



Pemanfaatan *IoT* dalam Sistem Kontrol Lingkungan Tanaman *Drosera sessilifolia* Menggunakan *Fuzzy Type-2*

Rhimba Aulia¹, Christia Aji Putra^{1*} dan Henni Endah Wahanani¹

¹ Program Studi Informatika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia.

* Korespondensi: ajiputra@upnjatim.ac.id

Sitasi: R. Aulia, C. A. Putra, and H. E. Wahanani, "Pemanfaatan IoT dalam Sistem Kontrol Lingkungan Tanaman *Drosera sessilifolia* Menggunakan *Fuzzy Type-2*", *Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, vol. 8, no. 2, hlm. 293-306, 2026. <https://doi.org/10.35746/jtim.v8i2.980>

Diterima: 27-02-2026

Direvisi: 01-04-2026

Disetujui: 11-04-2026



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstract: *Drosera sessilifolia* is a carnivorous plant that requires optimal environmental conditions, particularly in terms of light intensity, temperature, and water level. This study aims to utilize the Internet of Things (IoT) to implement an environmental control system using Type-2 Fuzzy Logic for monitoring and controlling the environmental parameters of *Drosera sessilifolia*. The system uses an ESP32 microcontroller supported by several sensors, including a DS18B20 temperature sensor, an LDR light intensity sensor, and a water level sensor, to monitor environmental parameters accurately. The acquired data are processed using the Type-2 Fuzzy method to generate control decisions for actuators such as a heater, peltier, lamp, peristaltic pump, and fan. The Blynk platform is used to display environmental conditions, including temperature, light intensity, water level, and actuator decision status in real time. Based on the results of a 7-day indoor test conducted in the morning and at night, the average morning temperature was 30.04°C and the average nighttime temperature was 27.91°C, while the average light intensity was 1278 ADC in the morning and 2525.43 ADC at night, and the average water level was 1.16 cm in the morning and 0.99 cm at night. Based on 14 observations over 7 days, the system showed appropriate control responses in all observed scenarios, resulting in a 100% response success rate for the detected conditions. The novelty of this study lies in the implementation of an IoT-based Type-2 Fuzzy system specifically designed for the indoor cultivation of *Drosera sessilifolia* by simultaneously controlling temperature, light intensity, and water level. In addition, this study highlights the novelty of integrating Type-2 Fuzzy Logic and IoT for carnivorous plants, which remains very limited, especially for the cultivation of *Drosera sessilifolia* in a controlled indoor environment. The test results show that the system is capable of controlling temperature, light intensity, and water level effectively and responsively to environmental changes. The Type-2 Fuzzy method also produces stable and adaptive control decisions. This system offers a solution for real-time indoor monitoring and environmental control of *Drosera sessilifolia*.

Keywords: *Drosera sessilifolia*, Internet of Things, Fuzzy Type-2, ESP32 microcontroller.

Abstrak: *Drosera sessilifolia* adalah salah satu tanaman karnivora yang memerlukan kondisi lingkungan yang optimal, terutama dalam hal intensitas cahaya, suhu, dan ketinggian air. Penelitian ini tentunya bertujuan untuk memanfaatkan IoT dalam mengimplementasikan sistem kontrol lingkungan dengan menggunakan *Fuzzy Type-2* untuk memantau dan mengendalikan parameter lingkungan tanaman *Drosera sessilifolia*. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang didukung oleh beberapa sensor, seperti sensor suhu DS18B20, sensor intensitas cahaya LDR, dan sensor level air, untuk memantau parameter lingkungan secara akurat. Data yang diperoleh diolah dengan metode *Fuzzy Type-2* untuk menghasilkan keputusan kendali yang mengatur aktuator seperti heater, peltier, lampu, pompa peristaltik, dan kipas. Platform Blynk digunakan untuk menampilkan kondisi lingkungan, termasuk nilai suhu, intensitas cahaya, ketinggian air, serta status keputusan aktuator secara *real-time*. Berdasarkan hasil pengujian selama 7 hari di dalam rumah pada pagi dan malam

hari, diperoleh rata-rata suhu pagi sebesar 30,04°C dan malam 27,91°C, intensitas cahaya pagi 1278 ADC dan malam 2525,43 ADC, serta ketinggian air pagi 1,16 cm dan malam 0,99 cm. Berdasarkan 14 kali pengamatan selama 7 hari, sistem menunjukkan respons kontrol yang sesuai pada seluruh skenario pengamatan, sehingga tingkat keberhasilan respons sistem terhadap kondisi yang terdeteksi mencapai 100%. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan sistem IoT berbasis Fuzzy Type-2 yang dirancang khusus untuk budidaya *Drosera sessilifolia* di dalam ruangan dengan pengendalian suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air secara bersamaan. Selain itu, penelitian ini menegaskan novelty pada integrasi Fuzzy Type-2 dan IoT untuk tanaman karnivora, yang hingga saat ini masih sangat terbatas, khususnya pada budidaya *Drosera sessilifolia* dalam lingkungan terkontrol di dalam ruangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengontrol suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air secara efektif serta responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Metode Fuzzy Type-2 juga menghasilkan keputusan kontrol yang stabil dan adaptif. Sistem ini menawarkan solusi untuk pemantauan dan pengendalian lingkungan *Drosera sessilifolia* di dalam rumah secara *real-time*.

Kata kunci: *Drosera sessilifolia*, Internet of Things, Fuzzy Type-2, Mikrokontroler ESP32.

1. Pendahuluan

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa dampak besar dalam dunia pertanian, terutama dalam hal pengelolaan tanaman yang lebih cerdas dengan memanfaatkan sensor dan sistem otomatis[1]. IoT memungkinkan pemantauan dan pengaturan kondisi lingkungan secara *real-time*, yang sangat bermanfaat dalam konteks pertanian perkotaan dan konservasi tanaman[2]. Mengingat terbatasnya lahan serta perubahan iklim, IoT dapat membantu menciptakan kondisi yang sesuai bagi tanaman meskipun berada di luar habitat alami mereka[3].

Salah satu contoh tanaman yang memiliki tantangan besar dalam budidaya adalah *Drosera sessilifolia*, tanaman karnivora yang hanya dapat tumbuh optimal di lingkungan luar dengan kondisi cahaya, suhu, dan ketinggian air tertentu[4]. Ketika ditanam di dalam ruangan, *Drosera sessilifolia* menghadapi kesulitan seperti kurangnya cahaya alami, fluktuasi suhu, serta kesulitan dalam mengatur ketinggian air, yang bisa menghambat pertumbuhannya[5]. Tanpa sistem pengelolaan lingkungan yang tepat, tanaman *Drosera sessilifolia* bisa mengalami penurunan kualitas hidup atau bahkan mati[6].

Logika fuzzy merupakan metode pengambilan keputusan yang digunakan untuk menangani kondisi yang tidak pasti. Salah satu bentuk dasarnya adalah *Fuzzy Type-1* namun metode ini masih memiliki keterbatasan dalam menghadapi ketidakpastian yang tinggi, terutama ketika data sensor mengalami fluktuasi, noise, atau perubahan yang dinamis. Pada sistem pengendalian lingkungan tanaman, kondisi seperti suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air tidak selalu berada pada batas yang tegas, sehingga pendekatan Fuzzy Type-1 yang menggunakan derajat keanggotaan tunggal dinilai kurang mampu merepresentasikan variasi tersebut secara optimal[7]. Fuzzy Type-2 merupakan pengembangan dari *Fuzzy Type-1* yang menggunakan rentang derajat keanggotaan sehingga mampu merepresentasikan ketidakpastian dengan lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan Fuzzy Type-2 karena lebih mampu memberikan keputusan kontrol yang stabil dan adaptif pada pengendalian lingkungan tanaman *Drosera sessilifolia* [8].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan *Interval Type-2 Fuzzy Logic* dalam bidang pertanian dan pemantauan lingkungan, khususnya untuk mengatasi ketidakpastian data yang berasal dari kondisi alam. Penelitian [9] mengembangkan

metode *Interval Type-2 Fuzzy C-Means* yang disempurnakan untuk memantau dan memprediksi dinamika vegetasi melalui pendekatan *fuzzy time series*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan pemodelan kondisi vegetasi yang lebih stabil dan akurat meskipun menghadapi variasi dan ketidakpastian data lingkungan[9]. Penelitian [10] mengusulkan penggunaan Interval Type-2 Fuzzy Set untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pertanian presisi. Pendekatan ini membantu memilih aplikasi pertanian yang paling sesuai dengan mempertimbangkan ketidakpastian data dan variasi kondisi lingkungan[10]. Studi lain pada rumah kaca skala kecil menunjukkan integrasi IoT dan fuzzy logic menciptakan lingkungan tumbuh otomatis yang adaptif terhadap perubahan sensor [11]. Penelitian sistem irigasi pintar dengan IoT juga menunjukkan bahwa metode Type-2 lebih tahan terhadap ketidakpastian data sensor dan lebih fleksibel dalam pengaturan irigasi[12]. Selain itu, sistem monitoring nutrisi hidroponik berbasis IoT dengan Interval Type-2 Fuzzy Logic terbukti efektif dalam kendali nutrisi tanaman secara otomatis [13].

Meskipun berbagai penelitian terkait Fuzzy Type-2 maupun sistem IoT dalam bidang pertanian telah berkembang, kajian yang secara khusus mengintegrasikan Fuzzy Type-2 pada pengendalian lingkungan tumbuh tanaman karnivora masih belum ditemukan secara jelas. Selain itu, penerapan pendekatan tersebut pada budidaya *Drosera sessilifolia* di dalam ruangan juga masih sangat terbatas, terutama untuk pengendalian suhu udara, intensitas cahaya, dan ketinggian air. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengisi kekosongan tersebut melalui pengembangan sistem yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian lingkungan tumbuh *Drosera sessilifolia*.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem IoT berbasis Fuzzy Type-2 yang dapat memantau dan mengendalikan tiga parameter utama dalam lingkungan tumbuh *Drosera sessilifolia*, yaitu suhu udara, intensitas cahaya, dan ketinggian air. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu menciptakan kondisi tumbuh yang lebih optimal bagi tanaman dalam ruang terbatas melalui pemantauan dan pengendalian secara *real-time*. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi untuk budidaya *Drosera sessilifolia* di dalam ruangan, tetapi juga memperluas penerapan Fuzzy Type-2 pada pengelolaan lingkungan tanaman karnivora serta memberikan kontribusi pada pengembangan pertanian cerdas dan konservasi tanaman langka.

2. Bahan dan Metode

2.1. *Drosera sessilifolia*

Untuk memahami objek penelitian, perlu diketahui terlebih dahulu karakteristik tanaman *Drosera sessilifolia* sebagai tanaman karnivora yang memiliki kebutuhan lingkungan tumbuh yang spesifik. Gambar berikut menunjukkan bentuk tanaman *Drosera sessilifolia* yang menjadi fokus dalam penelitian ini.



Gambar 1. *Drosera sessilifolia*

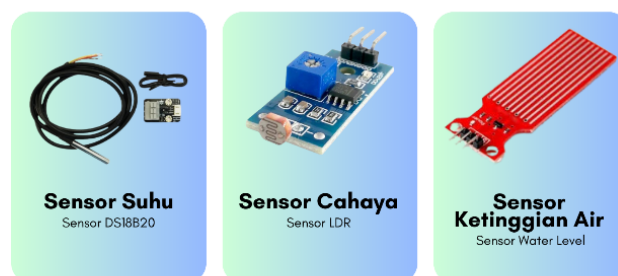
Drosera sessilifolia adalah tanaman karnivora yang memerlukan kondisi lingkungan yang spesifik untuk tumbuh optimal[4]. Berdasarkan wawancara dengan pembudidaya, tanaman ini membutuhkan suhu optimal antara 27°C hingga 31°C, intensitas cahaya sekitar 1500 hingga 700 ADC, dan ketinggian air yang berada pada rentang 0,5 hingga 1,5 cm. Kondisi ini mendukung proses fotosintesis yang efektif dan pertumbuhan tanaman yang sehat, sehingga penting untuk mempertahankan parameter-parameter tersebut agar *Drosera sessilifolia* dapat berkembang dengan baik, terutama ketika dibudidayakan di dalam ruangan atau di lingkungan yang tidak sepenuhnya alami[14].

2.2. Fuzzy Type-2

Fuzzy Type-2 adalah metode yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam data dengan cara mengolah informasi menggunakan fungsi keanggotaan yang lebih fleksibel, yaitu dalam bentuk interval atau lapisan[8]. Metode ini sangat berguna ketika data yang diterima memiliki variasi atau ketidakpastian, seperti yang sering terjadi pada sensor lingkungan yang tidak selalu memberikan hasil yang pasti[15]. Ketidakpastian tersebut dapat dipengaruhi oleh tingkat akurasi masing-masing sensor yang digunakan dalam sistem. Pada penelitian ini, Sensor DS18B20 memiliki akurasi yang relatif baik, yaitu sekitar $\pm 0,5^\circ\text{C}$, sehingga cukup andal untuk membaca suhu lingkungan [16], dan sensor untuk pembacaan intensitas cahaya dalam penelitian ini menggunakan sensor LDR yang pembacaannya dalam bentuk ADC, sedangkan sensor water level lebih dipengaruhi oleh hasil pembacaan analog, proses kalibrasi, serta kondisi lingkungan saat pengukuran [18]. Perbedaan tingkat akurasi sensor tersebut menyebabkan data yang masuk ke sistem tidak selalu sepenuhnya presisi, sehingga *Fuzzy Type-2* dipilih karena mampu mengakomodasi ketidakpastian dan menghasilkan keputusan kendala. Dengan demikian, penggunaan *Fuzzy Type-2* menjadi relevan dalam sistem ini karena dapat meningkatkan kualitas pengambilan keputusan meskipun data sensor mengandung variasi atau ketidakpastian pengukuran[19].

2.3. Sensor

Untuk mendukung proses monitoring lingkungan tanaman, sistem ini menggunakan beberapa sensor yang berfungsi membaca parameter utama secara langsung. Gambar berikut menunjukkan sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Sensor yang digunakan

Sensor suhu yang digunakan adalah DS18B20, yang mengukur suhu lingkungan secara akurat dengan output digital[20]. Sensor LDR mengukur intensitas cahaya dan menghasilkan nilai ADC yang menunjukkan tingkat kecerahan di sekitar tanaman[21]. Sementara itu, sensor *water level* digunakan untuk memantau ketinggian air, yang awalnya diubah dari nilai ADC ke sentimeter (cm) setelah dilakukan kalibrasi[22].

Untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor yang digunakan dalam sistem, dilakukan pengujian awal dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan. Pengujian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai selisih pembacaan masing-masing sensor sebelum sensor digunakan dalam proses monitoring dan pengendalian lingkungan tumbuh tanaman.

Tabel 1 selisih pembacaan sensor terhadap nilai acuan

Sensor	Parameter	Nilai Acuan	Hasil Pembacaan Sensor	Satuan	Error Absolut	Keterangan
DS18B20	Suhu	25,3	25,7	°C	0,4	Error dihitung dari selisih nilai sensor dan termometer acuan
LDR	Intensitas cahaya	-	-	lux / ADC	—	Error tidak dihitung langsung karena satuan acuan dan sensor berbeda
Water level sensor	Ketinggian air	1,20	1,17	cm	0,03	Error dihitung dari selisih nilai sensor dan pengukuran manual

Berdasarkan Tabel X, sensor DS18B20 menunjukkan selisih pembacaan sebesar 0,4°C terhadap termometer acuan, sedangkan sensor water level memiliki selisih sebesar 0,03 cm terhadap pengukuran manual. Sementara itu, pada sensor LDR belum dapat dihitung nilai error secara langsung karena nilai acuan menggunakan satuan lux, sedangkan hasil pembacaan sensor masih dalam bentuk ADC.

2.4. Aktuator

Untuk mendukung proses pengendalian lingkungan tanaman, sistem ini memanfaatkan beberapa aktuator yang bekerja secara otomatis sesuai hasil keputusan kontrol. Gambar berikut menunjukkan aktuator yang digunakan dalam penelitian ini.

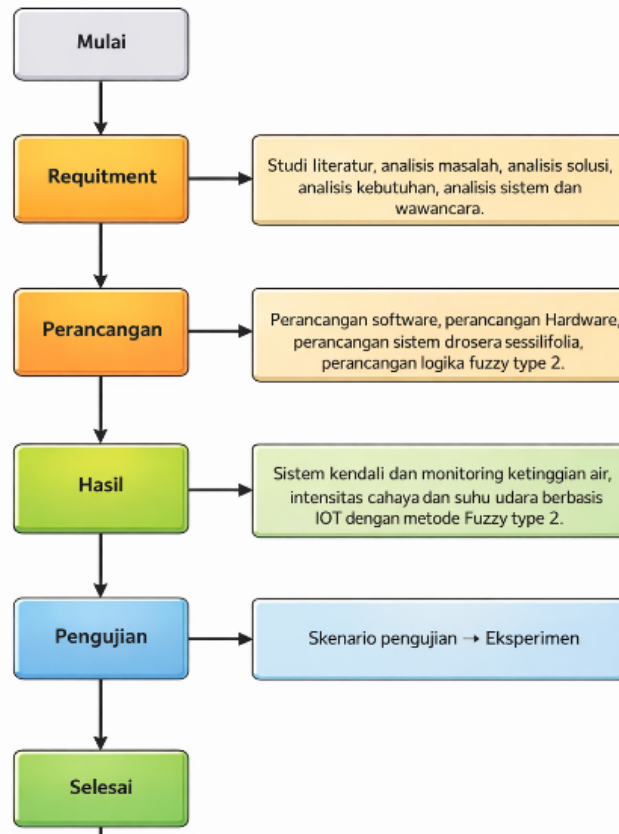


Gambar 3. Aktuator yang digunakan

Aktuator yang digunakan dalam sistem ini mencakup kipas, *peltier*, *heater*, lampu, dan pompa, yang masing-masing memiliki peran penting dalam mengatur kondisi lingkungan tanaman. Kipas berfungsi untuk menjaga sirkulasi udara, memastikan tanaman mendapatkan udara segar dan mencegah kelembapan berlebih, sementara *peltier* berfungsi untuk menurunkan suhu di sekitar tanaman jika diperlukan, menjaga suhu tetap dalam rentang optimal. *Heater* digunakan untuk menaikkan suhu jika kondisi lingkungan menjadi terlalu dingin, dan lampu memberikan cahaya yang diperlukan tanaman untuk fotosintesis, meniru siklus cahaya alami, sementara pompa mengatur ketinggian air dalam sistem irigasi untuk memastikan kelembapan yang konsisten dan mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat.

2.5. Metodologi Penelitian

Untuk memberikan gambaran alur pelaksanaan penelitian secara keseluruhan, disusun tahapan penelitian yang dimulai dari studi literatur hingga analisis hasil. Gambar berikut menunjukkan alur metodologi penelitian yang digunakan dalam perancangan dan pengujian sistem.

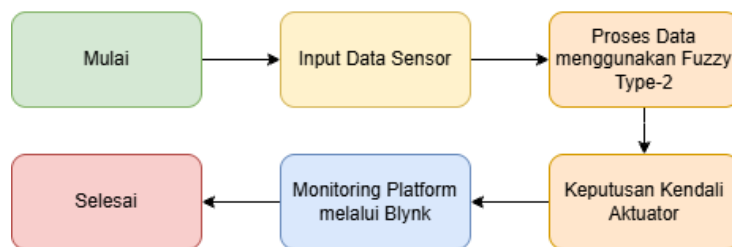


Gambar 4. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini dimulai dengan mempelajari literatur untuk memahami masalah dan solusi terkait sistem pengendalian lingkungan tanaman *Drosera sessilifolia*. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem yang mencakup perangkat keras, perangkat lunak, dan penerapan logika *Fuzzy Type-2* untuk mengatur parameter lingkungan. Setelah sistem selesai, dilakukan pengujian eksperimen untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam memantau suhu, cahaya, dan ketinggian air, yang kemudian diakhiri dengan analisis hasil.

2.6. Alur Kerja Fuzzy Type-2

Untuk menjelaskan proses pengambilan keputusan pada sistem kontrol, digunakan alur kerja Fuzzy Type-2 yang memproses data sensor menjadi keputusan kendali terhadap aktuator. Gambar berikut menunjukkan tahapan kerja Fuzzy Type-2 dalam pengendalian lingkungan tumbuh *Drosera sessilifolia*.

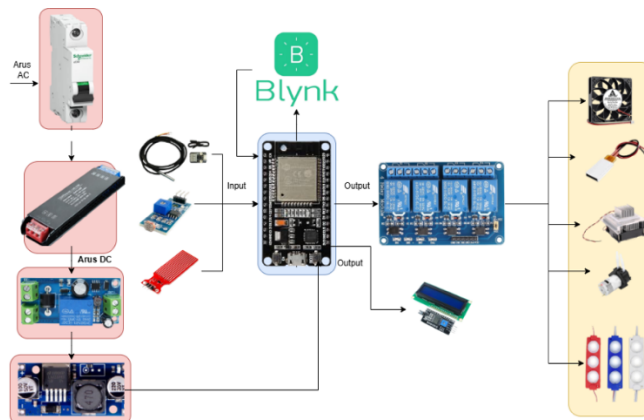


Gambar 5. Alur Kerja Fuzzy Type-2

Diagram alur ini menggambarkan proses kerja sistem yang dimulai dengan pembacaan data sensor seperti suhu, intensitas cahaya, dan level air. Data yang diterima diproses menggunakan *Fuzzy Type-2* untuk menangani ketidakpastian dan menghasilkan keputusan kendali untuk aktuator. Sistem kemudian memonitor kondisi secara *real-time* melalui platform Blynk, memastikan bahwa pengendalian lingkungan berjalan dengan efektif dan sesuai kebutuhan tanaman.

2.7 Alur Kerja Sistem IoT

Untuk memperjelas proses kerja sistem secara keseluruhan, diperlukan gambaran alur hubungan antara sensor, mikrokontroler, platform monitoring, dan aktuator. Gambar berikut menunjukkan alur kerja sistem IoT yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan lingkungan tumbuh *Drosera sessilifolia* secara otomatis.



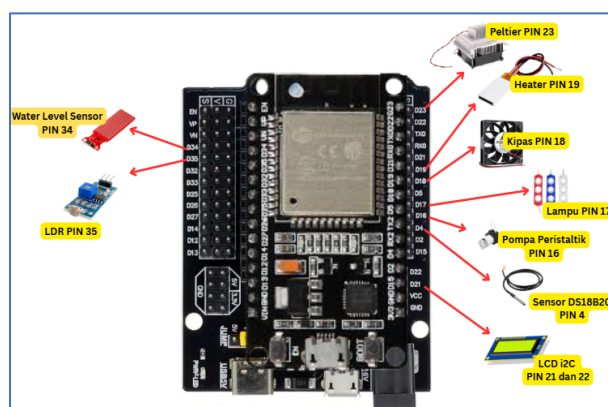
Gambar 6 Alur Kerja Sistem IoT

Gambar 6 memperlihatkan bahwa ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang menerima input dari sensor, memproses data, lalu mengirimkan hasilnya ke Blynk untuk monitoring *real-time*. Selanjutnya, ESP32 memberikan sinyal keluaran ke modul relay dan LCD, sedangkan relay mengendalikan aktuator seperti kipas, *peltier*, pompa, dan lampu sesuai kondisi yang terdeteksi. Dengan alur tersebut, sistem mampu melakukan pemantauan dan pengendalian lingkungan tanaman secara otomatis, terintegrasi, dan responsif.

3. Hasil

3.1. Konfigurasi Sistem

Untuk memperjelas hubungan antar komponen pada sistem, diperlukan gambaran konfigurasi pin antara ESP32, sensor, aktuator, dan perangkat pendukung lainnya. Gambar berikut menunjukkan konfigurasi sistem yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 7 Konfigurasi Sistem

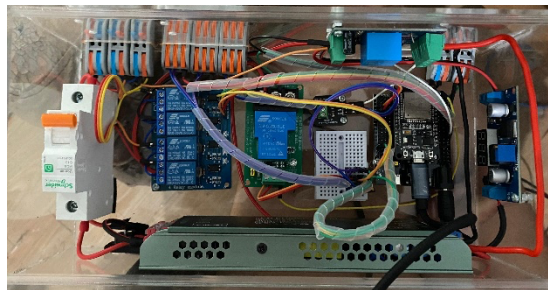
Berdasarkan konfigurasi pada Gambar 7, sensor *water level* dihubungkan ke pin 34, sensor LDR ke pin 35, dan sensor DS18B20 ke pin 4 pada ESP32 sebagai masukan utama untuk membaca kondisi lingkungan tanaman. Sementara itu, aktuator berupa pompa peristaltik, lampu, kipas, *heater*, dan *peltier* masing-masing dihubungkan ke pin 16, 17, 18, 19, dan 23 sebagai keluaran kendali sistem. Selain itu, LCD I2C terhubung ke pin 21 dan 22 untuk menampilkan informasi kondisi sistem secara *real-time*.

3.2. Hasil Rancangan Hardware

Pada rancangan hardware, sistem ini mencakup *MainBox* sebagai tempat untuk mikrokontroler dan perangkat elektronik, aktuator seperti kipas, *peltier*, *heater*, lampu, dan pompa untuk mengatur suhu, cahaya, dan ketinggian air, serta akuarium yang dirancang untuk menampung tanaman *Drosera sessilifolia* dan mengontrol level air yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya.

3.2.1. Rancangan *MainBox*

Untuk memperjelas susunan komponen utama pada pusat kendali sistem, dibuat rancangan *main box* yang memuat jalur distribusi daya dan kontrol. Gambar berikut menunjukkan rancangan *main box* pada sistem yang dikembangkan.

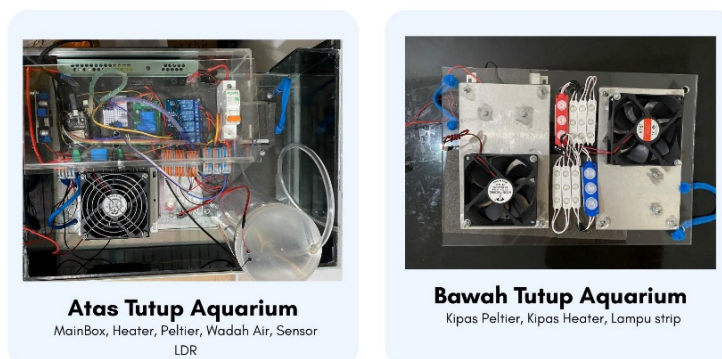


Gambar 8. Rancangan *MainBox*

Rancangan *main box* pada gambar ini menunjukkan alur distribusi daya dan kontrol sistem secara terstruktur, dimulai dari MCB sebagai pengaman utama hingga ke aktuator. Sumber daya dari MCB diteruskan ke power supply dan modul *step-down* untuk menyesuaikan tegangan sebelum masuk ke ESP32 yang bertindak sebagai pengendali utama. ESP32 kemudian mengontrol modul relay untuk menghubungkan atau memutuskan daya ke aktuator, memastikan sistem berfungsi dengan aman dan terkontrol.

3.2.2. Rancangan Tutup Aquarium

Selain *main box*, perancangan sistem juga mencakup penempatan komponen pada bagian tutup akuarium agar fungsi monitoring dan pengendalian dapat berjalan dengan baik. Gambar berikut menunjukkan rancangan tutup akuarium yang digunakan pada penelitian ini.

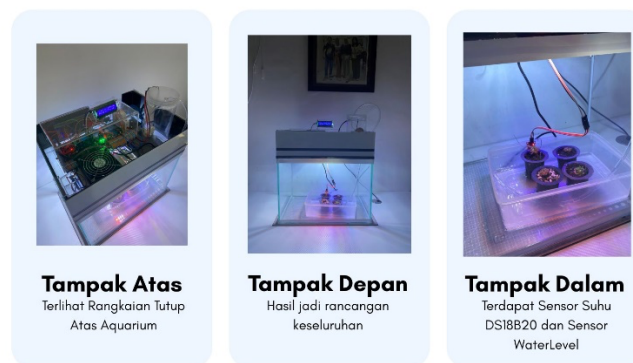


Gambar 9. Rancangan Tutup Aquarium

Bagian atas akuarium digunakan untuk memasang komponen utama sistem, seperti main box, LCD I2C, heater, Peltier, wadah air, dan sensor cahaya. Main box berfungsi sebagai pusat kendali dan distribusi daya, sementara LCD I2C menampilkan data pemantauan *real-time*, dan heater serta Peltier mengatur suhu udara. Bagian bawah akuarium dilengkapi dengan kipas Peltier dan kipas heater untuk menjaga sirkulasi udara, dengan lampu LED yang dikendalikan terpisah.

3.2.3. Rancangan Aquarium

Setelah perancangan tiap bagian dilakukan, seluruh komponen kemudian diintegrasikan ke dalam akuarium sebagai media implementasi sistem. Gambar berikut menunjukkan rancangan aquarium secara keseluruhan beserta susunan komponen yang telah terpasang.

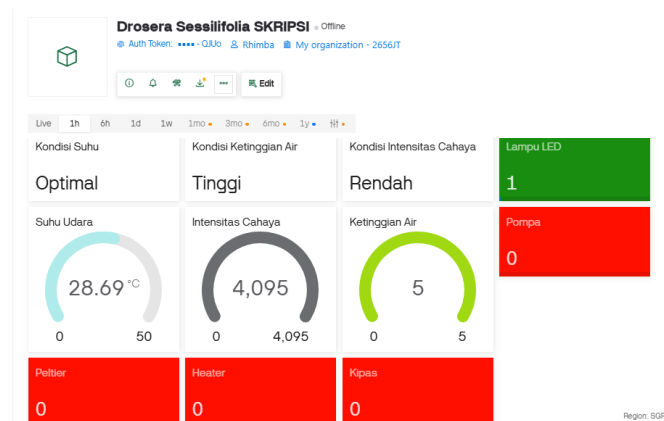


Gambar 10. Rancangan Aquarium

Dari gambar 8, terlihat bahwa semua komponen sistem telah terpasang dengan rapi dan berfungsi sesuai dengan perancangan awal. Dengan melihat implementasi dari berbagai sudut pandang, kita bisa melihat bahwa seluruh komponen bekerja secara terintegrasi, mendukung pengendalian lingkungan yang ideal bagi tanaman *Drosera sessilifolia*. Ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah berhasil berfungsi dengan baik, sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

3.3. Tampilan Monitoring Blynk

Untuk mendukung proses pemantauan kondisi lingkungan tanaman secara *real-time*, sistem ini terhubung dengan platform Blynk sebagai antarmuka monitoring. Gambar berikut menunjukkan tampilan monitoring Blynk yang digunakan untuk menampilkan data sensor dan status aktuator.



Gambar 11. Tampilan Monitoring Blynk

Tampilan monitoring di Blynk ini menampilkan data lingkungan tanaman *Drosera sessilifolia* secara *real-time*. Di bagian atas, kita dapat melihat status suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air yang semuanya terpantau dengan jelas. Misalnya, suhu berada pada angka 28.69°C, yang menunjukkan kondisi optimal, sedangkan intensitas cahaya tergolong rendah dan ketinggian air tinggi. Di bagian bawah, terlihat status aktuator seperti lampu LED yang aktif (berwarna hijau) dan pompa serta perangkat lainnya yang sedang tidak aktif (berwarna merah). Sistem ini memberikan informasi yang mudah dipahami dan memungkinkan pengendalian kondisi tanaman dengan lebih efisien.

3.4. Hasil Pengujian

3.4.1. Pengujian di Dalam Rumah selama 7 Hari

Untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata, dilakukan pengujian di dalam rumah selama 7 hari dengan dua waktu pengamatan, yaitu pagi dan malam. Tabel berikut menyajikan hasil pengukuran suhu, intensitas cahaya, ketinggian air, serta respons sistem selama periode pengujian.

Tabel 2. Pengujian di Dalam Rumah selama 7 Hari

Hari	Waktu Pengamatan	Suhu (°C)	Intensitas Cahaya (ADC)	Ketinggian Air (cm)	Respons Sistem
1	09.00 WIB	30,7	1301	1.4	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	27,8	2540	1.2	Tidak Optimal (Lampu ON)
2	09.00 WIB	30,2	1237	0.9	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	28,8	2470	0.6	Tidak Optimal (Lampu ON)
3	09.00 WIB	30.0	1255	1.4	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	27.2	2512	1.3	Tidak Optimal (Lampu ON)
4	09.00 WIB	29,9	1345	1.1	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	28.2	2581	0.9	Tidak Optimal (Lampu ON)
5	09.00 WIB	30.5	1298	0.7	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	28.7	2563	0.6	Tidak Optimal (Lampu ON)
6	09.00 WIB	29.8	1309	1.4	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	27.3	2459	1.3	Tidak Optimal (Lampu ON)
7	09.00 WIB	29.2	1201	1.2	Optimal (semua relay OFF)
	21.00 WIB	27.4	2553	1.0	Tidak Optimal (Lampu ON)

Berdasarkan hasil pengujian, pada pagi hari sistem cenderung berada dalam kondisi optimal, yang ditunjukkan oleh nilai suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air yang masih berada pada rentang kebutuhan tanaman serta seluruh relay dalam kondisi OFF. Sebaliknya, pada malam hari terjadi perubahan kondisi lingkungan, terutama pada parameter intensitas cahaya, sehingga sistem secara otomatis mengaktifkan lampu sebagai bentuk respons kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu memantau perubahan kondisi lingkungan dan memberikan respons otomatis sesuai kebutuhan tumbuh *Drosera sessilifolia*.

3.4.2. Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk melihat gambaran umum data hasil pengujian sistem selama 7 hari di dalam rumah pada waktu pagi dan malam. Berdasarkan data yang diperoleh, suhu pagi memiliki rata-rata 30,04°C dengan rentang 29,2–30,7°C, sedangkan suhu malam rata-rata 27,91°C dengan rentang 27,2–28,8°C. Intensitas cahaya pada pagi hari memiliki rata-rata 1278 ADC dan malam hari 2525 ADC, yang menunjukkan adanya perbedaan kondisi pencahayaan yang cukup jelas antara pagi dan malam. Sementara itu, ketinggian air rata-rata pada pagi hari sebesar 1,16 cm dan malam hari 0,99 cm, sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi lingkungan selama pengujian relatif stabil

dan sistem mampu merespons perubahan yang terjadi, terutama pada malam hari saat lampu aktif secara otomatis.

Tabel 3 Statistik Deskriptif Pengujian di Dalam Rumah selama 7 Hari

Parameter	Waktu	Rata-rata	Minimum	Maksimum
Suhu (°C)	Pagi	30,04	29,2	30,7
Suhu (°C)	Malam	27,91	27,2	28,8
Intensitas Cahaya (ADC)	Pagi	1278	1201	1345
Intensitas Cahaya (ADC)	Malam	2525	2459	2581
Ketinggian Air (cm)	Pagi	1,16	0,7	1,4
Ketinggian Air (cm)	Malam	0,99	0,6	1,3

Berdasarkan tabel tersebut, data pengujian menunjukkan pola yang konsisten dan mendukung bahwa sistem bekerja dengan baik dalam memantau serta mengendalikan kondisi lingkungan secara otomatis.

3.4.3. Analisis Kinerja Sistem

Kinerja sistem diukur berdasarkan kemampuannya menjaga parameter lingkungan sesuai rentang kebutuhan tanaman serta memberikan respons otomatis terhadap perubahan kondisi. Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh data pagi hari menunjukkan status optimal dengan semua relay dalam kondisi *OFF*, sedangkan seluruh data malam hari menunjukkan status tidak optimal pada aspek pencahayaan sehingga lampu aktif secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi lingkungan sesuai skenario pengamatan dan memberikan respons otomatis secara konsisten, khususnya dalam merespons perubahan intensitas cahaya pada malam hari.

4. Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di dalam rumah selama tujuh hari, sistem berhasil mengatur suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air sesuai dengan kebutuhan tanaman. Seperti yang terlihat pada Tabel 3, suhu pada pagi hari umumnya berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan *Drosera sessilifolia*, sedangkan pada malam hari, ketika intensitas cahaya menurun, sistem secara otomatis mengaktifkan lampu untuk menjaga kondisi pencahayaan yang sesuai. Ketinggian air juga terpantau stabil sepanjang pengujian, tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Meskipun demikian, hasil pengujian ini masih dapat dipengaruhi oleh kondisi nyata di dalam ruangan, seperti pencahayaan dari lampu ruangan, suhu ruang di sekitar area penempatan tanaman, serta posisi peletakan sistem, yang berpotensi memengaruhi hasil pembacaan sensor dan respons sistem.

Sebelum penggunaan IoT, proses pemantauan kondisi lingkungan tanaman dilakukan secara manual, sehingga pengamatan suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air sangat bergantung pada kehadiran pengguna. Kondisi tersebut menyebabkan respons terhadap perubahan lingkungan menjadi kurang efisien dan berpotensi terlambat, terutama pada malam hari saat intensitas cahaya menurun. Setelah diterapkannya IoT, sistem mampu memantau kondisi lingkungan secara *real-time* dan memberikan respons otomatis sesuai data yang terbaca oleh sensor. Dengan demikian, penggunaan IoT memberikan peningkatan dalam hal efisiensi pemantauan, kecepatan respons, dan kestabilan pengendalian lingkungan bagi tanaman *Drosera sessilifolia*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan diri secara otomatis terhadap perubahan kondisi lingkungan. Pada pagi hari, semua relay dalam keadaan mati karena suhu dan intensitas cahaya masih sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sementara itu, pada malam hari lampu menyala secara otomatis karena intensitas

cahaya menurun. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat merespons perubahan kondisi lingkungan dengan baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Namun, sistem ini masih memiliki keterbatasan, yaitu durasi pengujian yang relatif singkat, pengamatan yang hanya dilakukan pada dua waktu, serta belum dilakukannya pengujian pada kondisi lingkungan yang lebih beragam. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan kinerja awal sistem, tetapi belum sepenuhnya mewakili seluruh kemungkinan kondisi nyata yang dapat terjadi selama budidaya tanaman berlangsung.

Penelitian ini menunjukkan penerapan IoT dan *Fuzzy Type-2* dalam pengendalian lingkungan tanaman *Drosera sessilifolia*, yang memiliki kemiripan dengan beberapa penelitian terdahulu, namun juga memiliki keunggulan tersendiri. Penelitian [9] mengembangkan metode *Interval Type-2 Fuzzy C-Means* yang disempurnakan untuk memantau dan memprediksi dinamika vegetasi melalui pendekatan *fuzzy time series*, sehingga menghasilkan pemodelan kondisi vegetasi yang lebih stabil dan akurat meskipun menghadapi variasi dan ketidakpastian data lingkungan. Sementara itu, penelitian [10] mengusulkan penggunaan *Interval Type-2 Fuzzy Set* sebagai metode pendukung pengambilan keputusan dalam pertanian presisi, yang membantu memilih aplikasi pertanian paling sesuai berdasarkan kondisi dan ketidakpastian data lingkungan,, sedangkan penelitian ini berhasil mengembangkan sistem serupa untuk tanaman *Drosera sessilifolia*, yang memiliki kebutuhan lingkungan lebih spesifik dan memerlukan pengendalian suhu, cahaya, serta kelembapan yang lebih akurat. Terakhir, baik penelitian ini maupun penelitian lain yang mengaplikasikan *Fuzzy Type-2*, seperti pada irigasi pintar dan monitoring nutrisi hidroponik, menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Type-2* sangat efektif dalam mengelola ketidakpastian data sensor, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan adaptabilitas dalam pengendalian sistem[11],[12],[13].

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem IoT berbasis *Fuzzy Type-2* untuk mengendalikan lingkungan tanaman *Drosera sessilifolia*. Hasil pengujian selama 7 hari di dalam rumah menunjukkan bahwa pada pagi hari sistem berada dalam kondisi optimal dengan suhu rata-rata 30,04°C, intensitas cahaya 1278 ADC, dan ketinggian air 1,16 cm, sedangkan pada malam hari sistem merespons penurunan intensitas cahaya dengan mengaktifkan lampu secara otomatis, dengan suhu rata-rata 27,91°C, intensitas cahaya 2525 ADC, dan ketinggian air 0,99 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau dan mengatur tiga faktor utama, yaitu suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air, dengan cara yang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Penggunaan platform Blynk memungkinkan pemantauan secara langsung dan memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengontrol kondisi tanaman secara *real-time*. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa IoT dan *Fuzzy Type-2* sangat efektif untuk mengelola sistem pertanian cerdas, serta membuka peluang baru untuk pengembangan aplikasi lainnya, seperti konservasi tanaman dan pertanian berkelanjutan.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu pengujian yang hanya dilakukan selama 7 hari, parameter yang diamati masih terbatas pada suhu, intensitas cahaya, dan ketinggian air, serta belum dilengkapi sensor kelembapan udara dan sensor intensitas cahaya berbasis lux. Selain itu, pengaturan aktuator pada sistem ini masih bersifat sederhana dan penerapannya baru diuji pada tanaman *Drosera sessilifolia*. Keterbatasan lainnya adalah pengujian sistem masih dilakukan dalam skala terbatas di dalam ruangan, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan kinerja sistem pada kondisi lingkungan yang lebih beragam dan dinamis.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan sensor yang lebih lengkap, pengaturan aktuator yang lebih fleksibel, pengujian dalam waktu yang lebih panjang, serta penerapan sistem pada tanaman karnivora lain seperti *Drosera* atau *Nepenthes* agar sistem yang dikembangkan menjadi lebih optimal dan adaptif.

Selain itu, pengembangan selanjutnya juga dapat dilakukan dengan mengevaluasi kinerja sistem pada kondisi lingkungan nyata yang lebih bervariasi, meningkatkan akurasi pembacaan sensor melalui kalibrasi yang lebih mendalam, serta mengembangkan metode kendali yang lebih adaptif agar sistem mampu memberikan respons yang lebih presisi terhadap perubahan lingkungan tumbuh tanaman.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua atas dukungan dan doa yang tiada henti selama proses penelitian dan penulisan jurnal ini. Terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berharga. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang selalu menemani, memberikan dukungan moral, serta membantu dalam berbagai aspek selama pengerjaan jurnal ini. Tanpa bantuan dan dukungan dari mereka semua, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] P. Hadi and A. Jalil, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam Pengembangan Pertanian Cerdas : Studi Komparatif Beberapa Negara," *Jurnal peneltian IPTEKS*, vol. 11, no. 1, pp. 76–84, 2026. https://ejurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/PENELITIAN_IPTEKS/article/view/1559
- [2] P. A. C. Setiawan, N. Indra ER, and G. Sukadarmika, "Pertanian Vertikal Pintar: Peran IoT dalam Mewujudkan Keberlanjutan dan Efisiensi Sumber Daya," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 24, no. 1, pp. 23–34, 2025, <https://doi.org/10.24843/mite.205.v24i01.p03>.
- [3] M. Nawaz and M. I. K. Babar, "IoT and AI for smart agriculture in resource-constrained environments: challenges, opportunities and solutions," *Discov. Internet Things*, vol. 5, no. 1, 2025, <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00119-3>.
- [4] K. Banaś, R. Ronowski, and P. Marciniak, "Effects of Environmental Conditions on the Individual Architectures and Photosynthetic Performances of Three Species in Drosera," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 24, no. 12, 2023, <https://doi.org/10.3390/ijms24129823>.
- [5] B. Baranyai and H. Joosten, "Biology, ecology, use, conservation and cultivation of round-leaved sundew (*Drosera rotundifolia* L.): A review," *Mires Peat*, vol. 18, pp. 1–28, 2016, <https://doi.org/10.19189/MaP.2015.OMB.212>.
- [6] A. T. Cross, T. A. Krueger, P. M. Gonella, A. S. Robinson, and A. S. Fleischmann, "Conservation of carnivorous plants in the age of extinction," *Glob. Ecol. Conserv.*, vol. 24, p. e01272, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01272>.
- [7] F. P. Nishanth, S. K. Dash, and S. R. Mahapatro, "Critical study of type-2 fuzzy logic control from theory to applications: A state-of-the-art comprehensive survey," *e-Prime - Adv. Electr. Eng. Electron. Energy*, vol. 10, no. August, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100771>.
- [8] F. P. Nishanth, S. K. Dash, and S. R. Mahapatro, "Critical study of type-2 fuzzy logic control from theory to applications: A state-of-the-art comprehensive survey," *e-Prime - Adv. Electr. Eng. Electron. Energy*, vol. 10, no. August, p. 100771, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100771>.
- [9] Y. Chen, "An Enhanced Interval Type-2 Fuzzy C-Means Algorithm for Fuzzy Time Series Forecasting of Vegetation Dynamics : A Case Study from the Aksu Region , Xinjiang , China," vol.14, no. 6, 2025. <https://doi.org/10.3390/land14061242>
- [10] R. Dragić *et al.*, "Hybrid Interval Type-2 Fuzzy Set Methodology with Symmetric Membership Function for Application Selection in Precision Agriculture," *Symmetry (Basel)*, vol. 17, no. 9, pp. 1–22, 2025, <https://doi.org/10.3390/sym17091504>.
- [11] V. Thomopoulos, F. Tolis, T. F. Blounas, D. Tsipianitis, and A. Kavga, "Application of Fuzzy logic and IoT in a small-scale Smart Greenhouse System," *Smart Agric. Technol.*, vol. 8, no. March, p. 100446, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100446>.
- [12] V. Kumar, K. V. Sharma, N. Kedam, A. Patel, T. R. Kate, and U. Rathnayake, "A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies," *Smart Agric. Technol.*, vol. 8, no. February, p. 100487, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>.
- [13] M. Nigel *et al.*, "Monitoring Dan Kontrol Nutrisi Hidropoik Berbasis Iot Dengan Metode It2Fl," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol.7, no.1, 2024. <https://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/1186/>
- [14] U. Olivares-Pinto, J. C. S. Lopes, C. Ruiz-Aguilar, Y. Oki, and G. W. Fernandes, "Adapting to a shifting planet: The future of Drosera species amidst global challenges and conservation imperatives," *Anthropocene*, vol. 49, no. February, p. 100466, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2025.100466>.
- [15] A. Zaier, I. Lahmar, M. Yahia, and J. Lloret, "Interval type 2 fuzzy unequal clustering and sleep scheduling for IoT-based WSNs," *Ad Hoc Networks*, vol. 175, no. October 2024, p. 103867, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2025.103867>.
- [16] J. A. Rodríguez-rama *et al.*, "Metrological Validation of Low-Cost DS18B20 Digital Temperature Sensors Using the TH-001 Procedure : Calibration Models , Uncertainty , and Reproducibility," vol.6, no.1, pp. 1–27, 2026. <https://doi.org/10.3390/metrology6010021>

-
- [17] P. Tabaka and J. Wtorkiewicz, "Analysis of the Spectral Sensitivity of Luxmeters and Light Sensors of Smartphones in Terms of Their Influence on the Results of Illuminance Measurements—Example Cases," *Energies*, vol. 15, no. 16, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15165847>.
- [18] N. Ding, Q. Zhu, F. Cherqui, N. Walcker, J. L. Bertrand-Krajewski, and P. Hamel, "Laboratory performance assessment of low-cost water level sensor for field monitoring in the tropics," *Water Res. X*, vol. 27, no. August 2024, p. 100298, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2024.100298>.
- [19] A. Salehabadi, M. Enhessari, M. I. Ahmad, N. Ismail, and B. D. Gupta, "Environmental sensors," *Met. Chalcogenide Biosens.*, pp. 99–120, 2023, <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85381-1.00009-x>.
- [20] K. Walidin, "Application of Internet of Things (IoT) Technology in a Web-Based Fish Storage Room Temperature Monitoring System (Case Study : TPI Pusong – Lhokseumawe)," *Journal of Informatics Engineering and Software Applications (JIEngS)*, vol. 1, no. 2, pp. 288–298, 2025. <https://e-jurnal.pnl.ac.id/JIEngS/article/view/8573>
- [21] F. BrGultom, "Analysis of the Precision, Accuracy, and Variability of the GL5506 LDR Sensor as a Low-Cost Luxmeter," *Navig. Phys. J. Phys. Educ.*, vol. 7, no. 2, 2025. <https://newjournal.unindra.ac.id/index.php/jpeu/article/view/413>
- [22] P. Bresnahan *et al.*, "Ultrasonic Water Level Sensor," *Oceanography*, vol. 36, no. 1, pp. 51–58, 2023, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/4d0b/f6402e9b26bac5cd4669ce0562a89beb7932.pdf>