

Prototype Sistem Kontrol Irigasi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things

Viko Andika, Almasri, Hendra Hidayat, Thamrin

Universitas Negeri Padang

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kec. Padang Utara, Kota Padang

Korespondensi penulis: andikaviko06@gmail.com

Abstract. Irrigation management in hydroponic systems is still widely performed manually, making it less effective in maintaining growing media moisture, nutrient solution pH stability, and water availability in the reservoir. Based on these issues, this study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based hydroponic irrigation control system prototype using the ESP32 microcontroller. The proposed system integrates three sensors: a capacitive soil moisture sensor to measure the moisture level of the growing medium, a pH sensor to monitor the acidity of the nutrient solution, and an HC-SR04 ultrasonic sensor to measure the water level in the reservoir. The data collected from these sensors are processed by the ESP32 through a program developed using the Arduino IDE. The processed data are then used to control a 12 V DC motor via a relay module, enabling the irrigation pump to be automatically activated or deactivated based on a predetermined soil moisture threshold. Furthermore, the monitoring data are transmitted in real time to the Blynk application, allowing users to remotely monitor the system's condition. The results of the design, implementation, and testing demonstrate that both the hardware and software components function according to the intended design. The system is capable of monitoring the moisture level of the growing medium, the pH value of the nutrient solution, and the reservoir water level in real time while automatically controlling the irrigation process. Therefore, the developed prototype is considered capable of improving the effectiveness and efficiency of hydroponic irrigation management while reducing dependence on manual irrigation practices.

Keywords: Internet of Things (IoT), Hydroponics, Irrigation Control System

Abstrak. Pengelolaan irigasi pada sistem hidroponik hingga saat ini masih banyak dilakukan secara manual, sehingga dinilai kurang efektif dalam menjaga kelembaban media tanam, kestabilan pH larutan nutrisi, serta ketersediaan air pada reservoir. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem kendali irigasi tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan tiga jenis sensor, yaitu sensor soil moisture kapasitif yang berfungsi mengukur tingkat kelembaban media tanam, sensor pH yang digunakan untuk memantau derajat keasaman larutan nutrisi, serta sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi mengukur ketinggian air pada reservoir. Data yang diperoleh dari ketiga sensor tersebut selanjutnya diproses oleh ESP32 melalui program yang dikembangkan menggunakan Arduino IDE. Hasil pemrosesan data tersebut kemudian dijadikan dasar dalam pengendalian motor DC 12 V melalui modul relay, guna mengaktifkan atau menonaktifkan pompa irigasi secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas kelembaban yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu, data hasil pemantauan juga dikirimkan secara real-time ke aplikasi Blynk sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara jarak jauh oleh pengguna. Hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras maupun perangkat lunak dapat berfungsi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Sistem terbukti mampu melakukan pemantauan terhadap kelembaban media tanam, nilai pH larutan nutrisi, serta ketinggian air secara real-time, sekaligus mengendalikan proses irigasi secara otomatis. Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan dalam penelitian ini dinilai mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan irigasi hidroponik, sekaligus mengurangi tingkat ketergantungan terhadap proses penyiraman yang dilakukan secara manual.

Kata Kunci: Internet of Things (IoT), Hidroponik, Sistem Kontrol Irigasi

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang pertanian telah mendorong penerapan sistem budidaya yang lebih efisien, salah satunya melalui penerapan metode hidroponik. Sistem hidroponik

banyak diterapkan sebagai alternatif budidaya karena dinilai mampu mengatasi keterbatasan lahan sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi (Sari et al., 2024). Meskipun demikian, keberhasilan budidaya hidroponik sangat ditentukan oleh ketepatan pengelolaan irigasi, khususnya dalam menjaga kelembaban media tanam, kestabilan pH larutan nutrisi, serta ketersediaan air pada reservoir. Pada kenyataannya, pemantauan terhadap ketiga parameter tersebut masih banyak dilakukan secara manual sehingga kurang efektif dan berisiko menimbulkan kesalahan dalam pengambilan keputusan (Wardhana et al., 2025).

Sistem penyiraman yang masih bergantung pada jadwal tetap atau pengamatan manual belum mampu menyesuaikan diri dengan kondisi aktual media tanam (Wardhana et al., 2025). Hal ini dapat mengakibatkan pemberian air yang berlebihan atau justru kekurangan, sehingga berdampak pada terganggunya proses penyerapan nutrisi, terhambatnya pertumbuhan tanaman, bahkan meningkatnya risiko kegagalan panen (Darmawan et al., 2026). Dengan demikian, dibutuhkan suatu sistem yang mampu memantau kondisi tanaman secara berkelanjutan sekaligus mengendalikan proses irigasi secara otomatis berdasarkan kondisi riil di lapangan.

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang bagi pengembangan sistem pertanian cerdas melalui integrasi sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet. Dalam hal ini, mikrokontroler ESP32 banyak dipilih sebagai pusat pengendali karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang memadai serta telah dilengkapi konektivitas Wi-Fi (Nandika & Amrina, 2021). Melalui pemanfaatan sensor soil moisture, sensor pH, dan sensor ultrasonik, sistem dapat melakukan akuisisi data secara real-time yang kemudian diolah untuk mengendalikan pompa irigasi secara otomatis sesuai dengan kebutuhan tanaman (Mubarak et al., 2026). Di samping itu, data hasil pemantauan dapat dikirimkan ke platform IoT sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dari jarak jauh.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT pada budidaya hidroponik. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengendalian berdasarkan satu atau dua parameter saja, sehingga belum memberikan pemantauan yang bersifat komprehensif. Integrasi pemantauan kelembaban media tanam, kadar pH larutan nutrisi, dan ketinggian air reservoir dalam satu sistem kendali masih tergolong terbatas. Selain itu, penerapan sensor kelembaban tipe kapasitif yang lebih tahan terhadap korosi juga belum banyak dijumpai dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem yang mampu mengintegrasikan ketiga parameter tersebut dalam satu platform berbasis IoT guna meningkatkan akurasi pemantauan sekaligus efektivitas pengendalian irigasi.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe sistem kendali irigasi tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor soil moisture kapasitif, sensor pH, dan sensor ultrasonik guna memantau kondisi media tanam dan reservoir secara real-time. Data yang diperoleh dari ketiga sensor tersebut digunakan sebagai dasar pengendalian pompa air secara otomatis melalui relay, serta ditampilkan melalui aplikasi Blynk sebagai media pemantauan jarak jauh. Melalui perancangan ini, diharapkan sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan irigasi, efisiensi penggunaan air, serta mempermudah proses pemantauan pada kegiatan budidaya hidroponik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Waterfall. Model Waterfall merupakan metode pengembangan sistem yang dilakukan secara bertahap dan berurutan, dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, hingga pemeliharaan sistem (Pressman, 2015). Pada penelitian ini, metode Waterfall dipilih karena memberikan alur pengembangan yang sistematis sehingga memudahkan proses perancangan prototipe sistem kontrol irigasi tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT).

Tahapan pertama adalah analisis kebutuhan, yaitu mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem. Perangkat keras terdiri atas mikrokontroler ESP32, sensor soil moisture kapasitif sebagai pendeteksi kelembaban media tanam, sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman larutan nutrisi, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air pada reservoir, modul relay, motor DC 12 V sebagai aktuator pompa air, LCD 16x2, modul step-down LM2596, dan catu daya 12 V. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE sebagai media pemrograman, Blynk sebagai platform monitoring berbasis IoT, dan Fritzing sebagai perangkat lunak perancangan rangkaian.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang meliputi penyusunan blok diagram, flowchart, serta skema rangkaian. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data dari sensor soil moisture, sensor pH, dan sensor ultrasonik. Data yang diperoleh diproses berdasarkan algoritma yang telah diprogram menggunakan Arduino IDE, kemudian digunakan untuk mengendalikan relay sehingga motor DC sebagai pompa irigasi dapat bekerja secara otomatis sesuai kondisi kelembaban media tanam. Selanjutnya, data hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju aplikasi Blynk sehingga dapat dipantau secara real-time menggunakan smartphone (Nandika & Amrina, 2021).

Tahap implementasi dilakukan dengan merealisasikan seluruh rancangan menjadi sebuah prototipe sistem kontrol irigasi hidroponik berbasis IoT. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem untuk mengetahui kinerja setiap sensor, komunikasi data, dan aktuator. Pengujian meliputi pembacaan nilai kelembaban media tanam, pengukuran pH larutan nutrisi, pengukuran ketinggian air pada reservoir, pengiriman data ke aplikasi Blynk, serta pengujian otomatisasi pompa air berdasarkan nilai ambang kelembaban media tanam. Hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan monitoring dan pengendalian irigasi secara otomatis.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Prototype

Perancangan menghasilkan prototipe sistem kendali irigasi otomatis tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menerapkan metode *Nutrient Film Technique* (NFT), di mana larutan nutrisi disirkulasikan secara kontinu dari tandon menuju pipa hidroponik menggunakan pompa dan kembali ke tandon melalui rangkaian pipa PVC dan selang. Sistem ini dilengkapi *box control* sebagai wadah komponen elektronika yang berfungsi mengendalikan dan memantau kinerja keseluruhan sistem.



ESP32 DevKit V1 sebagai pengendali utama mengintegrasikan sensor *soil moisture*, pH, ultrasonik HC-SR04, relay, LCD 16x2, dan pompa DC 12 V untuk memantau serta mengendalikan sistem hidroponik secara otomatis.

Hasil Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan untuk mengukur tingkat keasaman larutan nutrisi dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada beberapa nilai pH terhadap pH meter.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Larutan Uji	Terbaca di pH meter	Terbaca di Sensor pH	Kondisi	Error
1	pH 4.01	4.10	4.06	Asam	0,04
2	pH 6.86	6.90	7.15	Netral	0,25
3	pH 9.18	9.40	8.24	Basa	1,16

Nilai analog meningkat seiring naiknya permukaan air, menunjukkan sensor bekerja stabil sebagai pendukung sensor utama.

Hasil Pengujian Sensor *Soil Moisture*

Pengujian sensor *soil moisture* dilakukan untuk mendeteksi kelembapan media tanam dan mengendalikan pompa secara otomatis dengan batas kelembapan 40%. Nilai kelembapan 0–39% mengaktifkan pompa (ON), sedangkan 40–100% menonaktifkan pompa (OFF).

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *Soil Moisture*

No	Media Tanam	Sensor %	Ketinggian Air
1	Kering	< 40	On
2	Lembab / Cukup	≥ 40	Off

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengendalikan pompa secara otomatis berdasarkan nilai kelembapan media tanam yang dibaca sensor *soil moisture*.

Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap ketinggian air aktual untuk menentukan kondisi ketersediaan air pada tandon nutrisi.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Jarak Air ke Sensor (cm)	Kondisi Air	Status
1	> 5 cm – 10 cm	Safe	Aman
2	< 3,5 cm – 5 cm	Warning	Siaga
3	< 3,5 cm	Danger	Bahaya

Berdasarkan hasil pengujian, sensor ultrasonik mampu mendeteksi ketinggian air tandon dan menampilkan datanya melalui LCD serta Blynk untuk memantau ketersediaan air pada sistem hidroponik.

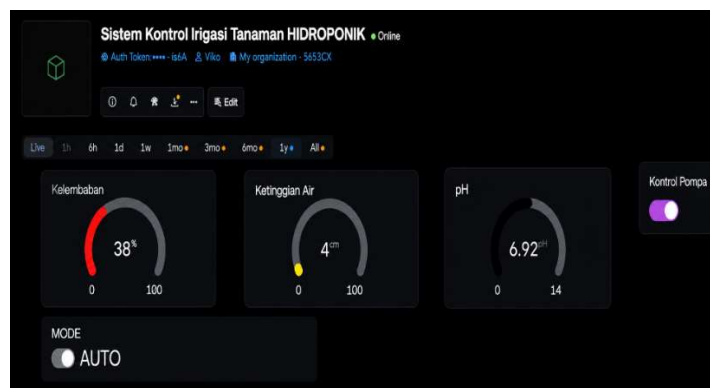
Hasil Pengujian LCD

Pengujian LCD 16×2 dilakukan untuk memastikan bahwa informasi hasil pembacaan sensor serta status sistem dapat ditampilkan dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD mampu menampilkan informasi tersebut secara akurat, termasuk peringatan ketika kondisi air pada tandon telah habis.



Hasil Pengujian Blynk

Pengujian platform Blynk menunjukkan bahwa ESP32 berhasil terhubung untuk melakukan pemantauan dan pengendalian sistem melalui jaringan internet. Dashboard Blynk menampilkan kelembapan 38%, ketinggian air 4 cm, pH 6,92, serta mode AUTO dan kontrol pompa.



Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi Blynk mampu menampilkan data sensor secara *real-time* melalui jaringan internet, serta mendukung fungsi pemantauan dan pengendalian pompa pada sistem hidroponik secara jarak jauh.

Hasil Pengujian Keseluruhan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, prototipe sistem kendali irigasi hidroponik berbasis IoT berhasil mengintegrasikan ESP32 dengan sensor *soil moisture*, sensor pH, sensor ultrasonik, LCD, relay, pompa, serta aplikasi Blynk guna melakukan pemantauan dan pengendalian sistem secara otomatis. Sistem ini menerapkan batas ambang kelembapan sebesar 40%, dengan ketentuan pompa akan aktif pada rentang nilai 0–39% dan nonaktif pada rentang 40–100%, sementara sensor pH dan sensor ultrasonik masing-masing berfungsi memantau kondisi larutan nutrisi dan ketinggian air pada tandon. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH mampu mendeteksi kondisi larutan secara akurat, baik dalam kategori asam, netral, maupun basa, sedangkan LCD dan Blynk mampu menampilkan informasi sistem secara baik serta mendukung fungsi pengendalian pompa. Dengan demikian, prototipe yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian irigasi hidroponik berbasis IoT sebagaimana yang diharapkan.

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, prototipe sistem kendali irigasi hidroponik berbasis IoT telah berfungsi sesuai rancangan. ESP32 mengintegrasikan sensor *soil moisture*, sensor pH, sensor ultrasonik HC-SR04, relay, LCD 16×2, pompa DC 12 V, dan Blynk. Pompa dikendalikan berdasarkan ambang kelembapan 40%, yaitu ON pada 0–39% dan OFF pada 40–100%, sedangkan sensor pH dan ultrasonik digunakan untuk memantau kondisi larutan nutrisi dan ketinggian air secara *real-time* melalui LCD dan Blynk (Nandika & Amrina, 2021). Dengan

demikian, sistem mampu melakukan pemantauan dan pengendalian irigasi hidroponik secara otomatis. Sistem yang dibangun mampu :

- a. Mendeteksi kelembapan media tanam secara *real-time*
- b. Memantau nilai pH larutan nutrisi
- c. Mendeteksi ketinggian air pada tandon nutrisi
- d. Mengendalikan pompa irigasi secara otomatis berdasarkan nilai kelembapan
- e. Menampilkan data hasil pemantauan melalui LCD 16x2 dan aplikasi Blynk secara *real-time*.

Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian irigasi tanaman hidroponik secara otomatis berbasis IoT, sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, prototipe sistem kontrol irigasi hidroponik berbasis IoT menggunakan ESP32 telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu mengintegrasikan sensor *soil moisture*, sensor pH, sensor ultrasonik HC-SR04, relay, LCD, pompa DC 12 V, serta aplikasi Blynk guna melakukan monitoring dan kontrol irigasi secara otomatis. Pompa dinyatakan aktif pada rentang kelembapan 0–39% dan nonaktif pada rentang 40–100%, sedangkan sensor pH dan sensor ultrasonik mampu memantau kondisi larutan nutrisi serta ketinggian air secara *real-time*. Dengan demikian, sistem yang dibangun telah berfungsi sesuai dengan rancangan dan tujuan penelitian yang ditetapkan. Disarankan agar pengembangan selanjutnya meningkatkan akurasi dan ketahanan sensor, menambahkan fitur notifikasi otomatis pada aplikasi Blynk, serta menggunakan sumber daya listrik alternatif seperti panel surya agar sistem lebih efisien, stabil, dan dapat diterapkan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, T. R., Achmad, J., Setiawan, W., Widiyanti, A. K., & Marshanda, N. I. (2026). Designing an Internet of Things (IoT)-Based Smart Irrigation System for Kampunganyar Village, Banyuwangi. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering (JCoSITTE)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/jcositte.v7i1.27093>
- Mubarak, M. F., Alfiantika, N., Simarmata, J. P., & Suryanto, E. D. (2026). Rancang Bangun Sistem Penyiraman Nutrisi Otomatis Berbasis ESP32 dan IoT Blynk untuk Kebutuhan Tanaman Selada Hidroponik Drip. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik (JMIA)*.
- Nandika, R., & Amrina, E. (2021). *Sistem Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v4i1.3253>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2015). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education
- Sari, D. P., Sari, D. P., Kusumanto, R., & Mardiyansah. (2024). Sistem Kendali Irigasi Otomatis Pada Pertanian Hidroponik Vertikal Dengan Metode Internet of Things (IoT). *Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems*. <https://doi.org/https://doi.org/10.52158/jasens.v4i2.915>
- Wardhana, A. S., Ferdiansyah, M., & K, S. K. (2025). Desain dan Prototipe Integrasi IoT dalam Pertanian Hidroponik Cerdas Berbasis Energi Terbarukan. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*. <https://doi.org/https://doi.org/10.35870/jimik.v6i1.1134>