

## **SISTEM PEMBERIAN NUTRISI PADA TANAMAN HIDROPONIK MENGUNAKAN METODE FUZZY BERBASIS ARDUINO**

Muhamad Asrori<sup>1,a</sup>, M.Harist Murdani<sup>2,b</sup>

Program Studi Teknik Informatika Universitas Wijaya Putra<sup>1,2</sup>

Jl. Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia<sup>1,2</sup>

<sup>a</sup>muhammad.asrori112@gmail.com

### **Abstrak.**

Penggunaan metode hidroponik dengan media air sebagai pengganti media tanah membutuhkan pemantauan nutrisi secara rutin untuk menjaga agar nilai nutrisi tetap optimal. Namun, bagi pengawas atau mahasiswa yang tidak dapat memantau nutrisi secara teratur, hal ini menjadi tantangan yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Otomatis Pemberi Nutrisi Tanaman Hidroponik berbasis Arduino yang dapat membantu pengawas atau mahasiswa yang tidak dapat memantau nutrisi secara rutin. Sistem ini dilengkapi dengan sensor pH dan TDS untuk memantau kadar nutrisi pada tanaman serta solenoid valve sebagai pengatur nutrisi yang disalurkan. Arduino UNO digunakan sebagai pengendali sistem dengan menerapkan metode perhitungan waktu nutrisi berdasarkan Logika Fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mencapai tingkat keberhasilan 100% dalam memberikan nutrisi yang tepat pada tanaman hidroponik. Tujuan dari pembuatan sistem ini adalah untuk memudahkan perawatan nutrisi tanaman dengan hasil yang lebih akurat dan membantu pengawas atau mahasiswa yang tidak dapat memantau nutrisi secara rutin.

**Kata kunci:** Arduino, hidroponik, fuzzy, NFT.

### **Abstract.**

*The use of hydroponic method with water as a substitute for soil media requires routine monitoring of nutrient levels to maintain optimal nutrient values. However, for supervisors or students who are unable to monitor the nutrient levels regularly, this becomes a significant challenge. Therefore, this research aims to develop an Arduino-based Automated Nutrient Delivery System for Hydroponic Plants that can assist supervisors or students who cannot monitor nutrient levels regularly. The system is equipped with pH and TDS sensors to monitor nutrient levels in plants and a solenoid valve as a nutrient regulator. Arduino UNO is used as the system controller by applying the calculation method of nutrient time value based on Fuzzy Logic. The research results show that this system has achieved a success rate of 100% in providing the right nutrients to hydroponic plants. The purpose of developing this system is to facilitate plant nutrient maintenance with more accurate results and to assist supervisors or students who are unable to monitor nutrient levels regularly.*

**Keywords:** Arduino, hydroponic, fuzzy, NFT.

## **Pendahuluan**

Hidroponik merupakan salah satu metode pertanian yang semakin populer digunakan oleh petani di lingkungan terbatas. Keuntungan utama dari metode hidroponik adalah kemampuan tumbuh tanaman lebih cepat, hasil produksi yang lebih tinggi, risiko serangan hama yang lebih rendah, dan keuntungan terhindar dari berbagai cuaca atau bencana banjir [1]. Salah satu metode hidroponik yang populer adalah Nutrient Film Technique (NFT), yang melibatkan akar tanaman di lapisan nutrisi dangkal dan bersirkulasi, memastikan suplai oksigen, air, dan nutrisi secara konstan [2].

Namun, penggunaan metode hidroponik juga memerlukan perawatan dan pengawasan khusus, terutama dalam hal nutrisi, yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman [3]. Nutrisi harus dijaga dalam kisaran yang optimal untuk mendapatkan hasil yang berkualitas tinggi. Namun, dalam kasus penggunaan hidroponik di lingkungan kampus, pengawas atau mahasiswa yang bertanggung jawab atas hidroponik tidak selalu dapat hadir untuk melakukan pengecekan nutrisi secara rutin setiap hari, karena jadwal yang tidak menentu.

Oleh karena itu, diperlukan sistem pemberian nutrisi hidroponik secara otomatis untuk membantu pengawas atau mahasiswa ketika tidak hadir. Sistem hidroponik terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino UNO dan perangkat sensor untuk pemantauan nutrisi otomatis. Dengan menggunakan data yang dikumpulkan dari sensor pH dan TDS yang tertanam di reservoir nutrisi, Arduino berfungsi sebagai alat untuk menentukan kebutuhan nutrisi tanaman [4]. Logika fuzzy digunakan untuk mengatur nutrisi melalui bantuan Arduino dan sensor. Penerapan logika fuzzy pada sistem ini memungkinkan untuk mengatur nutrisi tanaman secara otomatis dan akurat, yang dapat meminimalkan risiko kehilangan produksi tanaman akibat kurangnya nutrisi atau penggunaan nutrisi yang berlebihan [5].

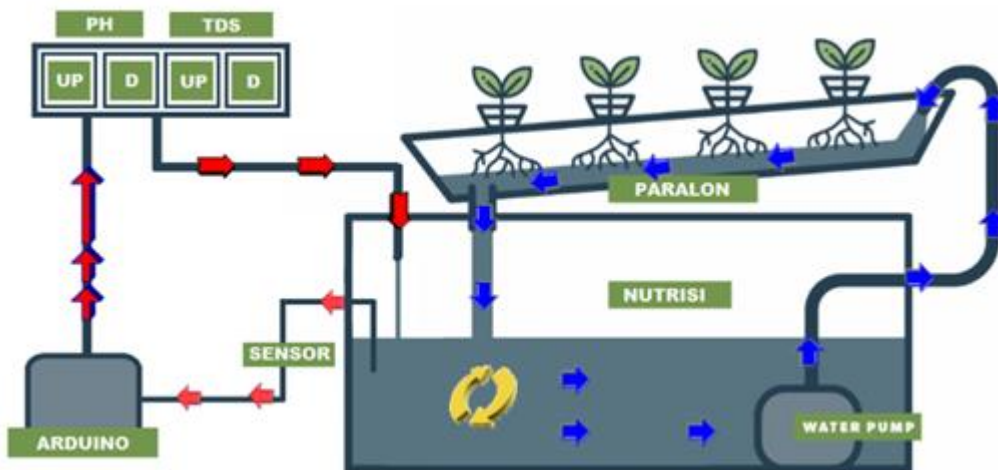
Dalam konteks penelitian dan pengembangan, penggunaan teknologi seperti mikrokontroler Arduino dan logika fuzzy untuk mengatur nutrisi hidroponik secara otomatis diharapkan dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan hidroponik di lingkungan kampus dan mendorong penggunaan teknologi dalam pertanian yang lebih berkelanjutan.

## **Metodologi Penelitian**

Pada sistem ini, sensor pH dan TDS terletak di dalam reservoir nutrisi untuk mengukur kadar pH dan TDS (Total Dissolved Solids) dari nutrisi. Data dari kedua sensor ini kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino dengan menggunakan metode logika fuzzy untuk menentukan jumlah nutrisi yang tepat untuk diberikan pada tanaman.

Setelah Arduino menentukan jumlah nutrisi yang dibutuhkan, maka logika fuzzy akan menghasilkan keluaran waktu untuk menyalakan solenoid valve. Solenoid valve akan mengalirkan nutrisi yang telah diproses ke sistem hidroponik, sehingga nutrisi yang diterima oleh tanaman sesuai dengan kebutuhan yang dibutuhkan [6].

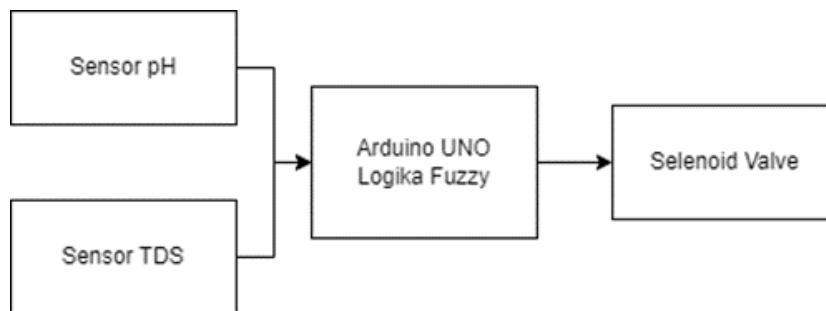
Dengan demikian, sistem nutrisi hidroponik ini dapat bekerja secara otomatis tanpa memerlukan pengawasan manusia yang terus-menerus dan dapat memastikan bahwa nutrisi yang diberikan pada tanaman selalu sesuai dengan kebutuhan, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal.



Gambar 1. Prototipe Sistem Pemberian Nutrisi

### Perancangan Sistem

Sistem pemberian nutrisi otomatis ini akan di uji coba dengan Metode hidroponik dengan model *Nutrient Film Technique* (NFT). Sayuran yang akan digunakan adalah sayuran selada. Berikut ini adalah flowchart sistem yang akan dibuat :



Gambar 2. Flowchart Sistem Pemberian Nutrisi

Sensor pH dan TDS digunakan sebagai alat untuk mengukur keasaman/kebasaaan dan kadar PPM dalam larutan nutrisi pada sistem pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik menggunakan metode fuzzy berbasis Arduino.

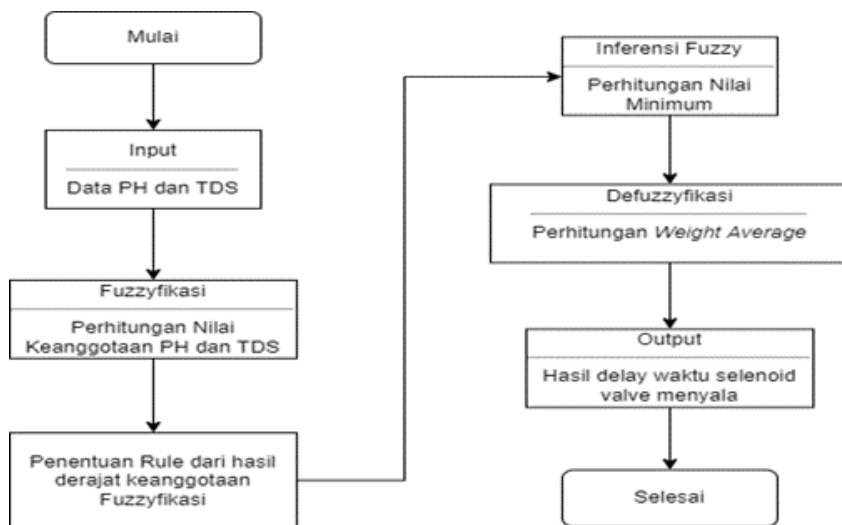
### Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah pendekatan matematis yang sangat berguna dalam sistem cerdas, terutama dalam pengambilan keputusan berbasis pada data sensorik atau kuantitatif. Logika fuzzy menggantikan logika boolean yang tradisional, yang menggunakan konsep "ya" atau "tidak" dalam pengambilan keputusan, dengan konsep kemungkinan atau probabilitas yang memungkinkan sistem cerdas untuk mempertimbangkan sejumlah variabel dan mempertimbangkan tingkat keanggotaan dalam himpunan fuzzy yang berbeda. Dalam aplikasi hidroponik, logika fuzzy memungkinkan sistem cerdas untuk mempertimbangkan tingkat kebutuhan nutrisi tanaman berdasarkan nilai sensorik yang diperoleh dari sensor pH dan TDS, sehingga memungkinkan sistem cerdas untuk mengambil keputusan yang lebih akurat dan meminimalkan risiko kesalahan dalam pemberian nutrisi [7]. Logika fuzzy digunakan dalam sistem pemberian nutrisi hidroponik otomatis dengan cara memodelkan tingkat kepastian dalam bentuk derajat keanggotaan suatu variabel dalam suatu

himpunan fuzzy. Tahapan dalam penggunaan logika fuzzy untuk pemberian nutrisi hidroponik otomatis antara lain:

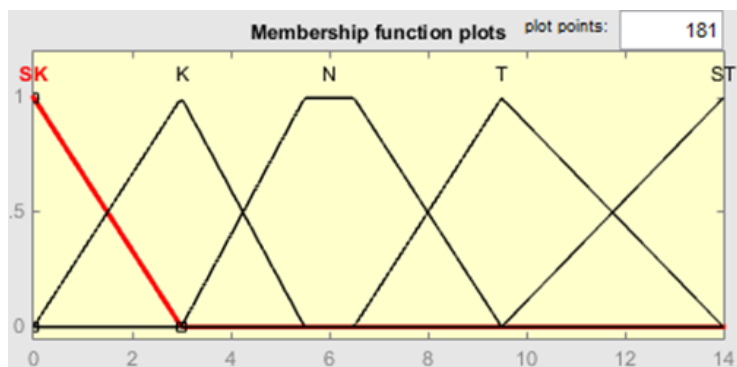
1. Menentukan variabel masukan dan keluaran: Pada tahap ini, ditentukan variabel masukan seperti pH dan TDS, serta variabel keluaran berupa kuantitas nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman.
2. Menentukan himpunan fuzzy untuk setiap variabel: Pada tahap ini, ditentukan himpunan fuzzy untuk setiap variabel masukan dan keluaran, seperti himpunan pH rendah, sedang, dan tinggi, serta himpunan TDS rendah, sedang, dan tinggi.
3. Menentukan aturan fuzzy: Pada tahap ini, ditentukan aturan fuzzy berdasarkan himpunan fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya, seperti "jika pH rendah dan TDS tinggi, maka berikan nutrisi lebih banyak".
4. Fuzzifikasi: Pada tahap ini, dilakukan konversi input data numerik (pH dan TDS) ke dalam himpunan fuzzy.
5. Inferensi: Pada tahap ini, sistem akan menggunakan aturan fuzzy untuk menghasilkan keluaran berupa kuantitas nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman.
6. Defuzzifikasi: Pada tahap ini, dilakukan konversi hasil inferensi dari himpunan fuzzy ke dalam nilai numerik kuantitas nutrisi yang dapat dipahami.

Dengan menggunakan logika fuzzy, sistem pemberian nutrisi hidroponik otomatis dapat bekerja secara efektif dan efisien untuk memberikan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman [8], sehingga dapat meningkatkan hasil produksi dan meminimalkan risiko serangan hama atau penyakit padatanaman.



Gambar 3. Flowchart Logika Fuzzy

Tahap Fuzzyfikasi adalah tahap awal pada proses logika fuzzy di mana dilakukan penentuan fungsi keanggotaan dan nilai derajat keanggotaan untuk setiap variabel masukan (pH dan TDS). Fungsi keanggotaan pH dan TDS masing-masing terdiri dari 5 variabel linguistik yang sama, yaitu Sangat Kurang (SK), Kurang (K), Normal (N), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST). Setiap variabel memiliki rumus persamaan derajat keanggotaan yang ditentukan berdasarkan interval-nilai variabel dan bentuk kurva yang digunakan. Rumus persamaan derajat keanggotaan ini akan digunakan pada tahap selanjutnya untuk menghitung bobot pada aturan fuzzy.



Gambar 4. Grafik Fuzzy pH

Pada gambar diatas merupakan sebuah hasil grafik fuzzy dan derajat keanggotaan. TDS dan pH mempunyai nilai derajat keanggotaan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan nutrisi tanaman.

Berikut ini adalah tabel nilai keanggotaan pH dan TDS yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan derajat keanggotaan pada sistem logika fuzzy. Tabel ini dilengkapi dengan data nilai derajat keanggotaan untuk setiap variabel masukan (pH dan TDS) yang dibagi menjadi 5 variabel linguistik yang sama, yaitu Sangat Kurang (SK), Kurang (K), Normal (N), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST). Fungsi keanggotaan ini sangat penting dalam menentukan tingkat keasaman dan kandungan nutrisi pada air yang akan diberikan pada tanaman hidroponik.

Tabel 1. Keanggotaan Variabel Fuzzy pH

V. Linguistik	A	B	C
SK	0	0	3
K	0	3	5,5
N	3	5-7	9,5
T	6,5	9,5	14
ST	9,5	14	14

Tabel 2. Keanggotaan Variabel Fuzzy TDS

V. Linguistik	A	B	C
SK	250	250	400
K	250	500	550
N	400	550-850	1000
T	850	1000	1150
ST	1000	1150	1150

Rumus persamaan keanggotaan digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai dalam suatu himpunan linguistik. Dalam hal ini, untuk variabel pH dan TDS, terdapat 5 himpunan linguistik yaitu Sangat Kurang (SK), Kurang (K), Normal (N), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST). Setiap himpunan linguistik memiliki grafik yang menunjukkan nilai derajat keanggotaan masing-masing nilai. Untuk menentukan nilai derajat keanggotaan dari suatu nilai pH atau TDS, kita menggunakan rumus persamaan yang telah ditentukan dari grafik himpunan linguistik yang bersangkutan. Karena variabel pH dan TDS memiliki himpunan linguistik yang sama, maka rumus persamaan keanggotaannya juga sama.

Tabel 3. Rumus Keanggotaan Fuzzy pH & TDS

SK	=	$0; \quad x \geq b$ $\frac{(b-x)}{(b-a)}; \quad a \leq x \leq b$
K	=	$0; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq c$ $\frac{(x-a)}{(b-a)}; \quad a \leq x \leq b$ $\frac{(c-x)}{(c-b)}; \quad b \leq x \leq c$
N	=	$0; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq d$ $\frac{(x-a)}{(b-a)}; \quad a \leq x \leq b$ $1; \quad b \leq x \leq d$ $\frac{(d-x)}{(d-c)}; \quad c \leq x \leq d$
T	=	$0; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq c$ $\frac{(x-a)}{(b-a)}; \quad a \leq x \leq b$ $\frac{(c-x)}{(c-b)}; \quad b \leq x \leq c$
ST	=	$0; \quad x \leq a$ $\frac{(x-a)}{(b-a)}; \quad a \leq x \leq b$ $1; \quad x \geq b$

Keanggotaan nilai kran/solenoid valve mengacu pada penggunaan logika fuzzy dalam sistem otomatisasi pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik. Pada tahap inferensi, sistem akan menentukan waktu lama kran/solenoid valve berdasarkan nilai derajat keanggotaan pada variabel masukan, yaitu pH dan TDS.

Pada variabel keluaran, yaitu waktu lama kran/solenoid valve, terdapat tiga nilai keanggotaan, yaitu Lama, Sedang, dan Diam/Mati. Setiap nilai keanggotaan memiliki grafik yang telah ditentukan dengan persamaan keanggotaannya masing-masing.

Tabel 4. Variabel Keanggotaan Fuzzy Valve

Fuzzy Valve	Mati	Sedang	Lama
UP (pH)	0	3	6
Down (pH)	0	3	6
UP (TDS)	0	6	12
Down (TDS)	0	6	12

Tahap Inference System adalah tahap untuk menentukan aturan-aturan yang akan digunakan untuk memproses masukan pada sistem. Pada tahap ini, sistem akan menggunakan variabel pH dan TDS sebagai masukan dan kemudian menerapkan aturan-aturan yang telah ditentukan sebelumnya untuk menghasilkan keluaran. Dalam hal ini, sistem nutrisi tanaman hidroponik menggunakan 5 variabel linguistik untuk setiap variabel masukan yaitu Sangat Kurang (SK), Kurang (K), Normal (N), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST). Dari kombinasi variabel-variabel tersebut, didapatkan jumlah rules sebanyak 25 rules yang akan digunakan dalam tahap selanjutnya.

Tabel 5. Inference Sistem

pH/PPM	Terlalu Rendah	Rendah	Normal	Tinggi	Terlalu Tinggi
Terlalu Asam	1H/2M/ 3H/4M	1H/2M/ 3H/4M	1H/2M/ 3M/4M	1H/2M/ 3M/4H	1H/2M/ 3M/4H
Asam	1H/2M/ 3H/4M	1H/2M/ 3H/4M	1H/2M/ 3M/4M	1H/2M/ 3M/4H	1H/2M/ 3M/4H
Normal	1M/2M/ 3H/4M	1M/2M/ 3M/4H	1M/2M/ 3M/4M	1M/2M/ 3M/4H	1M/2M/ 3M/4H
Basa	1M/2H/ 3H/4M	1M/2H/ 3H/4M	1M/2H/ 3M/4M	1M/2H/ 3M/4H	1M/2H/ 3M/4H
Terlalu Basa	1M/2H/ 3H/4M	1M/2H/ 3H/4M	1M/2H/ 3M/4M	1M/2H/ 3M/4H	1M/2H/ 3M/4H

Tahap Defuzzifikasi ini menggunakan metode “Weight Average” mencari nilai rata-rata.

$$output = \frac{(\alpha_1 \times z_1) + (\alpha_2 \times z_2) + (\alpha_3 \times z_3) + \dots + (\alpha_n \times z_n)}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \tag{1}$$

Berikut ini keterangan metode pada rumus di atas :  
 Output, Nilai waktu dari hasil perhitungan Weight Average.  
 $\alpha_n$  adalah hasil proses inference logika fuzzy.  
 $z_n$  adalah nilai fungsi keanggotaan keluaran kran.

Hasil proses defuzzifikasi adalah keluaran akhir dari sistem fuzzy yang diterjemahkan menjadi nilai waktu durasi pemberian nutrisi. Defuzzifikasi merupakan proses transformasi dari variabel linguistik menjadi nilai numerik yang konkret sehingga dapat diaplikasikan dalam sistem kontrol. Dengan demikian, hasil defuzzifikasi ini berfungsi sebagai acuan waktu durasi pemberian nutrisi yang ideal dan optimal untuk tanaman hidroponik.

**Hasil Pengujian**

Data nilai normal pH dan TDS (total dissolved solids) untuk sayuran selada berkisar antara 5.5 hingga 6.5 untuk pH dan antara 550 hingga 850 ppm untuk TDS. Berikut adalah hasil penerapan metode logika fuzzy.

Tabel 6. Hasil Uji pH Up

No	pH	pH Up	Sensor pH
1	3,69	4,06	6,76
2	4,71	1,62	5,8
3	5,47	0,06	5,4

Tabel 7. Hasil Uji pH Down

No	pH	pH Down	Sensor pH
----	----	---------	-----------

1	9,29	5,64	7,89
2	8,27	3,77	6,96
3	7,76	2,76	6,32

Tabel 8. Hasil Uji TDS Up

No	TDS	TDS Up	Sensor TDS
1	329	8,83	767
2	417	5,31	730
3	470	3,2	689

Tabel 5. Hasil Uji TDS Down

No	TDS	TDS D	Sensor TDS
1	910	2,39	732
2	980	6	754

Keterangan :

1. pH/ TDS awal: merupakan nilai pH/TDS dari air murni sebelum dicampur dengan nutrisi.
2. pH/TDS Up/Down: merupakan waktu dalam detik ketika selenoid valve pH/TDS Up/Down menyala untuk menambahkan nutrisi ke dalam air.
3. Sensor pH/TDS: merupakan nilai pH/TDS dari air setelah dicampur dengan nutrisi dan diukur oleh sensor pH/TDS.

Berikut ini hasil pengujian sebanyak 8 kali percobaan yang bertujuan untuk mengetahui hasil keakuratan pada sistem secara keseluruhan.

Tabel 9. Hasil Uji Keseluruhan Sistem

UJI	pH	TDS	SISTEM PEMBERIAN NUTRISI				HASIL		KET
			pH U	pH D	TDS U	TDS D	pH	TDS	
1	7	700	0	0.5	0	0	6.2	712	√
2	3.6	491.7	1.93	0	2.57	0	5.9	632	√
3	1.5	941.8	4.46	0	0	3.38	6.1	583	√
4	6.1	687	0	0	0	0	6.1	687	√
5	12.6	1063	0	4.87	0	8.69	5.6	633	√
6	6.3	996	0	0	0	5.82	6.3	665	√
7	5.7	431.3	0	0	4.75	0	5.7	712	√
8	13.4	310.4	0	5.43	9.47	0	6.3	822	√

Dari hasil pengujian sebanyak 8 kali percobaan yang dilakukan, sistem logika fuzzy yang dirancang mampu memberikan nutrisi pada tanaman hidroponik dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata nilai pH yang dihasilkan oleh sistem dapat berada dalam rentang nilai normal pH untuk tanaman selada hidroponik. Selain itu, rata-rata nilai TDS yang dihasilkan oleh sistem juga berada dalam rentang nilai normal TDS untuk tanaman selada hidroponik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sistem logika fuzzy ini mampu memberikan nutrisi yang optimal pada tanaman selada hidroponik, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan hasil panen dari tanaman tersebut.



## **Kesimpulan**

Dari hasil pengujian secara menyeluruh, dapat disimpulkan bahwa penggunaan logika fuzzy sebagai metode penentu keluaran nutrisi sangat dapat dipercaya untuk melakukan pemantauan nutrisi secara terus menerus tanpa dibatasi waktu. Metode ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dalam menentukan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman, sehingga memastikan nutrisi berada pada titik normal yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, penggunaan sistem ini dapat membantu para pengawas tanaman hidroponik untuk memantau nutrisi pada tanaman secara lebih efektif dan efisien, sehingga dapat memastikan tanaman tumbuh optimal dan hasil panen yang berkualitas. Dalam hal ini, logika fuzzy dapat menjadi solusi yang inovatif dan efektif dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman hidroponik.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Sotyohadi, Wahyu Surya Dewa, and I Komang Somawirata, "Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 1, no. 1, 2020, doi: 10.36040/aliner.v1i1.2520.
- [2] H. Z. Efendi, B. A. Ikawanty, and S. Sungkono, "Implementasi Fuzzy Logic Controller sebagai Penentuan Kualitas Nutrisi pada Aliran Sistem Hidroponik NFT," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 5, no. 3, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v5i3.140.
- [3] F. Suryatini, S. Pancono, S. B. Bhaskoro, and P. M. S. Muljono, "Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik berbasis Fuzzy Logic berdasarkan Objek Tanam," *Elkomika J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.263.
- [4] Maulizar, Siti, Muslich Hidayat, and Nurbaiti. 2020. "Budidaya Pakcoy (Brassica Rapa L.) Dengan Menggunakan Teknik Hidroponik Sistem Nutrient Films Technique (Nft)." Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (2016).
- [5] B. Setia, "Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas," *J. Sist. Cerdas*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.37396/jsc.v2i1.18.
- [6] Mufida, Elly, Rian Septian Anwar, Rivai Abdul Khodir, and Indri Prihan Rosmawati. 2020. "Perancangan Alat Pengontrol PH Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno." *INSANtek* 1(1).
- [7] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, *Logika Fuzzy Dengan Matlab (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)*, no. July. 2018.
- [8] Suryatini, Fitria, Suharyadi Pancono, Susetyo Bagas Bhaskoro, And Putri Muthia Saraswati Muljono. 2021. "Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik Berbasis Fuzzy Logic Berdasarkan Objek Tanam." *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 9(2).