

Rancang Bangun Sistem Penyiram dan Pemupuk Otomatis Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things (IoT)

Nadia Miranda¹, Ahmad Taqwa², Abdul Rakhman³

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Barat I, Palembang, Indonesia 30137
e-mail: ¹nadiaamirandaa@gmail.com, ²taqwa@polsri.ac.id, ³arahmanhamid.60@gmail.com

Submitted Date: December 17, 2024
Revised Date: February 4, 2025

Reviewed Date: January 20, 2025
Accepted Date: April 16, 2025

Abstract

This research aims to design and build an automatic watering and fertilization system for moon orchids (*Phalaenopsis*) based on the Internet of Things (IoT) using the Fuzzy Logic method. Moon orchids have slow growth and are affected by environmental factors such as temperature and humidity, where the optimal temperature ranges from 25-27°C and air humidity between 60-85%. The system is designed to monitor and control the plant's environmental conditions in real time, as well as perform automatic watering when the soil humidity is below 35% and stop it when it is above 35%. Tests showed error rates between the various sensors used, such as a difference of 1.61% between the DHT22 temperature sensor and a thermometer, 1.78% for humidity between the DHT22 sensor and a hygrometer, and 8.32% between the soil moisture sensor and a soil moisture meter. The Purple Bloom application used in this system experienced an average delay of 6.11 seconds caused by the speed of the internet. Although there is a slight delay, this system provides convenience and efficiency in the maintenance of moon orchids. The use of IoT technology and artificial intelligence shows great potential in improving the productivity and efficiency of plant care.

Keywords: Internet of Things (IoT), Raspberry Pi, Fuzzy Logic, Automatic Watering, Automatic Fertilization.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penyiraman serta pemupukan otomatis untuk anggrek bulan (*Phalaenopsis*) berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan metode Fuzzy Logic. Anggrek bulan memiliki pertumbuhan yang lambat dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan, di mana suhu optimal berkisar antara 25-27°C dan kelembapan udara antara 60-85%. Sistem ini dirancang untuk memonitor dan mengontrol kondisi lingkungan tanaman secara real-time, serta melakukan penyiraman otomatis ketika kelembapan tanah di bawah 35% dan menghentikannya saat di atas 35%. Pengujian menunjukkan tingkat *error* antara berbagai sensor yang digunakan, seperti selisih sebesar 1,61% antara sensor suhu DHT22 dan termometer, 1,78% untuk kelembapan antara sensor DHT22 dan hygrometer, serta 8,32% antara sensor kelembapan tanah dan meteran kelembapan tanah. Aplikasi *Purple Bloom* yang digunakan dalam sistem ini mengalami rata-rata delay rata-rata 6,11 detik yang disebabkan oleh kecepatan internet. Meski terdapat sedikit delay, sistem ini memberikan kemudahan dan efisiensi dalam pemeliharaan anggrek bulan. Penggunaan teknologi IoT dan kecerdasan buatan menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi perawatan tanaman.

Keywords: *Internet of Things* (IoT), Raspberry Pi, *Fuzzy Logic*, Penyiram Otomatis, Pemupuk Otomatis.

1 Pendahuluan

Salah satu tanaman anggrek yang terkenal adalah anggrek bulan (*Phalaenopsis*), yang pertama kali ditemukan di Maluku. Anggrek Bulan termasuk jenis anggrek monopodial, yang artinya memiliki satu batang utama. Keistimewaan anggrek Bulan adalah bunganya yang awet saat berbunga [1].

Anggrek terkenal dengan pertumbuhannya yang tergolong lambat. Kecepatan tumbuh tiap jenis anggrek pun beragam, dipengaruhi oleh cara pemeliharaannya. Faktor eksternal seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan pupuk turut berperan penting dalam pertumbuhan anggrek. [2]. Anggrek membutuhkan temperatur ideal antara 25-27°C dan kelembaban udara 60-85% [3].

Spesies ini tumbuh optimal pada suhu 30°C di siang hari dan kelembaban 70%. Selain air, suhu dan kelembaban, pupuk juga berperan penting dalam pertumbuhan anggrek. Pemupukan dapat dilakukan melalui media tanam atau penyemprotan ke seluruh bagian tanaman [4]. Pupuk yang diberikan pada media tanam biasanya dalam bentuk semprotan cair agar persediaan unsur hara terisi secara perlahan. Anggrek perlu dipupuk seminggu sekali dengan pupuk yang mengandung unsur hara N, P, K, Ca dan unsur mikro lainnya [5].

Internet of Things (IoT) telah menjadi salah satu inovasi terkemuka dalam era digital. IoT memungkinkan penggunaan sensor, perangkat lunak, dan infrastruktur jaringan yang terintegrasi untuk mengotomatiskan dan memantau aktivitas pertanian. Selain itu, Penerapan teknologi saat ini semakin merata disegala aspek, seperti Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence* atau AI). Kecerdasan Buatan (AI) adalah kecerdasan yang diciptakan dan ditanamkan dalam mesin (komputer) untuk memungkinkannya menyelesaikan tugas-tugas layaknya manusia [6].

Logika Fuzzy, pengembangan dari logika Boolean, memperkenalkan konsep kebenaran sebagian. Hal ini memungkinkan logika fuzzy untuk memproses informasi dari data yang tidak pasti. Dalam penerapannya, logika fuzzy menggunakan beberapa metode, seperti metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian [7].

Pada penelitian [8], telah dirancang sistem mengenai monitoring kelembaban tanah dan suhu pada tanaman hias berbasis iot menggunakan raspberry pi sebagai kontroler, sensor LM35 untuk memantau suhu dan sensor soil moisture sensor

memantau kelembaban. Kemudian pada penelitian [9], telah dirancang Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* penerapan IoT dalam penyiraman tanaman, khususnya pada bunga mawar. Selain itu Pada penelitian [10], telah dirancang sistem penyiram tanaman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah menggunakan logika fuzzy, penggunaan sensor kelembaban tanah dalam proses penyiraman.

Meskipun telah ada beberapa penelitian sebelumnya, belum ada penelitian yang secara khusus fokus pada penyiram serta pemupuk otomatis pada tanaman anggrek bulan menggunakan *Fuzzy Logic* berbasis *Internet of Things* (IoT). Maka penelitian ini akan membahas Rancang Bangun Sistem Penyiram dan Pemupuk Otomatis Menggunakan *Fuzzy Logic* Berbasis *Internet of Things* (IoT).

2 Metode

2.1 Fuzzy Logic

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *Fuzzy Logic* (Sugeno). Dalam melakukan pengambilan keputusan dalam penyiraman tanaman anggrek bulan terdapat 3 tahapan.

2.1.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah data yang pasti (*crisp*) menjadi data yang tidak pasti atau kabur (*fuzzy*). Data yang kabur ini kemudian dinyatakan dalam bentuk himpunan fuzzy yang memiliki tingkat keanggotaan tertentu.

2.1.2 Inferensi Fuzzy

Inferensi Fuzzy adalah membuat rules atau aturan fuzzy dari parameter input yang telah ditentukan pada proses fuzzifikasi. Aturan ini menghubungkan variabel input dan output dengan aturan *if-then*.

2.1.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pengubahan nilai fuzzy menjadi *crisp* atau tegas dengan cara melakukan perhitungan. Proses ini menghasilkan nilai output yang diubah menjadi bentuk fungsi linear atau konstanta. Perhitungan defuzzifikasi yang digunakan adalah *Weight Average* (WA). Berikut merupakan rumus defuzzifikasi.

$$WA = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3}{a_1 + a_2 + a_3}$$

Keterangan :

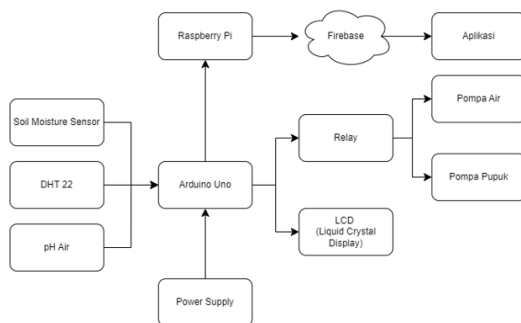
WA = Nilai rata-rata

a_n = Nilai predikat aturan

z_n = Indeks nilai output

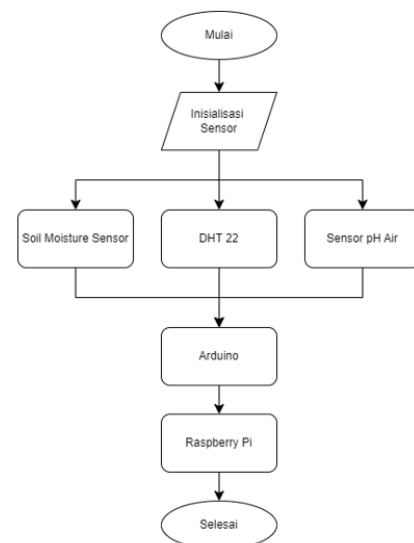
2.2 Perancangan Perangkat Keras

Dalam penelitian ini, perancangan perangkat keras terdiri dari 3 bagian yaitu, Blok Diagram Komponen Perangkat Keras, Flowchart Perangkat Keras dan Skema Rangkaian



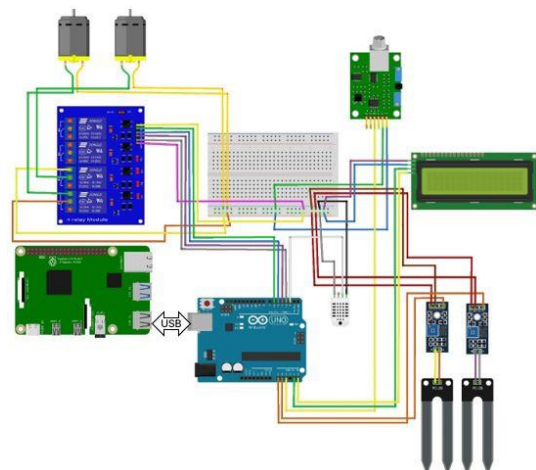
Gambar 1. Blok Diagram Komponen Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok pada gambar 1 dapat diuraikan beberapa fungsi yaitu Soil Moisture Sensor digunakan untuk mengukur kelembapan tanah di sekitar anggrek bulan, sementara DHT22 memantau suhu dan kelembapan udara. Sensor pH air mengukur keasaman atau kebasaan air untuk penyiraman. Arduino uno mengelola data dari semua sensor, dan Raspberry Pi berfungsi sebagai mikrokomputer untuk pengambilan keputusan dengan fuzzy sugeno. *Firestore* menyimpan data seperti kelembapan tanah, udara, suhu, pH air, dan jadwal penyiraman serta pemupukan. Relay bertindak sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air dan pupuk cair, yang masing-masing menyiram tanaman dan memberikan nutrisi tambahan. LCD menampilkan data dari sensor, dan power supply menyediakan daya untuk seluruh sistem. Aplikasi Android memungkinkan pengguna memantau kondisi tanaman secara real-time dan mengatur jadwal penyiraman dan pemupukan.



Gambar 2. Flowchart Perangkat Keras

Penjelasan flowchart perangkat keras yaitu Proses dimulai dari inisialisasi semua sensor untuk memastikan fungsinya, kemudian Soil Moisture Sensor mengukur kelembapan tanah untuk menentukan kebutuhan penyiraman, DHT22 mengukur suhu dan kelembapan udara untuk memantau kondisi lingkungan, dan sensor pH air mengukur tingkat keasaman air untuk penyiraman. Arduino mengumpulkan data dari semua sensor, yang kemudian diolah oleh Raspberry Pi menggunakan metode fuzzy untuk menentukan tindakan seperti penyiraman tanaman. Proses selesai.

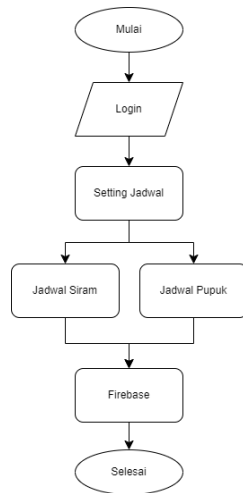


Gambar 3. Skematik Rangkaian

Skema rangkaian adalah representasi visual dari rangkaian elektronik dari blok diagram komponen perangkat keras.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini juga terdapat perancangan perangkat lunak yang menunjukkan Flowchart Perangkat Keras.

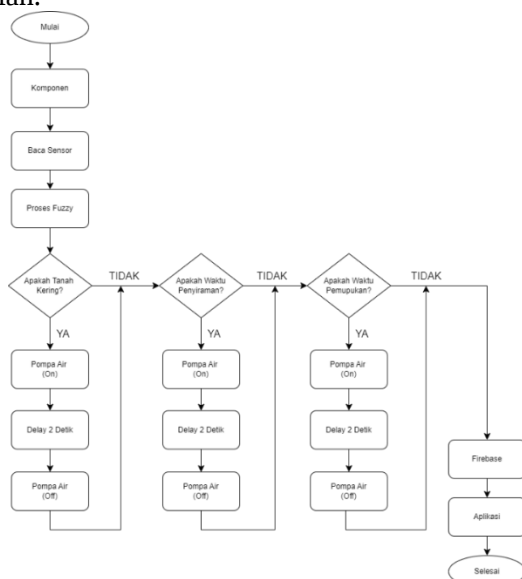


Gambar 4. Flowchart Perangkat Lunak.

Proses dimulai dengan login user untuk mengakses sistem, kemudian user dapat mengatur jadwal penyiraman dan pemupukan tanaman. Setelah login, user menentukan waktu penyiraman dan pemupukan yang diinginkan, yang kemudian disimpan di *Firebase*. Proses berakhir setelah pengaturan jadwal selesai.

2.4 Prinsip Kerja Alat

Berikut ini merupakan alur bagaimana cara kerja alat penyiram dan pemupuk tanaman anggrek bulan.



Gambar 5. Flowchart Prinsip Kerja Aalat.

Komponen berjalan sesuai kerja masing-masing, kemudian komponen akan membaca data sensor dari Soil Moisture Sensor, sensor DHT 22 dan sensor pH, kemudian akan dibaca menggunakan metode fuzzy, setelah itu apakah tanah kering? Jika iya maka pompa air akan aktif (on) kemudian delay selama 2 detik untuk penyiraman air, jika penyiraman sudah selesai maka pompa akan berhenti off). Jika sudah melakukan penyiraman atau tidak melakukan penyiraman akan ada apakah waktu untuk penyiraman? Jika iya maka pompa air akan aktif (on) kemudian delay selama 2 detik untuk penyiraman tanaman, jika penyiraman sudah selesai atau tidak melakukan penyiraman maka akan apakah waktu untuk pemupukan? Jika iya maka pompa pupuk cair akan aktif (on) kemudian delay selama 2 detik untuk pemupukan tanaman, jika pemupukan sudah selesai maka pompa pupuk cair akan berhenti (off). Data yang dibaca oleh sensor dan pompa yang on pada penyiram dan pemupukan akan disimpan di firebase kemudian dapat di lihat pada aplikasi android.

3 Pembahasan

3.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berikut merupakan gambar hasil perancangan perangkat keras terdapat box panel, gagang kayu untuk menyanggah box panel, kayu yang berbentuk kotak untuk meletakkan anggrek bulan dan pada samping nya terdapat pompa, serta terdapat 2 ember yang berisikan air dan pupuk cair.



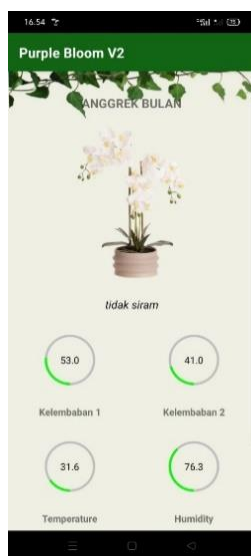
Gambar 6. Flowchart Prinsip Kerja Alat.

Mikrokontroler yang digunakan pada alat ini merupakan arduino uno dan mikrokomputer nya adalah raspberry pi sedangkan sensor yang

digunakan menggunakan soil moisture sensor untuk mendeteksi kelembaban tanah, DHT 22 untuk mendeteksi kelembaban udara dan suhu pada sekitar tanaman, sensor ph air untuk mendeteksi asam dan basah air untuk penyiraman tanaman dan LCD (Liquid Crystal Display) yang dapat menampilkan keterangan dari sensor yang digunakan. Penjadwalan pupuk 1 minggu sekali juga dapat diatur pada aplikasi Purple Bloom serta aplikasi dapat memonitoring keadaan tanaman secara realtime.

3.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Purple Bloom merupakan aplikasi yang dapat memonitoring keadaan tanaman anggrek bulan secara realtime, mengatur jadwal penyiraman dan pemupukan tanaman serta dapat menyimpan data penyiraman dan pemupukan yang telah dilakukan. Terdapat beberapa menu pada aplikasi yaitu monitoring, settings, dan history.



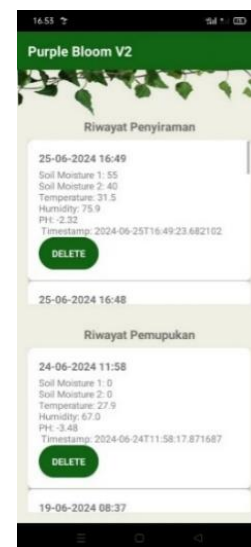
Gambar 7. Tampilan Menu Saat Monitoring

Menu monitoring tanaman anggrek bulan memuat progress bar untuk Soil Moisture Sensor 1 yang diberi nama Kelembaban 1 untuk memantau kondisi kelembaban tanah, Soil Moisture Sensor 2 yang diberi nama Kelembaban 2 juga untuk memantau kondisi kelembaban tanah, untuk sensor DHT 22 yang diberi nama Temperature untuk memantau suhu dan Humidity untuk memantau kondisi kelembaban udara dan untuk sensor pH diberi nama pH air untuk memantau pH air untuk penyiraman tanaman anggrek bulan.



Gambar 8. Tampilan Menu Setting.

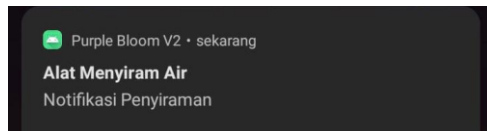
Menu setting memuat pilihan setting untuk siram air, pupuk 1 dan pupuk 2. User dapat mengklik Pick A Time untuk membuat jadwal untuk melakukan penyiraman atau pemupukan pada tanaman anggrek bulan yang telah ditentukan.



Gambar 9. Tampilan History.

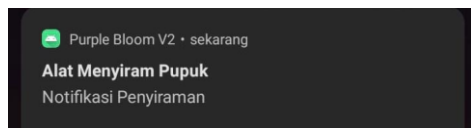
Setelah melakukan penyiraman atau pemupukan tanaman anggrek bulan user dapat melihat riwayat penyiraman dan pemupukan yang telah dilakukan. Pada menu history menampilkan Tanggal, Waktu atau Jam, Soil Moisture 1, Soil Moisture 2, Temperature, Humidity dan pH Air. Serta user dapat menghapus riwayat penyiraman atau pemupukan jika sudah tidak dibutuhkan.

Ketika pompa sedang melakukan penyiraman atau pemupukan pada tanaman anggrek bulan maka aplikasi Purple Bloom akan menampilkan notifikasi kepada pengguna yang bertujuan untuk memberitahu bahwa tanaman anggrek bulan sedang disiram atau sedang dipupuk.



Gambar 10. Notifikasi Penyiraman Tanaman.

Merupakan tampilan notifikasi saat pompa air menyala atau on yang berarti tanaman anggrek bulan sedang dilakukan penyiraman. Notifikasi akan menampilkan kalimat “Alat Menyiram Air” pada notifikasi penyiraman.



Gambar 11. Notifikasi Pemupukan Tanaman.

Tampilan notifikasi saat pompa pupuk menyala atau on yang berarti tanaman anggrek bulan sedang dilakukan pemupukan. Notifikasi akan menampilkan kalimat “Alat Menyiram Pupuk” pada notifikasi penyiraman.

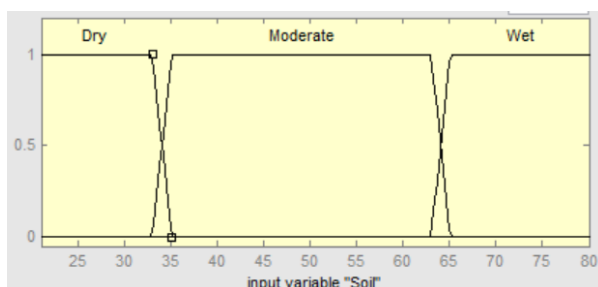
3.3 Fuzzy Logic

3.3.1 Fuzzifikasi

Dalam melakukan fuzzifikasi hal yang perlu dilakukan yaitu mengkonversi nilai input yang telah ditentukan sebelumnya menjadi nilai fuzzy. Berikut tahapan fuzzifikasi yang telah ditentukan.

Tabel 1. Tingkat Nilai Keanggotaan Soil

Nilai Kelembaban Tanah	Status
0% - 35%	Dry
33% - 65%	Moderate
63% - 80%	Wet



Gambar 12. Grafik Nilai Keanggotaan Soil.

Grafik di atas menunjukkan proses fuzzifikasi untuk variabel input "Soil" (kelembaban tanah) yang dibagi ke dalam tiga kategori yaitu "Dry" (Kering), "Moderate" (Sedang) dan "Wet" (Basah).

$$\mu(Dry) = \begin{cases} 1 & x \leq 33 \\ \frac{x-35}{33-35} & x < 33 \leq 35 \\ 0 & x > 33 \end{cases}$$

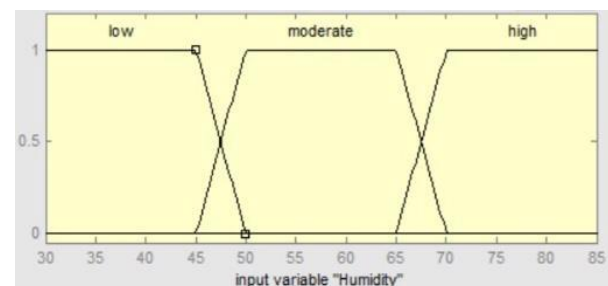
$$\mu(Moderate) = \begin{cases} 0 & x \leq 33 \\ \frac{x-33}{35-33} & x < 33 \leq 35 \\ 1 & x < 35 \leq 62 \\ \frac{x-65}{62-65} & x < 62 \leq 65 \\ 0 & x > 80 \end{cases}$$

$$\mu(Wet) = \begin{cases} 0 & x \leq 62 \\ \frac{x-62}{65-62} & x < 62 \leq 65 \\ 1 & x > 80 \end{cases}$$

Angka-angka diatas digunakan untuk menghitung nilai keanggotaan (μ) dalam fungsi keanggotaan fuzzy untuk tiga kategori kelembaban tanah: "Dry," "Moderate," dan "Wet."

Tabel 2. Tingkat Nilai Keanggotaan Humidity

Nilai Kelembaban Udara	Status
0% - 50%	Low
45% - 70%	Moderate
65% - 85%	High



Gambar 13. Grafik Nilai Keanggotaan Humidity.

Grafik di atas menunjukkan proses fuzzifikasi untuk variabel input "Humidity" (kelembaban udara) yang dibagi ke dalam tiga kategori yaitu "Low" (Rendah), "Moderate" (Sedang) dan "High" (Tinggi).

$$\mu(Low) = \begin{cases} 1 & x \leq 45 \\ \frac{x-50}{45-50} & x < 45 \leq 50 \\ 0 & x > 85 \end{cases}$$

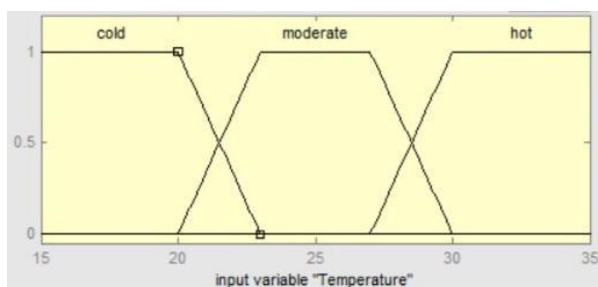
$$\mu(Moderate) = \begin{cases} 0 & x \leq 45 \\ \frac{x-45}{50-45} & x < 45 \leq 50 \\ \frac{1}{65-70} & x < 50 \leq 65 \\ \frac{x-70}{65-70} & x < 65 \leq 70 \\ 0 & x > 85 \end{cases}$$

$$\mu(High) = \begin{cases} 0 & x \leq 65 \\ \frac{x-65}{70-65} & x < 65 \leq 70 \\ 1 & x > 85 \end{cases}$$

Angka-angka diatas digunakan untuk menghitung nilai keanggotaan (μ) dalam fungsi keanggotaan fuzzy untuk tiga kategori kelembaban tanah: "Low," "Moderate," dan "High."

Tabel 3. Tingkat Nilai Keanggotaan Temperature

Nilai Suhu	Status
0 °C – 23 °C	Cold
20 °C – 30 °C	Moderate
27 °C – 35 °C	Hot



Gambar 14. Grafik Nilai Keanggotaan Temperature.

Grafik di atas menunjukkan proses fuzzifikasi untuk variabel input "Temperature" (suhu) yang dibagi ke dalam tiga kategori yaitu "Cold" (Dingin), "Moderate" (Sedang) dan "Hot" (Panas).

$$\mu(Cold) = \begin{cases} 1 & x \leq 20 \\ \frac{x-23}{20-23} & x < 20 \leq 23 \\ 0 & x > 35 \end{cases}$$

$$\mu(Moderate) = \begin{cases} 0 & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{23-20} & x < 20 \leq 23 \\ \frac{1}{27-30} & x < 23 \leq 27 \\ \frac{x-30}{27-30} & x < 27 \leq 30 \\ 0 & x > 35 \end{cases}$$

$$\mu(Hot) = \begin{cases} 0 & x \leq 27 \\ \frac{x-27}{30-27} & x < 27 \leq 30 \\ 1 & x > 35 \end{cases}$$

Angka-angka diatas digunakan untuk menghitung nilai keanggotaan (μ) dalam fungsi keanggotaan fuzzy untuk tiga kategori kelembaban tanah: "Cold," "Moderate," dan "Hot."

3.3.2 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Pada inferensi fuzzy didapatkan hasil aturan-aturan fuzzy yang telah dirancang dalam menentukan tindakan berdasarkan nilai keanggotaan. Dengan terdapat 3 parameter dengan masing-masing 3 kemungkinan sehingga dihasilkan 27 aturan. Berikut merupakan 27 aturan untuk penyiraman tanaman anggrek bulan:

- 1) if (soil is dry) and (temp is cold) and (humidity is low) then siram
- 2) if (soil is dry) and (temp is cold) and (humidity is moderate) then siram
- 3) if (soil is dry) and (temp is cold) and (humidity is high) then siram
- 4) if (soil is moderate) and (temp is cold) and (humidity is low) then tidak siram
- 5) if (soil is moderate) and (temp is cold) and (humidity is moderate) then tidak siram
- 6) if (soil is moderate) and (temp is cold) and (humidity is high) then tidak siram
- 7) if (soil is wet) and (temp is cold) and (humidity is low) then tidak siram
- 8) if (soil is wet) and (temp is cold) and (humidity is moderate) then tidak siram
- 9) if (soil is wet) and (temp is cold) and (humidity is high) then tidak siram
- 10) if (soil is dry) and (temp is moderate) and (humidity is low) then siram
- 11) if (soil is dry) and (temp is moderate) and (humidity is moderate) then siram
- 12) if (soil is dry) and (temp is moderate) and (humidity is high) then siram
- 13) if (soil is moderate) and (temp is moderate) and (humidity is low) then siram
- 14) if (soil is moderate) and (temp is moderate) and (humidity is moderate) then tidak siram
- 15) if (soil is moderate) and (temp is moderate) and (humidity is high) then tidak siram
- 16) if (soil is wet) and (temp is moderate) and (humidity is low) then tidak siram
- 17) if (soil is wet) and (temp is moderate) and (humidity is moderate) then tidak siram
- 18) if (soil is wet) and (temp is moderate) and (humidity is high) then tidak siram
- 19) if (soil is dry) and (temp is hot) and (humidity is low) then siram

20) if (soil is dry) and (temp is hot) and (humidity is moderate) then siram

21) if (soil is dry) and (temp is hot) and (humidity is high) then siram

22) if (soil is moderate) and (temp is hot) and (humidity is low) then siram

23) if (soil is moderate) and (temp is hot) and (humidity is moderate) then siram

24) if (soil is moderate) and (temp is hot) and (humidity is high) then tidak siram

25) if (soil is wet) and (temp is hot) and (humidity is low) then tidak siram

26) if (soil is wet) and (temp is hot) and (humidity is moderate) then tidak siram

27) if (soil is wet) and (temp is hot) and (humidity is high) then tidak siram

3.3.3 Deffuzzifikasi

Pada defuzzifikasi ini terdapat output siram adalah 1 dan tidak siram adalah 0. Berikut merupakan output siram dan tidak siram.

1. Output (Siram)

Tabel 4. Hasil Output Siram

Soil	Humidity	Temperature
33%	78%	30°C

Berikut ini nilai predikat aturan dari output siram:

a) Soil b) Humidity c) Temperature
u_dry = 1 u_low = 0 u_cold = 0
u_moderate = 0 u_moderate = 0 u_moderate = 0
u_wet = 0 u_high = 1 u_hot = 1

Indeks nilai Output:
soil_normal, himidity_high, temperature_hot = 1

Berikut ini merupakan rumus perhitungan defuzzifikasi $WA = \frac{1.1+1.1+1.1}{1+1+1} = \frac{3}{3} = 1$

2. Output (Tidak Siram)

Tabel 5. Hasil Output Tidak Siram

Soil	Humidity	Temperature
71%	80%	27°C

Berikut ini nilai predikat aturan dari output tidak siram:

a) Soil b) Humidity c) Temperature
u_dry = 0 u_low = 0 u_cold = 0
u_moderate = 0 u_moderate = 0 u_moderate = 1
u_wet = 1 u_high = 1 u_hot = 0

Indeks nilai Output:

soil_wet, himidity_high, temperature_moderate = 0

Berikut ini merupakan rumus perhitungan

$$\text{defuzzifikasi } WA = \frac{1.0+1.0+1.0}{1+1+1} = \frac{0}{3} = 0$$

3.4 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan terdiri dari beberapa parameter yaitu soil 1, soil 2, humidity temperature dan pH air dengan output pompa air dilakukan siram atau tidak siram dan juga dengan output pompa pupuk dilakukan siram pupuk atau tidak siram. Menggunakan 2 sensor soil yang dimana soil1 ditambah soil2 kemudian dibagi 2 sehingga mendapatkan hasil soil yang sesuai dengan ketentuan fuzzy.

Tabel 6. Hasil Pengujian

S1	S2	Hum	Temp	Ph Air	Pompa Air	Pompa Pupuk
39	27	78.8	28.8	6.25	Siram Air	Tidak Siram
62	40	77.6	28.3	6.07	Tidak Siram	Tidak Siram
58	36	80.2	30.1	5.78	Tidak Siram	Tidak Siram
53	33	79.2	29.6	6.11	Tidak Siram	Tidak Siram
71	49	80.5	30.3	6.07	Tidak Siram	Siram Pupuk
66	42	76.4	27.8	5.89	Tidak Siram	Tidak Siram
55	37	78.3	28.3	6.05	Tidak Siram	Tidak Siram
46	30	80.5	30.8	6.43	Tidak Siram	Tidak Siram
37	27	76.2	27.4	6.39	Siram Air	Tidak Siram
64	42	79.4	28.9	6.21	Tidak Siram	Tidak Siram
60	39	76.8	27.1	5.53	Tidak Siram	Tidak Siram
73	50	77.6	28.4	6.39	Tidak Siram	Siram Pupuk
67	46	78.5	29.4	5.86	Tidak Siram	Tidak Siram
61	42	77.5	27.8	6.30	Tidak Siram	Tidak Siram
55	36	78.2	28.4	6.28	Tidak Siram	Tidak Siram
49	30	79.6	29.7	5.61	Tidak Siram	Tidak Siram
40	26	76.2	27.9	6.36	Siram Air	Tidak Siram

Pada tabel 6 hasil pengujian diatas terlihat bahwa fuzzy bekerja sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Ketika kelembaban tanah berada di bawah 35 yang berarti tanah termasuk dry (kering), kelembaban udara berada di 65-85 yang berarti high (tinggi), suhu udara berada di 30 yang berarti moderate (sedang) pompa air akan on untuk menyiram tanaman anggrek bulan. Ketika kelembaban tanah berada di 33-65 yang berarti moderate (sedang), kelembaban udara yang berada di 65-85 yang berarti high (tinggi), suhu udara berada di 20-30 yang berarti moderate (sedang) pompa air akan off karena tanaman anggrek bulan

tidak perlu disiram. Jadwal pemupukan dilakukan 1 minggu sekali pada aplikasi *purple bloom*.

Terdapat juga tabel pengujian notifikasi delay pada penyiraman dan pemupukan tanaman. Alat yang digunakan untuk menghitung delay adalah *stopwatch*. Berikut merupakan tabel pengujian notifikasi delay penyiraman dan notifikasi delay pemupukan.

Tabel 7. Pengujian Notifikasi Delay

No.	Pompa Air/Pupuk	Delay Notifikasi
1.	Siram Air	5.36 detik
2.	Siram Air	6.61 detik
3.	Siram Air	5.45 detik
4.	Siram Air	7.30 detik
5.	Siram Air	5.42 detik
6.	Siram Pupuk	5.40 detik
7.	Siram Pupuk	7.06 detik
8.	Siram Pupuk	6.28 detik
9.	Siram Pupuk	5.22 detik
10.	Siram Pupuk	7.01 detik
Delay Rata-Rata		6.11 detik

Terdapat juga pengujian sensor yang dibuat dengan sensor konvensional. Berikut merupakan pengujian untuk Humidity, Temperature dan pH Air.

Tabel 8. Pengujian Humidity

No.	Humidity DHT 22	Humidity Hygrometer	Selisih	Error (%)
1.	76.4	75	1.4	1.86
2.	77.6	76	1.6	2.10
3.	78.3	77	1.3	1.68
4.	79.2	78	1.2	1.53
5.	80.4	79	1.4	1.77
Error Rata - Rata			1.78	

Pengujian Humidity (kelembaban udara) menggunakan sensor DHT 22 dan Hygrometer yang terdapat selisih 1.78.

Tabel 9. Pengujian Temperature

No.	Temp DHT 22	Temp Thermometer	Selisih	Error (%)
1.	27.4	26.9	0.5	1.85
2.	28.3	27.8	0.5	1.79
3.	28.5	28.1	0.4	1.42
4.	29.6	29.1	0.5	1.71
5.	30.8	30.4	0.4	1.31
Error Rata - Rata			1.61	

Pengujian Temperature (suhu) menggunakan sensor DHT 22 dan Thermometer yang terdapat selisih 1.61.

Tabel 10. Pengujian pH Air

No.	pH Sensor	pH Meter	Selisih	Error (%)
1.	6.22	6.18	0.04	0.64
2.	6.36	6.31	0.05	0.79
3.	6.43	6.39	0.04	0.62
4.	6.50	6.41	0.09	1.40
5.	6.75	6.63	0.12	1.80
Error Rata - Rata			1.05	

Pengujian pH Air menggunakan pH Sensor dan pH Meter yang terdapat selisih 1.05

Setelah pengujian sistem penyiraman dan pemupukan pada tanaman anggrek bulan, diperoleh hasil yang menunjukkan kinerja sistem secara efektif. Sistem ini berhasil menjalankan fungsi penyiraman dan pemupukan dengan baik. Semua komponen seperti sensor kelembaban tanah, kelembaban udara, suhu, pH air, serta pompa air dan pupuk beroperasi dengan baik.

4 Kesimpulan

Dalam proses penyiraman dapat dilihat bahwa tanaman anggrek bulan perlu disiram 3 atau 4 hari sekali ketika kelembaban tanah anggrek mulai berkurang yang berada dibawah 33%. Tanaman anggrek bulan juga perlu dipupuk 1 minggu sekali yang memiliki jeda 2 atau 3 hari setelah penyiraman. Dalam melakukan penyiraman pH air yang baik untuk menyiram tanaman anggrek berkisar 5.5 – 6.5. Dari hasil perbandingan sensor dan alat konvensional terdapat selisih error antara Temperature DHT 22 dan Temperature Thermometer sebesar 1.61%, antara Humidity DHT 22 dan Humidity Hygrometer sebesar 1.78%, antara pH Sensor dan pH Meter sebesar 1.05%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem penyiram dan pemupuk otomatis yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk menjaga kesehatan dan pertumbuhan tanaman anggrek bulan. Metode *Fuzzy logic* (Sugeno) terbukti efektif dalam menentukan jadwal penyiraman, sementara aplikasi *Purple Bloom* mengalami delay untuk notifikasi penyiraman dan pemupukan dengan delay rata-rata 6.11 detik dalam menampilkan notifikasi karena faktor kecepatan internet. Aplikasi ini juga memudahkan pengguna

dalam melakukan monitoring keadaan disekitar tanaman anggrek bulan.

Referensi

- Al Farrady, A. F., Fiolana, F. A., & Yumono, F. (2022). Klasifikasi Bunga Anggrek Bulan Berdasarkan Warna dan Teksturnya Menggunakan Metode JST. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi (JUISI)*, 1(3), 25-37. doi:<http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUISI>
- Arthagama, I. M., Dana, I., & Wiguna, P. K. (2021). Effect Of Various Types Of Growing Media And Application Of Liquid Organic Fertilizer On The Growth Of Dendrobium Orchids. *International Journal of Biosciences and Biotechnology*, 8(2), 54-61. doi:<https://doi.org/10.24843/IJBB.2021.v08.i02.p07>
- Chunafa, D., Human, M., & Qirom. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Tanaman Anggrek dan Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things.
- Hidayat, M. H., Arimbawa, I. A., & Zafrullah, A. (2022). Model Of Automatic Watering Of Moon Orchid And Monitoring Of Temperature Conditions And Light Intensity (Case Study Of Lombok Orchid).
- Mursalin, S. B., Sunardi, H., & Zulkifli. (2020). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Ilmiah Informatika Globus*, 11(01), 47-53.
- Najikh, R. A., Ichhsan, H. M., & Kurniawan, W. (2018). Monitoring Kelembaban, Suhu, Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan ESP8266 dan Arduino Nano, 2(11), 4607-4612. doi:<http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Noval, R., Yanti, I., & Pauzan, M. (2024). Monitoring And Controlling System Based on Internet of Things (IoT) for Ornamental Chrysanthemum Plants.
- Novianto, A. D., Farida, I. N., & Suhertian, J. (2021). Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 316-321.
- Setia, B., & Ramadan, A. (2019). Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 61-66.
- Suardika, K. W., Gandhiadi, G., & Harini, L. I. (2018). Perbandingan Metode Tsukamoto, Metode Mamdani Dan Metode Sugeno Untuk Menentukan Produksi Dupa (Studi Kasus : CV. Dewi Bulan). *E-jurnal Matematika*, 7(2). doi:<https://doi.org/10.24843/MTK.2018.v07.i02.p201>