



Sistem Pemantauan Tanaman Dalam Pot Indoor Dengan Internet of Things

Muhammad Iqbal Setiawan*, Bachtiar Efendi, Abdul Karim Syahputra

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Komputer, Universitas Royal, Kisaran, Indonesia

Email: ¹iqbalsetiawan071@gmail.com, ²youngthady@gmail.com, ³abdulkarim.syahputra@gmail.com

(Corresponding Author: youngthady@gmail.com)

Abstrak- Penelitian ini membahas perancangan dan penerapan sistem pemantauan tanaman dalam pot *indoor* yang berbasis *Internet of Things* (IoT), yang bertujuan untuk membantu pengguna dalam merawat tanaman dengan cara yang lebih efektif dan efisien. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, *soil moisture*, LDR untuk mengukur intensitas cahaya, serta sensor TDS untuk memantau kadar nutrisi dalam air. Data yang diperoleh dari sensor dikirim secara langsung melalui koneksi WiFi ke broker MQTT, ditampilkan pada dashboard *Node-RED*, dan disimpan di Firebase untuk keperluan dokumentasi historis. Sistem ini memiliki dua mode operasional, yaitu manual dan otomatis, yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol pompa air dan lampu grow light secara langsung atau membiarkan sistem beroperasi berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sensor berfungsi dengan akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam penyiraman dan pencahayaan. Keunggulan dari sistem ini terletak pada integrasi empat parameter pemantauan dalam satu platform yang mudah digunakan, fleksibel, dan dapat diakses secara luas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis untuk pertanian urban dan pengembangan smart farming di tingkat rumah tangga, meskipun masih diperlukan pengujian lebih lanjut pada berbagai jenis tanaman dan kondisi lingkungan untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Kata Kunci: ESP32; *Internet of Things*; Pemantauan Tanaman; *Smart Farming*; *Soil Moisture*

Abstract- This study discusses the design and implementation of an Internet of Things (IoT)-based indoor potted plant monitoring system, which aims to help users care for plants in a more effective and efficient manner. The system uses an ESP32 microcontroller connected to a DHT22 sensor to measure air temperature and humidity, soil moisture, an LDR to measure light intensity, and a TDS sensor to monitor nutrient levels in the water. Data collected from the sensors is transmitted directly via a WiFi connection to an MQTT broker, displayed on a Node-RED dashboard, and stored in Firebase for historical documentation purposes. This system has two operational modes, manual and automatic, allowing users to control the water pump and grow light directly or let the system operate based on pre-set parameters. Test results show that all sensors function accurately and respond to changes in environmental conditions, thereby improving efficiency in watering and lighting. The advantage of this system lies in the integration of four monitoring parameters into a single platform that is easy to use, flexible, and widely accessible. This research is expected to provide practical solutions for urban agriculture and the development of smart farming at the household level, although further testing on various plant types and environmental conditions is still needed for further refinement.

Keywords: ESP32; Internet of Things; Plant Monitoring; Smart Farming; Soil Moisture

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, fenomena pertanian urban dan praktik bercocok tanam di dalam ruangan (*indoor*) mengalami perkembangan yang signifikan, terutama di area perkotaan yang padat dan memiliki keterbatasan lahan. Masyarakat mulai mencari solusi untuk menciptakan ruang hijau di kediaman mereka, baik untuk tujuan estetika maupun untuk mendukung keberlanjutan pangan keluarga[1]. Namun, pelaksanaan dari keinginan ini sering kali terhambat oleh keterbatasan waktu, keterampilan, dan pengetahuan dalam merawat tanaman. Banyak pemilik tanaman *indoor* yang tidak memahami cara untuk memantau kelembapan tanah, kebutuhan cahaya, dan suhu lingkungan yang ideal. Ketidaktahuan ini dapat mengakibatkan tanaman menjadi kering, layu, atau bahkan mati[2]. Di sisi lain, permintaan akan sistem perawatan tanaman yang efisien dan adaptif terus meningkat seiring dengan gaya hidup modern yang terus berubah. Masalah utama yang dibahas dalam penelitian ini adalah keterbatasan yang dihadapi pengguna dalam memantau dan merawat tanaman dengan efektif, disebabkan oleh kurangnya informasi lingkungan yang tersedia secara *real-time*. Pengamatan manual terhadap kondisi tanaman, seperti menguji kelembapan tanah dengan sentuhan atau memperkirakan kebutuhan cahaya berdasarkan insting, cenderung bersifat subjektif dan tidak selalu tepat. Selain itu, kesibukan dalam rutinitas sehari-hari sering kali membuat pemilik tanaman lupa untuk menyiram atau memberikan cahaya tambahan. Situasi ini menimbulkan kebutuhan akan sebuah sistem yang dapat menyediakan informasi yang akurat dan menyeluruh secara otomatis untuk mendukung perawatan tanaman *indoor*.

Sebagai solusi untuk masalah yang ada, penelitian ini mengusulkan penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai pendekatan inovatif dalam pengembangan sistem pemantauan tanaman dalam pot secara otomatis. IoT memungkinkan adanya integrasi antara *hardware* (seperti sensor dan *mikrokontroler*) serta *software* (seperti *dashboard monitoring* dan aplikasi), yang berfungsi secara bersamaan untuk mengumpulkan serta menampilkan data lingkungan secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk memantau beberapa parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, termasuk suhu, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan nutrisi air, dengan memanfaatkan sensor DHT22, LDR, *soil moisture*, dan TDS, yang semuanya dioperasikan oleh *mikrokontroler* ESP32. Data yang terkumpul akan dikirim ke *cloud* (*Firestore*)





dan ditampilkan dalam antarmuka visual menggunakan Node-RED, sehingga pengguna dapat dengan mudah memantau dan mengontrol sistem, baik secara otomatis maupun manual.

Beberapa riset sebelumnya yang relevan menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sektor pertanian telah memberikan hasil yang positif. Penelitian yang berjudul “*IoT-Based Monitoring System Applied to Aeroponics Greenhouse*” mengulas sistem pengawasan yang berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk rumah kaca dengan metode *aeroponik*. Sistem ini terdiri dari empat lapisan (perangkat, *fog*, *cloud*, dan aplikasi) serta memanfaatkan sensor dan kamera untuk memantau variabel lingkungan dan kondisi tanaman. Data yang diperoleh disajikan melalui aplikasi *Android* yang bernama *Aeroponics Monitor*, yang bertujuan untuk membantu pengambilan keputusan terkait irigasi dan perawatan tanaman[3]. Selanjutnya penelitian dengan judul “*Smart Pot Untuk Tanaman Hias Indoor Berbasis Aplikasi Android dan Telegram*” membahas *Smart Pot* tanaman hias *indoor* yang mampu menyimpan secara otomatis, *monitoring* suhu, kelembaban, dan kadar air serta mengirimkan pemberitahuan melalui *Telegram*[2]. Penelitian lain yang berjudul “*Sistem Monitoring dan Penyiraman Otomatis Tanaman Srigading (Nyctanthes Arbor-Tristis) Berbasis IoT (Internet of Things) Dengan Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Dan Suhu Ruang Pada Pot*” mengulas tentang sistem pengairan otomatis untuk tanaman *Srigading* yang berbasis IoT dengan memanfaatkan *NodeMCU*, sensor suhu dan kelembaban, serta aplikasi *Blynk* yang dapat diakses melalui perangkat *Android*[4]. Penelitian yang berjudul “*Sistem Monitoring Hidroponik Indoor berbasis Wick Menggunakan HOPONIC (Home Pot Hidroponic)*” membahas tentang sistem pemantauan *hidroponik* dalam ruangan yang berbasis IoT, yang disebut *HOPONIC*. Sistem ini dapat memantau pH, suhu, kadar nutrisi dan intensitas cahaya tanaman pakcoy secara *real-time* melalui aplikasi *Android*[5]. Dan penelitian yang berjudul “*Respon Pertumbuhan dan Prodksi Tanaman Selada Romaine Terhadap Otomasi Aerasi Pada Sistem Hidroponik Rakit Apung*” mengkaji dampak otomatisasi durasi aerasi terhadap perkembangan dan hasil tanaman selada romaine dalam sistem *hidroponik* rakit apung, dengan hasil optimal tercapai pada aerasi selama 24 jam per hari[6].

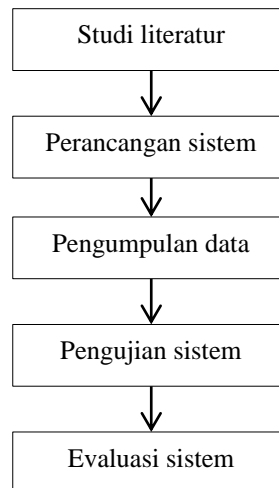
Meskipun telah banyak penelitian yang berkontribusi pada penerapan IoT di sektor pertanian, masih terdapat beberapa tantangan yang belum sepenuhnya teratasi. Pertama, banyak penelitian yang masih terfokus pada tanaman dalam skala besar atau sistem *hidroponik* yang kompleks, sehingga kurang relevan untuk pengguna rumah yang hanya memiliki satu atau dua pot tanaman. Kedua, masih sedikit sistem yang mampu mengintegrasikan empat parameter penting dalam satu platform pemantauan. Ketiga, beberapa sistem tidak menyediakan antarmuka yang mudah diakses atau dipahami oleh pengguna awam. Oleh karena itu, terdapat analisis kesenjangan yang menunjukkan perlunya sistem pemantauan tanaman *indoor* berbasis IoT yang terjangkau, mudah digunakan, dan mendukung pemantauan multivariat dalam satu perangkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan tanaman dalam pot *indoor* berbasis IoT yang efektif dan efisien, serta mampu memberikan data secara *real-time* mengenai kondisi lingkungan tanaman. Sistem ini tidak hanya dirancang untuk membaca data, tetapi juga menyediakan fitur kontrol otomatis untuk pompa air dan lampu tumbuh (*grow light*), yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Selain itu, sistem ini akan dilengkapi dengan antarmuka pemantauan berbasis web yang ramah pengguna, sehingga dapat diakses oleh siapa saja. Penelitian ini juga akan mengevaluasi sejauh mana sistem ini dapat memengaruhi kualitas perawatan tanaman *indoor* oleh pengguna, terutama dalam konteks efisiensi dan keberhasilan pertumbuhan. Dengan adanya inovasi sistem ini, diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pertanian urban dan perawatan tanaman *indoor* secara mandiri. Penelitian ini juga diharapkan menjadi salah satu solusi praktis yang dapat diadopsi oleh masyarakat luas, termasuk para penghobi tanaman dan pelaku usaha kecil di sektor pertanian rumah tangga. Lebih jauh, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu dasar dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas (*smart farming*) yang menyeluruh dan berkelanjutan pada skala rumah tangga.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan tanaman dalam pot *indoor* yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan *mikrokontroler* ESP32 sebagai pusat pemrosesan data yang terhubung dengan berbagai sensor, termasuk sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22), sensor kelembaban tanah, sensor cahaya (LDR), serta sensor TDS untuk mengukur kualitas air. Pemilihan ESP32 didasarkan pada kemampuannya dalam menyediakan konektivitas nirkabel yang andal dan efisien dalam penggunaan daya, serta popularitasnya dalam proyek-proyek IoT yang memerlukan pemantauan secara *real-time*[7]. Sistem ini dikembangkan untuk mengotomatiskan proses penyiraman dan pencahayaan tanaman dengan memanfaatkan data dari sensor. Pemantauan dilakukan secara langsung dan ditampilkan secara visual melalui antarmuka *Node-RED*. *Firestore* berfungsi sebagai tempat penyimpanan berbasis *cloud* yang terhubung langsung dengan *Node-RED* dan ESP32[8].

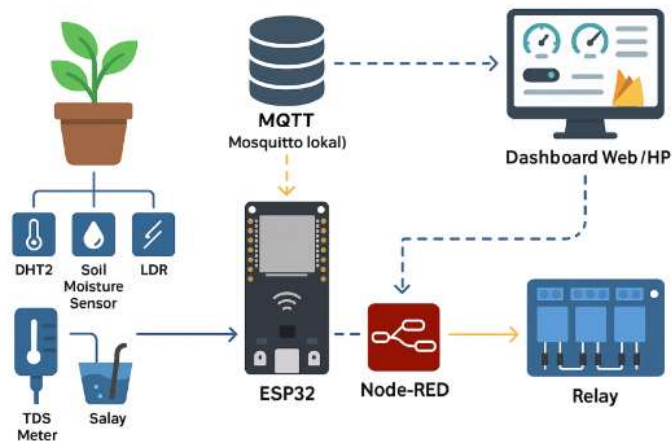


**Gambar 1.** Kerangka Kerja Penelitian

2.2 Desain dan Alur Kerja Sistem

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari ESP32, DHT22, sensor kelembaban tanah, LDR, sensor TDS, relay 4 channel, pompa air dc, serta lampu *grow light*. Semua komponen tersebut diorganisasikan pada *breadboard* dan mendapatkan sumber daya dari adaptor yang telah disesuaikan. Sensor-sensor ini telah banyak diterapkan dalam berbagai penelitian sebelumnya karena tingkat akurasi yang tinggi dan ketersediaannya yang luas. Perangkat lunak dirancang dengan memanfaatkan Arduino IDE untuk pemrograman ESP32, sementara Node-RED digunakan untuk visualisasi data. Pertukaran data antara perangkat berlangsung melalui protokol MQTT yang telah terbukti efisien dan ideal untuk lingkungan IoT yang memiliki keterbatasan bandwidth[9][10].

Proses kerja sistem dimulai dengan pembacaan nilai dari sensor oleh ESP32, yang selanjutnya mengirimkan data tersebut ke broker MQTT melalui topik-topik tertentu. Data ini kemudian diterima oleh Node-RED, yang menampilkannya di dashboard dan menyimpannya ke Firebase untuk keperluan dokumentasi historis. Berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan, Node-RED mengatur status relay untuk mengaktifkan pompa atau lampu secara otomatis[11]. Selain itu, pengguna juga memiliki akses ke dashboard untuk melakukan kontrol manual, sesuai dengan mode yang telah dipilih[12].

**Gambar 2.** Alur Kerja Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem Monitoring IoT

Sistem pemantauan tanaman dalam pot yang dirancang untuk penggunaan di dalam ruangan dan berbasis pada teknologi *Internet of Things* (IoT) telah berhasil diimplementasikan. Dalam sistem ini, digunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sejumlah sensor canggih, termasuk DHT22 yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor *Soil Moisture* untuk memantau kelembapan tanah, LDR yang mengukur intensitas cahaya, serta TDS yang digunakan untuk menentukan kadar nutrisi dalam air. Seluruh data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut kemudian

dikirimkan melalui koneksi WiFi menuju broker MQTT. Setelah itu, data tersebut ditampilkan secara real-time di dalam dashboard *Node-RED*, yang juga terhubung dengan *Firestore Real-time Database* untuk memungkinkan pencatatan data secara historis. Hal ini memberikan kemudahan dalam pemantauan dan analisis kondisi tanaman dari waktu ke waktu. Antarmuka dari dashboard dirancang dengan sangat baik dan dilengkapi dengan berbagai fitur, seperti gauge indikator yang memberikan informasi visual tentang status tanaman, tabel histori yang menunjukkan data-data sebelumnya, serta grafik yang memudahkan pengguna dalam memahami dan menganalisis kondisi tanaman dengan lebih baik. Sistem ini juga memiliki dua mode operasional yang berbeda, yaitu mode manual dan otomatis. Dalam mode manual, pengguna memiliki kontrol penuh untuk mengendalikan pompa air dan lampu grow light sesuai dengan kebutuhan spesifik tanaman mereka. Sementara itu, dalam mode otomatis, sistem dapat beroperasi secara mandiri berdasarkan pembacaan sensor, sehingga pengguna tidak perlu terus-menerus memantau dan mengatur perangkat secara manual. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pemeliharaan tanaman, tetapi juga memberikan pengalaman yang lebih baik bagi pengguna dalam merawat tanaman mereka di dalam ruangan.



Gambar 3. Tampilan Dashboard *Node-RED*

Gambar 3.1 menampilkan antarmuka dashboard *Node-RED* yang telah berhasil dibuat. Dashboard ini terbagi menjadi beberapa tab untuk menampilkan data dari masing-masing sensor terpisah tetapi tetap terhubung satu sama lain.

3.2 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan untuk masing-masing sensor dengan skenario lingkungan yang berbeda-beda guna memastikan akurasi dan kestabilan sistem. Berikut ini adalah ringkasan hasil pengujian beberapa sensor utama:

a Sensor DHT22

Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu serta kelembapan udara [13]. Dalam rangka untuk menjamin akurasi dan efektivitas dari pengukuran ini, sebuah proses pengujian telah dilakukan selama periode waktu tiga hari berturut-turut. Selama proses pengujian tersebut, pembacaan data dilakukan dengan frekuensi yang cukup tinggi, yaitu setiap 30 detik. Dari hasil pengujian yang dilakukan, terungkap bahwa sensor DHT22 ini mampu mendeteksi perubahan suhu dengan rentang yang bervariasi, yaitu antara 26°C hingga 32°C. Selain itu, sensor ini juga dapat mengukur tingkat kelembapan udara yang berada dalam batasan antara 55% hingga 75%. Hasil pengukuran tersebut mencerminkan kondisi aktual dari ruang yang sedang diobservasi, sehingga menunjukkan bahwa sensor ini berfungsi dengan baik dalam memberikan data yang relevan dan akurat mengenai suhu dan kelembapan.

b Sensor Soil Moisture

Sensor ini berfungsi untuk mengukur kadar kelembapan tanah pada pot tanaman [14]. Nilai yang dihasilkan dalam bentuk analog akan dikonversi ke dalam skala 0–100%. Saat tanah berada dalam kondisi kering, nilai yang terukur berkisar antara 20–40%, sedangkan untuk tanah yang basah, nilai yang diperoleh berada dalam rentang 70–90%. Sensor ini efektif dalam menentukan kebutuhan air bagi tanaman, dan akan mengaktifkan pompa jika kelembapan tanah berada di bawah batas 40%.

c Sensor TDS

Sensor TDS berfungsi untuk mengukur konsentrasi nutrisi dalam larutan air [15]. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai TDS berada dalam rentang 300–750 ppm, yang bervariasi tergantung pada jumlah larutan nutrisi yang ditambahkan. Rentang nilai ini dianggap optimal untuk tanaman hidroponik yang sederhana. Sensor ini juga menunjukkan respons yang konsisten terhadap perubahan larutan yang diterapkan.



d Sensor LDR

Sensor LDR, yang merupakan singkatan dari *Light Dependent Resistor*, memiliki peranan yang sangat penting dalam mengukur tingkat intensitas cahaya yang ada di sekitar tanaman[16]. Ketika kondisi lingkungan berada dalam keadaan terang, sensor ini mampu memberikan pembacaan yang menunjukkan nilai lebih dari 800 lux. Sebaliknya, ketika keadaan menjadi gelap, pembacaan yang dihasilkan oleh sensor tersebut akan mengalami penurunan yang signifikan, hingga mencapai nilai sekitar 200 lux. Data yang diperoleh dari pengukuran ini sangat berguna dalam pengaturan otomatisasi lampu pertumbuhan, di mana sistem dapat secara otomatis menyesuaikan intensitas cahaya yang diperlukan oleh tanaman berdasarkan kondisi cahaya yang terdeteksi oleh sensor. Dengan demikian, penggunaan sensor LDR ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi, tetapi juga mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal dengan memastikan bahwa mereka mendapatkan jumlah cahaya yang tepat sesuai dengan kebutuhan mereka.

Berikut adalah tabel yang menyajikan hasil rata-rata pembacaan sensor selama 3 hari:

Tabel 1. Data rata-rata sensor selama 3 hari

Sensor	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Nilai Rata-rata
Suhu (°C)	26	32	29
Kelembapan Udara (%)	55	75	65
Soil Moisture (%)	25	80	50
TDS (ppm)	300	750	520
Intensitas Cahaya (lux)	200	900	650

3.3 Pembahasan Sistem Otomatisasi

Sistem ini menyediakan dua mode operasional, yaitu manual dan otomatis, yang dapat disesuaikan melalui dashboard Node-RED. Pemilihan mode dilakukan melalui topik MQTT mode, sementara kontrol perangkat dikirim melalui topik plant/control. Konfigurasi ini memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk melakukan pemantauan secara langsung atau membiarkan sistem beroperasi secara mandiri.

a Mode Manual

Dalam mode ini, semua perangkat seperti pompa, lampu rak 1, lampu rak 2, dan lampu rak 3 dapat dikendalikan secara langsung oleh pengguna melalui dashboard dengan menggunakan tombol switch. Perintah dikirim dalam format string seperti "RELAY1_ON" atau "RELAY3_OFF", dan ESP32 akan mengaktifkan atau menonaktifkan relay sesuai dengan instruksi yang diberikan. Fitur ini sangat bermanfaat ketika pengguna ingin melakukan penyiraman atau pencahayaan berdasarkan kondisi subjektif tanpa harus menunggu hasil pembacaan sensor.

b Mode Otomatis

Saat mode otomatis aktif, sistem melakukan keputusan berdasarkan nilai sensor yang terbaca. Contoh implementasinya adalah:

- Pompa otomatis menyala saat kelembapan tanah (*soil moisture*) berada dibawah nilai ambang batas.
- Lampu *grow light* akan menyala saat intensitas cahaya yang terukur oleh sensor LDR kurang dari nilai yang ditentukan.

Pemilihan ini dipengaruhi oleh dua variabel:

`bool pompaManual = false;`

`bool lampuManual = false;`

Jika `pompaManual == false`, maka sistem akan mengaktifkan relay pompa berdasarkan logika otomatis (tanpa intervensi pengguna). Hal yang sama berlaku untuk lampu-lampu rak.

c Interval Pengiriman Data Historis

Sistem dilengkapi fitur pengiriman data historis ke server (dalam kasus ini ke *Firebase*) setiap 5 menit, yang didefinisikan dengan:

`const unsigned long intervalHistory = 300000; // 5 menit`

Dengan interval ini, sistem secara berkala mengirim snapshot data sensor seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan nilai TDS ke *Firebase*. Data ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk:

- Grafik historis (*Temperature, Humidity, TDS, dll.*)
- Tabel histori data *Firebase*
- Gauge indikator nilai *real-time*





Seluruh data ini dapat diakses melalui *dashboard Node-RED* dengan antarmuka yang responsif dan mudah dipahami.

3.4 Perbandingan Dengan Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan tanaman berbasis IoT, Penelitian yang hanya memantau dua hingga tiga parameter lingkungan, seperti suhu dan kelembapan tanah[2][4]. Penelitian ini memiliki keunggulan karena mengintegrasikan empat parameter penting: suhu dan kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan kadar TDS (nutrisi dalam air). Pendekatan ini memungkinkan pemantauan yang lebih komprehensif dan akurat untuk mendukung pertumbuhan tanaman di dalam ruangan. Sistem ini memiliki dua mode kerja: otomatis dan manual. Beberapa penelitian terdahulu hanya mendukung salah satu mode tersebut[2][3]. Sistem ini dapat mengaktifkan pompa dan lampu secara otomatis berdasarkan ambang yang ditentukan oleh sensor, sambil tetap memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk mengakses kontrol manual secara langsung melalui antarmuka web yang berbasis *Node-RED* dan *Firebase*. Inovasi ini menjadikan sistem yang dikembangkan lebih adaptif, ramah pengguna, dan mudah diakses oleh pengguna rumahan, dengan tingkat fleksibilitas yang tinggi untuk ekspansi dan pengembangan di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* tanaman dalam pot *indoor* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan mampu memberikan solusi yang efektif terhadap masalah perawatan tanaman di dalam ruangan. Sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai sensor DHT22, *Soil Moisture*, LDR, dan TDS dengan *mikrokontroler* ESP32, sehingga memungkinkan pemantauan suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan kadar nutrisi air secara real-time. Data yang diperoleh ditampilkan melalui *dashboard Node-RED* yang terhubung dengan *Firebase*, yang memudahkan pengguna untuk memantau kondisi tanaman baik secara historis maupun secara langsung. Tersedianya dua mode operasional, manual dan otomatis, memberikan fleksibilitas tinggi bagi pengguna untuk menyesuaikan pengaturan sesuai kebutuhan, baik melalui intervensi langsung maupun secara mandiri oleh sistem berdasarkan parameter yang terukur. Pengujian menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga mendukung efisiensi dalam penyiraman dan pencahayaan. Keunggulan penelitian ini dibandingkan dengan studi sebelumnya terletak pada integrasi empat parameter penting dalam satu platform yang ramah pengguna dan mudah diakses, serta penerapan otomasi yang adaptif. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, seperti cakupan pengujian yang terbatas pada skala laboratorium dan belum diterapkan pada berbagai jenis tanaman atau kondisi lingkungan yang lebih variatif. Oleh karena itu, pengembangan di masa depan dapat difokuskan pada uji coba lapangan yang lebih luas, peningkatan algoritma pengendalian otomatis, serta integrasi teknologi kecerdasan buatan untuk memprediksi kebutuhan tanaman dengan lebih tepat. Dengan demikian, sistem ini berpotensi menjadi solusi praktis dan berkelanjutan dalam mendukung pertanian urban dan *smart farming* di tingkat rumah tangga.

REFERENCES

- [1] I. Sugiarto, A. Yogatama, and S. Y. Tyasmoro, "Transformasi kebun hidroponik konvensional menjadi energy-efficient smart urban farming berbasis IoT," *J. Inov. Has. Pengabd. Masy.*, vol. 7, no. 3, pp. 537–553, 2024, doi: 10.33474/jipemas.v7i3.21135.
- [2] R. P. Dewi, A. F. Pratiwi, and F. Rosmeriana, "Smart pot untuk tanaman hias indoor berbasis aplikasi Android dan Telegram," *JITEL (Jurnal Ilm. Telekomun. Elektron. dan List. Tenaga)*, vol. 3, no. 1, pp. 9–18, 2023, doi: 10.35313/jitel.v3.i1.2023.9-18.
- [3] H. A. Méndez-Guzmán *et al.*, "IoT-Based Monitoring System Applied to Aeroponics Greenhouse," *Sensors*, vol. 22, no. 15, 2022, doi: 10.3390/s22155646.
- [4] F. Ramadhan and I. Rasmala Dewi, "Sistem Monitoring Dan Penyiraman Otomatis Tanaman Srigading (*Nyctanthes Arbor-Tristis*) Berbasis Iot (Internet of Things) Dengan Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Dan Suhu Ruang Pada Pot," *INFOTECH J.*, vol. 10, no. 1, pp. 19–27, 2024, doi: 10.31949/infotech.v10i1.8093.
- [5] Y. TAQIYUDDIN, I. RUSLIANTO, and U. RISTIAN, "Sistem Monitoring Hidroponik Indoor berbasis Wick menggunakan HOPONIC (Home Pot Hidroponic)," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 12, no. 1, p. 201, 2024, doi: 10.26760/elkomika.v12i1.201.
- [6] Desti Srinadila, Ummu Kalsum, and Edi Minaji Pribadi, "Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada Romaine terhadap Otomasi Aerasi pada Sistem Hidroponik Rakit Apung," *J. Agroekoteknologi dan Agribisnis*, vol. 8, no. 1, pp. 50–68, 2024, doi: 10.51852/jaa.v8i1.716.
- [7] Afdal Bintang Syahputra and Agus Ulinuha, "Integrasi Komponen Elektronika Berbasis ESP32 dan Sensor Kelembapan untuk Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Anggrek," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.)*, vol. 14, no. 1, pp. 47–55, 2025, doi: 10.23887/jstundiksha.v14i1.93007.
- [8] R. Nandika and E. Amrina, "SISTEM HIDROPONIK BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," *Sigma Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.33373/sigmateknika.v4i1.3253.
- [9] A. AZHAR, S. M. Al Sasongko, and D. F. Budiman, "IMPLEMENTASI PURWARUPA WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK MONITORING DAN PENYIRAMAN OTOMATIS PADA TANAMAN MINT MENGGUNAKAN ESP32





- BERBASIS IoT-LoRa,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 2113–2121, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4678.
- [10] K. Fuadi and M. Zakaria, “Implementasi Smart Gardening Tanaman Suplir Berbasis IoT,” *J. Sains dan Teknol. (JST 4.0)*, vol. 1, no. 2, pp. 24–28, 2024.
- [11] D. Westari and S. Ilman, “Implementasi Mikrokontroler dalam Otomatisasi Sistem Pertanian,” *Jurnal Teknik Elektro dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 4, pp. 314–321, 2024.
- [12] Y. Prabowo, T. Wirawan Wisjhnuadji, Y. Everhard, and D. Putra, “Smart Gardening Berbasis IoT Menggunakan Pengendali Mikro ESP32 Serta Protokol Komunikasi Modbus,” *J. Ilmu Komput. dan Sci.*, vol. 2, no. 9, pp. 2355–2364, 2023.
- [13] M. Syaif and J. Iskandar, “Perancangan Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Menggunakan Sensor DHT22,” vol. 2, no. 1, pp. 2–6, 2025.
- [14] S. Sacra, J. Sains, and B. Agustian, “Perancangan Dan Implementasi Alat Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Sensor Suhu Dan Kelembaban Tanah Menggunakan ESP32 Pada Lady Nursery,” vol. 5, no. 1, pp. 18–27, 2025.
- [15] D. R. Wati and W. Sholihah, “Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino,” *Multinetics*, vol. 7, no. 1, pp. 12–20, 2021, doi: 10.32722/multinetics.v7i1.3504.
- [16] K. Y. Siregar and H. Pangaribuan, “Desain Dan Implementasi Sistem Pengendalian Gorden Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor,” *J. Comasie*, vol. 6, no. 2, pp. 107–118, 2020.

