



---

## **IMPLEMENTASI IOT DAN FUZZY MAMDANI UNTUK PENGENDALIAN PH DAN NUTRISI DALAM PERTANIAN HIDROPONIK BERBASIS SISTEM OTOMATIS**

**Khamdan Ashari**

*khamdanashari047@gmail.com*

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

**Ahmad Heru Mujianto**

*ahmadmujainto@unhasy.ac.id*

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

***Abstract** Soilless hydroponic farming requires stable pH and nutrient levels in the water to achieve optimal results. Manual monitoring tends to be slow, inaccurate, and relies on human labor. The purpose of this study is to develop an automated system integrated with Internet of Things (IoT) technology and Mamdani fuzzy logic to control hydroponic water quality, especially pH and TDS (Total Dissolved Solid). The system consists of a 4502C pH sensor, TDS sensor, Arduino Uno microcontroller, Wemos D1 Wi-Fi module, and Blynk application as a monitoring interface. Sensor data is processed through fuzzy stages: fuzzification, implication (MIN), rule composition (MAX), and defuzzification (centroid). Testing shows that the pH measurement deviation is only 0.01428, and the system is able to maintain stable water quality with a fast response. This system reduces dependence on manual monitoring and increases the efficiency of hydroponic cultivation.*

***Keywords:** Hydroponics, IoT, Fuzzy Mamdani, pH, TDS, Arduino, Blynk*

**Abstrak** Pertanian hidroponik tanpa tanah membutuhkan kestabilan pH dan kadar nutrisi dalam air untuk mencapai hasil optimal. Monitoring manual cenderung lambat, tidak akurat, dan mengandalkan tenaga manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem otomatis yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) dan logika fuzzy Mamdani untuk mengontrol kualitas air hidroponik, terutama pH dan TDS (Total Dissolved Solid). Sistem terdiri dari sensor pH 4502C, sensor TDS, mikrokontroler Arduino Uno, modul Wi-Fi Wemos D1, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring. Data sensor diproses melalui tahapan fuzzy: fuzzifikasi, implikasi (MIN), komposisi aturan (MAX), dan defuzzifikasi (centroid). Pengujian menunjukkan deviasi pengukuran pH hanya 0,01428, dan sistem mampu menjaga kestabilan kualitas air dengan respons cepat. Sistem ini mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual dan meningkatkan efisiensi budidaya hidroponik.

**Kata kunci:** Hidroponik, IoT, Fuzzy Mamdani, pH, TDS, Arduino, Blynk

### **PENDAHULUAN**

Pertanian hidroponik merupakan salah satu metode pertanian yang semakin banyak digunakan karena lebih efisien dalam penggunaan lahan dan air. Sistem ini menggunakan larutan nutrisi sebagai media tanam pengganti tanah, sehingga kualitas air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Sari & Santosa, 2021). Salah satu parameter utama dalam sistem hidroponik adalah pH air dan kadar nutrisi (TDS), yang harus tetap stabil agar tanaman dapat menyerap nutrisi dengan optimal. Saat ini, pengukuran pH dan TDS masih banyak dilakukan secara manual, yang memiliki berbagai keterbatasan, seperti ketidakakuratan, keterlambatan dalam pengambilan tindakan, dan ketergantungan pada tenaga manusia (Yusuf & Maulana, 2021). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem otomatis yang memadukan teknologi Internet of Things (IoT)

dengan metode Fuzzy Mamdani untuk melakukan pemantauan dan pengendalian pH serta kadar nutrisi secara real-time, guna meningkatkan efisiensi dan menjaga kestabilan kualitas air pada sistem hidroponik

Pengukuran pH air dan nutrisi secara manual dalam sistem hidroponik memiliki keterbatasan, antara lain ketidakpraktisan dan resiko kesalahan dalam pengukuran. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu melakukan pemantauan pH dan kadar nutrisi dalam air secara otomatis serta waktu nyata (real-time). Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah penggunaan teknologi Internet of Things (IoT), yang memungkinkan sistem untuk mengintegrasikan berbagai sensor dan perangkat secara terhubung melalui jaringan internet. Sistem berbasis IoT dapat memberikan pemantauan dan pengontrolan kualitas air secara lebih efektif, sistem ini juga diharapkan mampu menyediakan data yang mendukung proses pengambilan keputusan secara lebih efisien dan tepat (Iskandar & Hartono, 2022).

Selain teknologi IoT, penerapan metode Fuzzy Mamdani pada sistem pengendalian kualitas air menunjukkan potensi yang signifikan dan menjanjikan hasil yang lebih adaptif. Fuzzy Mamdani adalah salah satu teknik dalam logika fuzzy yang dapat menangani ketidakpastian dan imprecisi dalam pengambilan keputusan, yang seringkali terjadi dalam pengendalian parameter lingkungan seperti pH air dalam hidroponik. Dengan metode ini, sistem dapat menghasilkan keputusan pengaturan pH yang lebih fleksibel dan adaptif, meskipun data yang diterima dari sensor bersifat ambigu atau tidak pasti (Harjanto,dkk, 2020). Penerapan metode ini dalam sistem berbasis IoT dapat meningkatkan ketepatan dalam pengontrolan pH air, sehingga dapat menjaga kestabilan kualitas air secara otomatis.

Sejumlah studi terkini mengungkapkan bahwa integrasi teknologi IoT dengan metode Fuzzy Mamdani pada sistem kendali pertanian hidroponik mampu memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan efisiensi operasional pertanian. Penelitian oleh Wahyudi & Pratama (2020) mengindikasikan bahwa teknologi ini dapat memudahkan petani dalam memantau dan mengontrol berbagai parameter secara otomatis, termasuk pH air, sehingga mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual dan meminimalkan kesalahan dalam pengambilan keputusan. Dengan melihat potensi yang dimiliki oleh IoT dan metode Fuzzy Mamdani, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi kontrol kualitas air otomatis berbasis IoT yang dapat mengontrol pH air dalam sistem pertanian hidroponik. Dengan demikian, diharapkan sistem ini dapat memberikan solusi efisien dalam pengelolaan kualitas air untuk mendukung keberhasilan pertanian hidroponik yang lebih berkelanjutan dan produktif.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem otomatis berbasis logika fuzzy dan IoT efektif diterapkan pada budidaya hidroponik. Hamdani (2022)

merancang sistem kontrol pH dan TDS menggunakan Arduino Mega 2560 dengan logika fuzzy, sementara Murtadho (2021) mengembangkan sistem NB-IoT berbasis fuzzy dengan akurasi pengukuran pH mencapai 98,93%. Penelitian-penelitian ini menegaskan potensi besar dari integrasi sensor, mikrokontroler, dan logika fuzzy dalam menjaga kualitas air secara otomatis dan efisien.

Dalam penelitian ini, digunakan sensor pH 4502C dan sensor TDS untuk mendeteksi kualitas larutan. Data dari sensor diproses oleh Arduino Uno dan dikirimkan ke aplikasi Blynk sebagai platform monitoring jarak jauh. Sistem menggunakan metode fuzzy Mamdani yang mencakup proses fuzzifikasi, implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis nilai linguistik untuk mengatur aktuator seperti pompa secara otomatis dan presisi.

Studi oleh Banjardana et al. (2024) memperkuat efektivitas penggunaan ESP32 dan aplikasi Blynk dalam mengontrol pH dan nutrisi secara real-time. Sistem mereka berhasil menjaga stabilitas pH antara 6,95–8,14, serta menjalankan kontrol otomatis melalui pompa peristaltik untuk mempertahankan kondisi larutan yang optimal.

Suryatini et al. (2021) juga merancang sistem fuzzy Mamdani berbasis IoT untuk pengaturan otomatis nutrisi dan air. Sistem mereka menggunakan sensor TDS dan ultrasonik, dengan output berupa durasi kerja pompa untuk menyesuaikan kadar larutan. Set point dapat diatur melalui aplikasi Blynk, baik manual maupun berdasarkan data tanaman. Sistem ini terbukti efektif mencapai nilai target dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, menunjukkan keunggulan logika fuzzy dalam pengelolaan hidroponik yang adaptif.

Lebih lanjut, Zakaria et al. (2022) mengembangkan sistem kontrol nutrisi hidroponik berbasis fuzzy Mamdani dan NodeMCU. Sistem menggunakan sensor TDS dan sensor ultrasonik untuk mengukur konsentrasi larutan dan tinggi air, serta mengatur durasi pompa secara otomatis berdasarkan nilai error terhadap set point. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan mencapai akurasi lebih dari 96% dan peningkatan pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan antarmuka Blynk untuk monitoring juga memudahkan pengawasan secara real-time, memperkuat peran IoT dan fuzzy logic dalam pertanian cerdas.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk membuat sebuah Sistem Informasi Kontrol Kualitas Air Berdasarkan pH Otomatis pada Hidroponik Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani, sistem ini dapat memberikan informasi tentang kadar pH pada Hidroponik melalui smartphone. Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem dengan tujuan merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi metode Fuzzy Mamdani. Sistem ini

ditujukan untuk mengelola pH dan nutrisi (TDS) dalam budidaya tanaman hidroponik secara otomatis dan real-time. Penelitian dilakukan pada sebuah kebun hidroponik di Desa Gondang, Blitar, selama periode Desember 2024 hingga Maret 2025. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu:

1. **Identifikasi Masalah:** Fokus pada kesulitan menjaga stabilitas pH dan nutrisi dalam air hidroponik secara manual.
2. **Studi Literatur:** Mengkaji teori dan penelitian sebelumnya terkait IoT, sensor pH dan TDS, serta metode Fuzzy Mamdani.
3. **Pengumpulan Data:**
  - a. *Primer:* Observasi langsung pada lingkungan pertanian hidroponik.
  - b. *Sekunder:* Referensi dari buku, jurnal ilmiah, dan dokumentasi teknis.
4. **Perancangan Sistem:** Meliputi desain perangkat keras dan perangkat lunak, diagram blok, serta flowchart sistem dan proses fuzzy.
5. **Implementasi Sistem:** Pemrograman menggunakan Arduino IDE dan integrasi dengan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna.
6. **Pengujian:** Dilakukan dengan metode *Black Box Testing* untuk memverifikasi fungsionalitas sistem dan menghitung akurasi sensor menggunakan *Median Absolute Deviation (MAD)*.

Adapun perangkat yang digunakan dalam penelitian ini yakni:

- 1 **Perangkat Keras:** Arduino Uno, Wemos D1, sensor pH 4502C, sensor TDS Meter V.01, relay, katup air otomatis, dan pompa mini.
- 2 **Perangkat Lunak:** Arduino IDE, Blynk, dan MATLAB sebagai pembanding akurasi data.

Penelitian ini merancang sistem pemantauan kualitas air pada budidaya sayuran hidroponik, khususnya parameter pH. Sistem menerapkan logika Fuzzy Mamdani untuk menentukan tingkat kualitas air berdasarkan data input dari sensor pH. Data yang diperoleh diproses menggunakan mikrokontroler Arduino, lalu menghasilkan output berupa klasifikasi kualitas air melalui pendekatan fuzzy. Informasi hasil analisis tersebut dikirimkan ke server dan basis data melalui platform Blynk, yang juga berfungsi sebagai antarmuka pada perangkat Android. Penggunaan Blynk dipilih karena kemudahan integrasi serta fleksibilitasnya dalam mendukung sistem IoT secara real-time.

Sistem pengambilan keputusan dilakukan dengan logika Fuzzy Mamdani yang meliputi:

1. Fuzzifikasi (pengubahan input crisp menjadi fuzzy),
2. Penerapan aturan fuzzy (*implication function* metode MIN),
3. Komposisi aturan (*aggregation* metode MAX),

4. Defuzzifikasi (menghasilkan output crisp menggunakan metode *centroid*).

**Desain Eksperimen:** Sistem diuji dengan serangkaian nilai input pH dan TDS, kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan dari ahli menggunakan MATLAB. Tingkat akurasi ditentukan dengan rumus:

$$MAD = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n}$$

Di mana  $y$  adalah nilai aktual dari alat ukur,  $\hat{y}$  adalah prediksi sistem, dan  $n$  jumlah percobaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini sistem monitoring dan kontrol kualitas air dalam hidroponik dikembangkan menggunakan sensor pH 4502C dan TDS Meter V1.0 yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Uno serta modul Wi-Fi Wemos D1. Antarmuka sistem berbasis aplikasi Blynk yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh.

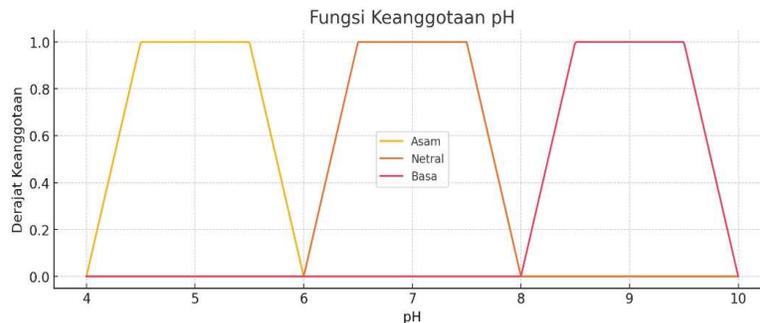
Langkah awal dalam proses metode Fuzzy Mamdani dimulai dengan membentuk himpunan fuzzy yang dikenal sebagai tahap fuzzifikasi. Pada sistem ini, tahap tersebut dilakukan terhadap nilai input yang telah ditentukan sebelumnya sebagai dasar proses pengambilan keputusan otomatis.

pH 7.2

TDS 700

### A. Variabel Fuzzy Kadar Ph

Parameter pH air diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu :  
Asam (4.0 – 6.0), Netral (6.0 – 8.0), Basa (8.0 – 10.0).



Fungsi Keanggotaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Asam}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{0.5}, & 4 < x < 4.5 \\ 1, & 4.5 \leq x \leq 5.5 \\ \frac{6-x}{0.5}, & 5.5 < x < 6 \\ 0, & x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Asam}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{0.5}, & 4 < x < 4.5 \\ 1, & 4.5 \leq x \leq 5.5 \\ \frac{6-x}{0.5}, & 5.5 < x < 6 \\ 0, & x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Netral}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 6 \\ \frac{x-6}{0.5}, & 6 < x < 6.5 \\ 1, & 6.5 \leq x \leq 7.5 \\ \frac{8-x}{0.5}, & 7.5 < x < 8 \\ 0, & x \geq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Basa}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 8 \\ \frac{x-8}{0.5}, & 8 < x < 8.5 \\ 1, & 8.5 \leq x \leq 9.5 \\ \frac{10-x}{0.5}, & 9.5 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

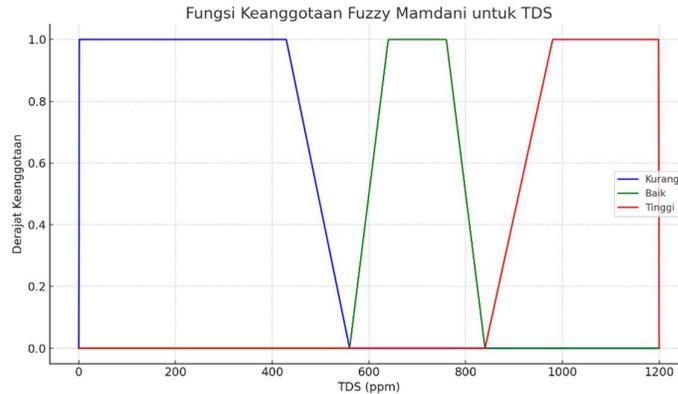
Berdasarkan nilai input pH sebesar 7.2 yang telah diperoleh, derajat keanggotaannya dapat dihitung sesuai dengan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan

- Karena  $6.5 \leq 7.2 \leq 7.5 \rightarrow$  di bagian atas trapesium  
 $\Rightarrow \mu_{\text{netral}} = 1$

**A. Derajat ke anggotaan TDS**

Variable TDS dibagi 3 variabel yaitu kurang (0 - 560), baik (560 - 840) dan tinggi (840 - 1200)

**IMPLEMENTASI IOT DAN FUZZY MAMDANI UNTUK PENGENDALIAN PH DAN NUTRISI  
DALAM PERTANIAN HIDROPONIK BERBASIS SISTEM OTOMATIS**



Fungsi Keanggotaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{\text{kurang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & 0 < x \leq 429 \\ \frac{560-x}{560-429}, & 429 < x < 560 \\ 0, & x \geq 560 \end{cases}$$

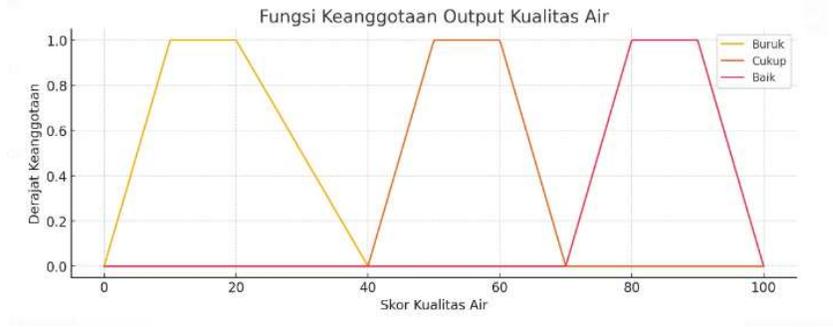
$$\mu_{\text{baik}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 560 \\ \frac{x-560}{640-560}, & 560 < x < 640 \\ 1, & 640 \leq x \leq 760 \\ \frac{840-x}{840-760}, & 760 < x < 840 \\ 0, & x \geq 840 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 840 \\ \frac{x-840}{980-840}, & 840 < x < 980 \\ 1, & 980 \leq x \leq 1200 \\ 0, & x > 1200 \end{cases}$$

**B. Derajat ke anggotaan Kualitas Air**

Dalam menentukan tingkat kualitas air, derajat keanggotaannya diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu buruk (0-40), cukup (40-70), buruk (70-100),

**IMPLEMENTASI IOT DAN FUZZY MAMDANI UNTUK PENGENDALIAN PH DAN NUTRISI  
DALAM PERTANIAN HIDROPONIK BERBASIS SISTEM OTOMATIS**



Pada Tahapan Fuzzy Mamdani dijalankan dalam empat tahapan:

1. **Fuzzifikasi:** Mengubah nilai input crisp menjadi nilai fuzzy.
2. **Fungsi Implikasi (MIN):** Mengaplikasikan aturan fuzzy berbasis operator MIN.
3. **Komposisi Aturan (MAX):** Menggabungkan semua hasil implikasi menggunakan operator MAX.
4. **Defuzzifikasi:** Mengubah keluaran fuzzy menjadi nilai crisp menggunakan metode *Centroid*:

Tahapan akhir dalam metode fuzzy adalah defuzzifikasi, yang bertujuan mengubah nilai fuzzy hasil penggabungan aturan menjadi nilai tegas (crisp). Teknik defuzzifikasi yang paling sering diterapkan adalah metode centroid, dengan rumus sebagai berikut:

$$z * = \frac{\int_z \mu(z) \cdot z dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

a. Menghitung momentum kualitas air :

1. Momentum

$$\mu_{Asam}(6.2) = 0 \quad (\text{di luar trapesium})$$

2. Momentum 2

$$\mu_{Netral}(6.2) = \frac{6.2 - 6}{0.5} = 0.4$$

3. Momentum 3

$$\mu_{Basa}(6.2) = 0 \quad (\text{belum masuk trapesium})$$

Hasil :

$$\mu_{Netral} = 0.4$$

b. Penentuan luas untuk setiap daerah

1. Luas daerah 1

$$L_{\text{Buruk}} = 0.5 \times (40 + 20) \times 0.4 = 12$$

2. Luas daerah 2

$$L_{\text{Cukup}} = 0.5 \times (30 + 14) \times 0.7 = 15.4$$

$$x_{\text{Cukup}} \approx 55$$

3. Luas daerah 3

$$L_{\text{Baik}} = 0.5 \times (30 + 10) \times 0.2 = 4$$

$$x_{\text{Baik}} \approx 85$$

Setelah dilakukan perhitungan momentum dan luas daerah, maka dapat diketahui nilai titik pusat yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Centroid} &= \frac{\sum(L_i \cdot x_i)}{\sum L_i} \\ &= \frac{(12 \cdot 20) + (15.4 \cdot 55) + (4 \cdot 85)}{12 + 15.4 + 4} \\ &= \frac{240 + 847 + 340}{31.4} = \frac{1427}{31.4} \approx \boxed{45.4} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil akhir perhitungan defuzzifikasi, diperoleh nilai sebesar 8,3 yang merepresentasikan kategori air dalam kondisi sangat keruh.

Dalam pengujian sensor pH, peneliti menggunakan pH meter digital sebagai alat pembanding untuk kalibrasi, dengan media uji berupa serbuk pH 6.8. Sensor pH-4502C disini melakukan pengambilan data tiap 3 detik sekali yang kemudian diperoleh hasil seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Pengujian akurasi sensor pH

No	pH meter	Sensor pH	Selisih Pengujian
1	6.8	6.5	0.3
2	6.8	6.7	0.1
3	6.8	6.8	0
4	6.8	6.5	0.3
5	6.8	6.8	0
6	6.8	6.6	0.2
7	6.8	6.5	0.3
8	6.8	6.4	0.4
9	6.8	6.6	0.2
10	6.8	6.5	0.3

Berdasarkan 10 kali pengujian sebagaimana tercantum dalam tabel, sensor pH menghasilkan nilai 6.5 untuk larutan yang memiliki nilai acuan 6.8. Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan metode Median Absolute Deviation (MAD), di mana selisih antara hasil pengukuran pH meter digital dan prediksi sensor pH 4502C dihitung, kemudian dibagi dengan jumlah total percobaan yang dilakukan

$$MAD = \frac{6.8 - 6.5}{10} = 0,03$$

Dan didapatkan hasil 0,03 dimana nilai tersebut merupakan selisih dari sensor pH 450C dan Sensor pH digital.

#### **4.13 Pengujian Sensor TDS**

Pada pengujian ini peneliti menggunakan Sensor TDS V.01 dan TDS meter digital dengan media cairan kalibrasi ppm test kit menunjukkan kondisi berada pada 500 ppm.

Tabel 4.2 Pengujian akurasi sensor TDS

No	TDS Meter (ppm)	Sensor TDS (ppm)	Selisih
1.0	500.0	493	6
2.0	500.0	486	13
3.0	500.0	497	2
4.0	500.0	489	10
5.0	500.0	491	8
6.0	500.0	495	4
7.0	500.0	488	11
8.0	500.0	492	7
9.0	500.0	490	9
10.0	500.0	496	4

Dalam 10 kali pengujian ini di dapatkan sebagaimana dari tabel di atas didapatkan dari pengujian cairan kalibrasi ppm test kit yang bernilai 500 ppm didapatkan nilai 482 ppm, pengujian keakuratan sensor menggunakan metode MAD dimana nilai aktual yang didapat melalui TDS meter digital dikurangi dengan nilai prediksi yang didapatkan dari sensor TDS Meter V1.0 lalu kemudian kedua data tersebut dibagi dengan jumlah percobaan yang telah dilakukan

$$MAD \frac{500 - 482}{10} = 1,8$$

Dan didapatkan hasil 1,8 dimana nilai tersebut merupakan selisih dari sensor TDS Meter V1.0 dan kalibrasi ppm test kit.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan dikembangkan untuk memantau serta mengontrol kualitas air, khususnya kadar pH dan nutrisi (TDS), dalam pertanian hidroponik secara otomatis. Sistem ini menggunakan sensor pH 4502C dan sensor TDS yang dikendalikan oleh

mikrokontroler Arduino Uno serta terintegrasi dengan aplikasi Blynk untuk monitoring jarak jauh. Metode Fuzzy Mamdani diimplementasikan secara efektif melalui tahapan fuzzifikasi, penerapan aturan (fungsi implikasi), komposisi aturan, dan defuzzifikasi, sehingga sistem dapat mengolah data input pH dan TDS menjadi keputusan pengendalian secara otomatis. Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan pH dan nutrisi air dalam rentang yang optimal untuk pertumbuhan tanaman, dengan tingkat akurasi sensor yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi, mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual, serta memberikan solusi praktis dan adaptif dalam pengelolaan kualitas air hidroponik. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi alternatif yang bermanfaat dalam mendukung keberlanjutan dan produktivitas pertanian hidroponik.

### **Saran**

Dianjurkan untuk melakukan uji coba sistem dalam skala yang lebih besar, seperti pada kebun hidroponik komersial, guna mengukur kinerja dan keandalannya dalam kondisi nyata yang lebih kompleks. Selain itu, pengembangan metode Fuzzy Mamdani perlu terus disempurnakan, baik dari segi optimasi aturan maupun parameter keanggotaannya, agar sistem pengambilan keputusan menjadi lebih adaptif terhadap berbagai variasi lingkungan. Penggunaan platform IoT yang lebih responsif dan fleksibel, seperti Firebase atau protokol MQTT, juga dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kecepatan monitoring dan efektivitas pengendalian. Secara keseluruhan, pengembangan sistem ini diharapkan dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Hamdani, M.W. (2022). Perancangan dan Implementasi Metode Kontrol Fuzzy Logic Mamdani pada Sistem TDS dan pH Hidroponik. *Jurnal Teknologi Terpadu*.
- Murtadho, D.F. (2021). Perancangan Sistem Kendali Berbasis IoT pada Hidroponik. *eProceedings of Engineering*.
- Kusumadewi, S. (2003). Analisis dan Desain Sistem Fuzzy. *Graha Ilmu*.
- Tarigan, R.T. (2024). Analisis Sensor pH dan TDS dalam Pengukuran Kualitas Air.
- Syukhron, I. dkk. (2021). Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT.
- Nurchayono, B., Mujiyanto, A. H., Mufarrihah, I., & Ali, M. (2025). Implementasi Teknologi Penyiraman Tanaman Tembakau Otomatis Berbasis Internet Of Things (IOT) Dengan Metode Fuzzy Mamdani. *Inovate: Jurnal Ilmiah Inovasi Teknologi Informasi*, 9(2), 227-236
- Banjardana, A., Andriani, T., Topan, P. A., & Aryanto, N. (2024). Prototipe Sistem Monitoring dan Kontrol Ph Serta Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Iot Untuk Pertanian. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 6(3), 455-464.

**IMPLEMENTASI IOT DAN FUZZY MAMDANI UNTUK PENGENDALIAN PH DAN NUTRISI  
DALAM PERTANIAN HIDROPONIK BERBASIS SISTEM OTOMATIS**

- Suryatini, F., Pancono, S., Bhaskoro, S. B., & Muljono, P. M. S. (2021). Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik berbasis Fuzzy Logic berdasarkan Objek Tanam. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(2), 263
- Harijanto, T., Widodo, A., & Setiyawan, F. (2020). Design of Smart Farm System Based on Internet of Things (IoT). *Journal of Physics: Conference Series*, 1534(1), 012069.
- Zakaria, F. D., Priyandoko, G., & Mukhsim, M. (2022). Rancang Bangun Sistem Kontrol Untuk Pencampur Nutrisi Hidroponik Metode Pengairan DFT Berbasis Logika Fuzzy. *Jurnal Teknologi Elektro*, 13(3), 171-182.