



Rancang Bangun *Prototype* Sistem *Monitoring* Dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis *Internet of Things (IoT)* Menggunakan *Microcontroller* ESP32

Veri Ferdiansyah¹, Siska Atmawan Oktavia², Yudi Mulyanto³, Yunanri.W⁴

Fakultas Rekayasa Sistem, Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Sumbawa, Sumbawa Besar, Indonesia
Email: ¹veriferdiansyah990@gmail.com, ²siska.atmawan.oktavia@uts.ac.id, ³yudi.mulyanto@uts.ac.id, ⁴yunanri.w@uts.ac.id

Abstrak- Pertanian hidroponik menjadi solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan lahan dan kebutuhan pangan berkelanjutan. Namun, keberhasilannya sangat bergantung pada pemantauan intensitas cahaya dan ketersediaan air nutrisi secara konsisten. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe sistem *monitoring* dan kontrol tanaman hidroponik berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, *sensor Light Dependent Resistor (LDR)* untuk mendeteksi intensitas cahaya, pompa air DC 12V, dan lampu LED *grow light* sebagai aktuator. Data kondisi lingkungan dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk pada perangkat seluler, yang juga memberikan notifikasi otomatis ketika terjadi anomali, seperti rendahnya volume air atau intensitas cahaya di bawah ambang batas. *Metode pengembangan yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE*, meliputi tahapan analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu bekerja secara otomatis dan *real-time*, dengan tingkat keberhasilan deteksi sensor mencapai 100% pada pengukuran air dan 98% pada pengukuran cahaya. Implementasi prototipe ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas budidaya hidroponik skala kecil, serta menjadi solusi terjangkau bagi petani maupun masyarakat umum untuk mengadopsi teknologi pertanian cerdas.

Kata Kunci: Hidroponik; IoT; ESP32; *Monitoring*; Kontrol Otomatis; Blynk

Abstract- Hydroponic farming has emerged as an innovative solution to address land limitations and support sustainable food production. However, its success highly depends on consistent monitoring of light intensity and nutrient water availability. This study aims to design and develop a prototype monitoring and control system for hydroponic plants based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller. The system employs an ultrasonic sensor to measure water level, a Light Dependent Resistor (LDR) sensor to detect light intensity, a 12V DC water pump, and LED grow lights as actuators. Environmental condition data is transmitted in real-time to the Blynk mobile application, which also provides automatic notifications when anomalies occur, such as low water levels or light intensity falling below the threshold. The development method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE model, covering analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. Testing results show that the system operates automatically and in real-time, achieving 100% detection accuracy for water level measurements and 98% for light intensity measurements. The implementation of this prototype is expected to improve the efficiency and effectiveness of small-scale hydroponic cultivation and serve as an affordable solution for farmers and the general public to adopt smart farming technology.

Keywords: Hydroponics; IoT; ESP32; Monitoring; Automatic Control; Blynk

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor utama dalam pembangunan ekonomi dan ketahanan pangan nasional. Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi yang besar dalam bidang pertanian karena didukung oleh kondisi geografis, iklim tropis, serta ketersediaan sumber daya alam yang melimpah[1]. Sektor ini tidak hanya menjadi penyuplai kebutuhan pangan bagi masyarakat, tetapi juga menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar, terutama di daerah pedesaan[2]. Salah satu inovasi yang berkembang pesat dalam pertanian modern adalah metode budidaya hidroponik, yaitu teknik menanam tanaman tanpa tanah. Hidroponik merupakan budidaya pertanian yang pada praktiknya dilakukan tanpa media tanah, namun menggunakan air sebagai media penggantinya[3]. Metode ini menawarkan berbagai keunggulan, seperti mengurangi penggunaan air, kemudahan dalam pengaturan nutrisi, bebas dari gangguan gulma, serta menghasilkan panen yang lebih cepat dan higienis[4]. Hidroponik sangat ideal diterapkan di area terbatas seperti halaman rumah, atap bangunan (*rooftop*), atau ruang sempit lainnya, sehingga menjadi solusi tepat bagi masyarakat perkotaan maupun wilayah dengan lahan pertanian yang terbatas[5].

Namun demikian, keberhasilan sistem hidroponik sangat bergantung pada konsistensi pemantauan terhadap kondisi lingkungan seperti ketersediaan air nutrisi dan intensitas cahaya[6]. Kualitas tanaman, terutama sayuran, sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti, kadar air, dan intensitas cahaya[7]. Hasil observasi yang dilakukan di kebun milik Bapak Afriansyah di wilayah desa Berare menunjukkan bahwa beberapa tanaman hidroponik yang dikelola sering mengalami pertumbuhan yang tidak maksimal dan bahkan layu. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemantauan secara berkala terhadap volume air nutrisi yang tersedia dan pencahayaan yang tidak optimal. Ketidakteraturan ini menyebabkan

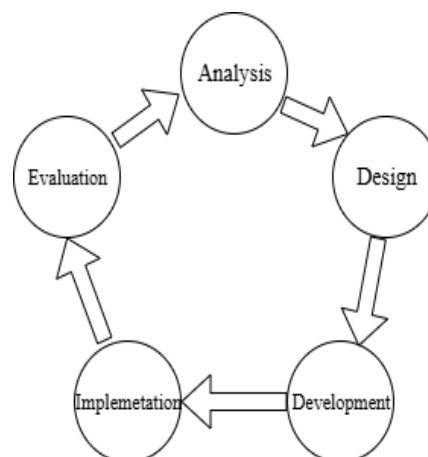
terganggunya proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi oleh tanaman, yang pada akhirnya berdampak pada kualitas dan produktivitas tanaman.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi potensial dalam menjawab kebutuhan tersebut. *Internet of Things* (IoT) merupakan jaringan yang terdiri dari perangkat fisik, kendaraan, dan berbagai objek lainnya yang dilengkapi dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, aktuator, serta konektivitas, sehingga memungkinkan perangkat-perangkat tersebut terhubung, mengumpulkan, dan saling bertukar data[8]. Dengan menggabungkan perangkat *microcontroller* seperti ESP32 dan berbagai sensor lingkungan, sistem monitoring dapat dirancang untuk bekerja secara otomatis serta terhubung ke internet.[9] Hal ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan tanaman secara *real-time* melalui perangkat seluler, bahkan dari jarak jauh. Sistem ini juga dapat dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis saat terjadi anomali.

Dalam lima tahun terakhir, sejumlah penelitian telah mengangkat topik serupa. Penelitian oleh Nandika[10] mengembangkan sistem monitoring hidroponik NFT berbasis IoT menggunakan sensor TDS, pH, dan suhu, namun sistem ini hanya dapat menambahkan air secara otomatis tanpa mengontrol pencahayaan. [11] mengintegrasikan metode deep flow technique dengan teknologi IoT berbasis logika fuzzy untuk pengambilan keputusan otomatis, namun terbatas pada fungsi pemantauan tanpa kontrol aktuator pencahayaan. [12] membangun sistem berbasis Arduino Mega untuk memantau pH dan TDS, tetapi hasilnya hanya ditampilkan pada LCD tanpa dukungan pemantauan jarak jauh. [13] menggabungkan Raspberry Pi dan Arduino Mega untuk otomatisasi pencampuran nutrisi, namun desainnya kompleks dan berbiaya tinggi. [14] merancang sistem IoT dengan sensor DHT11 dan water level sensor berbasis logika fuzzy untuk penyiraman otomatis, tetapi belum mengintegrasikan pengaturan pencahayaan. Selain itu, semua penelitian ini menunjukkan kemajuan dalam otomatisasi pertanian, namun masih terdapat kekurangan pada integrasi fitur, kelengkapan parameter yang dimonitor, serta kemudahan akses informasi bagi pengguna.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research & Development* dengan metode analisis data kualitatif fenomenologi. Pendekatan kualitatif fenomenologi bertujuan untuk menggali pemahaman yang mendalam mengenai pengalaman pribadi seseorang terhadap suatu peristiwa atau fenomena [15]. Fokus utamanya adalah bagaimana individu mengalami, memaknai, dan menafsirkan peristiwa tersebut berdasarkan sudut pandangnya sendiri, tanpa dipengaruhi oleh teori atau asumsi yang berasal dari luar dirinya[16]. Serta metode pengembangan ADDIE dipilih sebagai metode yang akan digunakan pada penelitian ini. ADDIE merupakan singkatan dari *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*, yang merupakan tahapan dalam proses pengembangan [17]. Model ini banyak diterapkan dalam dunia pendidikan, pelatihan, serta pengembangan teknologi atau sistem yang berorientasi pada kebutuhan pengguna.



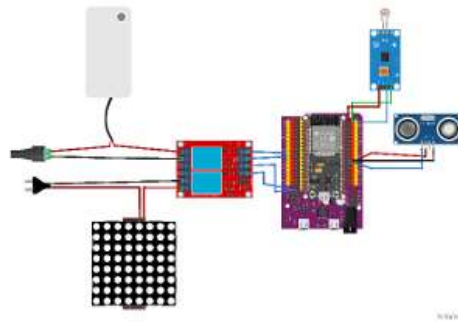
Gambar 1. Model ADDIE [18]

2.1. Analysis

Tahap ini merupakan proses identifikasi, di mana penulis melakukan analisis terhadap pengembangan dua parameter yakni analisis kebutuhan sistem yang mencakup *hardware* dan *software* dan analisis akan kebutuhan pengguna.

2.2. Design

Setelah analisis dilakukan, langkah selanjutnya adalah merancang sistem atau produk. Pada tahapan ini desain dibuat dengan aplikasi fritzing yang merupakan salah satu aplikasi untuk membuat desain, berikut skema rangkaian dari hardware untuk sistem monitoring yang akan dibangun.



Gambar 2. Skema Rangkaian

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa seluruh sensor yang digunakan serta lampu LED dan Pompa air terintegrasi ke ESP32.

2.3. Development

Tahap ini merupakan proses mewujudkan rancangan menjadi bentuk nyata, seperti pembuatan sistem, pengembangan prototype, penulisan kode program, dan perakitan perangkat keras[19]. Produk awal yang dihasilkan pada tahap ini selanjutnya disiapkan untuk dilakukan pengujian.

2.4. Implementation

Produk kemudian diuji atau diterapkan dalam kondisi nyata maupun simulasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengevaluasi performa sistem secara langsung, serta menilai tingkat kemudahan penggunaan dan efektivitasnya dari sudut pandang pengguna akhir.

2.5. Evaluation

Evaluasi bertujuan untuk menilai mutu dan keberhasilan produk yang dikembangkan. Proses ini mencakup evaluasi formatif yang dilakukan selama pengembangan, serta evaluasi sumatif setelah produk diimplementasikan[20]. Temuan dari evaluasi ini dimanfaatkan sebagai dasar untuk melakukan revisi atau peningkatan terhadap produk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Design

1. Perancangan tampilan blynk

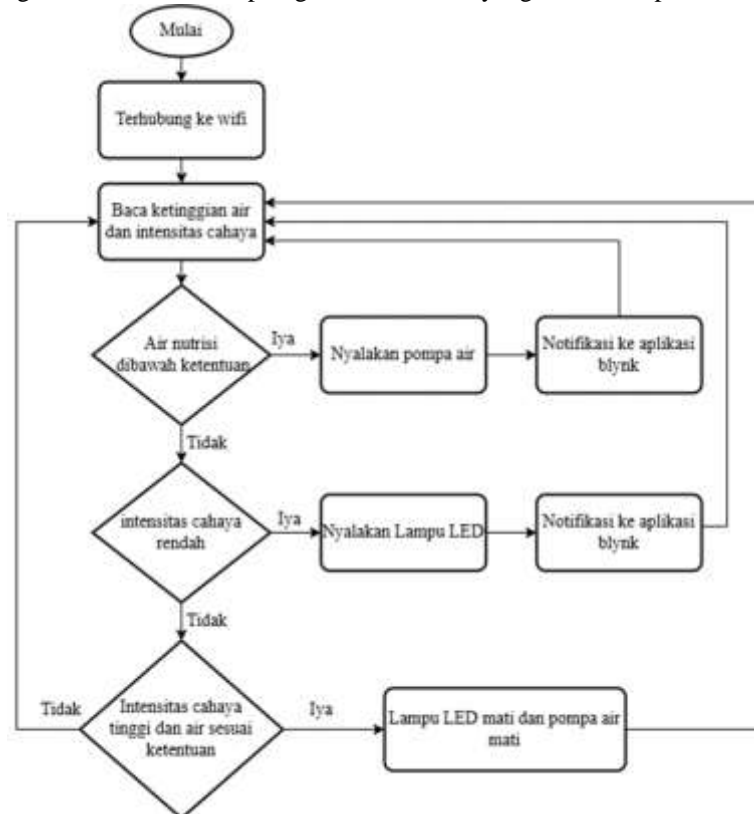
Berikut tampilan yang akan ditampilkan pada layar monitoring serta tampilan dari notifikasi yang akan terhubung di aplikasi blynk.



Gambar 3. Desain Tampilan Blynk

2. Perancangan Logika Kerja Sistem

Dalam penelitian ini, penulis mengajukan sistem monitoring dan kontrol tanaman hidroponik berbasis Internet of Things yang akan melakukan pengukuran pada dua variabel yakni ketinggian air yang akan diukur dengan sensor ultrasonik dengan paraf penguuran yaitu jarak antara permukaan air dan posisi sensor ultrasonik dan intensitas cahaya yang akan diukur dengan sensor LDR. Adapun gambaran sistem yang usulkan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Logika Kerja Sistem

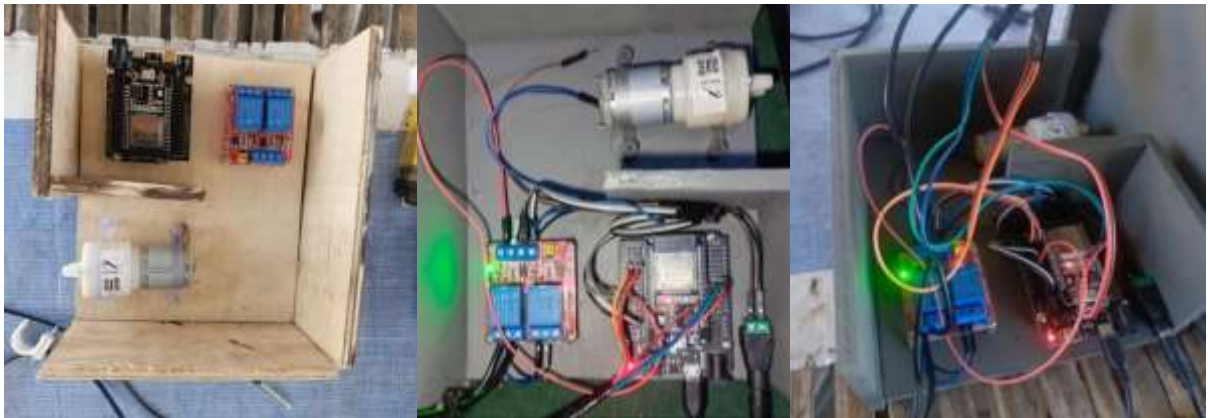
Pada gambar 4.2 dapat dilihat sistem monitoring dan kontrol tanaman hidroponik yang diusulkan penulis mampu melakukan monitoring dan kontrol ketinggian air dan intensitas cahaya. Pada penelitian ini, penulis mengambil objek yang berupa hidroponik wick yang menggunakan wadah setinggi 10 cm. Ketika ketinggian air yang ada dalam wadah >8 cm (pengukuran diambil dari permukaan air hingga posisi sensor ultrasonik) maka sistem akan mengaktifkan pompa air akan langsung melakukan penambahan air secara otomatis, dan akan mematikan pompa ketika ketinggian air <4 cm dan ini akan mengaktifkan notifikasi ke aplikasi blink di smartphone. Begitupun dengan intensitas cahaya, ketika intensitas cahaya rendah (nilai ADC >2000) maka dengan otomatis sistem akan menyalakan lampu LED yang membuat tanaman dapat terus melakukan fotosintesis sehingga pertumbuhan tanaman dapat maksimal, dan ketika intensitas cahaya tinggi (nilai ADC <2000) maka sistem akan mematikan lampu LED untuk efisiensi daya, ini juga akan mengaktifkan notifikasi ke smartphone pengguna. Sistem ini akan terus-menerus melakukan looping sehingga update kondisi tanaman dapat dilakukan secara *real time*.

3.1. Development

Pada tahapan, sistem monitoring dan kontrol tanaman hidroponik mulai dibangun berdasarkan rancangan yang sudah dibuat sebelumnya yang terdiri dari perangkat keras berupa ESP32, sensor ultrasonik, dan sensor LDR dan juga perangkat lunak yang berupa aplikasi blynk.

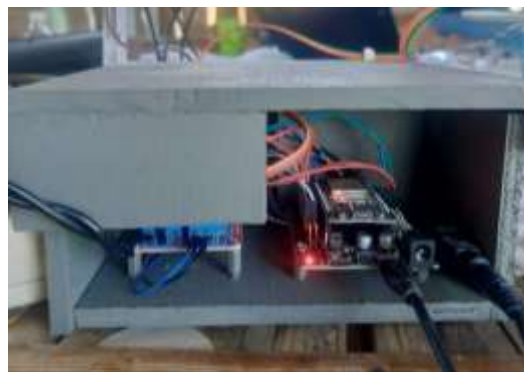
1. Pembangunan Perangkat Keras

Pada tahapan ini, sistem dibangun dari segi perangkat lunak yang pada penelitian ini berupa ESP32, sensor ultrasonic, sensor LDR, relay, pompa, serta lampu LED.



Gambar 5. Pembangunan Perangkat Keras

Gambar 4 menunjukkan tampak atas dari prototype dari sistem yang telah dibangun. Dapat dilihat bahwa dari esp32, relay 2 channel serta pompa disambungkan dengan kabel jumper. System dirancang dalam box yang dibuat dari kayu serta ditata agar tidak terlalu terlalu memakan ruang.



Gambar 6. Tampilan Depan *Prototype*

Pada gambar 5 dapat dilihat sistem yang telah dibangun yang memiliki cover atas agar terhindar dari panas matahari sehingga dapat meminimalisir panas yang diterima oleh perangkat keras. Pada bagian depan dengan sengaja di beri sedikit celah agar dapat memudahkan kabel power dari esp32, pompa serta lampu LED.

2. Pembangunan Perangkat Lunak

Pada tahapan ini, pembangunan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan aplikasi blynk yang akan meliputi sistem monitoring serta notifikasi kontrol yang dilakukan oleh sistem.

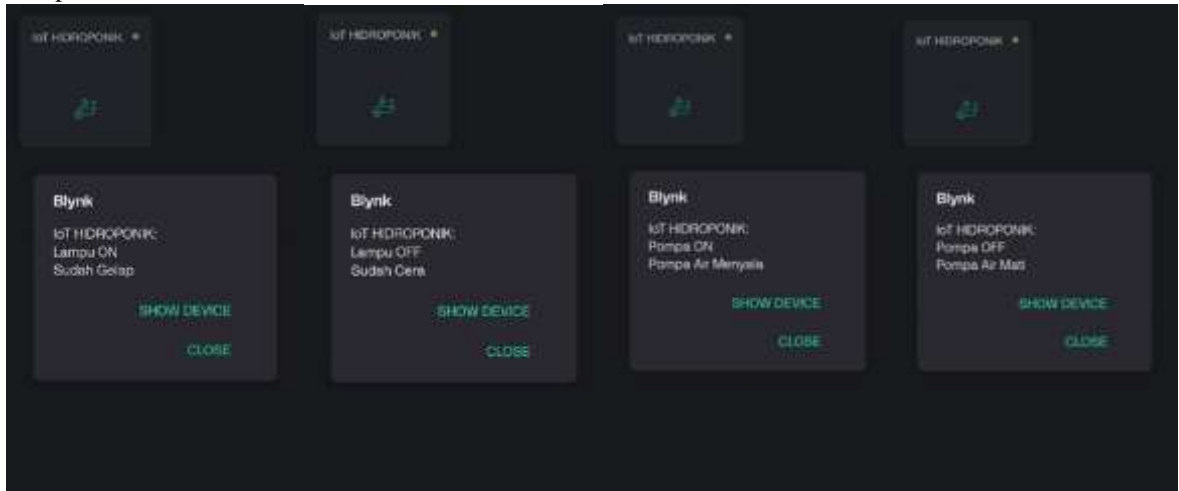
a. Tampilan Halaman Monitoring



Gambar 7. Tampilan Halaman Monitoring

Pada gambar 6 merupakan tampilan halaman monitoring yang akan ditampilkan pada aplikasi blynk pada yang akan menampilkan dua variabel yaitu jarak air yang diukur berdasarkan dari permukaan air ke sensor ultrasonik dan intensitas cahaya yang diukur dengan sensor LDR. Tampilan ini sudah disesuaikan dengan desain yang telah dibuat sebelumnya pada tahap perancangan.

b. Tampilan Notifikasi



Gambar 8. Notifikasi Aplikasi Blynk

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa akan ada 4 notifikasi yang akan didapatkan oleh pengguna melalui aplikasi blink, yaitu notifikasi yang diterima ketika sistem menyalakan lampu. Notifikasi akan didapatkan melalui aplikasi blynk, dan notifikasi akan didapatkan ketika sistem mendeteksi nilai ADC >2000 dan otomatis menyalakan lampu LED, notifikasi ketika lampu dimatikan. Notifikasi didapatkan dari aplikasi blynk ketika sistem yang dibangun mendeteksi nilai ADC yang didapatkan <2000 yang menandakan sudah cerah, notifikasi yang akan diterima ketika sistem menyalakan pompa. Pompa akan dinyalakan otomatis oleh sistem ketika jarak air yang dideteksi dengan sensor ultrasonik dan permukaan air sudah >7 cm, dan notifikasi yang akan diterima ketika dinonaktifkan. Pompa akan otomatis dinonaktifkan ketika jarak antara sensor ultrasonik dan permukaan air sudah mencapai <4 saat proses pengisian.

3.2. Implementation

Pada langkah pengujian ini, penulis melakukan pengujian pada sistem monitoring dan kontrol tanaman secara langsung ke hidroponik guna melihat hasil dari kinerja alat secara langsung dilapangan.



Gambar 9. Implementasi Pada Hidroponik

Pada gambar 8 dapat dilihat tampak langsung sistem yang diterapkan pada hidroponik. Sensor ultrasonik diletakkan mengarah ke air dibawah tanaman dan sensor LDR diletakkan pada tiang kecil yang akan langsung terpapar cahaya.

1. Pengujian Sensor Ultrasonik Dan Pompa Air



Pengujian sensor ultrasonic dan pompa dilakukan bersamaan dikarenakan sistem melakukan kontrol air hidroponik menggunakan pompa air berdasarkan data yang didapatkan dari sensor ultrasonik

Tabel 1. Pengujian Monitoring Dan Kontrol Air

No	Waktu	Sensor Ultrasonik (Jarak ke permukaan air)	Pompa Air	Keterangan
1	16.35	3 cm	<i>Off</i>	Sesuai
2	16.39	4 cm	<i>Off</i>	Sesuai
3	16.43	6 cm	<i>Off</i>	Sesuai
4	16.52	3 cm	<i>Off</i>	Sesuai
5	16.55	7 cm	<i>Off</i>	Sesuai
6	16.55	8 cm	<i>On</i> (Pengisian)	Sesuai
7	16.57	6 cm	<i>On</i> (Pengisian)	Sesuai
8	16.57	5 cm	<i>On</i> (Pengisian)	Sesuai
9	16.57	4 cm	<i>On</i> (Pengisian)	Sesuai
10	16.57	3 cm	<i>Off</i>	Sesuai

Pengujian sensor ultrasonik dan pompa air berhasil dilakukan. Didapatkan data bahwa sistem akan melakukan penambahan air ketika jarak permukaan air dari posisi sensor >7 dan akan otomatis menonaktifkan pompa ketika ketinggian air sudah <4.

2. Pengujian Sensor LDR Dan Lampu LED

Pada tahapan ini, pengujian sensor LDR dan lampu LED di satukan dikarenakan kontrol dilakukan menggunakan lampu LED berdasarkan data yang didapatkan dari sensor LDR.

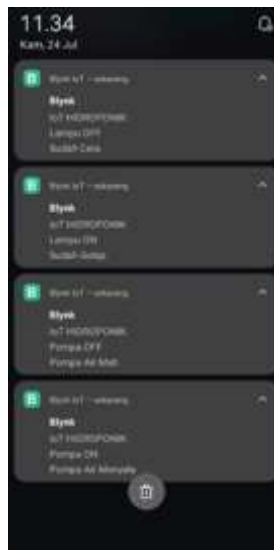
Tabel 2. Pengujian Monitoring Dan Kontrol Intensitas Cahaya

No	Waktu	Sensor LDR (Intensitas Cahaya)	Lampu LED	Keterangan
1	17.04	498	<i>Off</i>	Sesuai
2	17.05	1162	<i>Off</i>	Sesuai
3	17.08	1300	<i>Off</i>	Sesuai
4	17.10	1451	<i>Off</i>	Sesuai
5	17.12	1960	<i>Off</i>	Sesuai
6	17.14	2095	<i>On</i>	Sesuai
7	17.16	2502	<i>On</i>	Sesuai
8	18.02	2855	<i>On</i>	Sesuai
9	18.05	3802	<i>On</i>	Sesuai
10	01.15	3802	<i>On</i>	Sesuai

Pengujian sensor LDR dan lampu LED berhasil dilakukan, dimana didapatkan hasil bahwa sistem akan mengaktifkan lampu LED ketika nilai ADC sudah <2000 dan otomatis menonaktifkan ketika nilai ADC <2000

3. Pengujian Notifikasi.

Pada tahapan ini pengujian difokuskan pada notifikasi, dimana pengujian dilakukan dengan cara memenuhi setiap kondisi yang akan membuat sistem melakukan kontrol yang otomatis akan mengirimkan notifikasi ke ponsel pengguna.



Gambar 10. Pengujian Notifikasi

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa pengujian notifikasi melalui aplikasi blynk berhasil dengan setiap kontrol yang dilakukan sistem berhasil mengirimkan notifikasi ke ponsel pengguna. Dari setiap kontrol seperti menyalakan lampu, mematikan lampu, menyalakan pompa dan menonaktifkan pompa berhasil mengirimkan notifikasi ke ponsel pengguna.

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan kontrol tanaman hidroponik berbasis IoT menggunakan microcontroller ESP32 berhasil dibangun dan berfungsi sesuai dengan mestinya. Monitoring ketinggian air yang menggunakan sensor ultrasonic berhasil dibangun menggunakan aplikasi blynk, pada sistem kontrolnya didapat bahwa sistem akan menyalakan pompa air ketika ketinggian air berada di >7 cm yang diukur dari permukaan air ke posisi sensor dan akan menonaktifkan ketika <4 cm dan dapat dibaca baik melalui serial monitor ataupun aplikasi blynk. Monitoring intensitas cahaya yang dibangun menggunakan sensor LDR berhasil dibangun menggunakan aplikasi blynk, serta pada sistem kontrolnya didapatkan bahwa sistem akan menyalakan lampu ketika nilai ADC yang didapat dari sensor LDR >2000 dan akan menonaktifkan ketika nilai ADC <2000 dan dapat dibaca melalui serial monitor atau aplikasi blynk

REFERENCES

- [1] M. Haikal, F. Fazri, S. Aisar, and N. Fakultas Pertanian, "SOSIALISASI BUDIDAYA SISTEM TANAM HIDROPONIK DAN VELTIKULTUR," 2021.
- [2] E. I. R. Rhofita, "Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan dan Energi Nasional," *J. Ketahanan Nas.*, vol. 28, no. 1, p. 82, May 2022, doi: 10.22146/jkn.71642.
- [3] Endryansyah, P. W. Rusimanto, and M. S. Zuhrie, "Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Berbasis Fuzzy Logic Controller Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Berbasis Fuzzy Logic Controller Ikko Asmbangnirwana," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 108–116, 2019.
- [4] J. C. Kilmanun and R. K. Ndaru, "Analysis of the Farming Income Hydroponic Vegetables in Malang East Java," *J. Pertan. Agros*, vol. 22, no. 2, pp. 180–185, 2020.
- [5] Linda dkk, "Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan La," *J. Lepa-lepa Open*, vol. 1, no. 3, pp. 503–510, 2021.
- [6] A. Hardian *et al.*, "Indonesian Research Journal on Education," vol. 5, no. 2015, pp. 1079–1085, 2025.
- [7] M. Ridwan and K. M. Sari, "Penerapan IoT dalam Sistem Otomatisasi Kontrol Suhu, Kelembaban, dan Tingkat Keasaman Hidroponik," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 10, no. 4, p. 481, Dec. 2021, doi: 10.23960/jtep-l.v10i4.481-487.
- [8] N. Nasution, M. Rizal, D. Setiawan, and M. A. Hasan, "IoT Dalam Agrobisnis Studi Kasus : Tanaman Selada Dalam Green House," *IT J. Res. Dev.*, vol. 4, no. 2, Oct. 2020, doi: 10.25299/itjrd.2020.vol4(2).3357.
- [9] A. Z. Hidayat, M. A. J., & Amrullah, "Hidroponik Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Saintekom Sains, Teknol. Komput. Dan Manaj.*, vol. 12, no. 1, pp. 23–32, 2022.
- [10] R. Nandika and E. Amrina, "SISTEM HIDROPONIK BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," *Sigma Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [11] R. Doni and M. Rahman, "Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu



- ESP8266,” 2020.
- [12] L. Pamungkas, P. Rahardjo, and I. Gusti Agung Putu Raka Agung, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PADA HIDROPONIK NFT (NURTIENT FILM TEHCNIQUE) BERBASIS IOT,” 2021.
- [13] P. Denanta, B. Perteka, N. Piarsa, and K. S. Wibawa, “Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things.”
- [14] P. Hidayatullah, M. Orisa, and A. Mahmudi, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” 2022.
- [15] P. D. C. R. Semiawan, *Metode Penelitian Kualitatif*. Grasindo, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=dSpAlXuGUCUC>
- [16] M. Kars, “Fenomenologie,” *TVZ - Verpleegkd. Prakt. en Wet.*, vol. 133, no. 1, pp. 56–57, 2023, doi: 10.1007/s41184-023-1791-3.
- [17] Y. H. Rayanto, T. Rokhmawan, and M. Z. A. S. Maulana, *PENELITIAN PENGEMBANGAN MODEL ADDIE DAN R2D2: TEORI & PRAKTEK*. Lembaga Academic & Research Institute, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=pJHcDwAAQBAJ>
- [18] N. Z. Adesfiana, I. Astuti, and E. Enawaty, “PENGEMBANGAN CHATBOT BERBASIS WEB MENGGUNAKAN MODEL ADDIE Zeny Novia Adesfiana [1]; Indri Astuti [2]; Eny Enawaty [3],” *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 10, no. Pengembangan Website, pp. 147–152, 2022, [Online]. Available: <https://app.smojo.org/zeny92/cantik>.
- [19] E. Mulyatiningsih and A. Nuryanto, *Metode penelitian terapan bidang pendidikan*. UNY Press, 2015. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=DCjKEAAAQBAJ>
- [20] Y. M. Cholily *et al.*, *Metode Penelitian di Berbagai Masalah Pendidikan*. UMMPress, 2024. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=cXkQEQAQBAJ>