



## Implementasi Sistem *Monitoring* Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode *Fuzzy Sugeno*

Fitriani<sup>1</sup>, Tegar Palyus Fiqar<sup>2,\*</sup>, dan Riska Kurniyanto Abdullah<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut Teknologi Kalimantan; [11191025@student.itk.ac.id](mailto:11191025@student.itk.ac.id)

<sup>2</sup> Institut Teknologi Kalimantan; [tegar@lecturer.itk.ac.id](mailto:tegar@lecturer.itk.ac.id)

<sup>3</sup> Institut Teknologi Kalimantan; [riska.abdullah@lecturer.itk.ac.id](mailto:riska.abdullah@lecturer.itk.ac.id)

\* Korespondensi: [tegar@lecturer.itk.ac.id](mailto:tegar@lecturer.itk.ac.id)

**Sitasi:** Fitriani; Fiqar, T. P.; Abdullah, R. K. (2023). Implementasi Sistem *Monitoring* Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode *Fuzzy Sugeno*. JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia, 5(2), hlm. 109-121, <https://doi.org/10.35746/jtim.v5i2.372>

**Abstract:** Farming using hydroponic systems has emerged as an effective alternative to address the problem of limited agricultural land. However, hydroponic farming requires strict maintenance and control. In light of these challenges, the development of monitoring technology is necessary to assist in monitoring and controlling hydroponic systems. The development of a monitoring system is carried out to address the challenges of maintenance and control in hydroponic farming through the development of effective and accurate monitoring technology, thus enhancing the overall productivity and success of hydroponic plant cultivation. This study aims to develop a monitoring system using Arduino Mega 2560, Wemos D1 R2, E201 sensor, DHT22 sensor, HC-SR04 sensor, and BH1750 sensor. In this research, the fuzzy logic method was applied to generate outputs for the water pump actuator, pH up pump, and pH down pump. The HC-SR04 and E201 sensor data served as fuzzy inputs, while the Arduino Mega 2560 functioned as the fuzzy data processor, and the Wemos D1 R2 was responsible for sending data to the server via the internet. The data successfully stored in the server's database would be displayed on the monitoring dashboard. The HC-SR04 sensor testing results showed an average %error of 0% and an accuracy of 100%. The E201 sensor exhibited an average %error of 0.07% and an accuracy of 99.33%. The DHT22 sensor had an average %error of 0.05% and an accuracy of 99.49% for temperature data, while for humidity data, it had an average %error of 2.58% and an accuracy of 75.23%. The BH1750 sensor had an average %error of 0.13% and an accuracy of 99.66%. The results of this study demonstrate that the hydroponic plant monitoring system using the described devices and methods can be implemented successfully.



**Copyright:** © 2023 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

**Keywords:** Monitoring System; Hydroponics; Fuzzy

**Abstrak:** Bertani menggunakan sistem hidroponik menjadi alternatif efektif untuk mengatasi masalah kurangnya lahan pertanian, tetapi bertani secara hidroponik memerlukan pemeliharaan dan pengendalian yang ketat. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan pengembangan teknologi *monitoring* untuk membantu memantau serta mengendalikan sistem hidroponik. Pengembangan sistem *monitoring* dilakukan untuk mengatasi tantangan pemeliharaan dan pengendalian dalam bertani secara hidroponik melalui pengembangan teknologi *monitoring* yang efektif dan akurat, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kesuksesan budidaya tanaman hidroponik secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* menggunakan perangkat *Arduino Mega 2560*, *Wemos D1 R2*, sensor *E201*, sensor *DHT22*, sensor *HC-SR04*, dan sensor *BH1750*. Pada penelitian ini, metode *fuzzy* diterapkan untuk menghasilkan *output* pada aktuator pompa air, pompa *pH up*, dan pompa *pH down*. Data sensor *HC-SR04* dan *E201* menjadi input *fuzzy*, *Arduino Mega 2560* berfungsi sebagai pengolah data *fuzzy*, dan *Wemos D1 R2* bertugas mengirimkan data ke server melalui *internet*. Data yang berhasil disimpan dalam *database* pada server akan ditampilkan pada *dashboard monitoring*. Hasil pengujian sensor *HC-SR04* menunjukkan rata-rata %error sebesar 0% dan akurasi sebesar 100%. Sensor *E201* memiliki rata-rata %error sebesar 0,07% dan akurasi sebesar 99,33%. Sensor *DHT22* pada data suhu memiliki rata-rata %error sebesar 0,05% dan akurasi sebesar 99,49%, sedangkan pada data

kelembaban memiliki rata-rata *%error* sebesar 2,58% dan akurasi sebesar 75,23%. Sensor BH1750 memiliki rata-rata *%error* sebesar 0,13% dan akurasi sebesar 99,66%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* tanaman hidroponik menggunakan perangkat dan metode yang dijelaskan dapat diimplementasikan.

**Kata kunci:** Sistem *Monitoring*; Hidroponik; *Fuzzy*

## 1. Pendahuluan

Pertumbuhan populasi Indonesia meningkat pesat dari tahun 2010 hingga 2020, dengan peningkatan rata-rata 3,26 juta jiwa per tahun[1][2]. Peningkatan ini berdampak pada berkurangnya lahan pertanian akibat pembangunan pemukiman penduduk. Sistem hidroponik digunakan sebagai alternatif efektif untuk mengatasi masalah ini. Namun, sistem hidroponik memerlukan pemeliharaan dan pengendalian yang ketat. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi *monitoring* untuk memantau dan mengendalikan sistem hidroponik[3][4].

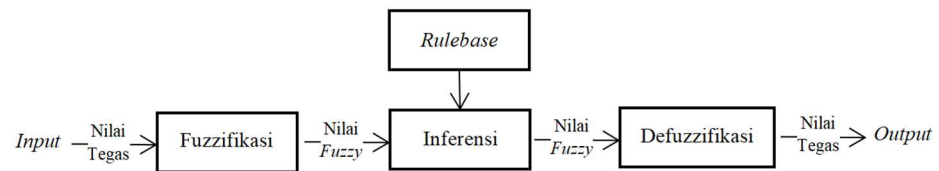
Bertani dengan sistem hidroponik adalah salah satu langkah untuk mengatasi kurangnya lahan pertanian[5][6]. Hidroponik adalah metode budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah, melainkan air sebagai media tanam yang mengandung larutan nutrisi yang telah digunakan sejak zaman Babilonia, China, dan Mesir, serta mulai berkembang di berbagai negara termasuk Indonesia[7]. Meskipun menjadi solusi untuk kurangnya lahan pertanian, sistem hidroponik memiliki kelemahan karena memerlukan pemeliharaan dan pengendalian yang ketat, seperti pH air, suhu, kelembaban, kualitas air, nutrisi tanaman, dan intensitas cahaya[8][9].

Teknologi yang dapat membantu memelihara dan mengontrol tanaman dalam sistem hidroponik menjadi kebutuhan penting[10][11]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya yaitu penelitian dengan judul "*Implementation IoT in System Monitoring Hydroponic Plant Water Circulation and Control*" yang dilakukan oleh Nurhasan, Prasetyo, Lazuardi, Rohadi, dan Pradibta. Penelitian tersebut menggunakan *Raspberry Pi 3*, *converter* analog ke digital MCP3008, sensor SEN0161 untuk pengukur pH, sensor DHT11 untuk suhu dan kelembaban, serta sensor HC-SR04 untuk jarak ultrasonik. Penelitian ini berhasil menciptakan sistem kontrol otomatis sirkulasi air hidroponik menggunakan metode *Fuzzy* Sugeno[12].

Sistem *monitoring* diperlukan dalam budidaya tanaman hidroponik untuk mengontrol sirkulasi air, pH air, suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Pengembangan sistem *monitoring* dilakukan untuk mengatasi tantangan pemeliharaan dan pengendalian dalam bertani secara hidroponik melalui pengembangan teknologi *monitoring* yang efektif dan akurat, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kesuksesan budidaya tanaman hidroponik secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem *monitoring* otomatis yang meliputi kontrol sirkulasi air, kontrol pH, dan *monitoring* suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya secara *real-time*. Sensor-sensor seperti HC-SR04, E201, DHT22, dan BH1750 digunakan untuk mengukur parameter-parameter tersebut. Penelitian ini menggunakan dua buah mikrokontroler, pertama *Arduino Mega 2560* yang digunakan untuk membaca sensor dan mengolah data menggunakan logika *fuzzy*, setelah itu seluruh data yang telah diolah akan dikirimkan ke *Wemos D1 R2*. Mikrokontroler kedua yaitu *Wemos D1 R2* yang digunakan mengirimkan data ke *internet* kemudian data akan ditampilkan pada *dashboard monitoring*. Logika *fuzzy* digunakan dalam menentukan *output* untuk aktuator ketinggian air dan aktuator pH berdasarkan data *input* dari sensor HC-SR04 dan sensor E201. Metode *fuzzy* Sugeno diterapkan pada penelitian ini karena metode ini mampu mengatur respon aktuator secara adaptif dan akurat berdasarkan kondisi input ketinggian air dan pH, membantu meningkatkan produktivitas dan hasil panen dalam budidaya tanaman hidroponik.

## 2. Metode

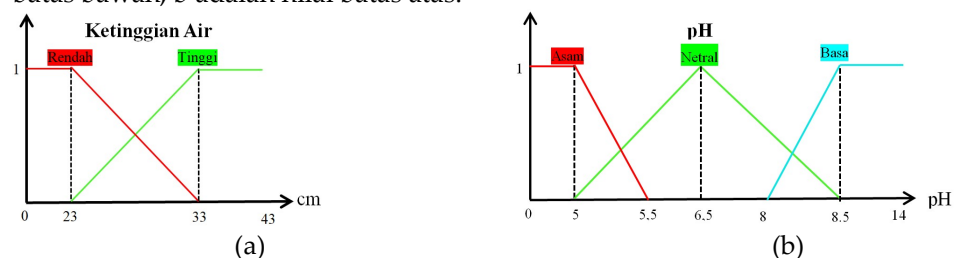
Penerapan metode *fuzzy* dalam penelitian ini melibatkan tiga proses utama, yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi[13][14]. Pertama, dalam proses fuzzifikasi, data *input* dari sensor HC-SR04 dan sensor E201 diubah menjadi nilai keanggotaan dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Setiap data *input* diberikan label keanggotaan berdasarkan aturan yang telah ditentukan sebelumnya. Kedua, dalam proses inferensi, aturan-aturan *fuzzy* digunakan untuk menghasilkan aturan-aturan logika yang kemudian digunakan untuk menentukan *output*. Data *input* yang telah difuzzifikasi digunakan sebagai masukan untuk menghasilkan *output* berupa status hidup atau mati untuk aktuator ketinggian air dan aktuator pH. Ketiga, dalam proses defuzzifikasi, *output* dari proses inferensi dikonversi kembali menjadi nilai tegas yang dapat dipahami oleh sistem. Metode defuzzifikasi digunakan untuk mengubah himpunan *fuzzy* menjadi nilai tegas yang akan digunakan sebagai instruksi bagi aktuator dalam mengendalikan sirkulasi air dan pH secara otomatis. Melalui penerapan metode *fuzzy* dengan proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi, penelitian ini mampu mengontrol sistem hidroponik secara otomatis berdasarkan data *input* yang diukur oleh sensor-sensor tertentu.



Gambar 1. Konsep Logika Fuzzy

### 2.1 Fuzzifikasi

*Input* dari metode yang diusulkan pada sistem *monitoring* hidroponik ini terdiri dari dua variabel, yaitu ketinggian air dan pH air. Variabel ketinggian air terdiri dari himpunan linguistik rendah dan tinggi yang derajat keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 2(a). Variabel pH terdiri dari himpunan linguistik asam, ideal, dan basa yang derajat keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 2(b). Rentang derajat keanggotaan ketinggian air dan pH ditentukan berdasarkan sumber jurnal dan hasil wawancara dengan petani hidroponik. Berdasarkan derajat keanggotaan pada Gambar 2, penelitian ini menggunakan tiga representasi yaitu kurva segitiga, kurva bahu kiri, dan kurva bahu kanan. Kurva segitiga didefinisikan pada persamaan (1), dimana  $\mu[x]$  adalah nilai keanggotaan pada himpunan *fuzzy* pada titik *input*  $x$ ,  $x$  adalah nilai *input*,  $a$  adalah nilai batas bawah,  $b$  adalah titik tengah pada kurva,  $c$  adalah nilai batas atas. Kurva bahu kiri didefinisikan pada persamaan (2), dimana  $\mu[x]$  adalah nilai keanggotaan pada himpunan *fuzzy* pada titik *input*  $x$ ,  $x$  adalah variabel *input*,  $a$  adalah nilai batas bawah,  $b$  adalah nilai batas atas. Kurva bahu kanan didefinisikan pada persamaan (3), dimana  $\mu[x]$  adalah nilai keanggotaan pada himpunan *fuzzy* pada titik *input*  $x$ ,  $x$  adalah nilai *input*,  $a$  adalah nilai batas bawah,  $b$  adalah nilai batas atas.



Gambar 2. (a) himpunan ketinggian air, (b) himpunan pH

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (b - x)/(b - a); & a < x \leq b \\ 0; & x > b \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

Fungsi keanggotaan variabel ketinggian air digunakan untuk menentukan sejauh mana nilai "x" termasuk dalam himpunan *fuzzy* "Rendah" dengan rentan 0-23 yang ditunjukkan pada persamaan (4), dan himpunan *fuzzy* "Tinggi" dengan rentan >33 yang ditunjukkan pada persamaan (5). Pengambilan nilai batas tinggi dilakukan dengan mempertimbangkan agar sensor pH tidak terendam sepenuhnya untuk menghindari potensi kerusakan pada sensor. Selain itu, batas bawah ditetapkan mulai dari 0 hingga 23 cm. Nilai 23 cm pada batas bawah digunakan untuk memastikan air tetap berada dalam jangkauan sensor pH dan menjaga ketinggian air tetap berada dalam rentang yang diinginkan.

$$\mu_{\text{Rendah}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 23 \\ (33 - x)/(33 - 23); & 23 < x \leq 33 \\ 0; & x > 33 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[x] = \begin{cases} 0; & x < 23 \\ (x - 33)/(33 - 23); & 23 \leq x < 33 \\ 1; & x \geq 33 \end{cases} \quad (5)$$

Fungsi keanggotaan variabel pH digunakan untuk menentukan sejauh mana nilai "x" termasuk dalam himpunan *fuzzy* "Asam" dengan rentan 0-5.5 yang ditunjukkan pada persamaan (6), himpunan *fuzzy* "Ideal" dengan rentan 5-8.5 yang ditunjukkan pada persamaan (7), dan himpunan *fuzzy* "Basa" dengan rentan >8 yang ditunjukkan pada persamaan (8). Berdasarkan penelitian di sumber jurnal yang merekomendasikan pH ideal untuk tanaman hidroponik antara 5.5 hingga 6.5[5]. Rentang pH dijaga hingga mencapai nilai 8 berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan pada usaha hidroponik yang telah beroperasi selama lebih dari 10 tahun.

$$\mu_{\text{Asam}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 5 \\ (5.5 - x)/(5.5 - 5); & 5 < x \leq 5.5 \\ 0; & x > 5.5 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{\text{Ideal}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 8.5 \\ (x - 5)/(6.5 - 5); & 5 \leq x \leq 6.5 \\ (8.5 - x)/(8.5 - 6.5); & 6.5 \leq x \leq 8.5 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\text{Basa}}[x] = \begin{cases} 0; & x < 8 \\ (x - 8)/(8.5 - 8); & 8 \leq x < 8.5 \\ 1; & x \geq 8.5 \end{cases} \quad (8)$$

Nilai x yang digunakan untuk ketinggian air adalah 25, yang merupakan hasil dari data uji saat implementasi pada sistem hidroponik. Nilai ini menggambarkan bahwa nilai x berada diantara himpunan "Rendah" dengan himpunan "Tinggi", sehingga nilai x dapat dihitung dengan persamaan 4 dan 5, sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Rendah}}(25) = \frac{33 - 25}{33 - 23} = 0.8$$

$$\mu_{Tinggi}(25) = \frac{25 - 23}{33 - 23} = 0.2$$

Nilai  $x$  yang digunakan untuk pH adalah 5.4, yang merupakan hasil dari data uji saat implementasi pada sistem hidroponik. Nilai ini menggambarkan bahwa nilai  $x$  berada diantara himpunan "Asam" dengan himpunan "Ideal", sehingga nilai  $x$  dapat dihitung dengan persamaan 6 dan 7, sebagai berikut:

$$\mu_{Asam}(5.4) = \frac{5.5 - 5.4}{5.5 - 5} = 0.2$$

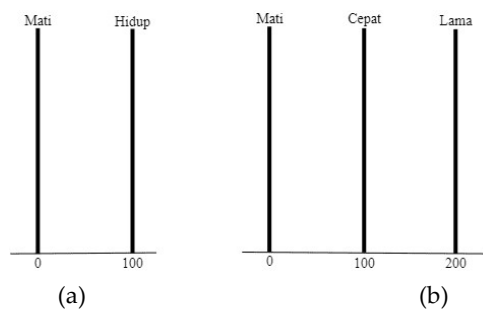
$$\mu_{Ideal}(5.4) = \frac{5.4 - 5}{6.5 - 5} = 0.2666666667$$

2.2 Inferensi

Proses inferensi dilakukan dengan menggunakan nilai  $z$ , yang merupakan nilai minimum antara ketinggian air dan pH dengan menggunakan persamaan (9). Nilai ini menunjukkan sejauh mana kedua variabel tersebut mempengaruhi pengoperasian pompa, dimana  $\mu_A$  dan  $\mu_B$  adalah fungsi keanggotaan dari himpunan A dan B, sedangkan  $x$  dan  $y$  adalah variabel *input* yang digunakan untuk mengukur sejauh mana suatu elemen memenuhi himpunan A dan B. Selanjutnya, nilai  $\alpha$  diambil dari nilai bobot pompa yang terdapat pada Gambar 3. Nilai  $\alpha$  menentukan seberapa besar kontribusi bobot pompa dalam mengatur kinerja sistem. Dasar rujukan aturan *fuzzy* yang digunakan yaitu berdasarkan kumpulan pernyataan yang menghubungkan *input* variabel linguistik dengan *output* dalam sistem logika *fuzzy*, memungkinkan pengambilan keputusan dalam situasi yang tidak tegas dan ambigu[15].

Tabel 1. Rulebase Sistem

Rules	Input			Output	
	Ketinggian Air	pH Air	Pompa Air	Pompa pH Up	Pompa pH Down
R1	Rendah	Asam	Hidup	Hidup (lama)	Mati
R2	Rendah	Ideal	Hidup	Mati	Mati
R3	Rendah	Basa	Hidup	Mati	Hidup (lama)
R4	Tinggi	Asam	Mati	Hidup (cepat)	Mati
R5	Tinggi	Ideal	Mati	Mati	Mati
R6	Tinggi	Basa	Mati	Mati	Hidup (cepat)



Gambar 3. (a) bobot pompa air dalam mikrodetik, (b) bobot pompa pH dalam mikrodetik

$$z = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \tag{9}$$

Penerapan persamaan (9) dapat dilakukan menggunakan hasil perhitungan pada tahap fuzzifikasi. Berdasarkan aturan yang telah ditetapkan dalam Tabel 1, untuk R1 diperoleh nilai  $\mu_A(25)$  sebesar 0.8 dan  $\mu_B(5.4)$  sebesar 0.2.

$$z = \min(0.8, 0.2) = 0.2$$

### 2.3 Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung nilai rata-ratanya atau *weight average* (WA) dari hasil perkalian antara nilai  $z$  dari setiap aturan dengan bobot pompa yang sesuai. Kemudian, hasil dari perkalian tersebut dijumlahkan dan dibagi dengan total nilai  $z$ . Proses perhitungan defuzzifikasi direpresentasikan pada persamaan (10), dimana  $\alpha_1$  yang menggambarkan bobot yang diberikan pada setiap nilai  $z_1$ , sedangkan  $\alpha_N$  menggambarkan bobot yang diberikan pada setiap nilai  $z_N$ .

$$WA = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \dots + \alpha_N Z_N}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N} \quad (10)$$

Penerapan persamaan (10) dapat dilakukan menggunakan hasil perhitungan pada tahap inferensi serta disesuaikan dengan *rulebase* atau basis aturan yang telah dibuat.

$$\begin{aligned} \text{DefuziPompa} &= \frac{0.2 * 100 + 0.2666666667 * 100 + 0 * 100 + 0.2 * 0 + 0.2 * 0 + 0 * 0}{0.2 + 0.2666666667 + 0 + 0.2 + 0.2 + 0} \\ &= 53.84615385 \end{aligned}$$

$$\text{DefuziPHup} = \frac{0.2 * 200 + 0.2666666667 * 0 + 0 * 0 + 0.2 * 1 - 0 + 0.2 * 0 + 0 * 0}{0.2 + 0.2666666667 + 0 + 0.2 + 0.2 + 0} = 69.23$$

$$\text{DefuziPHdown} = \frac{0.2 * 0 + 0.2666666667 * 0 + 0 * 200 + 0.2 * 0 + 0.2 * 0 + 0 * 1000}{0.2 + 0.2666666667 + 0 + 0.2 + 0.2 + 0} = 0$$

### 3. Hasil

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan dan pengujian sistem hidroponik secara keseluruhan seperti yang terlihat pada Gambar 4(a, b). Pengujian ini melibatkan pengujian pada seluruh komponen sistem. Selain itu, perancangan dan pengujian juga dilakukan pada empat sensor yaitu HC-SR04, E201, DHT22, dan BH1750 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5(a, b, c, d) secara berurutan. Data sensor yang diuji merupakan hasil konversi dari tiga nilai sensor yang diperoleh, hal ini dilakukan untuk mendapatkan satu nilai sensor yang lebih akurat. Terdapat persamaan yang digunakan untuk mencari %error, rata-rata %error, akurasi, dan rata-rata akurasi. Persamaan (11) digunakan untuk menghitung %error, persamaan (12) digunakan untuk menghitung rata-rata %error, persamaan (13) digunakan untuk menghitung akurasi, dan persamaan (14) digunakan untuk menghitung rata-rata akurasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah *output* dari *fuzzy* dapat mengatur pemantauan nyala-mati aktuatur pompa air dan pompa pH secara efektif.

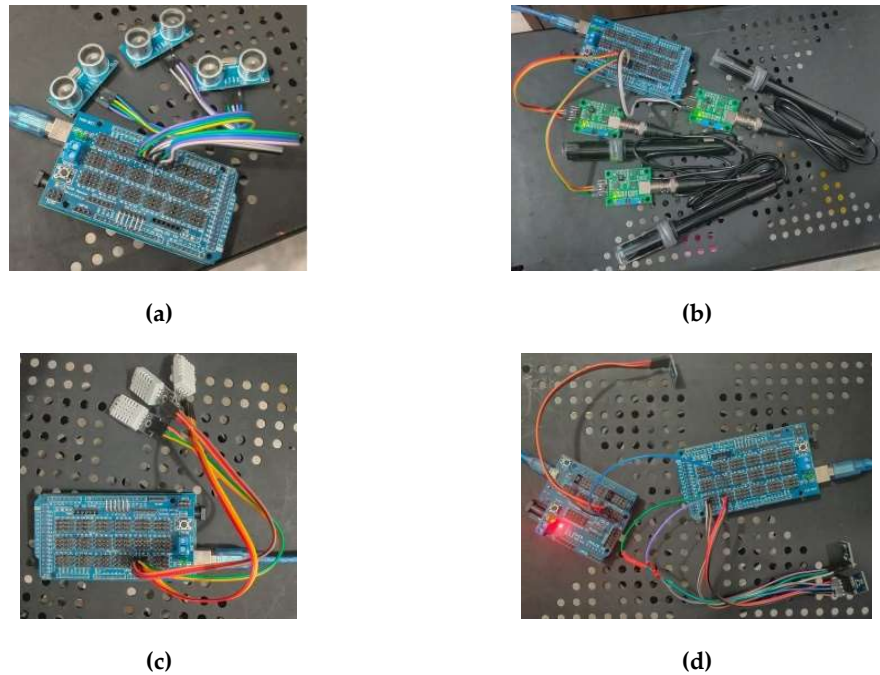


(a)



(b)

**Gambar 4.** (a) rangkaian alat, (b) implementasi pada sistem hidroponik



**Gambar 5.** (a) sensor HC-SR04, (b) sensor E201, (c) sensor DHT22, (d) sensor BH1750

$$\%error = \frac{|Pembacaan\ Sensor - Pengukuran\ Manual|}{Pengukuran\ Manual} * 100\% \quad (11)$$

$$Rata - rata\ \%error = \frac{Total\ \%error}{Banyaknya\ Data} \quad (12)$$

$$Akurasi = 100\% - \%error \quad (13)$$

$$Rata - rata\ akurasi = \frac{Total\ Akurasi}{Banyaknya\ Data} \quad (14)$$

### 3.1 Perancangan dan Pengujian Alat

Perancangan dan pengujian alat dilakukan dengan menghubungkan 3 sensor HC-SR04, 3 sensor DHT22, 3 sensor E201, 2 sensor BH1750, dan *relay* pada *Arduino Mega 2560*. Menghubungkan 1 sensor BH1750 ke *Wemos D1 R2*. Selanjutnya, pin TX dari *Wemos D1 R2* dihubungkan ke pin RX2 *Arduino Mega 2560*, dan pin RX dari *Wemos D1 R2* dihubungkan ke pin TX2 *Arduino Mega 2560* menggunakan kabel *jumper*. Program dijalankan melalui *software* *Arduino IDE*.

### 3.2 Perancangan dan Pengujian HC-SR04

Pengujian sensor HC-SR04 dilakukan untuk mendapatkan pengukuran ketinggian air yang akurat. Pengujian tersebut melibatkan perbandingan antara hasil pembacaan jarak menggunakan sensor dengan hasil pembacaan jarak menggunakan alat ukur meter. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* *Arduino IDE* untuk membuat program sederhana yang melibatkan tiga sensor HC-SR04 seperti yang terlihat pada Gambar 5(a). Data yang diuji adalah nilai ketinggian air yang telah dikonversi dari ketiga sensor HC-SR04 menjadi satu nilai. Hasil pengujian yang tercatat dalam Tabel 2

menunjukkan %error sebesar 0% dan akurasi sebesar 100% untuk pengujian sensor HC-SR04.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sensor HC-SR04

Uji ke-	Pembacaan Sensor (cm)	Pengukuran Manual (cm)	%error (%)	Akurasi(%)
1	27	27	0	100
2	19	19	0	100
3	14	14	0	100
4	42	42	0	100
5	50	50	0	100
6	43	43	0	100
7	33	33	0	100
8	65	65	0	100
9	27	27	0	100
10	10	10	0	100
<b>Total</b>			<b>0</b>	<b>1000</b>
<b>Rata-rata</b>			<b>0</b>	<b>100</b>

### 3.3 Perancangan dan Pengujian E201

Pengujian sensor E201 dilakukan untuk mendapatkan pengukuran pH air yang akurat. Pengujian tersebut melibatkan perbandingan antara hasil pembacaan pH menggunakan sensor dengan hasil pembacaan pH menggunakan pH meter. Pengujian sensor E201 menggunakan bubuk pH *buffer* 4.01, 6.86, dan 9.18 yang dilarutkan dalam 250ml air aquades. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE untuk membuat program sederhana yang melibatkan tiga sensor E201 seperti yang terlihat pada Gambar 5(b). Data yang diuji adalah nilai pH yang telah dikonversi dari ketiga sensor E201 menjadi satu nilai. Hasil pengujian yang tercatat dalam Tabel 3 menunjukkan %error sebesar 0.07% dan akurasi sebesar 99.33% untuk pengujian sensor E201.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Sensor E201

Uji ke-	Pembacaan Sensor (pH)	Pengukuran Manual (pH)	%error (%)	Akurasi(%)
1	6.54	6.5	0.62	99.38
2	6.37	6.4	0.47	99.53
3	4.01	4	0.25	99.75
4	5.94	6	1	99
5	8.99	9	0.11	99.89
6	6.62	6.6	0.30	99.70
7	9	9	0	100
8	4.04	3.9	3.59	96.41
9	6.4	6.4	0	100
10	8.97	9	0.33	99.67
<b>Total</b>			<b>0.67</b>	<b>993.33</b>
<b>Rata-rata</b>			<b>0.07</b>	<b>99.33</b>

### 3.4 Perancangan dan Pengujian DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk mendapatkan pengukuran suhu dan kelembaban udara yang akurat. Pengujian tersebut melibatkan perbandingan antara hasil pembacaan suhu dan kelembaban menggunakan sensor dengan hasil pembacaan suhu dan kelembaban menggunakan *hygrometer*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE untuk membuat program sederhana yang



melibatkan tiga sensor DHT22 seperti yang terlihat pada Gambar 5(c). Data yang diuji adalah nilai suhu dan kelembaban yang telah dikonversi dari ketiga sensor E201 menjadi satu nilai suhu dan satu nilai kelembaban. Hasil pengujian yang tercatat dalam Tabel 4 menunjukkan bahwa untuk pengujian sensor DHT22 pada data suhu, terdapat %error sebesar 0.05% dan akurasi sebesar 99.94%. Sedangkan pengujian yang tercatat dalam Tabel 5 menunjukkan bahwa untuk pengujian sensor DHT22 pada data kelembaban, terdapat %error sebesar 2.58% dan akurasi sebesar 74.23%.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Sensor DHT22 pada Data Suhu

Uji ke-	Pembacaan Sensor (°C)	Pengukuran Manual (°C)	%error (%)	Akurasi(%)
1	33.7	33.9	0.59	99.41
2	33.45	33.5	0.15	99.85
3	33.15	33	0.45	99.55
4	32.95	32.4	1.7	98.30
5	32.4	32.5	0.31	99.69
6	32.5	32.3	0.62	99.38
7	32.3	32.2	0.31	99.69
8	32.1	32	0.31	99.69
9	31.85	31.9	0.16	99.84
10	31.65	31.5	0.48	99.52
<b>Total</b>			<b>0.51</b>	<b>994.93</b>
<b>Rata-rata</b>			<b>0.05</b>	<b>99.49</b>

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Sensor DHT22 pada Data Kelembaban

Uji ke-	Pembacaan Sensor (%)	Pengukuran Manual (%)	%error (%)	Akurasi(%)
1	76	60	26.67	73.33
2	76	62	22.58	77.42
3	73	60	21.67	78.33
4	74	60	23.33	76.67
5	76	60	26.67	73.33
6	75	60	25	75
7	78	61	27.87	72.13
8	78	61	27.87	72.13
9	80	62	29.03	70.97
10	80	63	26.98	73.02
<b>Total</b>			<b>25.77</b>	<b>742.33</b>
<b>Rata-rata</b>			<b>2.58</b>	<b>74.23</b>

### 3.5 Perancangan dan Pengujian BH1750

Pengujian sensor BH1750 dilakukan untuk mendapatkan pengukuran nilai intensitas cahaya yang akurat. Pengujian tersebut melibatkan perbandingan antara hasil pembacaan intensitas cahaya yang didapat menggunakan sensor dengan hasil pembacaan intensitas cahaya menggunakan *luxmeter*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE untuk membuat program sederhana yang melibatkan tiga sensor BH1750 seperti yang terlihat pada Gambar 5(d). Data yang diuji adalah nilai intensitas cahaya yang telah dikonversi dari ketiga sensor BH1750 menjadi satu nilai. Hasil pengujian yang tercatat dalam Tabel 6 menunjukkan %error sebesar 0.13% dan akurasi sebesar 98.66% untuk pengujian sensor BH1750.

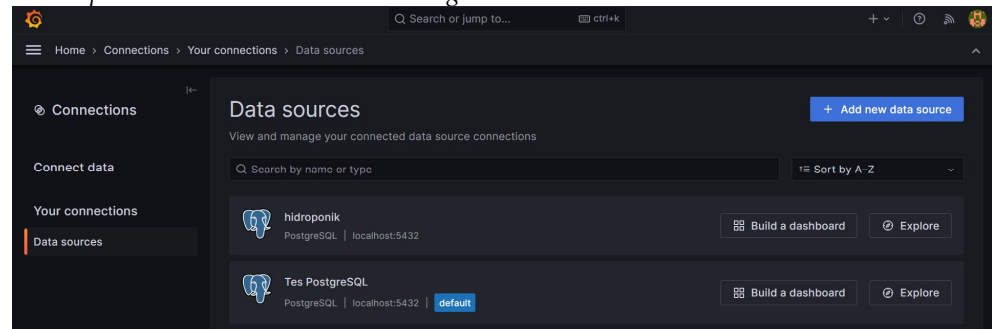
**Tabel 6.** Hasil Pengujian Sensor BH1750

Uji ke-	Pembacaan Sensor (Lux)	Pengukuran Manual (Lux)	%error (%)	Akurasi(%)
1	20929.58	21130	0.95	99.05
2	28657.50	28450	0.73	99.27
3	12452	12240	1.73	98.27
4	13553.33	13640	0.64	99.36
5	13734.25	13770	0.26	99.74
6	11834.17	11190	5.76	94.24
7	26892	26570	1.21	98.79
8	13831	13980	1.07	98.93
9	13555.83	13650	0.69	99.31
10	17589.58	17520	0.40	99.60
Total			1.34	98.57
Rata-rata			0.13	98.66

### 3.6 Pengujian Hasil Fuzzy

Pengujian logika *fuzzy* bertujuan untuk mengevaluasi akurasi sistem dalam memberikan hasil *fuzzy* terhadap kondisi sebenarnya pada sistem hidroponik. Pengujian ini dilakukan menggunakan data ketinggian air dan pH yang diperoleh saat alat diimplementasikan pada sistem hidroponik. Dalam pengujian, sistem *fuzzy* dijalankan secara langsung pada sistem hidroponik dan memberikan kondisi sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan sebelumnya. Selanjutnya, *output* yang dihasilkan oleh sistem dibandingkan dengan kondisi aktual dari pompa saat sistem diimplementasikan. Hasil pengujian yang tercatat dalam Tabel 7 menunjukkan bahwa *output* yang dihasilkan oleh sistem memiliki kesesuaian yang baik dengan kondisi sebenarnya pada saat implementasi sistem.

### 3.7 Implementasi Dashboard Monitoring



Gambar 6. Halaman Data Sources

Tahapan awal sebelum data ditampilkan pada *dashboard monitoring* yaitu menghubungkan *database PostgreSQL®* yang sudah diinstal pada web server dengan *dashboard Grafana®*. Gambar 6 merupakan tampilan dari halaman *data sources* yang digunakan untuk mengatur koneksi *database* dengan *dashboard*. Setelah *dashboard* terhubung dengan *database*, selanjutnya dilakukan pengaturan tata letak tampilan *dashboard* sesuai dengan kebutuhan. Gambar 7 merupakan halaman *dashboard monitoring* yang akan menampilkan data setiap sensor dan juga status pompa sedang hidup atau mati.

Tabel 7. Hasil Pengujian Fuzzy

Uj i ke	Data Uji		Hasil Fuzzy			Kondisi Sebenarnya		
	Ketinggian air	pH	Status Pompa			Pompa Air	Pompa pH Up	Pompa pH Down
			Pompa Air	Pompa pH Up	Pompa pH Down			
1	36	6.34	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati
2	26	5.8	Hidup	Hidup	Mati	Hidup	Hidup	Mati
3	25	5.4	Hidup	Hidup	Mati	Hidup	Hidup	Mati
4	32	6.69	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati
5	29	7.74	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati
6	30	8.14	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Hidup
7	27	8.44	Hidup	Mati	Hidup	Hidup	Mati	Hidup
8	29	8.73	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Hidup
9	37	3.76	Mati	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati
10	33	5.70	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati



Gambar 7. Halaman Dashboard Monitoring

#### 4. Pembahasan

##### 4.1 Biaya

Tabel 8 merupakan rincian biaya yang diperlukan untuk membangun sistem monitoring tanaman hidroponik.

Tabel 8. Rincian Biaya Penelitian

No.	Nama Barang	Jumlah Barang	Harga Satuan	Total Harga
1	Pipa paralon 2inc	2	Rp.123.000	Rp.246.000
2	Pipa paralon 1,5inc	1	Rp.90.000	Rp.90.000
3	Overloop paralon ukuran 2inc ke 1,5inc	10	Rp.12.000	Rp.120.000
4	Sambungan L 1,5inc	13	Rp.11.000	Rp.143.000
5	Tutup paralon 2inc	1	Rp.12.000	Rp.12.000
6	HC-SR04	3	Rp.35.000	Rp.105.000
7	DHT22	3	Rp.37.000	Rp.111.000
8	E201	3	Rp.275.000	Rp.825.000
9	BH1750	3	Rp.18.000	Rp.54.000
10	Wemos D1 R2	1	Rp.55.000	Rp.55.000

No.	Nama Barang	Jumlah Barang	Harga Satuan	Total Harga
11	<i>Arduino Mega 2560</i>	1	Rp.300.000	Rp.300.000
12	<i>Relay</i>	1	Rp.50.000	Rp.50.000
13	<i>Kabel jumper</i>	6 meter	Rp.10.000	Rp.60.000
14	<i>Pompa air</i>	3	Rp.45.000	Rp.135.000
<b>Total Biaya</b>				<b>Rp.2.306.000</b>

Berdasarkan penelitian, penggunaan perangkat *Arduino Mega 2560*, *Wemos D1 R2*, dan sensor-sensor seperti E201, DHT22, HC-SR04, dan BH1750 pada sistem *monitoring* tanaman hidroponik telah berhasil dikembangkan. Implementasi dan pengujian sistem melibatkan perangkat-perangkat tersebut, dan sistem ini mampu mengintegrasikan sensor-sensor tersebut untuk memberikan pengukuran yang akurat terkait ketinggian air, suhu, kelembaban, dan cahaya dalam lingkungan hidroponik. Pengujian sensor-sensor tersebut menghasilkan nilai rata-rata *%error* dan akurasi yang bervariasi. Pengujian sensor HC-SR04 menghasilkan rata-rata *%error* sebesar 0% dan rata-rata akurasi sebesar 100%. Pengujian sensor E201 menghasilkan rata-rata *%error* sebesar 0.07% dan rata-rata akurasi sebesar 99,33%. Pengujian sensor DHT22 untuk data suhu menghasilkan rata-rata *%error* sebesar 0.05% dan rata-rata akurasi sebesar 99.49%, sementara pengujian sensor DHT22 untuk data kelembaban menghasilkan rata-rata *%error* sebesar 2.58% dan rata-rata akurasi sebesar 75.23%. Terakhir, pengujian sensor BH1750 menghasilkan rata-rata *%error* sebesar 0.13% dan rata-rata akurasi sebesar 99.66%. Penerapan metode *fuzzy* dalam sistem *monitoring* tanaman hidroponik berhasil menghasilkan *output* yang tepat pada aktuator pompa air, pompa pH *up*, dan pompa pH *down*. Metode *fuzzy* mampu mengambil keputusan berdasarkan aturan-aturan *fuzzy* yang telah ditetapkan, sehingga mampu mengatur respon aktuator sesuai dengan kondisi yang diberikan pada tanaman hidroponik. Dengan menggunakan metode ini, sistem *monitoring* dapat mengoptimalkan pengendalian ketinggian air dan tingkat pH, yang berkontribusi pada pertumbuhan dan kesehatan tanaman hidroponik secara efektif.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan perangkat *Arduino Mega 2560*, *Wemos D1 R2*, dan sensor-sensor seperti E201, DHT22, HC-SR04, dan BH1750 dalam sistem *monitoring* tanaman hidroponik telah berhasil dikembangkan. Sistem ini mampu memberikan pengukuran yang akurat terkait ketinggian air, suhu, kelembaban, dan cahaya. Penerapan metode *fuzzy* dalam sistem juga berhasil mengatur respon aktuator sesuai dengan kondisi tanaman hidroponik. Sebagai saran penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan evaluasi dan pengaturan durasi *on-off* pompa guna meningkatkan akurasi pengukuran tingkat keasaman (pH) dan ketinggian air. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memastikan bahwa pH dan ketinggian air tetap sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan untuk pertumbuhan tanaman hidroponik. Perlu diperhatikan bahwa terdapat beberapa kemungkinan yang dapat menyebabkan hasil pengukuran sensor dan juga hasil perhitungan *fuzzy* menjadi tidak sesuai, seperti ketidakstabilan daya listrik, kalibrasi sensor yang tidak tepat, kesalahan pemasangan atau pengaturan sensor, dan perubahan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut dengan uji coba di berbagai kondisi lingkungan, penerapan pengaturan yang tepat, kalibrasi ulang, serta mengurangi potensi gangguan dan ketidakstabilan guna meningkatkan akurasi dan keandalan hasil penelitian. Selain itu, penting untuk mengumpulkan lebih banyak data dan melakukan pengujian ulang secara berkala untuk memastikan validitas dan generalisabilitas temuan penelitian. Hasil penelitian ini dapat diakses melalui tautan <https://github.com/fitriani/hidroponik> untuk

mendapatkan informasi lebih detail tentang seluruh pekerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini.

## Referensi

- [1] BPS, "Berita Resmi Statistik," Bps.Go.Id, no. 7, hal. 1–52, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://papua.bps.go.id/pressrelease/2018/05/07/336/indeks-pembangunan-manusia-provinsi-papua-tahun-2017.html>.
- [2] Badan Pusat Statistika Kota Balikpapan, "kota Balikpapan Dalam Angka," No. 64710.2101, 2021. <https://balikpapankota.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=OTk1YWQ1NmRhNzE2OGQwNDFmMmNiYmQ4&xzmn=aHR0cHM6Ly9iYWxp3BhcGFua290YS5icHMuZ28uaWQvcHVibGljYXRpb24vMjAyMS8wMi8yNi85OTVhZDU2ZGE3MTY4ZDA0MWYyY2JiZDgva290YS1iYWxp3BhcGFuLWRhbGFtLWFuZ2thLTIwMjEuaHRtbA%3D%3D&twoadfnoarfeauf=MjAyMS0xMi0wMyAwMjoxMzo1OA%3D%3D> (diakses Des 03, 2021).
- [3] R. Prabowo, aziz nur Bambang, dan Sudarno, "Pertumbuhan Penduduk Dan Alih Fungsi Lahan Pertanian," *J. Ilmu-Ilmu Pertan.*, vol. 16, no. 2, hal. 26–36, 2020.
- [4] R. Y. Anjeliza, A. Masniawati, Baharuddin, dan M. A. Salam, "Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau Brassica juncea L. Pada Berbagai Desain Hidroponik," no. 1, hal. 1–27, 2015.
- [5] P. Alviani, "Bertanam Hidroponik untuk Pemula," Google Book, 2015. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=jc2MDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA71&dq=hidroponik+&ots=frs8BjrxQQ&sig=e6vX9Q0B1Ay88MXMJ7-OWyxW1Co&redir\\_esc=y#v=onepage&q=hidroponik&f=true](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=jc2MDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA71&dq=hidroponik+&ots=frs8BjrxQQ&sig=e6vX9Q0B1Ay88MXMJ7-OWyxW1Co&redir_esc=y#v=onepage&q=hidroponik&f=true) (diakses Okt 22, 2022).
- [6] L. Pamungkas, P. Rahardjo, dan I. G. A. P. R. Agung, "Rancang Bangun Sistem Monitoring pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Tehcnique) Berbasis Iot," *J. Spektrum*, vol. 8, no. 2, hal. 9–17, 2021.
- [7] Susilawati, *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik*. Repository Universitas Sriwijaya, 2019.
- [8] J. Linda, M. N. S. Qamaria, A. F. Hafid, H. B. Samsuddin, dan A. Rahim, "Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Kosong di Kantor Lurah Salo, Watang Sawitto, Pinrang," *J. Lapa-lepa Open*, vol. 1, no. 3, hal. 503–510, 2021.
- [9] A. Rakhman, B. Lanya, R. A. B. Rosadi, dan M. Z. Kadir, "Pertumbuhan Tanaman Sawi Menggunakan Sistem Hidroponik Dan Akuaponik," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 4, no. 4, hal. 245–254, 2015.
- [10] R. L. Alam dan A. Nasuha, "Alat Pengontrol Ph Air dan Monitoring Lingkungan Tanaman Hidroponik Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet Of Things," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 5, no. 1, hal. 11–20, 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.34587.
- [11] I. Fathurrahman, M. Saiful, dan L. M. Samsu, "Penerapan Sistem Monitoring Hidroponik berbasis Internet of Things (IoT)," *ABSYARA J. Pengabdi. Pada Masy.*, vol. 2, no. 2, hal. 283–290, 2021, doi: 10.29408/ab.v2i2.4219.
- [12] U. Nurhasan, A. Prasetyo, G. Lazuardi, E. Rohadi, dan H. Pradibta, "Implementation IoT in System Monitoring Hydroponic Plant Water Circulation and Control," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4.44, hal. 122, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i4.44.26965.
- [13] H. Nasution, "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, hal. 4–8, 2020.
- [14] L. V. Hignasari, "Kajian Teoritis Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimasi Jumlah Produksi Pada Sebuah Industri," *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, vol. 4, no. 2, hal. 51–58, 2021, doi: 10.47532/jiv.v4i2.321.
- [15] N. Nasron, S. Suroso, dan A. R. Putri, "Perancangan Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengendali Kelembaban Tanah dan Suhu Tanaman," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 3, no. 4, hal. 307, 2019, doi: 10.30865/mib.v3i4.1245.