

## **Pengembangan Sistem Kontrol Lingkungan Mikro Tanaman *Aglaonema* Berbasis *Internet of Things***

### ***Development of an Internet of Things Based Microclimate Control System for Aglaonema Plants***

**Alvin Candra Wijaya<sup>1a</sup>, Diena Widyastuti<sup>1</sup>, Didik Suprayitno<sup>2</sup>,  
Nunuk Hariyani<sup>2</sup>, Sri Sulastris<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno-Hatta Kota Malang, 65142

<sup>2</sup>Program Studi Agribisnis; Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno-Hatta Kota Malang, 65142

<sup>3</sup>Program Studi Kehutanan; Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno-Hatta Kota Malang, 65142

<sup>a</sup>Korespondensi : Alvin Candra Wijaya korespondensi, E-mail: [alvincandr4@gmail.com](mailto:alvincandr4@gmail.com)

Diterima: 14 – 01 – 2026, Disetujui: 25 – 01 - 2026

#### **ABSTRACT**

*Aglaonema is an ornamental plant with high aesthetic and economic value, whose growth and quality are strongly influenced by microclimate conditions such as temperature, air humidity, and soil moisture. This study aims to develop an Internet of Things (IoT) based microclimate control system for Aglaonema plants capable of monitoring and controlling environmental conditions automatically and in real time. The system is designed using an ESP32 microcontroller as the main controller, a DHT22 sensor for measuring temperature and air humidity, a soil moisture sensor for monitoring growing media conditions, and actuators consisting of a cooling fan and a water pump. Environmental data are transmitted to the ThingSpeak platform to support remote monitoring. System testing includes sensor accuracy evaluation, actuator response testing, and assessment of the system's impact on plant growth. The results indicate that the sensors exhibit good accuracy and stability, the actuators operate correctly according to predefined control logic, and the system effectively maintains optimal microclimate conditions for plant growth. The proposed system has the potential to support more efficient and automated Aglaonema cultivation under a limited experimental scale.*

**Keywords:** *Aglaonema, Internet of Things, ESP32, DHT22 sensor, soil moisture sensor*

#### **ABSTRAK**

*Aglaonema* merupakan tanaman hias yang memiliki nilai estetika dan ekonomi tinggi, namun pertumbuhan dan kualitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan mikro, seperti suhu, kelembapan udara, dan kelembapan media tanam. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan secara otomatis dan real-time. Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah untuk memantau kondisi media tanam, serta aktuator berupa kipas pendingin dan pompa air. Data hasil pemantauan dikirimkan ke platform ThingSpeak untuk mendukung pemantauan jarak jauh. Pengujian sistem meliputi pengujian akurasi sensor, respons aktuator, dan pengaruh sistem terhadap pertumbuhan tanaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi dan stabilitas yang baik, aktuator bekerja sesuai dengan logika kendali yang ditetapkan, serta sistem mampu menjaga kondisi lingkungan mikro tanaman secara optimal. Sistem yang dikembangkan berpotensi mendukung budidaya tanaman *Aglaonema* secara lebih efisien dan terotomatisasi pada skala uji yang terbatas.

**Kata kunci:** *Aglaonema, Internet of Things, ESP32, sensor DHT22, sensor kelembapan tanah*

## PENDAHULUAN

Pendapatan Domestik Bruto (PDB) di Indonesia pada beberapa tahun terakhir hingga kini masih didominasi oleh lima lapangan usaha. Sektor pertanian menjadi sektor ketiga terbesar setelah industri pengolahan dan perdagangan yang mendominasi perekonomian Indonesia. Pada Triwulan II tahun 2025 sektor pertanian memberikan kontribusi sebesar 13,83% atau sejumlah Rp. 822.567,1 miliar rupiah. Tanaman hortikultura menjadi salah satu komoditas yang memberikan kontribusi sebesar 10,77% atau sejumlah Rp. 47.223,6 miliar (Lestari *et al.* 2025). Selain tanaman jenis sayur dan buah, tanaman hortikultura lainnya yang ikut berkontribusi adalah tanaman hias. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan jumlah produksi tanaman hias di Indonesia dari tahun 2021 hingga 2023. Pada tahun 2021 menurut Badan Pusat Statistika (BPS) jumlah produksi tanaman hias dari berbagai jenis mencapai 700 juta, sedangkan pada tahun 2023 jumlah produksi mencapai 870 juta (Statistik Pertanian Hortikultura, 2021, 2023). Salah satu jenis tanaman hias yang banyak dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomi tinggi adalah *Aglaonema*.

*Aglaonema* merupakan tanaman hias daun yang berasal dari wilayah tropis Asia dan banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman ini dikenal memiliki daya tarik pada variasi warna, corak, dan bentuk daun yang beragam, sehingga memiliki nilai estetika dan ekonomi yang tinggi (Setyawan, 2022). Meskipun dalam proses budidaya tanaman ini dikenal cukup adaptif, pertumbuhan dan kualitas visual *Aglaonema* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan mikro. Kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, dan kelembapan media tanam berperan penting dalam proses kualitas tumbuh tanaman (Purwoko *et al.* 2023). Menurut Indrajati *et al.* kondisi optimal agar tanaman *Aglaonema* bisa tumbuh dengan optimal adalah lingkungan mikro suhu 22-32°C dan kelembapan udara lebih dari 50% (Indrajati *et al.* 2022).

Pengelolaan lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* sering kali menghadapi berbagai permasalahan. Fluktuasi suhu lingkungan akibat perubahan cuaca, intensitas radiasi matahari yang tinggi, serta tidak konsisten dalam penyiraman sering kali menyebabkan kondisi tumbuh tanaman menjadi tidak optimal (Obaideen *et al.* 2022). Metode pengelolaan lingkungan secara konvensional umumnya masih mengandalkan pengamatan secara manual dan berdasarkan pengalaman selama proses budidaya dilakukan. Metode ini dirasa masih kurang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan yang terjadi secara cepat dan dinamis. Pengelolaan lingkungan yang tidak tepat dapat menimbulkan stres fisiologis pada tanaman, yang ditandai dengan pertumbuhan yang terhambat, perubahan warna daun, serta penurunan kualitas estetika.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan mikro secara otomatis dan *real-time* (García *et al.* 2020). Teknologi IoT memungkinkan integrasi sensor suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah dengan mikrokontroler serta aktuator, sehingga sistem dapat melakukan pengambilan keputusan secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan aktual. Memanfaatkan teknologi ini proses pemantauan lingkungan tanaman bisa dilakukan darimana saja, melalui platform berbasis *cloud* (Akwu *et al.* 2020).

Sistem kontrol lingkungan mikro pada tanaman semakin berkembang seiring bertambahnya waktu. Penelitian dari Dwi Sasmita *et al.* mengembangkan sistem yang mampu memantau dan mengontrol kondisi tanaman *Aglaonema* (Dwi Sasmita *et al.* 2021). Sistem mampu memantau suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Aktuator yang digunakan pada sistem ini adalah *Humidifier* untuk menjaga kondisi kelembapan udara dan pompa air untuk menjaga kondisi kelembapan tanah. Penelitian dari Maulidda *et al.* (2025) mengembangkan sistem yang serupa untuk tanaman *Aglaonema* (Maulidda *et al.* 2025). Sistem yang dikembangkan mampu memonitor kondisi suhu dan kelembapan tanah. Aktuator yang digunakan adalah pompa air untuk menjaga kondisi kelembapan tanah. Penelitian terdahulu berfokus pada analisis performa sistem, seperti waktu pengiriman data dan keakuratan nilai yang dihasilkan oleh sensor. Analisis terkait pengaruh sistem terhadap kualitas tumbuh tanaman masih belum dilakukan. Melihat hal tersebut maka pada penelitian ini selain analisis performa sistem juga akan dilakukan analisis pengaruh sistem terhadap kualitas tanaman.



Gambar 1. Tanaman Hias *Aglaonema*

Berdasarkan permasalahan baik dari sisi budidaya tanaman *Aglaonema*, maka pada penelitian ini ingin mengembangkan sistem kontrol lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* berbasis IoT yang terintegrasi dan adaptif. Sistem yang dirancang difokuskan pada pemantauan dan pengendalian suhu, kelembapan udara, serta kelembapan media tanam secara otomatis dan *real-time*. Melalui penerapan teknologi sensor, mikrokontroler, dan aktuator, penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi pengelolaan lingkungan tumbuh yang lebih presisi dan konsisten, sehingga mendukung terciptanya kondisi optimal bagi pertumbuhan dan kualitas visual tanaman *Aglaonema* serta meningkatkan efisiensi proses budidaya. Analisis terkait pengaruh sistem terhadap kualitas tumbuh tanaman *Aglaonema* juga dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sistem dapat membantu proses budidaya tanaman.

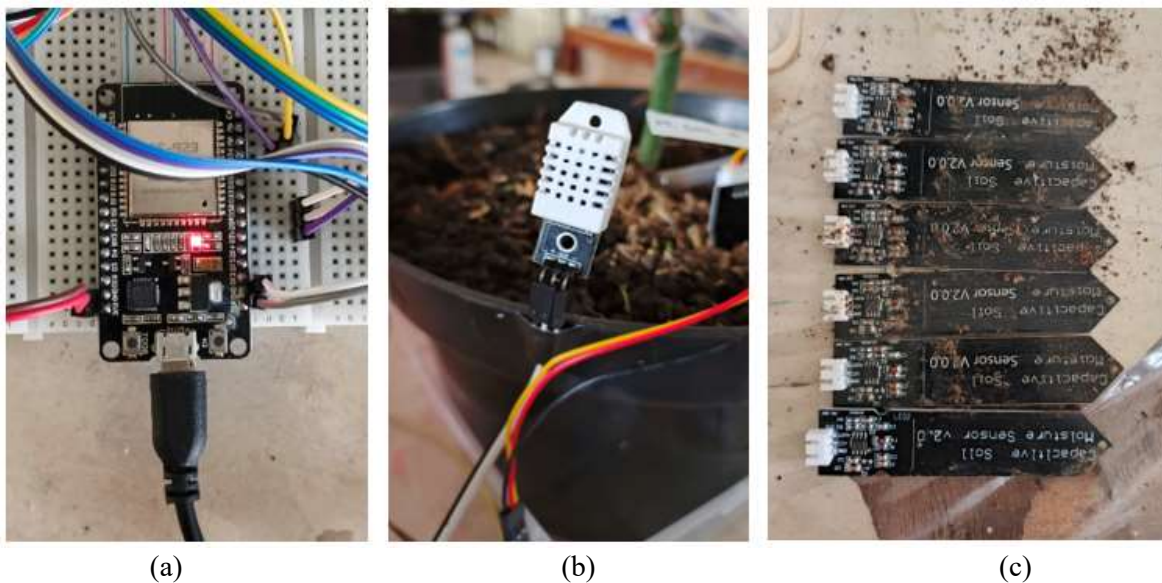
## MATERI DAN METODE

Pembahasan terkait konsep dan komponen utama pengembangan sistem kontrol lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* berbasis IoT dibahas pada bagian ini. Bahasan terkait tanaman *Aglaonema*, meliputi karakteristik umum serta kondisi lingkungan optimal yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan kualitas tanaman. Selain itu pada bagian ini juga membahas konsep teknologi IoT sebagai pemantau dan pengendalian lingkungan tanaman secara otomatis. Penjelasan tentang perangkat yang digunakan dalam sistem, seperti mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DHT22 sebagai pengukur suhu dan kelembapan udara, serta sensor kelembapan tanah untuk memantau kondisi media tanam. Materi ini disusun untuk memberikan landasan teoritis yang mendukung metode penelitian

### 1. Tanaman Hias *Aglaonema*

*Aglaonema* merupakan tanaman hias daun dari famili Araceae yang berasal dari wilayah Asia tropis dan memiliki nilai estetika serta ekonomi yang tinggi. Bentuk tanaman ini dapat dilihat pada gambar 1. Tanaman ini banyak dibudidayakan sebagai tanaman pot maupun tanaman interior karena variasi warna dan pola daunnya yang menarik. Meskipun tergolong adaptif, pertumbuhan dan kualitas visual *Aglaonema* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan mikro, terutama suhu, kelembapan udara, dan kelembapan media tanam.

*Aglaonema* dapat tumbuh secara optimal pada rentang suhu lingkungan kurang dari 32 °C dengan kelembapan udara lebih dari 50%. Kelembapan media tanam juga perlu dijaga yaitu dalam



Gambar 2. (a) Mikrokontroler ESP32; (b) Sensor DHT22; (c) Sensor Kelembapan Tanah

rentang 50–70%, agar sistem perakaran dapat berkembang dengan baik (Indrajati *et al.* 2023). Kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat menyebabkan stres fisiologis, menghambat pertumbuhan, serta menurunkan kualitas estetika tanaman.

## 2. Internet of Things (IoT)

*Internet of Things* (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet (Haras & Skotnicki, 2018). Sistem IoT dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan mikrokontroler yang berfungsi untuk mengumpulkan data lingkungan, memproses informasi, serta melakukan tindakan secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh. Data yang dikumpulkan dapat dipantau secara *real-time* dan disimpan pada platform berbasis *cloud*, sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem dari jarak jauh secara efisien.

Penerapan IoT memungkinkan pemantauan parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah dilakukan secara kontinu. Selain itu IoT juga memungkinkan pengendalian sistem pendinginan dan penyiraman secara otomatis sesuai dengan kondisi aktual lingkungan. Teknologi ini mampu meningkatkan akurasi pengelolaan lingkungan mikro, mengurangi ketergantungan pada intervensi manual, serta mendukung efisiensi dan keberlanjutan sistem budidaya tanaman.

## 3. ESP32

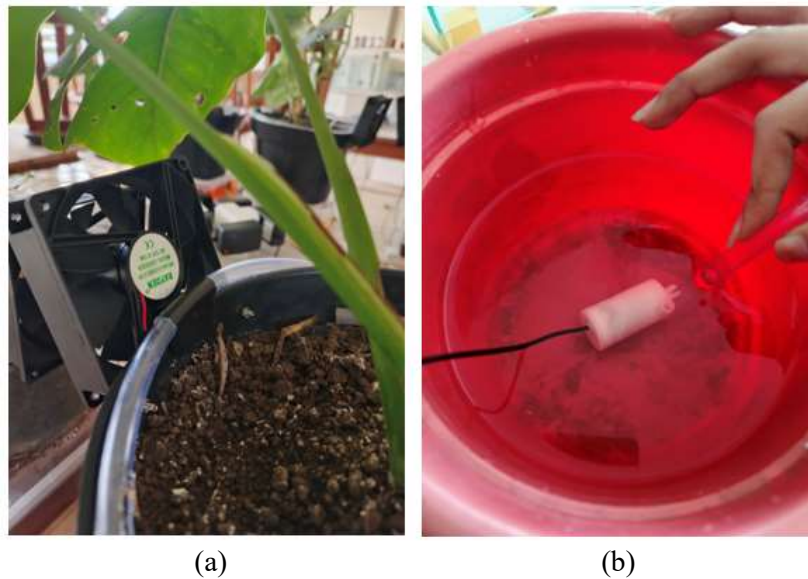
ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis sistem tertanam yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT. Perangkat ini memiliki kemampuan komunikasi nirkabel terintegrasi, yaitu Wi-Fi dan Bluetooth, sehingga mendukung pengiriman dan penerimaan data secara *real-time* (Cameron, 2023). ESP32 juga dilengkapi dengan prosesor berkecepatan tinggi, memori yang memadai, serta sejumlah pin input/output digital dan analog yang memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator. Dengan karakteristik tersebut, ESP32 sangat sesuai digunakan sebagai pusat kendali dalam sistem kontrol lingkungan mikro tanaman berbasis IoT. Gambar 2a menunjukkan bentuk dari mikrokontroler ESP32.

## 4. Sensor DHT22

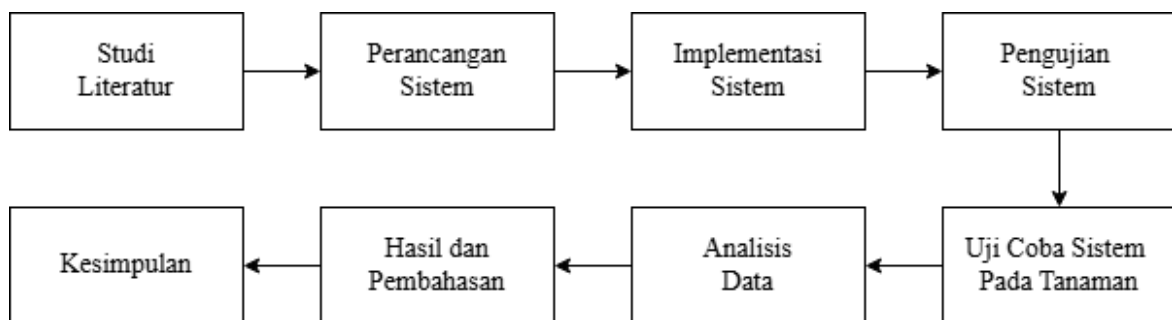
Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang relatif baik



dibandingkan dengan sensor sejenis, sehingga sering digunakan dalam aplikasi pemantauan lingkungan (Ahmad *et al.* 2021). DHT22 mampu mengukur suhu dan kelembapan dalam rentang



Gambar 3. (a) Kipas Pendingin; (b) Pompa Air



Gambar 4. Metode Penelitian

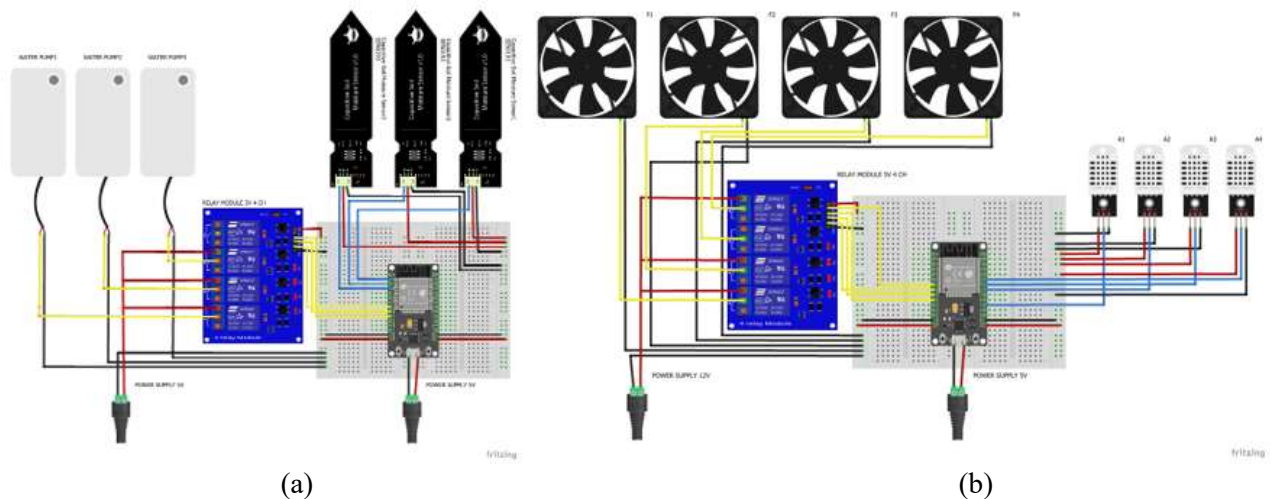
yang cukup luas, serta menghasilkan data dalam bentuk sinyal digital yang mudah diolah oleh mikrokontroler seperti ESP32. Dalam sistem budidaya tanaman, sensor ini berperan penting dalam memantau kondisi udara yang memengaruhi proses fisiologis tanaman. Gambar 2b menunjukkan bentuk dari sensor DHT22.

## 5. Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip perubahan kapasitansi akibat perbedaan kadar air dalam media tanam (Placidi *et al.* 2020). Berbeda dengan sensor resistif, sensor kapasitif tidak menggunakan elektroda terbuka yang bersentuhan langsung dengan air, sehingga lebih tahan terhadap korosi dan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembapan media tanam, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan dalam sistem penyiraman otomatis agar kelembapan tanah tetap berada pada kisaran optimal bagi pertumbuhan tanaman. Gambar 2c menunjukkan bentuk dari sensor DHT22.

## 6. Aktuator

Sensor Aktuator merupakan komponen penting dalam sistem kontrol lingkungan mikro yang berfungsi untuk mengeksekusi perintah pengendalian berdasarkan hasil pemrosesan data sensor oleh mikrokontroler (Arauz & Fynn-Cudjoe, 2013). Aktuator berperan sebagai penghubung antara keputusan sistem dan perubahan kondisi lingkungan secara fisik. Aktuator dikendalikan secara



Gambar 5. Rancangan Perangkat Keras: (a) Sistem Penyiraman Otomatis; (b) Sistem Pendingin Lingkungan

otomatis melalui sinyal keluaran dari mikrokontroler, sehingga memungkinkan sistem merespons perubahan lingkungan secara cepat dan terukur. Pada penelitian ini, aktuator yang digunakan meliputi kipas pendingin sebagai pengendali suhu lingkungan dan pompa air sebagai pengendali kelembapan media tanam, yang keduanya dioperasikan oleh mikrokontroler untuk menjamin proses pengendalian berlangsung otomatis. Gambar 3a menunjukkan aktuator kipas pendingin dan gambar 3b menunjukkan aktuator pompa air.

## 7. Metode Penelitian

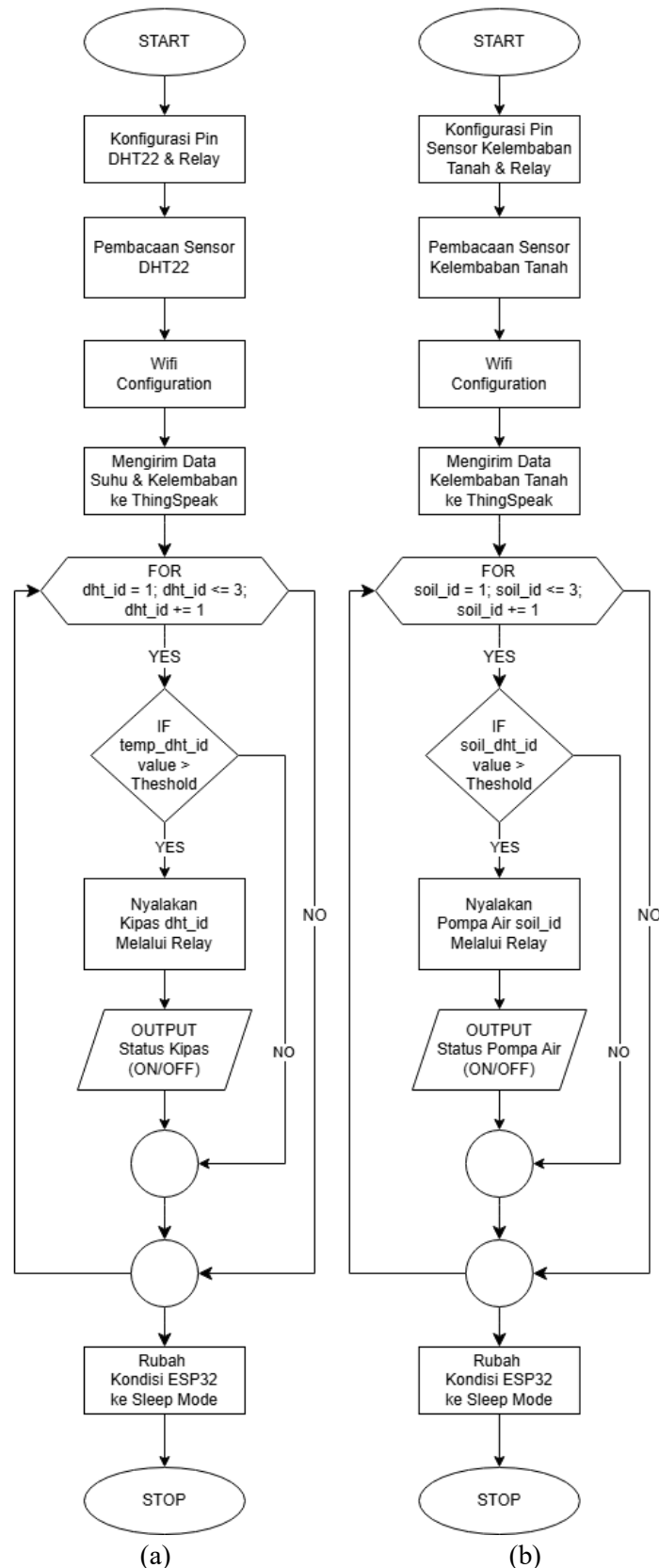
Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengkaji konsep budidaya *Aglaonema*, pengendalian lingkungan mikro, serta penerapan teknologi IoT. Hasil kajian digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem, yang mencakup perancangan perangkat keras, perangkat lunak, serta algoritma kontrol lingkungan mikro. Rancangan yang telah dibuat direalisasikan pada tahap implementasi sistem melalui perakitan perangkat dan pemrograman sistem IoT.

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan seluruh komponen berfungsi dengan baik dan sistem mampu merespons perubahan kondisi lingkungan dengan sesuai. Setelah sistem dinyatakan berjalan dengan baik, dilakukan eksperimen pertumbuhan tanaman dengan menerapkan sistem pada tanaman *Aglaonema* dalam periode tertentu, disertai pengumpulan data lingkungan dan respons tanaman secara berkala.

Seluruh data yang diperoleh selama proses pengujian dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dan analisis komparatif. Analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengetahui kinerja sensor DHT22, sensor kelembapan tanah, aktuator pompa air, dan aktuator kipas pendingin terhadap perubahan kondisi lingkungan mikro. Analisis komparatif digunakan untuk mengetahui pengaruh sistem terhadap kualitas tumbuh tanaman dengan cara membandingkan parameter pertumbuhan sebelum dan sesudah penerapan sistem. Hasil analisis kemudian disajikan dan dibahas pada hasil dan pembahasan untuk menjawab rumusan masalah serta menilai efektivitas sistem yang dikembangkan. Gambar 3 menunjukkan tahapan metode dalam penelitian ini.

## RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

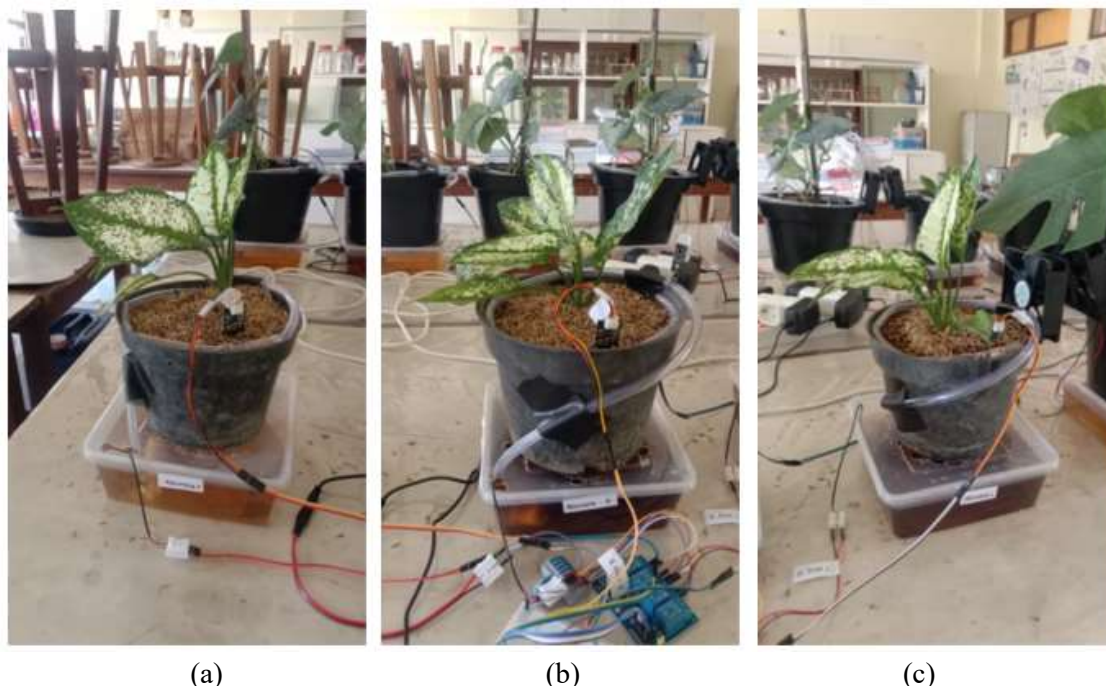
Bagian ini membahas tahapan pengembangan sistem kontrol lingkungan mikro tanaman secara menyeluruh. Pada tahap perancangan, sistem dirancang dengan mengintegrasikan sensor suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah, mikrokontroler ESP32, serta aktuator yang berfungsi untuk pengendalian lingkungan, seperti sistem pendinginan dan penyiraman otomatis. Tahap implementasi dilakukan dengan merealisasikan rancangan sistem ke dalam bentuk perangkat keras dan perangkat lunak. Implementasi meliputi perakitan komponen, pemrograman ESP32, serta integrasi sistem komunikasi berbasis IoT untuk pemantauan data secara *real-time*.



Gambar 6. Algoritma Sistem: (a) Pendingin; (b) Penyiraman Otomatis

## 1. Rancangan Sistem

Rancangan perangkat keras sistem terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah berbasis kapasitif untuk memantau kondisi media tanam, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data, serta



Gambar 7. Implementasi Sistem Pada Tanaman *Aglaonema*: (a) Kering; (b) Lembab; (c) Basah

aktuator berupa kipas pendingin dan pompa air. Gambar 5 menunjukkan rancangan perangkat keras sistem yang dibuat menggunakan aplikasi Fritzing. Sistem dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem penyiraman otomatis seperti pada gambar 5a serta sistem pendingin seperti pada gambar 5b. Kedua sistem ini dirancang untuk melakukan kontrol lingkungan pada beberapa tanaman *Aglaonema* sekaligus.

Rancangan perangkat lunak dijalankan pada mikrokontroler ESP32 dengan algoritma kontrol berbasis nilai ambang batas yang mengatur aktif tidaknya aktuator berdasarkan nilai pembacaan sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan udara dan sensor kelembapan tanah. Aktuator kipas pendingin akan menyala ketika nilai sensor DHT22 berada di atas 32°C. Aktuator pompa air akan menyala pada tiga kondisi media tanam, antara lain kondisi kering ( $ADC > 3600$ ), kondisi lembab ( $ADC > 2600$ ), dan kondisi basah ( $ADC > 2100$ ). Selain itu, perangkat lunak dirancang untuk mengirimkan data lingkungan secara *real-time* ke platform ThingSpeak melalui koneksi internet, sehingga data dapat disimpan, dipantau, dan dianalisis secara daring guna mendukung evaluasi kinerja sistem dan pemantauan kondisi tanaman secara berkelanjutan. Gambar 6 menunjukkan algoritma perangkat lunak sistem, dimana pada gambar 6a adalah algoritma pendingin lingkungan dan gambar 6b adalah algoritma penyiraman otomatis. Secara umum kedua algoritma memiliki cara kerja yang sama namun yang membedakan adalah sensor dan aktuator yang digunakan.

## 2. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan merealisasikan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak ke dalam suatu sistem kontrol lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* berbasis IoT yang berfungsi secara terpadu. Pada tahap ini, seluruh komponen seperti mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, sensor kelembapan tanah kapasitif, serta aktuator diintegrasikan dan dipasang pada lingkungan budidaya tanaman. Gambar 7 menunjukkan beberapa contoh implementasi sistem pada tanaman *Aglaonema*. Sistem dioperasikan sesuai dengan algoritma yang telah dirancang, sehingga mampu membaca kondisi lingkungan, mengendalikan aktuator secara otomatis, serta mengirimkan data pemantauan ke platform ThingSpeak secara *real-time*. Implementasi ini bertujuan untuk memastikan sistem menjaga kondisi lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* sesuai dengan parameter optimal yang telah ditetapkan.



Tabel 1. Pengujian Akurasi Nilai Suhu DHT22

No	Hygrometer (°C)	Sensor DHT22 (°C)					Error (%)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	27.0	27.4	26.6	27.5	26.7	27.6	<b>1.48</b>	<b>1.48</b>	<b>1.85</b>	1.11	2.22
2	27.5	27.9	27.1	28.0	27.0	28.1	<b>1.45</b>	<b>1.45</b>	<b>1.82</b>	1.82	2.18
3	28.0	28.4	27.6	28.5	27.5	28.6	<b>1.43</b>	<b>1.43</b>	<b>1.79</b>	1.79	2.14
4	28.5	28.9	28.0	29.0	28.0	29.1	<b>1.40</b>	<b>1.75</b>	<b>1.75</b>	1.75	2.11
5	29.0	29.4	28.5	29.5	28.5	29.6	<b>1.38</b>	<b>1.72</b>	<b>1.72</b>	1.72	2.07
6	29.5	29.9	29.0	30.0	29.0	30.1	<b>1.36</b>	<b>1.69</b>	<b>1.69</b>	1.69	2.03
7	30.0	30.5	29.5	30.6	29.4	30.7	<b>1.67</b>	<b>1.67</b>	<b>2.00</b>	2.00	2.33
8	29.8	30.2	29.3	30.3	29.2	30.4	<b>1.34</b>	<b>1.68</b>	<b>1.68</b>	2.01	2.01
9	28.8	29.2	28.3	29.3	28.2	29.4	<b>1.39</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>	2.08	2.08
10	27.8	28.2	27.3	28.3	27.2	28.4	<b>1.44</b>	<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	2.16	2.16
Rata-Rata Error (%)							<b>1.43</b>	<b>1.64</b>	<b>1.78</b>	1.81	2.13

Tabel 2. Pengujian Akurasi Nilai Kelembapan Udara DHT22

No	Hygrometer (%RH)	Sensor DHT22 (%RH)					Error (%)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	27.0	27.4	26.6	27.5	26.7	27.6	<b>1.48</b>	<b>1.48</b>	<b>1.85</b>	1.11	2.22
2	27.5	27.9	27.1	28.0	27.0	28.1	<b>1.45</b>	<b>1.45</b>	<b>1.82</b>	1.82	2.18
3	28.0	28.4	27.6	28.5	27.5	28.6	<b>1.43</b>	<b>1.43</b>	<b>1.79</b>	1.79	2.14
4	28.5	28.9	28.0	29.0	28.0	29.1	<b>1.40</b>	<b>1.75</b>	<b>1.75</b>	1.75	2.11
5	29.0	29.4	28.5	29.5	28.5	29.6	<b>1.38</b>	<b>1.72</b>	<b>1.72</b>	1.72	2.07
6	29.5	29.9	29.0	30.0	29.0	30.1	<b>1.36</b>	<b>1.69</b>	<b>1.69</b>	1.69	2.03
7	30.0	30.5	29.5	30.6	29.4	30.7	<b>1.67</b>	<b>1.67</b>	<b>2.00</b>	2.00	2.33
8	29.8	30.2	29.3	30.3	29.2	30.4	<b>1.34</b>	<b>1.68</b>	<b>1.68</b>	2.01	2.01
9	28.8	29.2	28.3	29.3	28.2	29.4	<b>1.39</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>	2.08	2.08
10	27.8	28.2	27.3	28.3	27.2	28.4	<b>1.44</b>	<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	2.16	2.16
Rata-Rata Error (%)							<b>1.47</b>	<b>1.47</b>	<b>1.47</b>	1.47	2.94

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem serta pengaruh penerapannya terhadap pertumbuhan tanaman hias *Aglaonema*. Pengujian kinerja sistem terdiri dari akurasi pembacaan sensor serta pengujian respons sistem dalam mengendalikan aktuator kipas pendingin dan pompa air. Pengujian selanjutnya adalah pengujian pengaruh sistem terhadap pertumbuhan tanaman dilakukan melalui pengamatan kondisi pertumbuhan *Aglaonema* selama periode pengamatan. Dari pengujian tersebut dapat diketahui pada parameter kontrol lingkungan (suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan media tanam) seperti apa sistem dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan optimal.

### 1. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi sensor dilakukan dengan cara membandingkan nilai sensor DHT22 dengan *Hygrometer Digital* untuk mengetahui seberapa besar akurasi pembacaan sensor. Sensor yang digunakan selama pengujian ini sebanyak lima unit sensor DHT22. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali, dimana nilai yang dihasilkan sensor dibandingkan dengan nilai pada *Hygrometer*

Tabel 3. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah Kondisi Kering

Sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	$\sigma$
1	3180	3205	3150	3220	3190	3175	3210	3160	3230	3185	3190	24.6
2	<b>3120</b>	<b>3115</b>	<b>3120</b>	<b>3118</b>	<b>3122</b>	<b>3119</b>	<b>3121</b>	<b>3117</b>	<b>3120</b>	<b>3123</b>	<b>3120</b>	<b>2.4</b>
3	3210	3240	3190	3260	3205	3225	3250	3195	3270	3215	3226	26.1
4	<b>3130</b>	<b>3125</b>	<b>3130</b>	<b>3128</b>	<b>3132</b>	<b>3129</b>	<b>3131</b>	<b>3127</b>	<b>3130</b>	<b>3133</b>	<b>3130</b>	<b>2.1</b>
5	<b>3140</b>	<b>3135</b>	<b>3140</b>	<b>3138</b>	<b>3142</b>	<b>3139</b>	<b>3141</b>	<b>3137</b>	<b>3140</b>	<b>3143</b>	<b>3140</b>	<b>2.2</b>

Tabel 4. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah Kondisi Lembab

Sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	$\sigma$
1	2680	2705	2660	2720	2690	2675	2710	2665	2730	2685	2691	25.3
2	<b>2620</b>	<b>2618</b>	<b>2622</b>	<b>2620</b>	<b>2623</b>	<b>2619</b>	<b>2621</b>	<b>2618</b>	<b>2622</b>	<b>2624</b>	<b>2620</b>	<b>2.0</b>
3	2750	2780	2740	2790	2760	2775	2785	2745	2800	2755	2770	27.4
4	<b>2630</b>	<b>2628</b>	<b>2632</b>	<b>2630</b>	<b>2633</b>	<b>2629</b>	<b>2631</b>	<b>2628</b>	<b>2632</b>	<b>2634</b>	<b>2630</b>	<b>2.1</b>
5	<b>2640</b>	<b>2638</b>	<b>2642</b>	<b>2640</b>	<b>2643</b>	<b>2639</b>	<b>2641</b>	<b>2638</b>	<b>2642</b>	<b>2644</b>	<b>2640</b>	<b>2.2</b>

Tabel 5. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah Kondisi Basah

Sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	$\sigma$
1	2250	2275	2230	2290	2260	2245	2280	2235	2300	2255	2262	24.9
2	<b>2180</b>	<b>2178</b>	<b>2182</b>	<b>2180</b>	<b>2183</b>	<b>2179</b>	<b>2181</b>	<b>2178</b>	<b>2182</b>	<b>2184</b>	<b>2180</b>	<b>2.1</b>
3	2300	2330	2290	2340	2310	2325	2335	2295	2350	2305	2328	26.8
4	<b>2190</b>	<b>2188</b>	<b>2192</b>	<b>2190</b>	<b>2193</b>	<b>2189</b>	<b>2191</b>	<b>2188</b>	<b>2192</b>	<b>2194</b>	<b>2190</b>	<b>2.0</b>
5	<b>2200</b>	<b>2198</b>	<b>2202</b>	<b>2200</b>	<b>2203</b>	<b>2199</b>	<b>2201</b>	<b>2198</b>	<b>2202</b>	<b>2204</b>	<b>2200</b>	<b>2.2</b>

$$Error (\%) = \left( \frac{x_{sensor} - x_{acuan}}{x_{acuan}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

*Digital* dan dihitung nilai error menggunakan rumus (1). Berdasarkan hasil pengujian akan dipilih tiga sensor yang menghasilkan rata-rata nilai error paling kecil untuk diimplementasikan pada tanaman *Aglaonema*. Sensor dengan nilai error yang rendah memiliki tingkat akurasi pengukuran yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1 dan tabel 2, sensor DHT22-1, DHT22-2, dan DHT22-3 dinilai sebagai sensor dengan akurasi terbaik. Ketiga sensor tersebut menunjukkan nilai rata-rata error yang paling rendah, baik pada pengukuran suhu maupun kelembapan udara. Tingkat keakuratan pembacaan sensor sangat penting dalam sistem kontrol lingkungan mikro tanaman, karena data sensor menjadi dasar pengambilan keputusan aktuator kipas pendingin.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Pengujian selanjutnya adalah pengujian konsistensi nilai sensor kelembapan tanah pada beberapa kondisi media tanam. Pengujian menggunakan sensor kelembapan tanah sebanyak lima unit sensor yang kemudian diujikan pada kondisi media tanam kering, lembab, dan basah. Pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali pada setiap kondisi media tanam. Sensor terbaik

Tabel 6. Pengujian Respon Aktuator Kipas Pendingin

No	Timestamp	DHT22-1 (°C)	Status	DHT22-2 (°C)	Status	DHT22-3 (°C)	Status
1	13:05:12	29.7	Mati	29.9	Mati	29.8	Mati
2	13:18:45	30.6	Mati	30.8	Mati	30.7	Mati
3	13:32:08	31.4	Mati	31.2	Mati	31.3	Mati
4	13:47:26	32.4	Menyala	32.6	Menyala	32.5	Menyala
5	14:02:51	31.8	Mati	31.6	Mati	31.7	Mati
6	14:16:09	30.9	Mati	31.1	Mati	31.0	Mati
7	14:31:34	33.1	Menyala	33.3	Menyala	33.2	Menyala
8	14:45:57	31.5	Mati	31.7	Mati	31.6	Mati
9	14:53:18	32.7	Menyala	32.9	Menyala	32.8	Menyala
10	14:58:42	30.3	Mati	30.5	Mati	30.4	Mati

Tabel 7. Pengujian Respon Aktuator Pompa Air

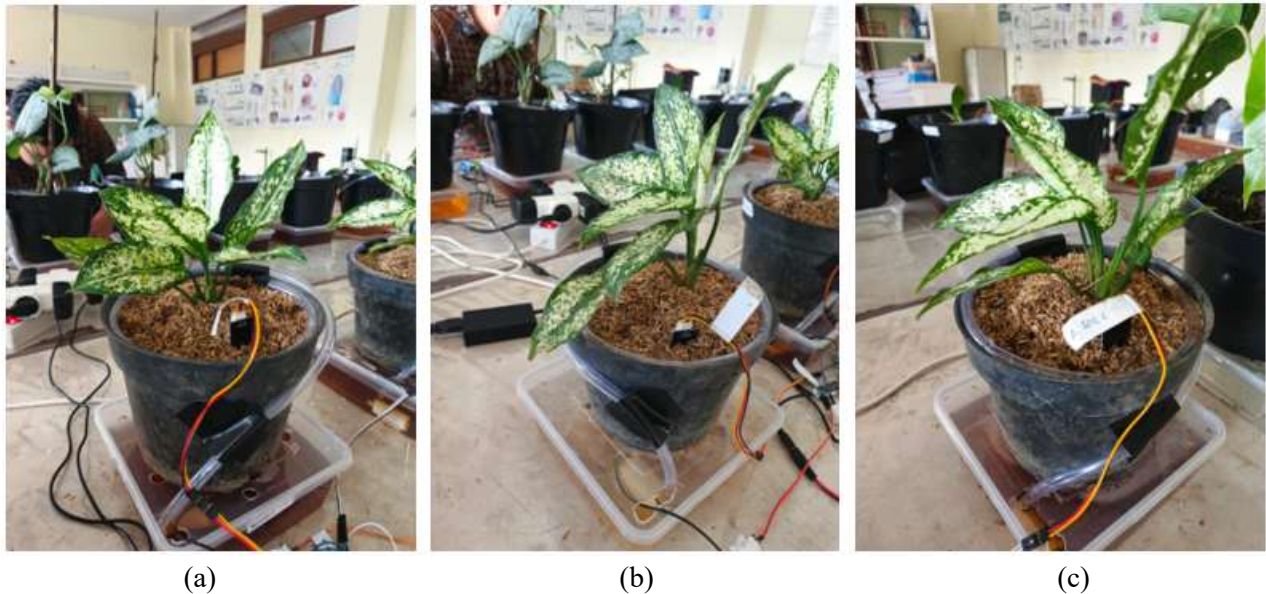
No	Timestamp	Sensor I > 3600	Status	Sensor II > 2600	Status	Sensor III > 2100	Status
1	13:07:10	2950	Mati	2685	Menyala	2050	Mati
2	13:21:36	3025	Mati	2620	Menyala	2210	Menyala
3	13:36:54	3080	Mati	2450	Mati	2115	Menyala
4	13:50:11	3185	Menyala	2525	Mati	2260	Menyala
5	14:04:38	3120	Menyala	2540	Mati	2005	Mati
6	14:19:22	3050	Mati	2580	Mati	2125	Menyala
7	14:33:49	3260	Menyala	2710	Menyala	2050	Mati
8	14:46:05	3210	Menyala	2710	Menyala	1950	Mati
9	14:55:27	3110	Menyala	2615	Menyala	2020	Mati
10	14:59:10	3005	Mati	2590	Mati	2085	Mati

ditentukan dari nilai perhitungan simpangan baku menggunakan rumus (2). Berdasarkan hasil pengujian akan dipilih tiga sensor kelembapan tanah yang memiliki nilai konsistensi terbaik.

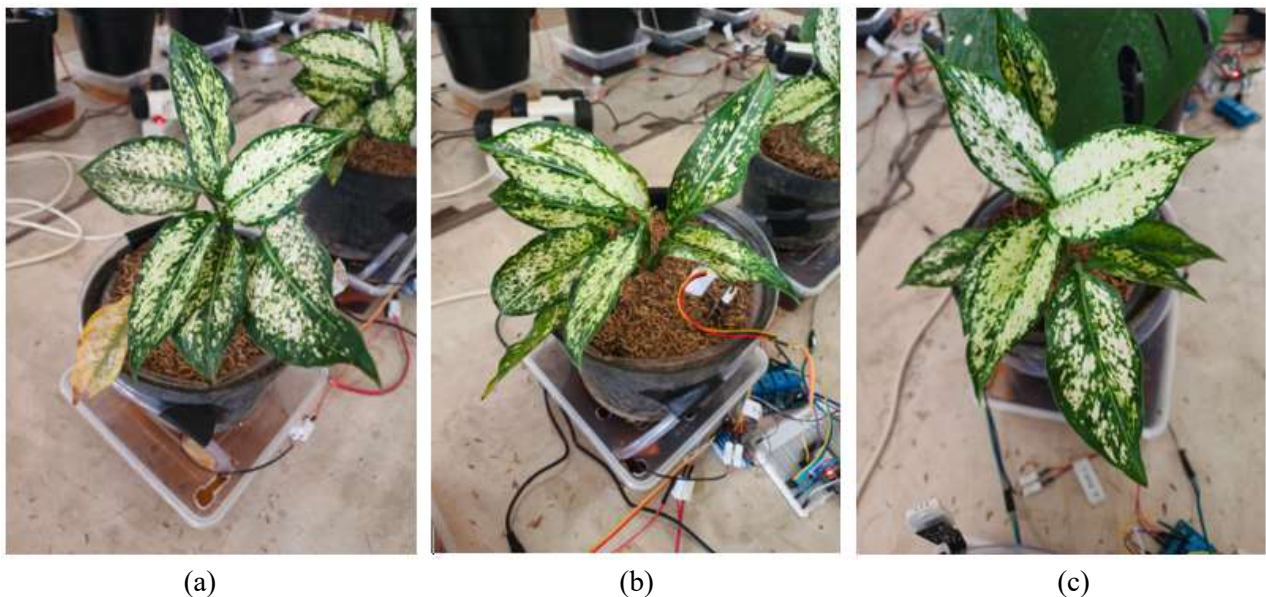
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, 4, dan 5 menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah 2, 4, dan 5 menghasilkan nilai simpangan baku yang paling rendah dibandingkan sensor lainnya, yang mengindikasikan fluktuasi data yang lebih stabil. Konsistensi pembacaan ini sangat penting karena nilai kelembapan tanah digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem penyiraman otomatis. Sensor dengan variasi data yang tinggi berpotensi menghasilkan keputusan penyiraman yang tidak akurat, sehingga dapat berdampak negatif terhadap kondisi tanaman.

## 2. Pengujian Aktuator Sistem

Pengujian aktuator sistem dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sistem apabila nilai yang dihasilkan sensor tidak berada dalam kondisi optimal. Pengujian diawali dengan menguji respon aktuator kipas pendingin terhadap nilai sensor DHT22. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa sistem dalam mengambil keputusan secara akurat. Sistem akan menyalakan



Gambar 8. Kondisi Tanaman Pada Pengambilan Data Ke-1: (a) Kering; (b) Lembab; (c) Basah



Gambar 9. Kondisi Tanaman Pada Pengambilan Data Ke-5: (a) Kering; (b) Lembab; (c) Basah

aktuator kipas apabila nilai suhu dari sensor DHT22 lebih dari 32°C dan akan mematikan sensor apabila suhu berada dibawah 32 °C. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali pada pukul 13.00 sampai 15.00.

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6 terlihat bahwa sistem mampu mengendalikan aktuator kipas pendingin sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan. Data pengujian diambil dari pukul 13.00 sampai 15.00, dimana pada waktu ini suhu cenderung lebih panas. Data menunjukkan bahwa sistem konsisten menyalakan kipas pendingin ketika suhu diatas 32 °C dan mati ketika dibawah suhu tersebut. Selama pengujian sistem tidak ditemukan kesalahan respon, yang menunjukkan bahwa sistem dapat mengambil keputusan secara akurat berdasarkan data sensor DHT22.

Pengujian respon aktuator pompa air terhadap nilai sensor kelembapan tanah dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merespon kondisi secara akurat. Pengujian dilakukan dalam tiga kondisi media tanam, yaitu kering, lembab, dan basah. Nilai ambang batas sensor kondisi kering adalah lebih dari 3100, kondisi lembab lebih dari 2600, dan kondisi basah lebih dari 2100. Pompa

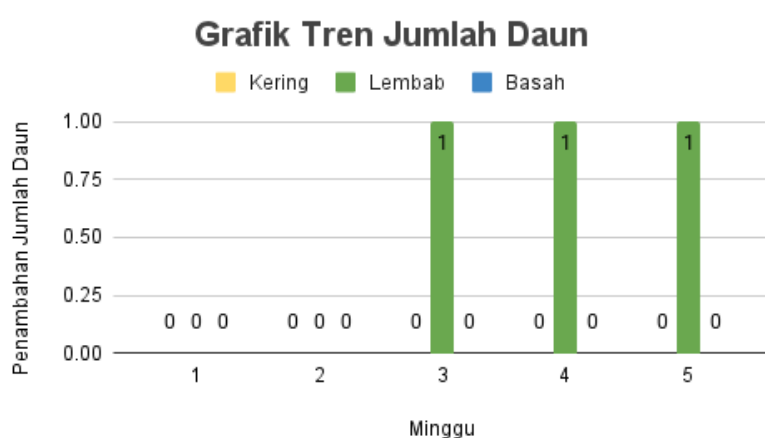


Tabel 8. Pengujian Pengaruh Sistem Terhadap Kualitas Tumbuh Tanaman

Data Ke-	Kering		Lembab		Basah	
	Tinggi (cm)	Jum. Daun	Tinggi (cm)	Jum. Daun	Tinggi (cm)	Jum. Daun
1	21	7	16	7	18	8
2	22	7	16	7	19	8
3	23	7	17	8	20	8
4	23	7	18	8	21	8
5	23	7	18	8	21	8



(a)



(b)

Gambar 10. Grafik Tren Tumbuh Tanaman: (a) Tinggi Tanaman; (b) Jumlah Daun

air akan menyala ketika sensor menghasilkan nilai diatas nilai ambang yang sudah ditentukan dan mati ketika dibawah nilai ambang. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk setiap sensor.

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 7 diketahui bahwa sistem mampu merespon sesuai dengan kondisi yang sudah ditentukan. Terlihat dari hasil data pengujian terlihat bahwa sistem mampu mengendalikan aktuatur pompa air dengan akurat dan konsisten. Konsistensi respon aktuatur menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan dalam menjaga kondisi kelembapan media tanam secara otomatis.

### 3. Pengujian Pengaruh Sistem

Pengujian pengaruh sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem memiliki dampak yang positif terhadap kualitas tumbuh tanaman. Sistem diimplementasikan pada tiga tanaman *Aglaonema*,

dimana pada tanaman pertama menggunakan media tanam kering, tanaman kedua menggunakan media tanam lembab, dan tanaman ketiga menggunakan media tanam basah. Pengambilan data diambil sebanyak kurang lebih lima kali pada setiap tanaman selama kurun waktu kurang lebih satu bulan. Indikator keberhasilan tumbuh tanaman dilihat dari tinggi tanaman dan jumlah daun selama pengamatan. Jika kedua indikator tersebut bertambah maka sistem berpengaruh positif terhadap kualitas tumbuh tanaman, namun apabila kedua indikator tersebut berkurang maka sistem berpengaruh negatif terhadap kualitas tumbuh tanaman.

Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel 8 diketahui bahwa setiap kondisi media tanam menghasilkan penambahan indikator tanaman yang berbeda. Pada kondisi kering, tinggi tanaman bertambah sebesar 2 cm dan tidak mengalami penambahan jumlah daun. Terlihat tanaman *Aglaonema* pada pengamatan ke-5 seperti pada gambar 9a salah satu daun berubah warna menjadi kuning dan hampir gugur, sedangkan pada pengamatan ke-1 semua daun masih berwarna hijau cerah seperti pada gambar 8a. Hal ini disebabkan kebutuhan air tanaman yang tidak tercukupi, sehingga kualitas tumbuh tanaman berkurang. Tanaman *Aglaonema* pada kondisi lembab mengalami penambahan pada kedua indikator, yaitu tinggi tanaman sebesar 2 cm dan 1 helai daun baru. Pengamatan ke-1 tanaman memiliki tinggi 16 cm sedangkan pada pengamatan ke-5 bertambah menjadi 18 cm. Helai daun baru muncul pada pengamatan ke-3 dan bertahan sampai pengamatan ke-5. Perbandingan kondisi tanaman pada pengamatan ke-1 dan ke-5 dapat dilihat pada gambar 8b dan 9b. Pada kondisi basah tanaman *Aglaonema* mengalami penambahan tinggi tanaman sebesar 3cm, namun tidak ada penambahan helai daun baru. Pengamatan ke-1 tinggi tanaman tercatat setinggi 18 cm dan terus mengalami penambahan tinggi tanaman hingga pada pengamatan ke-5 tinggi tanaman tercatat setinggi 21 cm. Berbeda dengan kondisi kering, pada kondisi ini tanaman tidak mengalami perubahan daun yang menguning. Dari hasil analisis data pengamatan yang telah terkumpul seperti pada tabel 6, maka pada kondisi lembab dan basah tanaman *Aglaonema* dapat tumbuh dengan baik pada skala yang terbatas.

#### 4. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Uji Coba pada penelitian ini dilakukan masih dalam skala terbatas dengan jumlah tiga sampel tanaman *Aglaonema* serta kondisi lingkungan yang terkontrol. Analisis data yang digunakan masih bersifat deskriptif dan komparatif tanpa melibatkan uji statistik yang lebih mendalam. Mekanisme pengendalian sistem yang masih menggunakan nilai ambang batas (*threshold*) yang bersifat statis. Meskipun sistem mampu bekerja dengan baik, pendekatan ini belum memungkinkan sistem untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan lingkungan mikro tanaman yang lebih dinamis. Pengembangan sistem selanjutnya dapat menggunakan sistem pengendalian adaptif berbasis *machine learning* untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan berdasarkan data lingkungan mikro tanaman. Implementasi dan pengujian jangka panjang pada skala yang lebih besar diperlukan untuk mengevaluasi keandalan sistem, aspek keberlanjutan, serta kelayakan penerapannya dalam budidaya tanaman hias secara komersial.

### KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem kontrol lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* berbasis IoT yang dapat memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan secara otomatis. Sistem dirancang memanfaatkan perangkat, seperti ESP32 sebagai pusat kendali sistem, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah untuk memantau kondisi media tanam, serta aktuator berupa kipas pendingin dan pompa air. Seluruh data hasil pemantauan kondisi lingkungan dikirimkan ke platform ThingSpeak, sehingga memudahkan pengguna untuk pemantauan secara jarak jauh.

Tingkat akurasi sensor DHT22 menghasilkan nilai error yang kecil dan masih berada dalam rentang dapat diterima. Tingkat stabilitas sensor kelembapan tanah menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat konsistensi pembacaan yang baik pada setiap kondisi media tanam. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 dan sensor kelembapan tanah mampu memberikan data yang akurat dan stabil untuk mendukung pengambilan keputusan sistem.

Hasil pengujian aktuator kipas pendingin dan pompa air menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan kondisi lingkungan mikro tanaman dengan baik. Aktuator kipas pendingin bekerja responsif terhadap perubahan suhu lingkungan dan aktuator pompa air menyala secara konsisten ketika nilai kelembapan media tanam melebihi nilai ambang batas yang sudah ditentukan. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator dalam sistem telah mampu berjalan dengan baik.

Sistem menunjukkan potensi untuk menjaga kondisi lingkungan mikro tanaman *Aglaonema* tetap berada dalam rentang yang disarankan dalam kondisi dan skala uji coba yang terbatas. Tanaman dapat tumbuh dengan baik pada kondisi media tanam lembab dan basah, dimana hal ini ditunjukkan dengan adanya penambahan tinggi tanaman dan jumlah daun. Sistem yang dikembangkan memiliki potensi untuk mendukung proses budidaya tanaman hias *Aglaonema* secara lebih efisien.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah sampel tanaman *Aglaonema* yang terbatas serta kondisi pengujian yang dilakukan pada lingkungan terkontrol. Analisis data yang digunakan masih bersifat deskriptif tanpa uji statistik lebih mendalam, serta sistem pengendalian masih menggunakan algoritma nilai ambang statis sehingga belum adaptif terhadap perubahan lingkungan mikro yang dinamis. Berdasarkan batasan yang ada penelitian selanjutnya ingin mengembangkan sistem pengendalian lingkungan mikro yang adaptif berbasis *machine learning* serta melakukan implementasi dan pengujian jangka panjang pada skala yang lebih besar guna menilai keandalan dan kelayakan sistem dalam budidaya tanaman hias secara komersial.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Y. A., Surya Gunawan, T., Mansor, H., Hamida, B. A., Fikri Hishamudin, A., & Arifin, F. (2021). On the Evaluation of DHT22 Temperature Sensor for IoT Application. *2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, 131–134. <https://doi.org/10.1109/ICCCE50029.2021.9467147>
- Akwu, S., Bature, U. I., Jahun, K. I., Baba, M. A., & Nasir, A. Y. (2020). Automatic plant Irrigation Control System Using Arduino and GSM Module. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 10(3), 12–26. <https://doi.org/10.5815/ijem.2020.03.02>
- Arauz, J., & Fynn-Cudjoe, T. (2013). Actuator quality in the Internet of Things. *2013 IEEE International Conference on Sensing, Communications and Networking (SECON)*, 34–42. <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2013.6644957>
- Cameron, N. (2023). *ESP32 Microcontroller* (pp. 1–54). [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8_1)
- Dwi Sasmita, S., Adi Wibowo, S., & Primaswara Prasetya, R. (2021). Penerapan Iot (*Internet of Thing*) Smart Flower Container Pada Tanaman Hias *Aglaonema* Berbasis Arduino. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(2), 776–784. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i2.3770>
- García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042. <https://doi.org/10.3390/s20041042>
- Haras, M., & Skotnicki, T. (2018). Thermoelectricity for IoT – A review. *Nano Energy*, 54, 461–476. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.10.013>
- Indrajati, S. B., Saputra, L. D., & Yuniar, A. R. (2023). *Panduan Teknis Budidaya Anggrek Phalaenopsis*. Pertanian Press.

- Indrajati, S. B., Saputro, L. D., & Yuniar, A. R. (2022). *Panduan Teknis Budidaya Tanaman Hias Daun Seri 1 : Aglaonema*. Kementerian Pertanian.
- Maulidda, R., Atika, R., Alfarizal, N., & Karlina Dwita, A. (2025). Sistem Kontrol Monitoring Penyiram Tanaman *Aglaonema* Menggunakan Sensor Capacitive Soil Moisture dan DS-18B20 Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Ampere*, 10(1), 44–54. <https://doi.org/10.31851/ampere.v10i1.18512>
- Obaideen, K., Yousef, B. A. A., AlMallahi, M. N., Tan, Y. C., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, 7, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100124>
- Placidi, P., Gasperini, L., Grassi, A., Cecconi, M., & Scorzoni, A. (2020). Characterization of Low-Cost Capacitive Soil Moisture Sensors for IoT Networks. *Sensors*, 20(12), 3585. <https://doi.org/10.3390/s20123585>
- Purwoko, J. T., Wingardi, T. O., & Soewito, B. (2023). Smart Agriculture Water System Using Crop Water Stress Index and Weather Prediction. *CommIT (Communication and Information Technology) Journal*, 17(1), 61–70. <https://doi.org/10.21512/commit.v17i1.8435>
- Setyawan, D. (2022). Tinjauan Peningkatan Penjualan Tanaman Hias di Masa Pandemi dengan Life Cycle Assesment (LCA). *National Multidisciplinary Sciences*, 1(2), 185–193. <https://doi.org/10.32528/nms.v1i2.54>
- Statistik Pertanian Hortikultura. (2021). *Produksi Tanaman Hias Menurut Jenis Tanaman, 2021*. Badan Pusat Statistika. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VEd4a1YzcHFaaKJwVUuHQIVVNTNjbEZqVGtKb1FUMDkjMw==/produksi-tanaman-hias-menurut---jenis-tanaman--2021.html?year=2021>
- Statistik Pertanian Hortikultura. (2023). *Produksi Tanaman Hias Menurut Jenis Tanaman, 2023*. Badan Pusat Statistika. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VEd4a1YzcHFaaKJwVUuHQIVVNTNjbEZqVGtKb1FUMDkjMw==/produksi-tanaman-hias-menurut---jenis-tanaman--2023.html?year=2023>
- Lestari, W. P., Anisa, M., Murdaningrum, S., & Rohmad, B. (2025). *Produk Domestik Bruto Indonesia Triwulanan 2021–2025* (Direktorat Neraca Produksi, Ed.; Vol. 8). Badan Pusat Statistik.