

Implementasi Sistem *IoT* Monitoring Anggrek Berbasis Arduino Dan Fuzzy Pada Mobile

Gede Krisnawa Sandhya Wandhana^{a1}, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan^{a2}, Ngurah Agus Sanjaya ER^{a3}, Ida Ayu Gde Suwiprabayanti Putra^{a4}

^aProgram Studi Informatika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali

¹krisnawa@student.unud.ac.id

²gungde@unud.ac.id

³agus_sanjaya@unud.ac.id

⁴iagsuwiprabayantiputra@unud.ac.id

Abstract

Orchid growth is strongly influenced by environmental factors such as temperature, humidity, and light intensity. Manual monitoring of these parameters is inefficient and may cause suboptimal growth. This study designs and implements an Internet of Things (IoT) system based on Arduino, integrated with a mobile application and Fuzzy Logic algorithm to monitor the growth conditions of orchids. The system collects temperature, humidity, and light data through sensors, processes them via Fuzzy Logic using Mamdani inference, and classifies the environment into growth suitability levels. Data is transmitted in real time to the Supabase cloud database and displayed in a mobile application developed using React Native. The application features condition logs, graphical trends, and automatic notifications when values are outside optimal thresholds. Testing shows the system performs reliably in real-time monitoring and successfully categorizes environmental conditions into four categories: Very Poor, Poor, Moderate, and Optimal. This solution improves orchid care efficiency and supports smart agriculture practices.

Keywords: *IoT, Arduino, Orchid, Fuzzy Logic, Plant Monitoring*

1. Pendahuluan

Anggrek merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi di Indonesia, terutama jenis *Phalaenopsis amabilis* yang populer karena bentuk dan warna bunganya yang khas. Tanaman ini membutuhkan kondisi lingkungan spesifik untuk tumbuh optimal, yaitu suhu 18–28°C, kelembapan 60–75%, dan intensitas cahaya 12000-20000 lux [1]. Namun, perawatan intensif seperti penyiraman teratur dan pengendalian lingkungan menjadi tantangan, khususnya pada tahap aklimatisasi.



Gambar 1. Bunga Anggrek *Phalaenopsis*

Meskipun permintaan tinggi, produksi anggrek di Indonesia menurun signifikan. Data dari Badan Pusat Statistik [2] menunjukkan penurunan sebesar 24,72% dari tahun 2018 ke 2019. Penurunan ini disebabkan oleh keterbatasan bibit unggul, praktik budidaya konvensional, dan kurangnya monitoring kondisi lingkungan secara berkelanjutan.

Seiring perkembangan teknologi, penerapan Internet of Things (IoT) melalui sensor lingkungan dan mikrokontroler seperti Arduino menjadi solusi potensial dalam pemantauan pertumbuhan tanaman. Sistem ini dapat dikombinasikan dengan aplikasi mobile untuk memberikan informasi kondisi tumbuhan secara real-time dan responsif.

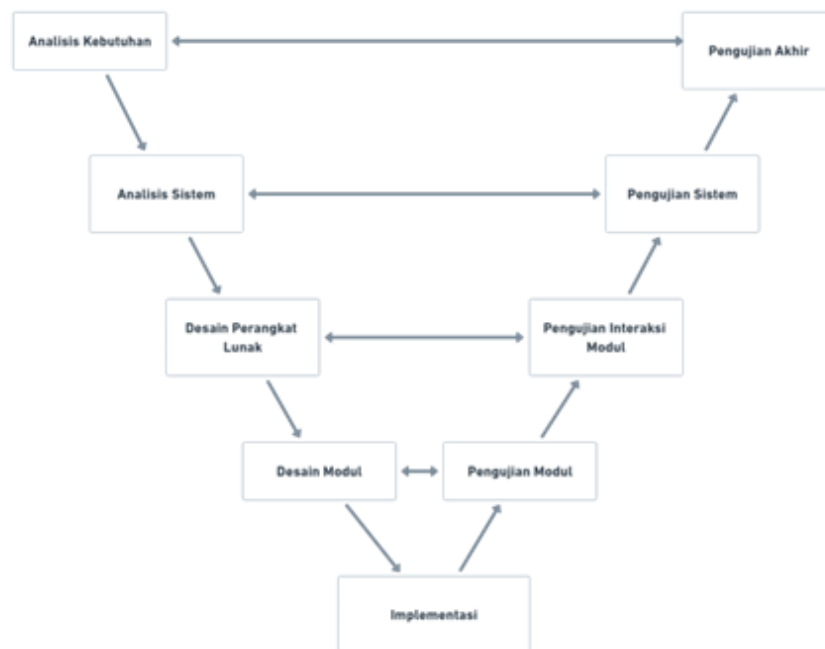
Untuk mendukung pengambilan keputusan, digunakan algoritma Fuzzy Logic yang mampu menginterpretasikan data sensor dalam bentuk linguistik dan menghasilkan evaluasi kondisi secara adaptif. Dibandingkan metode lain seperti Artificial Neural Network (ANN), Fuzzy Logic lebih sederhana, tidak memerlukan data pelatihan dalam jumlah besar, dan lebih sesuai untuk lingkungan pertanian yang bersifat tidak pasti [3],[4].

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tumbuhan anggrek berbasis IoT dengan integrasi Fuzzy Logic dan aplikasi mobile untuk mendukung budidaya anggrek yang efisien dan cerdas [5].

2. Metode Penelitian

2.1 Model Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan model System Development Life Cycle (SDLC) dengan pendekatan V-Model. Pendekatan ini menekankan keterkaitan antara tahapan pengembangan dan tahapan pengujian secara paralel. Setiap fase perancangan langsung diikuti oleh fase validasi, yang memungkinkan deteksi dini terhadap kesalahan dan meningkatkan kualitas sistem. Model V-Model ini digambarkan pada Gambar 2.

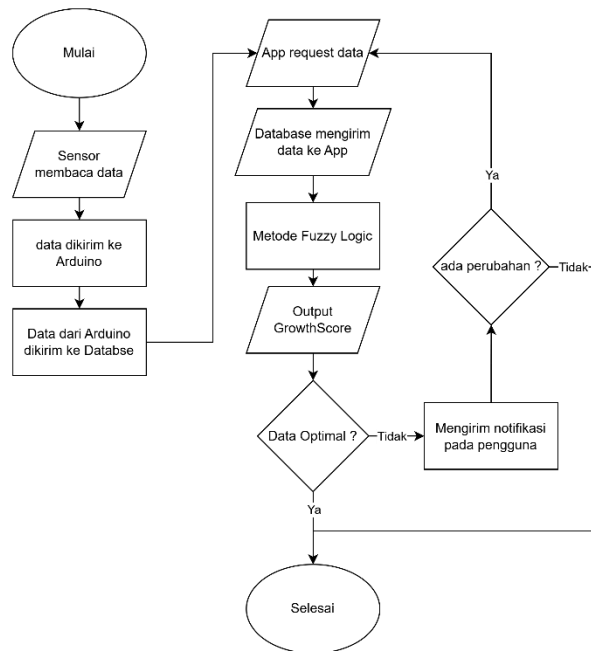


Gambar 2. Daur Hidup Pengembangan Sistem V-Model

2.2 Perancangan Sistem

Sistem monitoring terdiri dari lima komponen utama, yaitu sensor lingkungan, mikrokontroler, middleware, basis data, dan antarmuka mobile. Diagram alur umum sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3. Sensor yang digunakan meliputi DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, soil

moisture sensor SEN-0011 untuk kelembapan media tanam, dan LDR untuk intensitas cahaya. Seluruh sensor ini terhubung ke Arduino Uno sebagai pengendali utama.

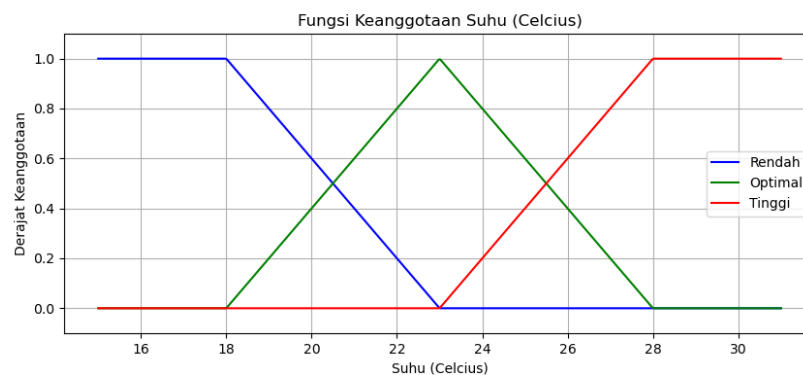


Gambar 3. Pengembangan Cara Kerja Sistem Secara Umum

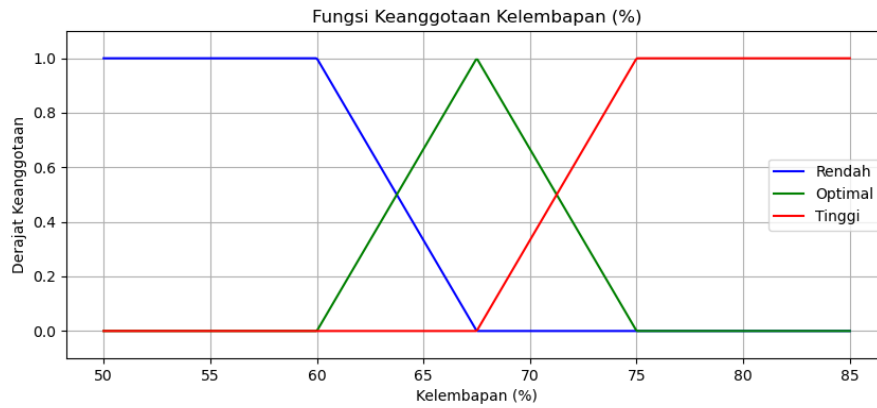
Data dari sensor dikirimkan melalui komunikasi serial ke middleware berbasis Python, yang memproses dan mengonversi data ke format JSON. Data kemudian dikirim ke platform Supabase melalui RESTful API dan disimpan dalam basis data PostgreSQL. Aplikasi mobile yang dikembangkan dengan React Native mengambil data ini secara real-time untuk ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk grafik, teks, dan notifikasi kondisi lingkungan.

2.3 Fuzzy Logic

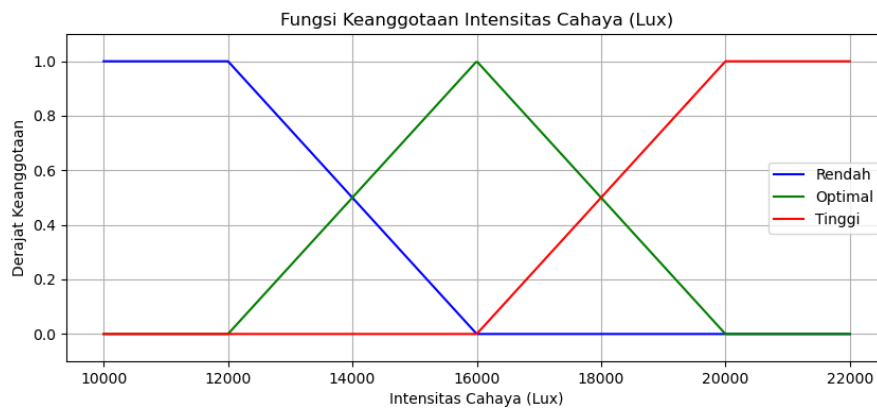
Sistem menggunakan metode Fuzzy Logic dengan pendekatan Mamdani untuk menentukan tingkat optimalitas kondisi lingkungan. Tiga parameter lingkungan utama yaitu suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya diklasifikasikan menjadi tiga kategori linguistik: Rendah, Optimal, dan Tinggi. Grafik fungsi keanggotaan masing-masing variabel ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Suhu



Gambar 5. Grafik Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Kelembapan



Gambar 6. Grafik Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Intensitas Cahaya

Setiap parameter memiliki fungsi keanggotaan segitiga yang menggambarkan tingkat keanggotaannya terhadap kategori linguistik. Fungsi-fungsi ini diimplementasikan dalam proses fuzzifikasi dengan fungsi sebagai berikut:

- Suhu (°C):
 Rendah: Nilai penuh pada $\leq 18^{\circ}\text{C}$, menurun hingga 0 pada 23°C .
 Optimal: Naik dari 18°C ke puncak 23°C , lalu turun ke 0 pada 28°C .
 Tinggi: Naik dari 23°C ke nilai penuh pada $\geq 28^{\circ}\text{C}$.
- Kelembapan (%):
 Rendah: Nilai penuh pada $\leq 60\%$, turun ke 0 pada 67.5% .
 Optimal: Naik dari 60% ke puncak 67.5% , lalu turun ke 0 pada 75% .
 Tinggi: Naik dari 67.5% ke nilai penuh pada $\geq 75\%$.
- Intensitas Cahaya (Lux):
 Rendah: Nilai penuh pada ≤ 12.000 Lux, turun ke 0 pada 16.000 Lux.
 Optimal: Naik dari 12.000 Lux ke puncak 16.000 Lux, lalu turun ke 0 pada 20.000 Lux.
 Tinggi: Naik dari 16.000 Lux ke nilai penuh pada ≥ 20.000 Lux.

Menurut Ross [5], fungsi keanggotaan segitiga untuk parameter suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya dalam sistem fuzzy dapat didefinisikan sebagai berikut:

- Suhu:

$$\mu_{temp_low} = \begin{cases} 0, & \text{jika } temp > 23 \\ \frac{23-temp}{23-18}, & \text{jika } 18 < temp \leq 23 \\ 1, & \text{jika } temp \leq 18 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{temp_opt} = \begin{cases} 0, & \text{jika } temp \leq 18 \text{ atau } temp \geq 28 \\ \frac{temp-18}{23-18}, & \text{jika } 18 < temp \leq 23 \\ \frac{28-temp}{28-23}, & \text{jika } 23 < temp \leq 28 \\ 1, & \text{jika } temp = 23 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{temp_high} = \begin{cases} 0, & \text{jika } temp \leq 23 \\ \frac{temp-23}{28-23}, & \text{jika } 23 < temp < 28 \\ 1, & \text{jika } temp \geq 28 \end{cases} \quad (3)$$

- Kelembapan:

$$\mu_{humid_low} = \begin{cases} 0, & \text{jika } humid > 67.5 \\ \frac{67.5-humid}{67.5-60}, & \text{jika } 60 < humid \leq 67.5 \\ 1, & \text{jika } humid \leq 60 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{humid_opt} = \begin{cases} 0, & \text{jika } humid \leq 60 \text{ atau } humid \geq 75 \\ \frac{humid-60}{67.5-60}, & \text{jika } 60 < humid \leq 67.5 \\ \frac{75-humid}{75-67.5}, & \text{jika } 67.5 < humid < 75 \\ 1, & \text{jika } humid = 67.5 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{humid_high} = \begin{cases} 0, & \text{jika } humid \leq 67.5 \\ \frac{humid-67.5}{75-67.5}, & \text{jika } 67.5 < humid < 75 \\ 1, & \text{jika } humid \geq 75 \end{cases} \quad (6)$$

- Intensitas Cahaya:

$$\mu_{light_low} = \begin{cases} 0, & \text{jika } light > 16000 \\ \frac{16000-light}{16000-12000}, & \text{jika } 12000 < light \leq 16000 \\ 1, & \text{jika } light \leq 12000 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{light_opt} = \begin{cases} 0, & \text{jika } light \leq 12000 \text{ atau } light \geq 20000 \\ \frac{light-12000}{16000-12000}, & \text{jika } 12000 < light \leq 16000 \\ \frac{20000-light}{20000-16000}, & \text{jika } 16000 < light < 20000 \\ 1, & \text{jika } light = 16000 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{light_high} = \begin{cases} 0, & \text{jika } light \leq 16000 \\ \frac{light-16000}{20000-16000}, & \text{jika } 16000 < light \leq 20000 \\ 1, & \text{jika } light \geq 20000 \end{cases} \quad (9)$$

Sistem pengambilan keputusan dalam penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Logic pendekatan Mamdani, untuk menginterpretasikan tiga parameter lingkungan utama: kelembapan udara, suhu udara, dan intensitas cahaya. Masing-masing parameter diklasifikasikan ke dalam tiga kategori linguistik: Low, Optimal, dan High. Nilai-nilai ini diperoleh dari sensor dan diproses melalui aturan berbasis logika IF-THEN.

Aturan IF-THEN digunakan untuk membentuk rule base sistem inferensi fuzzy, yang meniru cara berpikir manusia dalam menilai kondisi pertumbuhan. Contoh dari aturan tersebut adalah:

- IF kelembapan = optimal AND suhu = optimal AND cahaya = high THEN pertumbuhan = sedang.
- IF kelembapan = optimal AND suhu = optimal AND cahaya = low THEN pertumbuhan = optimal.
- IF kelembapan = high AND suhu = high AND cahaya = high THEN pertumbuhan = buruk.

Sistem menggunakan 27 aturan fuzzy berbentuk IF–THEN untuk mengkombinasikan input dari ketiga parameter lingkungan. Kombinasi aturan tersebut menghasilkan output berupa kategori pertumbuhan lingkungan: Sangat Buruk, Buruk, Sedang, dan Optimal. Seluruh aturan fuzzy yang digunakan ditampilkan dalam Tabel 1:

Tabel 1. Rule Base Fuzzy Logic untuk Klasifikasi Pertumbuhan Anggrek

Diadaptasi dari model fuzzy oleh Putti et al., 2017. [6]

No.	Kelembapan	Suhu	Cahaya	Output
1	Low	Optimal	Low	Optimal
2	Optimal	Optimal	Low	Optimal
3	High	Optimal	Low	Optimal
4	Low	High	Low	Optimal
5	Optimal	High	Low	Optimal
6	Optimal	Optimal	High	Sedang
7	High	Optimal	High	Sedang
8	Low	Low	Optimal	Sedang
9	Optimal	Low	Optimal	Sedang
10	High	Low	Optimal	Sedang
11	Low	Optimal	Optimal	Sedang
12	Optimal	Optimal	Optimal	Sedang
13	High	Optimal	Optimal	Sedang
14	Low	High	Optimal	Sedang
15	Optimal	High	Optimal	Sedang
16	High	High	Optimal	Sedang
17	Low	Low	Low	Sedang
18	Optimal	Low	Low	Sedang
19	High	Low	Low	Sedang
20	Optimal	Low	High	Buruk
21	High	Low	High	Buruk
22	Low	Optimal	High	Buruk
23	Optimal	High	High	Buruk
24	High	High	High	Buruk
25	High	High	Low	Buruk
26	Low	Low	High	Sangat Buruk
27	Low	High	High	Sangat Buruk

Hasil inferensi dari kombinasi input tersebut menghasilkan keluaran (output) dalam bentuk himpunan fuzzy yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai crisp melalui proses defuzzifikasi metode centroid. Nilai ini digunakan untuk menilai seberapa optimal kondisi lingkungan tumbuhan dan sebagai dasar sistem notifikasi dalam aplikasi mobile.

2.4 Akuisisi Data dan Implementasi Sistem

2.4.1 Akuisisi Data Sensor

Sistem monitoring menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang terhubung dengan tiga sensor: DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, soil moisture sensor untuk kelembapan tanah, dan LDR untuk intensitas cahaya. Data dari sensor dibaca secara periodik setiap 60 menit dan dikirim melalui komunikasi serial ke middleware berbasis Python. Middleware tersebut mengonversi data ke format JSON dan meneruskannya ke Supabase, yang menyimpan data dalam basis data PostgreSQL. Proses ini memungkinkan data diakses secara real-time oleh aplikasi mobile.

2.4.2 Pengolahan Data Menggunakan Fuzzy Logic

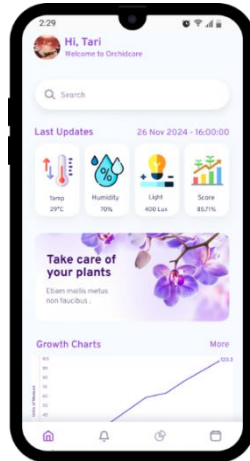
Sistem pengambilan keputusan menggunakan algoritma Fuzzy Logic dengan pendekatan Mamdani. Tiga parameter lingkungan (suhu, kelembapan, cahaya) dikonversi menjadi nilai linguistik (Low, Optimal, High) melalui proses fuzzifikasi menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Kemudian, sistem menerapkan 27 aturan IF–THEN untuk menghasilkan output linguistik (Sangat Buruk, Buruk, Sedang, Optimal). Nilai hasil inferensi selanjutnya diproses menggunakan metode defuzzifikasi centroid, menghasilkan skor crisp dalam skala 0–100 yang merepresentasikan kondisi optimalitas lingkungan.

2.4.3 Antarmuka Mobile dan Notifikasi

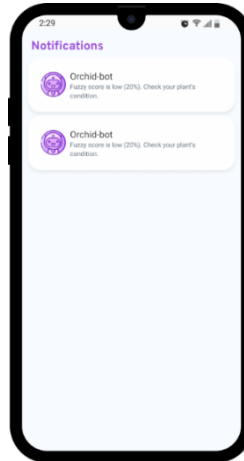
Aplikasi mobile dikembangkan menggunakan React Native dan terhubung langsung ke database Supabase. Aplikasi ini menampilkan data suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya dalam bentuk teks, grafik, serta histori log. Selain itu, sistem memberikan notifikasi otomatis apabila parameter lingkungan berada di luar batas optimal, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan perawatan. Tampilan antarmuka pengguna ditunjukkan pada Gambar 8 hingga Gambar 12.



Gambar 7. Tampilan
Splashscreen



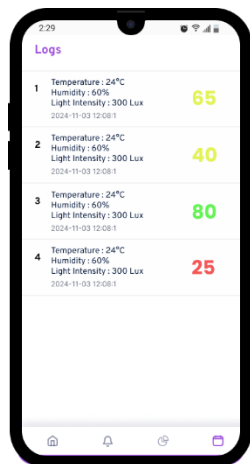
Gambar 8. Tampilan
Homescreen



Gambar 9. Tampilan
Notifikasi



Gambar 10. Tampilan
Visualisasi Data



Gambar 11. Tampilan
Logs Data

2.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah dirancang. Pengujian ini dilakukan secara bertahap dan menyeluruh, dimulai dari level unit (modul) hingga pengujian integrasi dan keseluruhan sistem.

Pertama, dilakukan pengujian modul, yaitu pengujian terhadap masing-masing komponen secara terpisah. Modul sensor diuji untuk memastikan bahwa perangkat dapat membaca parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya secara akurat. Pengujian ini juga mencakup verifikasi pembacaan data secara real-time oleh Arduino dan konsistensi pengiriman data melalui komunikasi serial ke komputer. Selain itu, modul middleware yang dibangun menggunakan Python juga diuji untuk memastikan keberhasilannya dalam membaca data dari port serial dan mengirimkannya ke database Supabase melalui API dengan format JSON.

Selanjutnya, dilakukan pengujian integrasi, yaitu memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja secara sinergis. Pengujian ini mencakup integrasi antara sensor dan Arduino, Arduino dengan Python middleware, pengiriman data ke database cloud Supabase, serta pemanggilan data oleh aplikasi mobile. Dalam tahap ini, sistem diuji pada berbagai skenario normal maupun kondisi ekstrem (misalnya, suhu tinggi atau kelembapan rendah) untuk melihat bagaimana data diproses dan ditampilkan dalam aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menangani aliran data secara utuh tanpa kehilangan informasi, serta mampu menampilkan data dan notifikasi secara tepat waktu dalam aplikasi mobile.

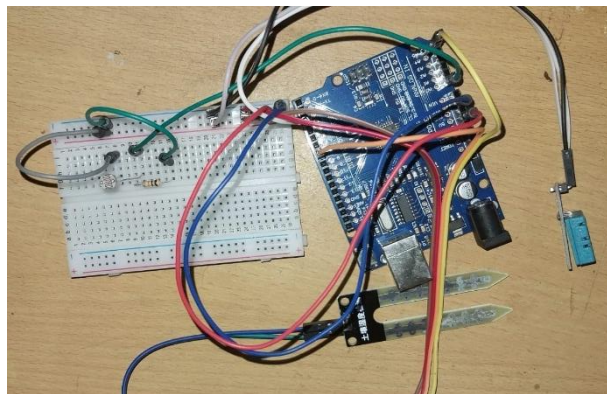
Tahap berikutnya adalah pengujian sistem secara keseluruhan dengan pendekatan black box, di mana sistem diuji dari perspektif pengguna akhir tanpa melihat kode sumber. Pengujian ini berfokus pada fungsionalitas sistem seperti keakuratan data yang ditampilkan, kecepatan respon aplikasi dalam menerima data baru, serta kemampuan sistem dalam memberikan notifikasi otomatis ketika parameter lingkungan berada di luar batas optimal. Pengujian dilakukan dalam lingkungan yang bervariasi untuk mensimulasikan kondisi nyata pertumbuhan anggrek.

Selain itu, dilakukan pula pengujian algoritma Fuzzy Logic, khususnya dalam menilai keakuratan hasil klasifikasi kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan kondisi lingkungan ke dalam kategori “buruk”, “sedang”, atau “optimal” secara konsisten berdasarkan parameter input dari sensor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Implementasi Perangkat Keras

Sistem monitoring anggrek yang telah dikembangkan terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno yang terhubung dengan sensor DHT11 (suhu dan kelembapan udara), soil moisture sensor SEN-0011 (kelembapan tanah), dan LDR (intensitas cahaya). Perangkat keras ini dapat dilihat pada Gambar 12 yang menampilkan hasil implementasi dari susunan komponen sistem.

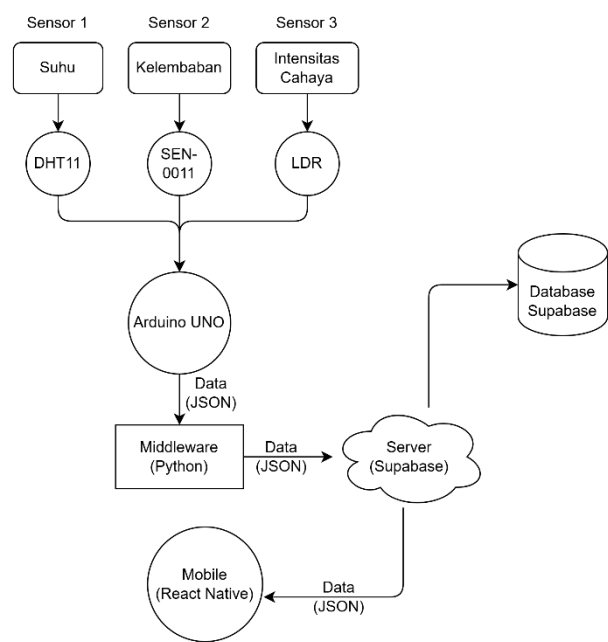


Gambar 12. Hasil Implementasi Rancangan Perangkat Keras

Middleware yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python berfungsi untuk membaca data dari port serial Arduino dan meneruskannya ke Supabase, yaitu database berbasis cloud yang menyimpan data secara real-time. Aplikasi mobile yang dibangun dengan framework React Native mengambil data tersebut menggunakan RESTful API, lalu menampilkannya dalam bentuk grafik, indikator status lingkungan, serta mengirimkan notifikasi jika kondisi berada di luar batas optimal. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi tanaman dari jarak jauh melalui smartphone. Visualisasi data pada aplikasi mencakup suhu dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), kelembapan udara dalam persen (%), dan intensitas cahaya dalam satuan lux (lx). Data tersebut juga diolah menggunakan algoritma Fuzzy Logic untuk menilai apakah kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan optimal anggrek.

3.2. Infrastruktur Sistem dan Middleware

Infrastruktur sistem yang digunakan mencakup konektivitas nirkabel dari Arduino ke middleware berbasis Python yang berfungsi untuk mengirim data ke cloud database Supabase. Alur komunikasi dan integrasi antarkomponen sistem ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Infrastruktur Sistem

3.3. Pengolahan Data Sensor

Selama proses pengujian, data dikumpulkan dari 30 pengukuran individu anggrek. Rata-rata suhu berkisar antara 26°C hingga 29°C, kelembapan udara antara 62% hingga 67%, dan intensitas cahaya bervariasi dari 300 lux hingga 17.000 lux tergantung waktu pengukuran dan lokasi sensor.

Tabel 2. Hasil Pembacaan dari Sensor

Individu	Suhu	Kelembapan	Intensitas Cahaya
1	27.54	63.63	17850.25
2	28.75	66.61	16501.06
3	27.73	64.57	302.691
4	26.12	67.2	273.664
5	26.77	64.92	483.976
6	27.65	67.02	263.318
7	28.95	63.66	738.997
8	27.46	65.76	905.358
9	27.52	65.07	16949.88
10	26.77	62.21	17576.57
11	28.73	67.42	16363.95
12	27.89	63.01	16227.18
13	28.32	65.78	746.827
14	26.81	65.41	145.169
15	27.12	65.41	711.975
16	26.53	66.79	213.470
17	26.48	67.99	28.2549
18	27.78	66.55	903.502
19	27.63	65.71	16652.3
20	26.26	64.66	17951.83
21	28.3	65.02	17706.32
22	26.4	63.86	17297.48
23	27.28	63.43	457.271
24	28.77	62.98	483.75
25	28.34	67.77	203.604
26	26.35	63.27	456.932
27	27.18	63.65	16816.31

28	27.45	62.71	17531.22
29	27.11	62.72	17848.43
30	28.45	64.43	16047.7

Sebagai contoh, salah satu entri (individu 1) menunjukkan suhu 27.54°C, kelembapan 63.63%, dan intensitas cahaya sebesar 17850.25 lux. Berdasarkan fungsi keanggotaan segitiga (triangular membership function), data ini diklasifikasikan sebagai "optimal" untuk semua parameter, sehingga hasil fuzzy logic memberikan skor optimalitas tinggi, yaitu di atas 87%. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan tingkat optimalitas kondisi lingkungan anggrek. Contoh hasil pengumpulan data sensor ditampilkan dalam Tabel 3.

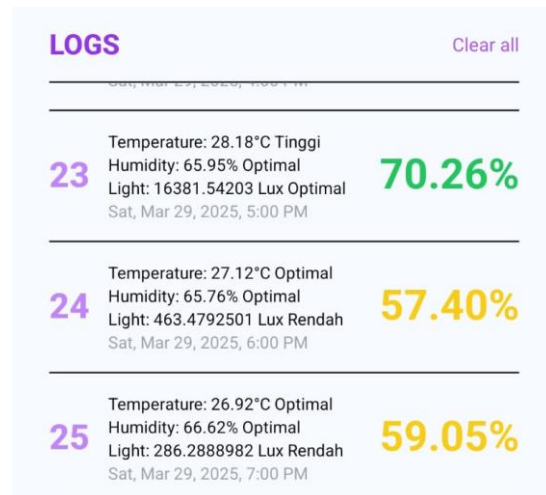
Tabel 3. Hasil Nilai Defuzzifikasi

No.	<i>Low Growth</i> (20)	<i>Moderate Growth</i> (60)	<i>High Growth</i> (100)	<i>Stressed Growth</i> (40)	<i>Numerator</i> ($\sum \mu(x) \times \text{skor}$)	<i>Denominator</i> ($\sum \mu(x)$)	Nilai Defuzzifikasi
1	0.140	0.366	0.353	0.107	68.344	0.966	70.716
2	0.127	0.404	0.368	0.099	71.637	0.998	71.785
3	0.137	0.347	0.380	0.103	69.237	0.967	71.574
4	0.145	0.352	0.438	0.110	75.492	1.045	72.215
5	0.098	0.269	0.462	0.064	68.434	0.893	76.594
6	0.115	0.258	0.488	0.086	71.313	0.947	75.314
7	0.078	0.256	0.452	0.048	65.148	0.833	78.207
8	0.128	0.269	0.422	0.105	67.047	0.924	72.560
9	0.136	0.349	0.386	0.101	69.824	0.972	71.800
10	0.131	0.354	0.412	0.090	72.147	0.987	73.087
11	0.127	0.409	0.358	0.089	70.880	0.983	72.102
12	0.114	0.376	0.310	0.112	63.902	0.912	70.053
13	0.122	0.329	0.403	0.087	69.022	0.941	73.322
14	0.128	0.328	0.434	0.071	71.817	0.962	74.639
15	0.117	0.264	0.473	0.094	70.585	0.948	74.467
16	0.118	0.266	0.485	0.074	71.548	0.944	75.832
17	0.105	0.256	0.482	0.064	69.724	0.907	76.842
18	0.097	0.254	0.449	0.080	66.446	0.881	75.408
19	0.149	0.370	0.334	0.084	66.840	0.937	71.364
20	0.139	0.373	0.358	0.121	69.467	0.990	70.152
21	0.143	0.381	0.370	0.110	71.210	1.004	70.951
22	0.172	0.346	0.366	0.121	69.923	1.005	69.602
23	0.120	0.328	0.400	0.091	68.658	0.940	73.059
24	0.150	0.303	0.423	0.085	70.276	0.961	73.138
25	0.115	0.256	0.471	0.082	69.499	0.924	75.255
26	0.114	0.251	0.465	0.078	68.515	0.908	75.442
27	0.099	0.309	0.428	0.064	68.229	0.900	75.799
28	0.114	0.279	0.435	0.078	67.722	0.906	74.781
29	0.129	0.371	0.348	0.096	67.451	0.944	71.476
30	0.132	0.377	0.367	0.079	69.412	0.955	72.712

Proses fuzzifikasi dilakukan berdasarkan fungsi keanggotaan segitiga. Selanjutnya, inferensi dilakukan dengan 27 aturan fuzzy. Hasil akhir berupa skor crisp diperoleh dari proses defuzzifikasi. Grafik hasil pengelompokan input dan log hasil inferensi ditampilkan pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Visualisasi Data Lingkungan Menggunakan Grafik



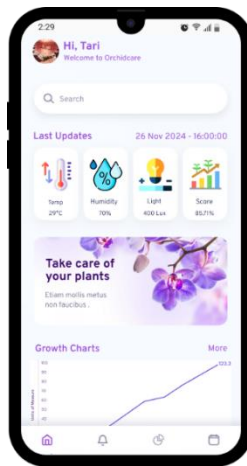
Gambar 15. Log Data Evaluasi Pertumbuhan Anggrek dengan Fuzzy Logic

3.4. Evaluasi Antarmuka Aplikasi dan Notifikasi

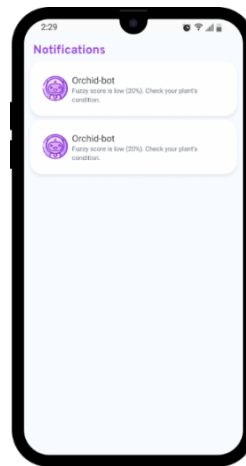
Aplikasi mobile dibangun menggunakan React Native. Aplikasi ini menampilkan parameter lingkungan dalam bentuk teks, grafik, dan histori log, serta memberikan notifikasi jika kondisi lingkungan berada di luar batas optimal. Tampilan antarmuka pengguna ditunjukkan dalam Gambar 16 hingga Gambar 20



Gambar 16. Tampilan
Splashscreen



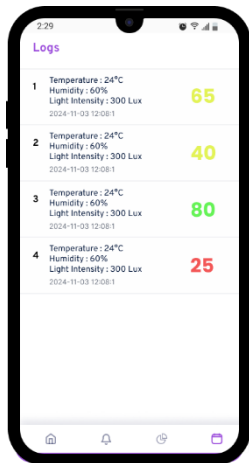
Gambar 17. Tampilan
Homescreen



Gambar 18. Tampilan
Notifikasi



Gambar 19. Tampilan
Visualisasi Data



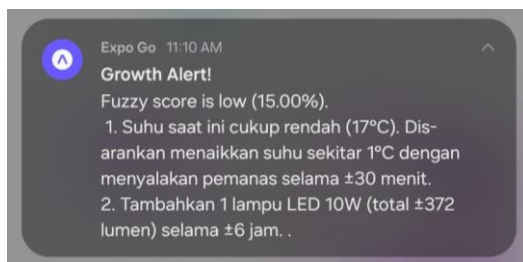
Gambar 20. Tampilan
Logs Data

Fitur notifikasi pada aplikasi mobile berhasil diimplementasikan dengan baik. Pengguna menerima local notification jika salah satu parameter lingkungan berada di luar batas optimal. Contohnya, jika suhu melebihi 30°C atau kelembapan turun di bawah 60%, sistem akan memberikan peringatan secara real-time.

Selain itu, aplikasi juga menampilkan grafik tren parameter lingkungan selama periode waktu tertentu, misalnya satu minggu terakhir, sehingga pengguna dapat memantau perubahan lingkungan secara historis dan mengambil tindakan preventif jika dibutuhkan. Antarmuka aplikasi dirancang dengan tampilan sederhana dan responsif, menyesuaikan kebutuhan pengguna akhir seperti petani anggrek atau penghobi tanaman hias.

3.5. Pengujian Sistem

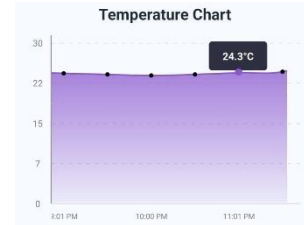
Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem yang dikembangkan telah berhasil. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap: pengujian modul (sensor dan middleware), pengujian integrasi (antara Arduino, middleware, dan aplikasi), dan pengujian sistem secara keseluruhan menggunakan pendekatan black box. Pengujian juga dilakukan untuk menilai akurasi sistem fuzzy logic dalam mengklasifikasi kondisi lingkungan.



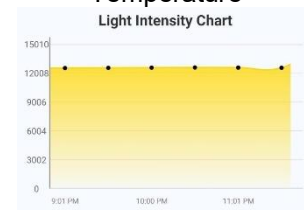
Gambar 21. Push Notifikasi



Gambar 23. Tampilan Grafik Temperature



Gambar 22. Tampilan Grafik Temperature



Gambar 24. Tampilan Grafik Intensitas Cahaya

Hasil menunjukkan bahwa sistem dapat membaca data lingkungan secara akurat, menampilkan informasi dengan tepat, serta mengirimkan notifikasi sesuai kondisi. Evaluasi terhadap fitur notifikasi ditunjukkan pada Gambar 21 dan evaluasi tampilan grafik pada Gambar 22–24..

3.6 Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT dengan algoritma Fuzzy Logic dapat meningkatkan efisiensi perawatan anggrek. Sistem berhasil mengintegrasikan akuisisi data sensor, analisis kondisi menggunakan fuzzy, serta visualisasi dan notifikasi melalui aplikasi mobile. Penerapan sistem ini dapat membantu petani anggrek memantau kondisi lingkungan secara otomatis, dan mencegah kerusakan akibat perubahan cuaca ekstrem.

Hasil ini juga sejalan dengan studi sebelumnya, dan memperkuat bahwa kombinasi IoT dan fuzzy logic efektif digunakan dalam sistem pertanian presisi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tumbuhan anggrek berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan algoritma Fuzzy Logic dan aplikasi mobile. Sistem yang dibangun terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno, sejumlah sensor lingkungan (suhu, kelembapan udara dan tanah, serta intensitas cahaya), middleware berbasis Python, dan aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan React Native.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mengumpulkan data lingkungan secara otomatis setiap 10 menit, menyimpannya di layanan cloud Supabase, serta menampilkannya dalam aplikasi mobile dalam bentuk grafik, log, dan indikator status lingkungan. Proses penilaian kondisi lingkungan dilakukan menggunakan pendekatan Fuzzy Logic, yang terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian nilai sensor dan mengklasifikasikan kondisi pertumbuhan tanaman anggrek ke dalam tiga kategori utama: buruk, sedang, dan optimal. Selain itu, fitur notifikasi real-time yang dikirimkan kepada pengguna saat kondisi lingkungan tidak sesuai juga memberikan nilai tambah dalam efisiensi dan kenyamanan monitoring.

Secara keseluruhan, sistem ini tidak hanya memberikan solusi praktis untuk pemantauan tanaman hias berbasis teknologi, tetapi juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut dalam bidang pertanian presisi dan otomatisasi hortikultura. Ke depan, sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur kontrol otomatis, memperluas jenis tanaman yang didukung, serta mengembangkan model fuzzy yang lebih kompleks untuk menghasilkan keputusan yang lebih adaptif.

Referensi

- [1] Indrajati, S. B., Saputra, L. D., & Yuniar, A. R. (2023). *A PANDUAN TEKNIS BUDIDAYA ANGGREK PHALAENOPSIS PERTANIAN PRESS TAHUN 2023*. Direktorat Buah dan Florikultura, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Statistik Produksi Tanaman Hias Tahun 2020," *BPS*, 2020. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id>
- [3] Madhumathi, R., Arumuganathan, T., & Shruthi, R. (2022). Soil Nutrient Detection and Recommendation Using IoT and Fuzzy Logic. *Computer Systems Science and Engineering*, 43(2), 455–469. <https://doi.org/10.32604/csse.2022.023792>
- [4] Mohapatra, A. G., Lenka, S. K., & Keswani, B. (2019). Neural Network and Fuzzy Logic Based Smart DSS Model for Irrigation Notification and Control in Precision Agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section A - Physical Sciences*, 89(1), 67–76. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0401-6>
- [5] Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineers Applications*.
- [6] Putti, F. F., Filho, L. R. A. G., Gabriel, C. P. C., Neto, A. B., Bonini, C. dos S. B., & Rodrigues dos Reis, A. (2017). A Fuzzy mathematical model to estimate the effects of global warming on the vitality of *Laelia purpurata* orchids. *Mathematical Biosciences*, 288, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2017.03.005>
- [7] Zahira, S. N., & Humam, M. (n.d.). *SISTEM INFORMASI MONITORING TANAMAN ANGGREK DAN PENYIRAMAN OTOMATIS*.
- [8] Han, C., Chen, S., Yu, Y., Xu, Z., Zhu, B., Xu, X., & Wang, Z. (2021). Evaluation of agricultural land suitability based on RS, AHP, and MEA: A case study in Jilin province, China. *Agriculture (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture11040370>