

Tani Terkini: Sistem Monitoring dan Kontrol Pertanian Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32

Iin Darmiyati¹, M Abdy Saputra², Andi Maulana³, George
Nathaniel Putra Aribowo⁴, Ain Sahara⁵, Fitri Oktafiani^{6*}

^{1,2,3,4,5,6} Teknik Instrumentasi dan Elektronika Migas, Sekolah Tinggi
Teknologi Migas, Balikpapan, Kalimantan Timur

*Email: oktafianifitri@gmail.com

Abstract

This study presents the design and implementation of an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system using an ESP32 microcontroller. The system is developed to monitor environmental conditions through a DHT22 sensor for air temperature and humidity measurement, as well as a pH sensor to determine the acidity level of the medium. Sensor data are transmitted to a web-based application and displayed in real time in the form of numerical values and graphical representations to facilitate user observation. In addition to monitoring functions, the system incorporates relay-based control to operate a fan and an aerator in both manual and automatic modes. System testing was conducted to evaluate the performance of sensor data acquisition and the execution of control commands. The test results indicate that the system is able to reliably read sensor data and perform control operations as intended. This system is expected to serve as a learning platform for understanding basic IoT implementation and simple control systems in agricultural applications.

Keywords: Internet of Things (IoT), ESP32, Environmental Monitoring, pH Sensor, Control System

Abstrak

Penelitian ini membahas perancangan sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem dirancang untuk memantau kondisi lingkungan melalui sensor DHT22 yang mengukur suhu dan kelembapan udara serta sensor pH untuk mengetahui tingkat keasaman media. Data sensor dikirimkan ke aplikasi web dan ditampilkan secara real-time dalam bentuk nilai dan grafik sehingga mudah diamati oleh pengguna. Selain fungsi monitoring, sistem ini dilengkapi dengan kontrol relay untuk mengendalikan kipas dan aerator secara manual maupun otomatis. Pengujian dilakukan untuk melihat kemampuan sistem dalam membaca data sensor dan menjalankan kontrol sesuai perintah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dan stabil dalam menampilkan data serta mengendalikan perangkat keluaran. Sistem ini diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran dalam memahami penerapan dasar dan sistem kontrol sederhana di bidang pertanian.

Kata Kunci: Internet of Things (IoT), ESP32, monitoring lingkungan, sensor pH, sistem kontrol

**Tani Terkini: Sistem
Monitoring dan Kontrol
Pertanian Pintar Berbasis
IoT Menggunakan ESP32**

Jurnal Teknosains
Kodepena

pp. 7-16



1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang luas dalam penerapan sistem monitoring berbasis sensor yang terintegrasi dengan jaringan komunikasi (Nurjanah et al., 2024; Makatita & Hakim., 2024; Aquino et al., 2021). Dalam konteks sistem teknik elektro, IoT memungkinkan proses pengukuran, pengolahan, serta pengiriman data dilakukan secara real-time menggunakan mikrokontroler dan media komunikasi nirkabel (Hamsir et al., 2023; Dzahir & Chia, 2023). Pendekatan ini banyak diterapkan pada pemantauan lingkungan karena mampu menyediakan data kontinu yang lebih mudah diakses dibandingkan metode konvensional berbasis pengukuran manual (Ibaseta et al., 2019; Septiawan et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemantauan parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan pH menggunakan sensor berbasis IoT dapat memberikan gambaran kondisi media secara lebih cepat dan terukur (Oktafiani et al., 2025). Studi mengenai sistem monitoring kualitas tanah berbasis sensor *multi-parameter* dan IoT memperlihatkan bahwa pengukuran pH dan kelembapan secara *real-time* dapat membantu memahami perubahan kondisi lingkungan tanpa harus bergantung pada pengujian laboratorium yang memerlukan waktu dan biaya lebih besar (Darmiyati et al., 2025). Selain itu, integrasi mikrokontroler dengan sistem pengiriman data ke cloud memungkinkan proses visualisasi dan analisis dilakukan secara berkelanjutan, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lapangan dengan lebih efisien (Humayun, 2020).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada fungsi monitoring dan analisis data, dengan keterbatasan pada integrasi sistem kontrol terhadap perangkat keluaran. Dari sudut pandang teknik elektro, sistem monitoring akan menjadi lebih komprehensif apabila dikombinasikan dengan mekanisme kontrol sederhana yang mampu memberikan respons terhadap kondisi lingkungan atau perintah pengguna (Alam dan Nasuha, 2020).

Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu platform yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi terintegrasi, antarmuka input-output yang fleksibel, serta kemampuan pemrosesan yang memadai (Babiuch et al., 2019). Karakteristik tersebut menjadikan ESP32 sesuai untuk mengintegrasikan sensor lingkungan (Babić et al., 2022), sistem komunikasi data (Abdul et al., 2022), dan aktuator dalam satu kesatuan sistem tertanam (Mardiangga, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merancang sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT menggunakan ESP32 dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara serta sensor pH untuk memantau tingkat keasaman media. Berbeda dari beberapa penelitian sebelumnya yang menitikberatkan pada pemantauan data, draft penelitian ini juga menambahkan fungsi kontrol terhadap aerator dan kipas (fan) melalui modul relay. Kontrol tersebut dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis melalui antarmuka web.

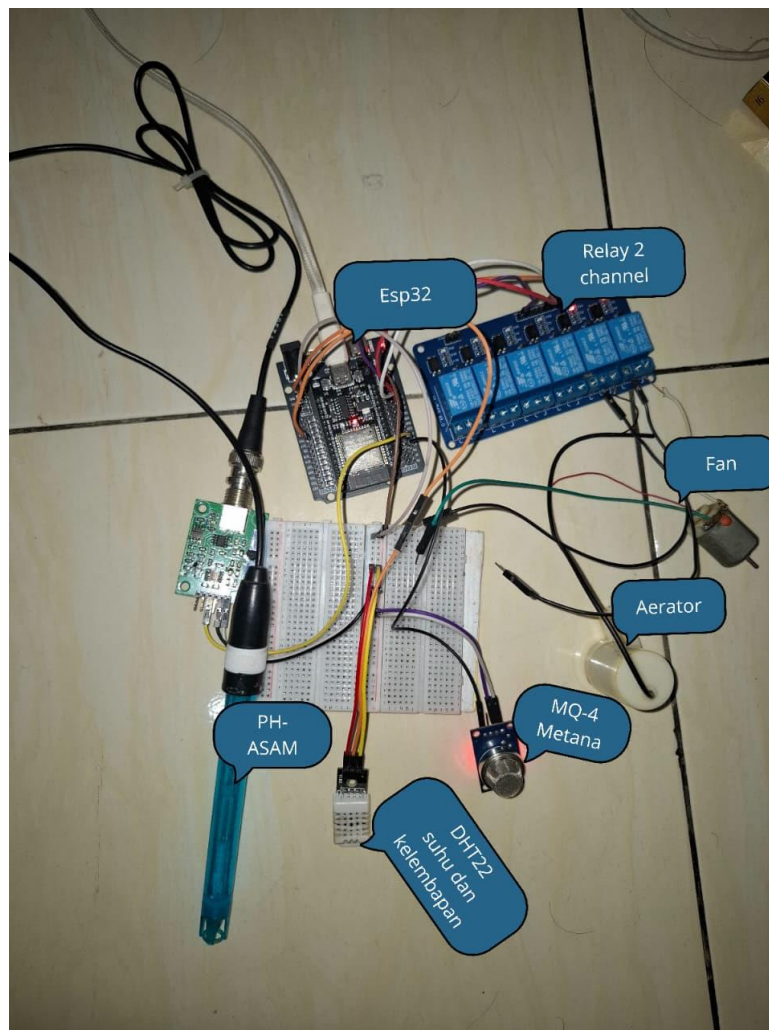
Dengan adanya integrasi antara proses monitoring dan kontrol, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi media pembelajaran yang relevan dalam memahami prinsip dasar sistem tertanam, komunikasi IoT, serta penerapan sistem kontrol sederhana dalam bidang teknik elektro.

2. METODE PENELITIAN (Cambria, 12pt)

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pendekatan perancangan dan pengujian sistem. Penelitian diawali dengan

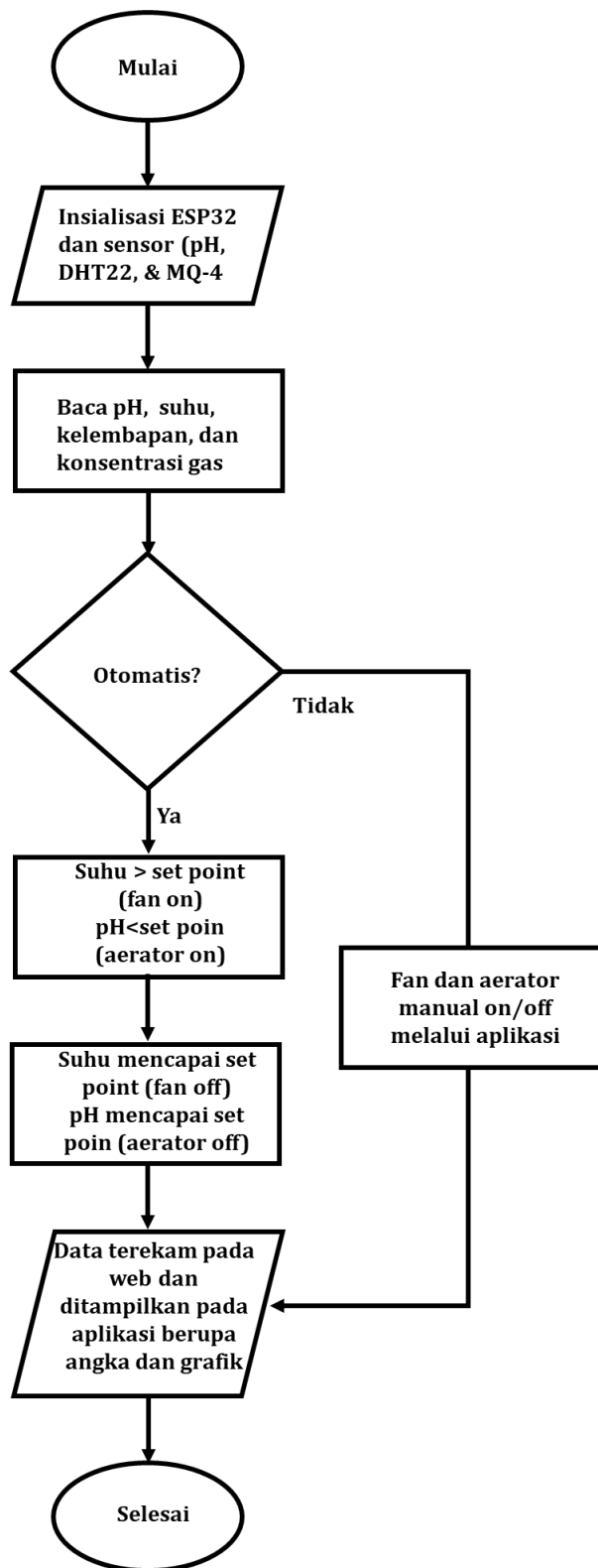
perancangan arsitektur sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengendali utama. Gambar 1 menunjukkan realisasi perangkat keras sistem yang digunakan pada penelitian ini. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali sistem, yang terhubung dengan beberapa sensor dan modul aktuator. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, dihubungkan ke pin digital ESP32 melalui breadboard sebagai media perakitan sementara. Sensor pH digunakan untuk membaca tingkat keasaman media, yang dihubungkan ke ESP32 melalui modul pengkondisi sinyal agar tegangan keluaran sensor sesuai dengan rentang pembacaan analog mikrokontroler. Selain itu, sensor MQ-4 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas metana, yang terhubung ke pin analog ESP32 untuk membaca perubahan sinyal akibat variasi konsentrasi gas.

Modul relay dua kanal digunakan sebagai penghubung antara ESP32 dan perangkat keluaran berupa kipas dan aerator. Relay berfungsi sebagai sakelar elektronik yang memungkinkan ESP32 mengendalikan beban listrik dengan tegangan dan arus yang lebih besar secara aman. Seluruh rangkaian dirakit menggunakan breadboard dan kabel jumper untuk memudahkan proses perakitan, pengujian, dan perbaikan selama penelitian berlangsung. Konfigurasi ini memungkinkan sistem diuji secara fleksibel sebelum dikembangkan lebih lanjut ke tahap implementasi permanen.



Gambar 1. Rangkaian sistem alat yang terdiri dari mikrokontroler dan sensor

Diagram alir sistem pada Gambar 2 menunjukkan tahapan kerja sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) yang diawali dengan proses inisialisasi perangkat.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pada tahap awal, mikrokontroler ESP32 dinyalakan dan melakukan inisialisasi koneksi jaringan serta konfigurasi sensor yang digunakan, yaitu sensor DHT22, sensor pH, dan sensor MQ-4. Setelah inisialisasi berhasil, ESP32 secara berkala membaca data dari masing-masing sensor untuk memperoleh informasi suhu, kelembapan, tingkat keasaman media, dan konsentrasi gas metana di lingkungan.

Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan ke aplikasi berbasis web melalui koneksi internet dan ditampilkan secara real-time dalam bentuk nilai numerik maupun grafik. Selanjutnya, sistem menunggu masukan dari pengguna melalui aplikasi. Pada mode manual, pengguna dapat memberikan perintah untuk menyalakan atau mematikan fan dan aerator melalui antarmuka aplikasi. Perintah tersebut diterima oleh ESP32 dan diproses untuk mengaktifkan atau menonaktifkan modul relay sesuai dengan perintah yang diberikan.

Setelah relay bekerja, fan dan aerator akan menyala atau mati sesuai kondisi yang diinginkan. Sistem kemudian kembali ke proses pembacaan sensor dan pengiriman data secara berulang. Alur ini berlangsung terus-menerus selama sistem aktif, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dan pengendalian perangkat secara jarak jauh dan *real-time*.

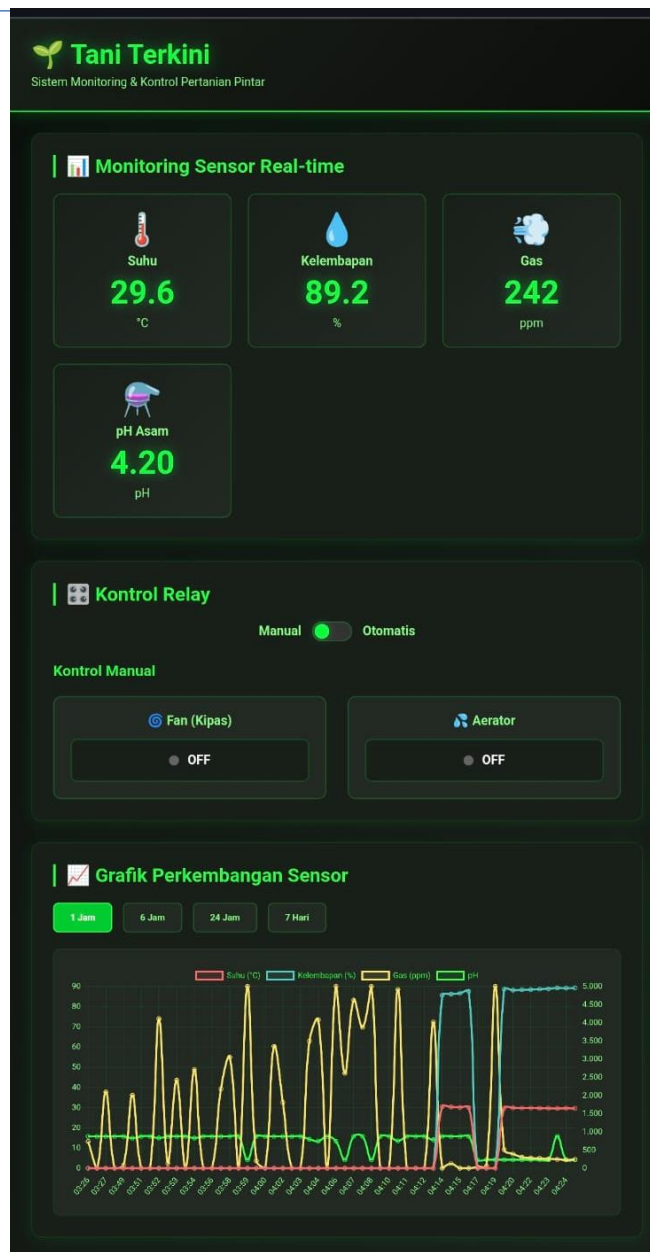
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil implementasi sistem, tampilan antarmuka aplikasi web menunjukkan bahwa sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang dirancang telah berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Data sensor suhu, kelembapan, gas, dan pH dapat ditampilkan secara real-time, baik dalam bentuk nilai numerik maupun grafik, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan secara berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara mikrokontroler ESP32 dan aplikasi web berjalan dengan cukup stabil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari sisi teknik elektro, integrasi beberapa sensor dengan karakteristik sinyal yang berbeda (digital pada DHT22 dan analog pada sensor pH serta MQ-4) dapat dilakukan dengan baik menggunakan ESP32. Nilai suhu dan kelembapan yang ditampilkan relatif konsisten, sementara fluktuasi pada data gas dan pH terlihat jelas pada grafik, yang mencerminkan perubahan kondisi lingkungan dan respons sensor terhadap dinamika pengukuran. Grafik historis dengan rentang waktu yang dapat dipilih (1 jam hingga 7 hari) memberikan gambaran tren data, meskipun penelitian ini tidak difokuskan pada analisis prediktif atau optimasi lanjutan.

Fitur kontrol relay pada aplikasi menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sistem kontrol jarak jauh. Mode manual memungkinkan pengguna menyalakan atau mematikan kipas dan aerator secara langsung melalui aplikasi, yang kemudian diteruskan oleh ESP32 ke modul relay. Respons perangkat keluaran yang sesuai dengan perintah menunjukkan bahwa logika kontrol dan aktuasi bekerja dengan baik.

Secara keseluruhan, sistem ini memperlihatkan penerapan dasar IoT dalam bidang pertanian dari sudut pandang elektro, khususnya pada integrasi sensor, komunikasi data, dan pengendalian aktuator. Meskipun sistem masih bersifat sederhana dan berfokus pada fungsi dasar monitoring serta kontrol, hasil yang diperoleh cukup relevan sebagai media pembelajaran dan pengenalan konsep IoT dan sistem kontrol terintegrasi.



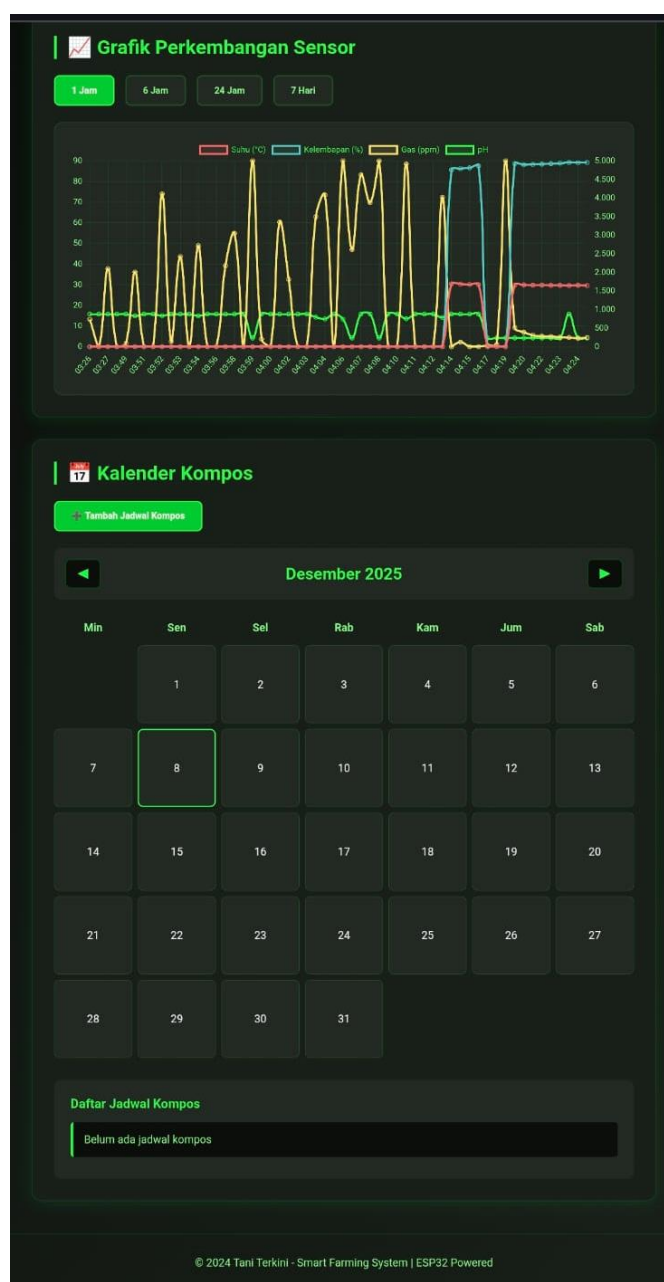
Gambar 3. Tampilan antar muka pada aplikasi untuk membaca hasil sensor (pH, suhu, kelembapan udara, dan konstransi gas)

Bagian grafik perkembangan sensor pada aplikasi menampilkan perubahan nilai suhu, kelembapan, konsentrasi gas, dan pH dalam rentang waktu tertentu, seperti 1 jam, 6 jam, 24 jam, hingga 7 hari. Grafik ini memberikan gambaran visual mengenai dinamika kondisi lingkungan yang dipantau oleh sistem. Terlihat adanya fluktuasi pada data gas dan pH yang menunjukkan respons sensor terhadap perubahan kondisi lingkungan atau aktivitas di sekitar media. Sementara itu, nilai suhu dan kelembapan cenderung lebih stabil, yang mengindikasikan bahwa sensor DHT22 bekerja secara konsisten dalam membaca parameter lingkungan.

Dari sisi sistem IoT, penyajian data historis ini menunjukkan bahwa proses pencatatan dan penyimpanan data berjalan dengan baik, sehingga data dapat diakses kembali sesuai kebutuhan pengguna. Hal ini penting untuk evaluasi kondisi lingkungan secara berkala, meskipun pada penelitian ini grafik digunakan terutama

untuk tujuan pemantauan, bukan analisis lanjutan atau pengambilan keputusan otomatis yang kompleks.

Selain grafik sensor, aplikasi juga dilengkapi dengan fitur kalender kompos, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Fitur ini berfungsi sebagai pengingat jadwal kegiatan pengelolaan kompos yang dapat ditentukan oleh pengguna. Integrasi kalender dengan sistem monitoring memberikan nilai tambah dari sisi aplikasi, karena pengguna tidak hanya memantau kondisi lingkungan secara real-time, tetapi juga dapat mengatur aktivitas perawatan secara terjadwal. Secara keseluruhan, fitur grafik dan kalender menunjukkan bahwa sistem tidak hanya fokus pada aspek perangkat keras, tetapi juga memperhatikan kemudahan penggunaan dan pengelolaan informasi melalui antarmuka IoT yang sederhana.



Gambar 4. Tampilan grafik pembacaan sensor dan kalender pengelolaan waktu pemberian kompos

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan fungsi monitoring multi-parameter dan kontrol perangkat dalam satu platform IoT berbasis ESP32 dengan antarmuka web yang mudah digunakan. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada penggabungan pemantauan suhu, kelembapan, pH, dan gas metana secara *real-time* dengan fitur kontrol manual perangkat serta pencatatan data historis dan kalender aktivitas dalam satu sistem terpadu yang dirancang sederhana dan aplikatif untuk skala pembelajaran dan praktik pertanian. Pendekatan ini membedakan penelitian ini dari studi sebelumnya yang umumnya berfokus pada monitoring sensor atau kontrol secara terpisah.

Meskipun sistem yang dikembangkan masih bersifat dasar dan belum mengarah pada optimasi otomatis atau analisis prediktif, hasil yang diperoleh menunjukkan potensi pengembangan lebih lanjut. Ke depan, sistem ini berpotensi dikembangkan dengan penambahan algoritma kontrol cerdas (Pratikto et al., 2025), integrasi sensor tambahan (Mora et al., 2024), serta analisis data berbasis kecerdasan buatan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif (Gupta et al., 2025). Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi fondasi awal bagi pengembangan sistem IoT pertanian yang lebih kompleks dan berkelanjutan.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mengintegrasikan beberapa sensor, yaitu DHT22 untuk suhu dan kelembapan, sensor pH untuk tingkat keasaman media, serta sensor MQ-4 untuk deteksi gas metana, dalam satu rangkaian yang terhubung dengan aplikasi web. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak menunjukkan bahwa ESP32 dapat digunakan sebagai pusat pengendali yang andal untuk sistem IoT sederhana di bidang pertanian.

Pengujian sistem menunjukkan bahwa pembacaan sensor dapat dilakukan secara berkala dan data dapat ditampilkan dalam bentuk nilai dan grafik, sehingga memudahkan pemantauan kondisi lingkungan. Selain itu, penggunaan modul relay memungkinkan pengendalian perangkat keluaran seperti kipas dan aerator berjalan dengan baik. Meskipun sistem yang dikembangkan masih bersifat dasar dan difokuskan pada fungsi monitoring dan kontrol sederhana, penelitian ini dapat menjadi referensi dan media pembelajaran dalam memahami penerapan IoT dan sistem kontrol terintegrasi di bidang pertanian, serta membuka peluang pengembangan lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, M. S., Sam, S. M., Mohamed, N., Hassan, N. H., Azizan, A., & Yusof, Y. M. (2022, October). Peer to peer communication for the Internet of Things using ESP32 microcontroller for indoor environments. In 2022 13th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC) (pp. 1-6). IEEE.
- Alam, R. L., & Nasuha, A. (2020). Sistem pengendali pH air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan fuzzy logic berbasis IoT. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(1), 11-20.

- Aquino, A. G. Q., Ballado, A. H., & Bautista, A. V. (2021, November). Implementing a Wireless Sensor Network with Multiple Arduino-Based Farming Multi-Sensor Tool to Monitor a Small Farm Area Using ESP32 Microcontroller Board. In *2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Babić, D., Jovović, I., Popović, T., Kovač, N., & Čakić, S. (2022, February). An internet of things system for environmental monitoring based on ESP32 and Blynk. In *2022 26th International Conference on Information Technology (IT)* (pp. 1-5). IEEE.
- Babiuch, M., Foltýnek, P., & Smutný, P. (2019, May). Using the ESP32 microcontroller for data processing. In *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Darmiyati, I., Yanti, D., Saputra, S., Mutaqim, A., Rezha, M., & Purnomo, F. B. (2025). Analisis Kualitas Tanah Perkebunan Menggunakan Sensor Multi-Parameter Berbasis IoT dan Python. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 10(1), 706-713.
- Dzahir, M. A. S. M., & Chia, K. S. (2023, November). Evaluating the energy consumption of esp32 microcontroller for real-time mqtt iot-based monitoring system. In *2023 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)* (pp. 255-261). IEEE.
- Gupta, E., Bansal, S., Choudhary, V., Gupta, V., & Pachauri, R. K. (2025). ESP32-Based Dual-Connectivity Data Logger for Continuous Environmental Monitoring for AI Applications.
- Hamsir, H., Sahara, A., Oktafiani, F., & Ariyani, D. P. (2023). Sistem otomasi GPS tracker pada kendaraan rental mobil berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP-32. *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, 5(2), 10-19.
- Humayun, M. (2020). Role of emerging IoT big data and cloud computing for real time application. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4).
- Ibaseta Rodríguez, D., Molleda Meré, J., Díez, F., & Granda Candás, J. C. (2019). An IoT platform for indoor air quality monitoring using the web of things. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 236.
- Makatita, F. D., & Hakim, N. F. A. (2024). MQTT protocol-based ESP-32 smarthome with multi-sensor recognition. *Journal of Electrical, Electronic, Information, and Communication Technology*, 6(1), 29-36.
- Mora, A. I., Iguago, F. F., Guaman, A. V., & Arcentales, V. A. (2024, October). Performance Analysis of Multivariable Environmental Measurement Systems Using Multi-core and Multitasking Options on an ESP32 Microcontroller. In *International Conference on Intelligent Information Technology* (pp. 188-198). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Oktafiani, F., Mukminin, A., Darmiyati, I., Risna, R., Wijaya, S. K., Mutaqim, A., Purnomo, F. B., & Sholeha, M. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring IoT pada Biodigester Limbah Industri Tahu di Sumber Balikpapan. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 10(1), 657-664.
- Mardiangga, D. G. (2024). *Rancang Bangun Kontrol Simulator Building Automation System (BAS) Menggunakan Microcontroller ESP32 untuk Pembelajaran Sistem Kontrol HVAC* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).

-
- Nurjanah., Oktafiani, F., Hamsir, H., & Zein, M. I. (2024). Pemrograman sistem keamanan web administrator berdasarkan IP publik berbasis Internet of Things (IoT). *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, 6(1), 21–32.
- Pratikto, P., Fitriani, R. Z., Kuan, Y. D., Julianto, M. N., Utari, L., Khakim, N., ... & Falahuddin, M. A. (2025). Remotely Accessible IoT Monitoring of a Programmable Logic Controller-controlled AC Motor System with Embedded AI Using ESP32. *Sensors and Materials*, 37(11), 4941-4954.
- Septiawan, B., Oktafiani, F., Nurjanah, N., Sahara, A., Darmiyati, I., Maulana, R., & Hamsir, H. (2025). Rancang bangun alat uji emisi portable kendaraan motor berbasis Arduino Uno dan ESP-01 dengan interpretasi ThingSpeak. *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, 7(1), 50–61.