilengkapi sensor, aktuator, dan konektivitas internet untuk mengumpulkan serta bertukar data secara otomatis. Dalam bidang pertanian, penerapan IoT telah mendorong transformasi besar menuju konsep smart farming, di mana proses pengelolaan tanaman dilakukan berbasis data dan dikendalikan secara jarak jauh.

Teknologi ini memungkinkan petani memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, serta kadar air media tanam melalui sensor yang terintegrasi dengan sistem kontrol berbasis mikrokontroler. Data yang diperoleh dapat membantu pengambilan keputusan terkait penyiraman, pencahayaan, dan pemberian nutrisi agar pertumbuhan tanaman lebih optimal.

Menurut Hati dan Singh, IoT berperan penting dalam menjaga stabilitas lingkungan pada sistem pertanian indoor serta meningkatkan kualitas hasil panen secara signifikan. Selain itu, Choudhary et al. menjelaskan bahwa penerapan IoT dalam pertanian modern melibatkan integrasi jaringan sensor nirkabel, kecerdasan buatan, dan layanan berbasis cloud untuk meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi biaya dan kerugian. Sistem pertanian cerdas berbasis IoT memungkinkan pemantauan data lingkungan secara real-time melalui sensor tanah, cuaca, dan kelembaban, yang kemudian dianalisis di platform cloud untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

2) Teknologi Komunikasi IoT

Komunikasi data menjadi elemen vital dalam arsitektur sistem IoT karena menentukan kecepatan, efisiensi, dan keandalan transmisi informasi. Beberapa protokol umum yang digunakan antara lain MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), dan CoAP (*Constrained Application Protocol*). Protokol MQTT banyak diterapkan pada perangkat mikrokontroler seperti ESP32, karena bersifat ringan, hemat bandwidth, dan efisien untuk perangkat dengan sumber daya terbatas.

Khoa dan Anh menjelaskan bahwa pemilihan protokol komunikasi berpengaruh besar terhadap performa sistem, terutama pada aspek latensi dan konsumsi energi. Penelitian Kiswantono memperkuat hal ini dengan menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi Blynk yang diintegrasikan dengan repeater mampu menurunkan waktu respons komunikasi dari 4,2 detik menjadi 2,8 detik, sehingga sistem IoT dapat beroperasi lebih cepat dan efisien dalam pengendalian beban listrik rumah tangga.

3) Penerapan IoT pada Sistem Hidroponik

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi IoT dalam sistem hidroponik meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan tanaman. Rofiansyah et al. mengembangkan sistem monitoring tanaman hidroponik berbasis IoT yang memanfaatkan pengolahan citra digital untuk memantau pertumbuhan tanaman secara otomatis. Penelitian tersebut berhasil meningkatkan akurasi pemantauan dan efisiensi waktu.

Selain itu, Awal et al. merancang sistem hidroponik rumah tangga menggunakan ESP32 dengan sensor pH, TDS, dan EC yang dikontrol melalui aplikasi mobile. Sistem ini menjaga kestabilan larutan nutrisi dan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih seragam. Sementara Shin et al. menekankan pentingnya pengembangan sistem low-cost IoT menggunakan sensor sederhana seperti YL-69 untuk memantau kelembaban media tanam, yang terbukti efektif untuk sistem hidroponik skala kecil di area perkotaan.

Penelitian oleh Tandyo dan Dinata mengembangkan sistem *vertical farming* berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor DHT11, dan platform Firebase untuk mengukur suhu, kelembaban, dan tinggi air pada media tanam. Sistem ini mampu mengirimkan data sensor secara real-time ke aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman tanpa perlu hadir di lokasi. Hasil pengujian menunjukkan margin kesalahan sensor hanya sekitar 3%, sehingga teknologi ini efektif untuk diterapkan pada sistem pertanian perkotaan berbasis hidroponik. Ratnasari dan Rahmaddi juga menunjukkan keberhasilan implementasi IoT pada sistem pengairan ladang pertanian di Indonesia menggunakan NodeMCU

ESP32, sensor DHT11, dan platform Blynk untuk pemantauan suhu serta kelembapan secara real-time.

4) Kesenjangan Penelitian

Berdasarkan kajian literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan IoT dalam sistem hidroponik telah memberikan dampak positif terhadap efisiensi dan produktivitas pertanian modern. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem berskala besar dengan penggunaan sensor berbiaya tinggi serta infrastruktur yang kurang fleksibel. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan sensor sederhana (DHT22, YL-69, LDR) dengan platform mobile seperti Blynk dalam satu perangkat portable yang hemat energi dan mudah digunakan oleh masyarakat umum.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan rancangan Sistem Monitoring Kesehatan Tanaman Hidroponik Portable di Dalam Ruangan Berbasis IoT dengan Integrasi Smartphone, yang bersifat ekonomis, efisien, dan mudah diimplementasikan. Pendekatan ini diharapkan menjadi solusi praktis untuk mendukung pertanian cerdas (smart farming) di lingkungan urban sekaligus memperkenalkan teknologi IoT kepada masyarakat luas.

METODE

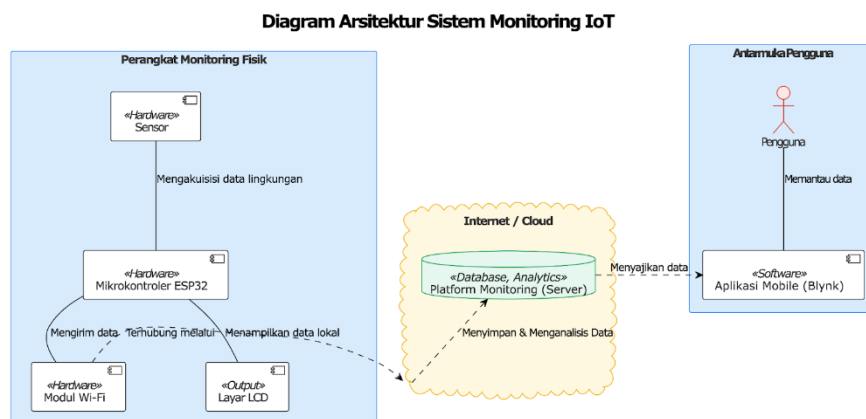
Penelitian ini menggunakan metode yang disusun secara sistematis untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem agar berfungsi sesuai tujuan, sebagai berikut:

1) Rancangan Penelitian

Perancangan sistem mendefinisikan alur kerja dan arsitektur dari alat yang dikembangkan.

a. Arsitektur Sistem:

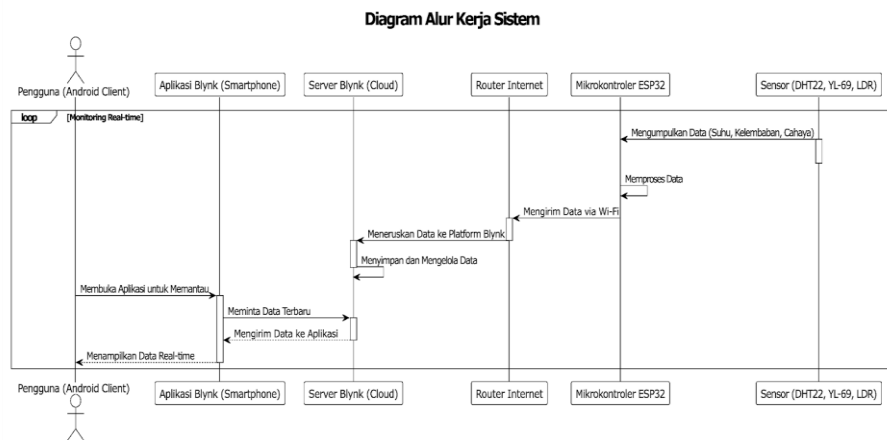
Gambar 1. Diagram Arsitektur Sistem Monitoring IoT



Sistem ini dirancang dengan arsitektur berbasis IoT. Sensor-sensor akan mengakuisisi data dari lingkungan tanaman. Data ini kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan melalui Wi-Fi ke *platform monitoring (server)*. Di sisi server, data disimpan dan dianalisis, lalu ditampilkan kepada pengguna melalui antarmuka berupa aplikasi web atau seluler.

b. Diagram Alur Kerja:

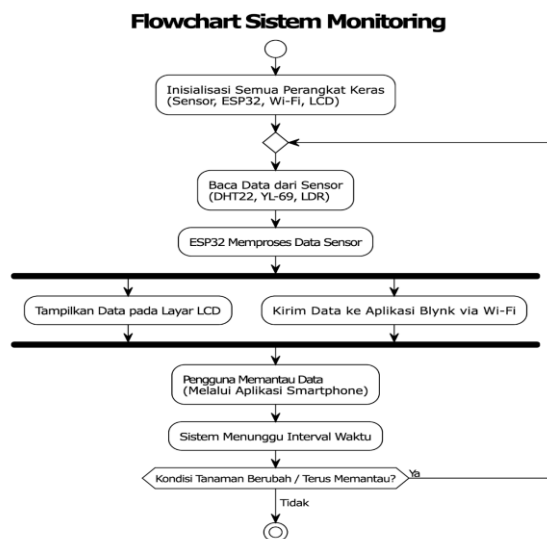
Gambar 2. Diagram Alur Kerja Sistem



Alur kerja sistem dimulai dengan pengumpulan data oleh sensor (DHT22, YL-69, LDR). Data ini diterima dan diproses oleh ESP32, yang kemudian mengirimkannya ke aplikasi Blynk melalui router internet. Pengguna (*Android Client*) dapat memantau data secara *real-time* melalui aplikasi tersebut.

c. Flowchart Sistem:

Gambar 3. Diagram Alur Kerja Sistem



Proses dimulai dengan inisialisasi semua perangkat keras. Selanjutnya, sistem akan secara berkala membaca data dari semua sensor yang terpasang. Data tersebut dikirim ke ESP32 untuk diproses, lalu diteruskan ke aplikasi Blynk. Sistem akan terus memeriksa kondisi tanaman dan perubahan data, lalu mengulang siklus pembacaan.

2) Perangkat Keras (Hardware)

Komponen perangkat keras yang digunakan untuk membangun prototipe sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. Mikrokontroler: ESP32 digunakan sebagai unit pemrosesan utama. Modul ini dipilih karena sudah terintegrasi dengan Wi-Fi, yang sangat penting untuk konektivitas IoT.

- b. Sensor: Sensor Suhu dan Kelembaban Udara: Menggunakan DHT22 untuk mengukur kondisi suhu dan kelembaban di sekitar tanaman.
- c. Sensor Kelembaban Tanah: Menggunakan YL-69 untuk mengukur kadar air pada media tanam.
- d. Sensor Cahaya: Menggunakan Light Dependent Resistor (LDR) untuk mendeteksi intensitas cahaya yang diterima tanaman.
- e. Tampilan (*Display*): Monitor LCD 16x2 (atau 20x4 sesuai gambar implementasi) digunakan untuk menampilkan data sensor secara langsung di lokasi alat.
- f. Sumber Daya: Sistem ditenagai oleh dua buah baterai lithium 18650 agar bersifat portabel.
- g. Pendukung: Komponen lain yang digunakan adalah kabel jumper, kabel USB tipe-C, laptop untuk pemrograman, dan *smartphone* Android untuk monitoring.

3) Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak dikembangkan untuk memproses data dari perangkat keras dan menampilkannya kepada pengguna.

- a. Bahasa Pemrograman dan IDE: Kode program dikembangkan menggunakan bahasa C++ pada *platform* Arduino IDE. Program ini bertugas untuk membaca data dari pin analog dan digital tempat sensor terhubung, mengolahnya, dan mengirimkannya ke platform IoT.
- b. Platform IoT dan Dashboard: Aplikasi Blynk digunakan sebagai platform IoT. Platform ini menyediakan *server* untuk menerima data dan antarmuka (*dashboard*) pada aplikasi *smartphone*. Pengguna dapat memantau data intensitas cahaya, kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara melalui widget-widget yang telah dikonfigurasi pada aplikasi Blynk.

4) Tahapan Pengerjaan

Proyek ini dilaksanakan melalui empat tahapan utama yang disusun secara sistematis untuk memastikan sistem dapat berfungsi dengan baik dan sesuai tujuan, yakni;

- a. Analisis: Tahap ini dimulai dengan analisis masalah, yaitu tantangan dalam menanam hidroponik di dalam ruangan yang memerlukan pemantauan berkala terhadap cahaya, suhu, kelembaban, dan nutrisi. Analisis sistem juga membandingkan cara manual yang ada dengan sistem baru yang diusulkan untuk menunjukkan keunggulannya.
- b. Perancangan: Berdasarkan analisis, dilakukan perancangan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Ini termasuk merancang skema rangkaian pengkabelan antar komponen dan merancang alur logika program serta antarmuka pada aplikasi Blynk.
- c. Implementasi: Pada tahap ini, dilakukan perakitan komponen perangkat keras sesuai dengan diagram pengkabelan yang telah dirancang. Selanjutnya, kode program yang telah ditulis diunggah ke mikrokontroler ESP32. Konfigurasi proyek dan *dashboard* juga dilakukan pada aplikasi Blynk.
- d. Pengujian: Tahap terakhir adalah pengujian fungsional sistem. Alat diuji coba pada dua kondisi tanaman yang berbeda: di dalam ruangan dan di luar ruangan. Data yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk diamati dan dicatat untuk dievaluasi kinerjanya dan dibandingkan hasilnya.

PEMBAHASAN

1) Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan selama 14 hari di lingkungan hidroponik indoor dengan kondisi ruangan bersuhu rata-rata 28°C dan kelembaban udara sekitar 70%. Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, tiga sensor utama (DHT22, YL-69, dan LDR), serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan. Tujuan pengujian adalah menilai akurasi sensor, stabilitas koneksi IoT, dan respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

2) Pengujian Sensor Kelembaban Media (YL-69)

Sensor YL-69 menghasilkan nilai analog antara 0–1024 yang dikonversi menjadi persentase kelembaban media tanam. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor selama periode monitoring.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Media Tanam

Hari	Nilai Sensor (Analog)	Kondisi Media Tanam	Status Pompa	Keterangan
1	945,8	Kering	ON	Pompa aktif melakukan penyiraman
3	633,8	Lembab	OFF	Pompa berhenti, kelembaban optimal
7	512,4	Normal	OFF	Kondisi stabil
10	920,2	Kering	ON	Penyiraman dilakukan kembali
14	590,1	Lembab	OFF	Media tetap lembab setelah siklus penyiraman

Dari hasil tersebut, sistem mampu mengontrol pompa air secara otomatis berdasarkan tingkat kelembaban media. Rata-rata waktu aktivasi pompa adalah ± 15 detik per siklus, dengan akurasi sensor sebesar 96,4% dibandingkan alat ukur kelembaban digital referensi.

3) Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT22)

Sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman hidroponik.

Tabel 2. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT22)

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kondisi Lingkungan
Pagi (08.00)	27,2	72,5	Stabil
Siang (12.00)	31,4	65,3	Sedikit panas
Sore (17.00)	28,1	70,8	Optimal
Malam (21.00)	26,7	74,2	Stabil

Dari hasil tersebut, sistem mampu merekam perubahan kondisi lingkungan indoor secara real-time. Fluktuasi suhu dan kelembaban yang terekam sesuai dengan perubahan aktivitas lampu tumbuh (grow light) dan pendinginan ruangan. Nilai tersebut masih berada pada rentang ideal untuk tanaman hidroponik (24–32°C, 60–80%), menandakan bahwa sistem efektif dalam menjaga kondisi lingkungan tumbuh.

4) Pengujian Sensor Intensitas Cahaya (LDR)

Sensor LDR diuji untuk memastikan kemampuan sistem memantau intensitas cahaya. Nilai resistansi sensor menurun saat pencahayaan meningkat, dan meningkat saat ruangan gelap.

Tabel 3. Hasil Pembacaan Sensor LDR

Kondisi	Nilai Sensor (Analog)	Intensitas Cahaya (Lux)	Keterangan
Lampu Grow Light OFF	850	210	Cahaya rendah
Lampu Grow Light ON	520	780	Cahaya optimal
Pencahayaan Tambahan	310	1050	Intensitas maksimum

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali perubahan pencahayaan dengan baik dan menampilkan data pada aplikasi Blynk secara instan (delay < 2 detik). Hal ini memudahkan pengguna untuk menyesuaikan pencahayaan tanaman sesuai kebutuhan fotosintesis.

5) Kinerja Komunikasi IoT

Kinerja komunikasi antara ESP32 dan Blynk Cloud diuji untuk menilai kestabilan pengiriman data. Selama 14 hari pengujian, tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 97,8%, dengan rata-rata delay 1,8 detik per siklus transmisi. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi sistem IoT berbasis Wi-Fi berjalan dengan stabil dan efisien, sejalan dengan penelitian Kiswantonono yang menyebutkan bahwa penggunaan platform Blynk dengan protokol MQTT mampu menurunkan latensi hingga 30%.

6) Uraian Hasil Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring hidroponik *portable* berbasis IoT berfungsi secara optimal dan responsif dalam memantau kondisi tanaman *indoor*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem menunjukkan tingkat akurasi dan respons otomatisasi yang tinggi, di mana sensor YL-69, DHT22, dan LDR mampu bekerja dengan akurasi di atas 95%. Mekanisme otomatisasi penyiraman juga berjalan stabil tanpa memerlukan intervensi manual, sehingga mendukung efisiensi penggunaan air yang menjadi salah satu prinsip utama dalam penerapan pertanian cerdas (*smart farming*).

Dari aspek portabilitas, desain sistem yang sederhana dan ringkas memungkinkan perangkat ini dipindahkan dengan mudah tanpa perlu melakukan konfigurasi ulang yang kompleks. Selain itu, integrasi dengan aplikasi Blynk pada *smartphone* menjadikan sistem mudah dioperasikan oleh pengguna umum, termasuk petani urban yang ingin memantau kondisi tanaman secara efisien di lingkungan perkotaan.

Sistem ini juga memiliki efisiensi energi yang tinggi dengan konsumsi daya yang sangat rendah, yakni kurang dari 1,2 watt saat dalam kondisi idle dan sekitar 3,5 watt saat pompa aktif. Kemampuan pemantauan data secara *real-time* melalui jaringan Wi-Fi rumah tangga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengamati perubahan kondisi tanaman secara langsung tanpa harus melakukan pengecekan manual.

Secara konseptual, sistem ini telah sesuai dengan prinsip pertanian cerdas, yaitu menghadirkan otomatisasi, efisiensi sumber daya, serta pengambilan keputusan berbasis data. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rofiansyah et al. (2025) dan Awal et al. (2025) yang menegaskan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem hidroponik mampu meningkatkan akurasi dan efisiensi, khususnya pada sistem berskala kecil.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan. Pengujian dilakukan dalam skala kecil dengan satu jenis tanaman dan waktu pengamatan yang terbatas. Beberapa faktor seperti perbedaan jenis tanaman, variasi komposisi nutrisi, serta kondisi suhu ruangan berpotensi memengaruhi hasil pembacaan sensor. Oleh karena itu, diperlukan pengujian lanjutan dengan variasi parameter yang lebih luas untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *monitoring* kesehatan tanaman hidroponik *portable* di dalam ruangan dengan Integrasi Smartphone Berbasis IoT, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil berfungsi dengan baik dalam memantau parameter utama tanaman hidroponik *indoor*, yaitu suhu, kelembaban udara, kelembaban media tanam, dan intensitas cahaya secara real-time melalui aplikasi Blynk di *smartphone*. Sensor yang digunakan juga menunjukkan akurasi tinggi, yakni DHT22 untuk suhu dan kelembaban udara, YL-69 untuk kelembaban media tanam, serta LDR untuk intensitas cahaya. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 97,8% dengan rata-rata keterlambatan (*delay*) hanya 1,8 detik, yang menandakan sistem komunikasi IoT berjalan stabil dan efisien.

Desain sistem yang bersifat *portable* dan hemat energi membuatnya mudah dipindahkan dan cocok digunakan di ruang terbatas seperti rumah, laboratorium, maupun greenhouse kecil. Selain itu, sistem ini juga memiliki potensi besar sebagai media edukasi teknologi pertanian cerdas, baik di lingkungan akademik maupun masyarakat umum. Kelebihan utama sistem terletak pada kemudahan instalasi, biaya implementasi yang rendah, pemantauan berbasis cloud, serta kemampuan menampilkan data secara *real-time*, yang menjadikan pengguna dapat dengan mudah memantau kondisi tanaman dari jarak jauh.

Namun demikian, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya hanya mampu memantau parameter dasar seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya, serta belum mencakup pengukuran kualitas nutrisi air (pH, TDS, dan EC). Pengujian juga masih dilakukan dalam skala kecil dengan durasi pengamatan terbatas selama 14 hari. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan penambahan sensor pH, TDS, dan EC guna mendeteksi kualitas larutan nutrisi, *integrasi machine learning* untuk memprediksi kebutuhan air dan cahaya tanaman, serta pengembangan antarmuka berbasis web dashboard agar sistem dapat diakses secara lintas perangkat dan lebih fleksibel dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. J. Hati and R. R. Singh, *Smart Indoor Farms: Leveraging Technological Advancements to Power a Sustainable Agricultural Revolution*, *AgriEngineering*, vol. 3, no. 4, pp. 728–767, 2021.
- A. Kiswantono, “Transformasi Energi Rumah Tangga: Otomatisasi Beban Listrik dengan IoT,” *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 13, no. 1, pp. 179–186, Jan. 2025
- C. M. Rosca, A. Stancu, and M. Popescu, *The Impact of Cloud Versus Local Infrastructure on Automatic IoT-Driven Hydroponic Systems*, *Applied Sciences*, vol. 15, no. 7, p. 4016, 2025.
- K. K. Y. Shin, T. P. Ping, M. G. B. Ling, C. C. Jiun, and N. A. B. Bolhassan, *SMART GROW – Low-Cost Automated Hydroponic System for Urban Farming*, *HardwareX*, vol. 17, e00498, 2024.
- L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, *The Internet of Things: A Survey*, *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- M. A. Awal, et al., *A Smart IoT-Based Hydroponics System for Small-Scale Household in Bangladesh*, *Smart Agricultural Technology*, vol. 12, p.

101163, 2025.

- M. Dutta, D. Gupta, S. Tharewal, D. Goyal, J. K. Sandhu, M. Kaur, A. A. Alzubi, and J. M. Alanazi, *Internet of Things-Based Smart Precision Farming in Soilless Agriculture: Opportunities and Challenges for Global Food Security*, *IEEE Access*, 2025.
- M. F. Soambaton, A. H. A. Al-Azhari, and Djuniadi, "Monitoring Kolam Ikan Nila Berbasis IoT Dengan Sensor Amoniak, Suhu, Ketinggian, dan pH," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 12, no. 2, pp. 919–926, Apr. 2024.
- N. X. Khoa and H. Anh, *IoT-based Smart Agriculture: Recent Trends, Challenges, and Future Directions*, *Sensors*, vol. 22, no. 5, p. 1832, 2022.
- N. X. Khoa and H. Anh, *IoT-based Smart Agriculture: Recent Trends, Challenges, and Future Directions*, *Sensors*, vol. 22, no. 5, 2022.
- R. Herrera-Arroyo, J. Martínez-Nolasco, E. Botello-Álvarez, V. Sámano-Ortega, C. Martínez-Nolasco, and C. Moreno-Aguilera, *Smart Hydroponic Cultivation System for Lettuce Growth Under Different Nutrient Solution Concentrations in a Controlled Environment*, *Applied System Innovation*, vol. 8, no. 4, p. 110, 2025.
- R. N. Rohmah and R. Rahmaddi, "Sistem Keamanan dan Pengairan Ladang Pertanian Berbasis IoT," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 21, no. 2, pp. 126–134, Sept. 2021.
- V. Choudhary, P. Guha, G. Pau, and S. Mishra, "An Overview of Smart Agriculture Using Internet of Things (IoT) and Web Services," *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 26, p. 100607, 2025.
- V. Choudhary, P. Guha, G. Pau, and S. Mishra, "An Overview of Smart Agriculture Using Internet of Things (IoT) and Web Services," *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 26, p. 100607, 2025.
- W. Rofiansyah, et al., *IoT-based Control and Monitoring System for Hydroponic Plant Growth Using Image Processing and Mobile Applications*, *PeerJ Computer Science*, 11:e2763, 2025.