

Perancangan Sistem Irigasi Pintar Berbasis ESP32 dengan Penjadwalan RTC dan Integrasi Firebase

Fira Marganingsih¹, Visnorcha Lazuardi¹

¹ Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika, Politeknik Negeri Lampung, Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika, Politeknik Negeri Lampung, 35141, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Dikirim: 20 Januari 2026

Revisi: 25 Februari 2026

Terbit: 28 Februari 2026

KATA KUNCI

ESP32, Irigasi Pintar, RTC, Firebase, Internet of Things.

KORESPONDEN

E-mail: firmarga03@gmail.com

ABSTRACT

Perawatan tanaman sering menghadapi kendala berupa penyiraman yang tidak konsisten akibat keterbatasan waktu dan ketergantungan pada pengawasan manual. Kondisi ini dapat menyebabkan tanaman mengalami kekeringan atau kelebihan air yang berdampak pada penurunan kualitas dan kesehatan tanaman. Selain itu, sistem penyiraman konvensional umumnya belum memanfaatkan pengendalian waktu yang presisi. Penelitian ini menawarkan solusi melalui perancangan sistem irigasi pintar berbasis ESP32 dengan penjadwalan otomatis menggunakan *Real Time Clock* (RTC) sebagai pengendali utama penyiraman. Sistem pada penelitian ini juga terintegrasi dengan *Firebase* sebagai media monitoring untuk menampilkan status sistem secara daring dan *real-time*.

Kontribusi penelitian terletak pada pemanfaatan RTC sebagai penentu utama jadwal penyiraman yang stabil dan konsisten, serta integrasi monitoring berbasis *cloud* untuk memudahkan pemantauan sistem. Sistem dirancang khusus untuk lingkungan *indoor* dengan kebutuhan penyiraman terjadwal. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras yang terdiri dari ESP32, modul RTC DS3231, relay, pompa air, dan *solenoid valve*, serta perancangan perangkat lunak untuk pengaturan jadwal penyiraman. Pendekatan implementatif diterapkan dengan RTC sebagai pengatur waktu utama, sedangkan sensor soil moisture digunakan sebagai indikator kondisi tanah sebelum dan sesudah penyiraman.

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menjalankan penyiraman otomatis sesuai jadwal dengan ketepatan waktu yang baik. Relay dan pompa air bekerja sesuai durasi yang ditentukan, serta kelembaban tanah meningkat setelah penyiraman. Informasi waktu dan status sistem berhasil ditampilkan secara *real-time* melalui *Firebase*. Sistem menunjukkan kinerja stabil tanpa ketergantungan penuh pada sensor sebagai pemicu utama, sehingga mampu mendukung perawatan tanaman secara terjadwal, konsisten, dan efisien dengan intervensi manual minimal.

PENDAHULUAN

Dalam lima tahun terakhir, penerapan *Internet of Things* (IoT) pada sistem irigasi berkembang sebagai pendekatan untuk mendukung otomasi penyiraman dan pemantauan kondisi tanaman secara daring [1], [2]. Integrasi perangkat kendali, sensor, dan platform cloud memungkinkan proses penyiraman dilakukan secara lebih terstruktur serta mudah dipantau [3].

Penggunaan mikrokontroler ESP32 banyak diterapkan pada sistem irigasi pintar karena mendukung komunikasi nirkabel terintegrasi dan memungkinkan konektivitas langsung dengan platform cloud [1], [4]. Selain itu, penerapan penjadwalan berbasis *Real Time Clock* (RTC) memberikan kestabilan waktu operasi sistem, sehingga proses penyiraman tidak bergantung sepenuhnya pada koneksi internet [5], [6].

Di sisi lain, pemanfaatan energi surya sebagai sumber catu daya menjadi solusi untuk mendukung sistem irigasi yang mandiri dan ramah lingkungan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi bertenaga surya mampu mengurangi ketergantungan terhadap sumber listrik konvensional serta mendukung keberlanjutan operasional sistem [7], [8].

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah dilakukan, sebagian besar implementasi sistem irigasi pintar masih difokuskan pada

lahan pertanian atau area terbuka. Penelitian terkait penerapan sistem irigasi pintar pada ruang terbatas, seperti ruang dosen di lingkungan akademik, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pengembangan sistem irigasi pintar berbasis ESP32 dengan penjadwalan RTC, monitoring kelembaban tanah menggunakan *Firebase*, serta dukungan catu daya energi surya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif penerapan teknologi IoT dan energi terbarukan pada lingkungan akademik dengan kebutuhan penyiraman yang sederhana dan terkontrol.

METODE

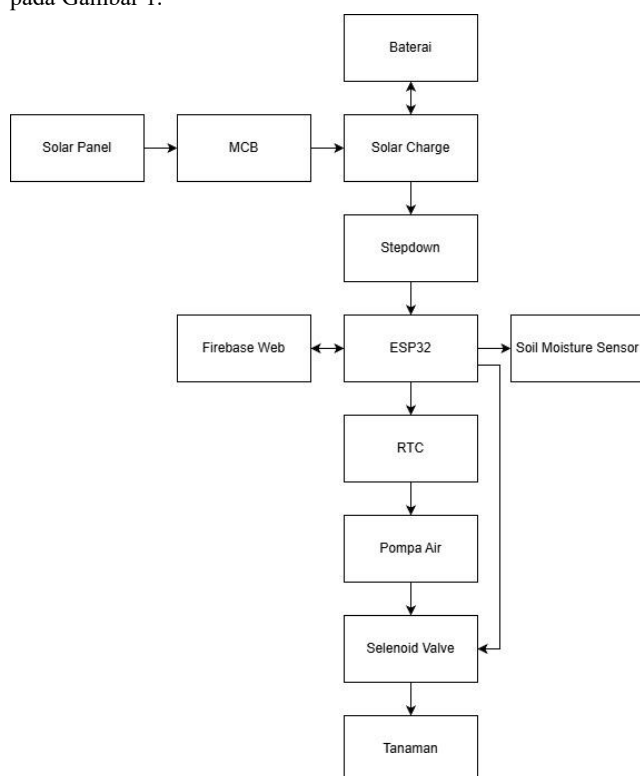
Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa sistem irigasi pintar dan mengevaluasi proses pengembangannya hingga dapat diimplementasikan secara fungsional. Pendekatan R&D banyak digunakan pada penelitian pengembangan sistem IoT karena mencakup tahapan perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem secara sistematis [9], [10].

2.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem mengacu pada diagram blok sistem irigasi pintar. Sistem diawali dari panel surya sebagai sumber energi utama yang menghasilkan energi listrik. Energi tersebut dialirkan melalui perangkat pengaman dan *solar charge controller* untuk mengatur proses pengisian serta distribusi daya ke baterai.

Tegangan dari baterai kemudian diturunkan menggunakan modul *step-down* agar sesuai dengan kebutuhan kerja mikrokontroler dan komponen pendukung.

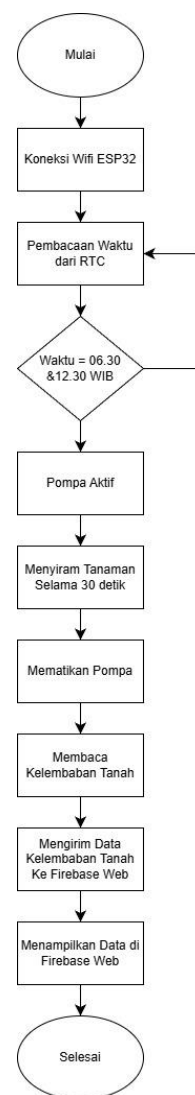
Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang menerima masukan dari sensor kelembapan tanah dan modul RTC. Berdasarkan logika sistem, ESP32 mengendalikan pompa air dan *solenoid valve* untuk mengatur aliran air menuju tanaman. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke *Firestore* melalui koneksi Wi-Fi untuk keperluan monitoring [11], [12]. Arsitektur sistem irigasi pintar dirancang seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem irigasi pintar berbasis ESP32

2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak mengacu pada *flowchart* alur kerja sistem. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem dan koneksi Wi-Fi. Selanjutnya, sistem membaca waktu aktual dari modul RTC. Apabila waktu sesuai dengan jadwal penyiraman yang telah ditentukan, maka ESP32 mengaktifkan pompa air. Setelah proses penyiraman selesai, sistem membaca nilai kelembapan tanah dan mengirimkan data tersebut ke *Firestore* untuk ditampilkan sebagai informasi monitoring. Alur kerja sistem irigasi pintar mengikuti tahapan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart alur kerja sistem irigasi pintar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil pengembangan dan pengujian sistem irigasi berbasis ESP32 yang dikendalikan menggunakan penjadwalan waktu melalui modul *Real Time Clock* (RTC) serta terintegrasi dengan platform *Firestore* sebagai media monitoring dan pencatatan data. Pembahasan difokuskan pada kinerja sistem penjadwalan penyiraman, respons aktuator berdasarkan waktu yang telah ditentukan, serta pengiriman data status sistem dan kelembapan tanah ke *Firestore* secara *real-time*. Sensor kelembapan tanah digunakan sebagai indikator pendukung untuk memberikan informasi kondisi tanah pada sistem.

3.1 Spesifikasi Sistem Irigasi Pintar

Hasil pengembangan sistem irigasi pintar ditunjukkan melalui spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah, modul RTC, serta platform monitoring berbasis *cloud Firestore*. Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan *real-time* dalam mengontrol penyiraman tanaman [13].

Spesifikasi sistem irigasi pintar yang dikembangkan dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem Irigasi Pintar

No.	Komponen	Spesifikasi / Keterangan
1	Mikrokontroler	ESP32 sebagai pusat kendali sistem
2	Sensor Kelembapan Tanah	Digunakan untuk memantau kondisi kelembapan media tanam
3	Modul RTC	Mengatur jadwal penyiraman secara otomatis
4	Pompa Air DC	Menyalurkan air ke tanaman sesuai perintah sistem
5	Solenoid Valve	Mengontrol aliran air menuju tanaman
6	Panel Surya	Sumber energi utama sistem
7	Baterai	Menyimpan energi listrik dari panel surya
8	Firebase	Media monitoring dan penyimpanan data berbasis cloud

Berdasarkan Tabel 1, Penggunaan ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel yang baik serta konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga sesuai untuk sistem IoT berbasis energi surya [14]. *Firebase* berfungsi sebagai media penyimpanan data dan monitoring jarak jauh yang memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem secara daring.

3.2 Implementasi Penjadwalan Penyiraman Menggunakan RTC

Sub bab ini membahas implementasi penjadwalan penyiraman tanaman menggunakan modul *Real Time Clock* (RTC) sebagai pengendali utama waktu operasi sistem irigasi. RTC berfungsi untuk memastikan proses penyiraman berlangsung sesuai jadwal yang telah ditentukan tanpa bergantung pada koneksi internet maupun kondisi sensor secara langsung. Penjadwalan penyiraman pada sistem irigasi ini ditentukan berdasarkan waktu yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman di ruang dosen. Modul RTC digunakan untuk menyimpan dan menjalankan jadwal penyiraman secara otomatis. Parameter penjadwalan penyiraman yang digunakan pada sistem ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Sistem Irigasi Pintar

No.	Parameter	Nilai
1	Modul RTC	DS3231
2	Waktu Penyiraman	06.30 & 12.30
3	Durasi Penyiraman	50 detik
4	Frekuensi	2 kali per hari
5	Jumlah pot	6 pot
6	Metode kontrol	Penjadwalan waktu (RTC)

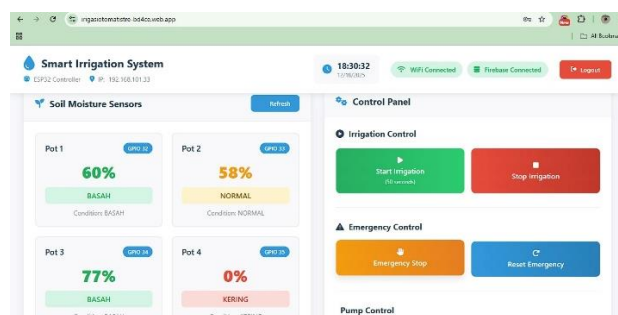
Berdasarkan Tabel 2, sistem irigasi dikonfigurasi untuk melakukan penyiraman secara terjadwal satu kali dalam sehari dengan durasi tertentu. Konfigurasi ini memungkinkan proses penyiraman berlangsung secara konsisten tanpa memerlukan intervensi manual. Penggunaan RTC sebagai pengendali waktu memastikan ketepatan pelaksanaan jadwal penyiraman pada sistem.

3.3 Integrasi Firebase sebagai Media Monitoring Sistem

Sistem irigasi pintar yang dikembangkan kemudian diimplementasikan pada ruang dosen Program Subbab ini membahas integrasi *Firebase Realtime Database* sebagai media monitoring pada sistem irigasi berbasis ESP32. *Firebase* digunakan untuk menampilkan dan menyimpan data kondisi sistem secara *real-time*, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan tanpa harus berada langsung di lokasi perangkat.

Data yang dikirimkan ke *Firebase* meliputi informasi waktu penyiraman berdasarkan penjadwalan RTC, status pompa air, status solenoid valve pada setiap pot, serta nilai kelembapan tanah yang dibaca oleh sensor *soil moisture*. Data tersebut diperbarui secara berkala dan disimpan sebagai dokumentasi aktivitas sistem irigasi.

Pada sistem ini, *Firebase* tidak berperan sebagai pengendali utama penyiraman, melainkan sebagai sarana monitoring dan pencatatan data. Dengan demikian, meskipun terjadi gangguan koneksi internet, sistem irigasi tetap dapat beroperasi secara normal berdasarkan penjadwalan waktu yang diatur oleh RTC.

**Gambar 3.** Dashboard *Firebase*

Berdasarkan Gambar 3, dashboard *Firebase Realtime Database* menampilkan hasil monitoring sistem irigasi pintar secara *real-time*. Informasi yang disajikan meliputi nilai kelembapan tanah pada setiap pot, status kondisi tanah (basah, normal, atau kering), serta status pompa dan sistem penyiraman. Data tersebut diperbarui secara otomatis oleh ESP32 dan disinkronkan ke *Firebase* sebagai media pemantauan jarak jauh. Integrasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi tanaman dan memastikan proses penyiraman berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan oleh modul RTC. Selain itu, implementasi sistem juga memiliki nilai edukatif sebagai media pembelajaran berbasis proyek pada bidang *Internet of Things* dan elektronika terapan [15].

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem irigasi pintar berbasis ESP32 dengan penjadwalan RTC dan integrasi *Firebase* menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Sistem yang dikembangkan mampu menjalankan fungsi penyiraman terjadwal serta menyediakan informasi kondisi kelembapan tanah melalui platform monitoring daring. Implementasi sistem menunjukkan bahwa sistem ini aplikatif untuk lingkungan akademik dan mendukung penerapan teknologi IoT serta energi terbarukan. Pengembangan selanjutnya dapat

diarahkan pada penambahan fitur kontrol adaptif dan peningkatan visualisasi data monitoring.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika Politeknik Negeri Lampung atas dukungan fasilitas dan pendampingan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. P. Pereira and M. Z. Chaari, "IoT IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32," pp. 221–243, 2023.
- [2] D. Vallejo-g, M. Osorio, and C. A. Hincapi, "Smart Irrigation Systems in Agriculture : A Systematic Review," pp. 1–25, 2023.
- [3] A. F. Ardianto, E. S. Rahmasari, and A. P. Pratama, "Smart Irrigation System Berbasis IoT dengan Sensor Soil Moisture dan DHT22 Menggunakan Sumber Daya Terbarukan," pp. 500–511, 2025.
- [4] Pamungkas, "Jurnal Rizky Pamungkas Repository FUZZY (3)," 2025.
- [5] F. Marinus, B. Yulianti, and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Berdasarkan Waktu Menggunakan Rtc Berbasis Arduino Uno Pada Tanaman Tomat," *J. Univ. Suryadarma*, vol. 9, no. 1, pp. 78–89, 2020.
- [6] M. I. Hasani and S. Wulandari, "Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Mobile," *Ilk. J. Comput. Sci. Appl. Informatics*, vol. 5, no. 3, pp. 149–161, 2023, doi: 10.28926/ilkomnika.v5i3.573.
- [7] M. Zia *et al.*, "Classification of Skin Cancer Lesions Using Explainable Deep Learning," pp. 1–14, 2022.
- [8] K. Quzwain, A. Ismail, and N. M. Rizka, "Implementation of double-layer loaded on octagon microstrip yagi antenna," vol. 10, no. 6, pp. 3289–3296, 2021, doi: 10.11591/eei.v10i6.3193.
- [9] E. E. Hassan, L. L. Chung, M. F. Sulaima, N. Bahaman, and A. F. A. Kadir, "Smart irrigation system with photovoltaic supply," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, no. 1, pp. 29–41, 2022, doi: 10.11591/eei.v11i1.3338.
- [10] A. Yunan, S. Safriati, and H. Hermalinda, "Teknik Penyiraman Tanaman Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 331–337, 2022, doi: 10.47065/josh.v3i3.1480.
- [11] P. Liana, M. U. Harun, A. Rasyid, P. Elektronika, and N. Surabaya, "Development of IoT-based Drip Irrigation System for Tobacco Crops Using Fuzzy Logic: A Case Study in Indonesian Agriculture," vol. 19, no. 2, pp. 249–265, 2025.
- [12] H. Juanto and B. Nugroho, "Pengembangan Model Aplikasi Smart Farming Berbasis Internet Of Things (Iot)," no. x, pp. 42–49, 2020.
- [13] D. Westari and S. Ilman, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32 , Moisture Sensor , DHT22 Sensor dan Blynk," vol. 3, pp. 314–321, 2024.
- [14] H. Y. Saputri, U. Fatimah, S. Pane, and A. Syahputri, "Implementasi Teknik Counter pada Sistem Penyiraman

Otomatis Tanaman Bunga Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 4, pp. 79–87, 2025.

- [15] S. U. Haj, R. T. Adek, and R. Suwanda, "Implementasi Sistem Irigasi Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Optimasi Penggunaan Air Pada Pertanian," pp. 338–347, 2025, doi: 10.47002/metik.v9i2.1123.

NOMENKLATUR

V	Tegangan Listrik (<i>Voltage</i>)	<i>Volt (V)</i>
I	Arus Listrik (<i>Current</i>)	<i>Ampere (A)</i>
R	Hambatan (<i>Resistance</i>)	<i>Ohm (Ω)</i>