

# Sistem Kendali *Fuzzy Logic* untuk Kestabilan pH dan EC Nutrisi Pada Hidroponik

Azwar Mudzakkir Ridwan\*, Ahmad Saepul Milah, Lia Kamelia, Muhammad Rifki Renaldi Gunawan

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Bandung

\*azwarmudzakkirridwan@uinsgd.ac.id

**Abstrak**—Bidang pertanian adalah salah satu bidang yang berkembang pesat saat ini salah satunya yaitu metode tanam hidroponik yang sangat cocok dilakukan di lahan yang minim. Nilai pH dan nutrisi air harus dijaga pada metode tanam hidroponik karena sangat mempengaruhi pada pertumbuhan dan kualitas tanaman, sehingga dibutuhkan sebuah sistem untuk menjaga kestabilan nilai pH dan nutrisi tersebut. Dalam penelitian ini mengimplementasikan sistem kendali untuk menjaga kestabilan nilai pH dan EC Nutrisi pada hidroponik menggunakan *fuzzy logic* dan IoT. Terdapat 2 buah sensor yang digunakan diantaranya sensor pH dan sensor TDS yang diletakkan di tangki hidroponik, 3 buah *solenoid valve* sebagai aktuator, dan monitoring sistem menggunakan metode IoT dengan aplikasi *Blynk*. *Fuzzy logic* yang diterapkan pada sistem ini digunakan sebagai program untuk mengendalikan aktuator dalam mengalirkan pH up, pH down, dan AB Mix ke dalam tangki hidroponik. Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan metode *fuzzy logic* menghasilkan nilai pH dan EC cukup stabil dikarenakan setiap 12 jam kadar pH dan EC (ppm) selalu mendekati *set point*. Nilai pH yang didapat bernilai 7 dengan akurasi 99% dan EC bernilai 1050 dengan akurasi sebesar 98,7%. Penggunaan metode IoT dapat dikatakan efektif dikarenakan proses monitoring dapat dilakukan secara *real time* melalui tampilan di *smartphone*.

**Kata Kunci**—*Blynk*, EC Nutrisi, *Fuzzy Logic*, Hidroponik, pH

DOI: 10.22441/jte.2024.v15i3.002

## I. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi semakin berkembang pesat yang mendukung di seluruh bidang dimana salah satunya mengiringi perkembangan di bidang pertanian. Salah satu perkembangan di bidang pertanian tersebut yaitu sistem bertanam hidroponik [1]. Sistem hidroponik merupakan metode bertanam yang menggunakan media dasar tanaman dengan air yang mengandung zat tertentu untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tanamannya[2].

Hidroponik merupakan salah satu metode bercocok tanam yang sangat cocok diterapkan di lahan yang minim seperti di rumah, di atap rumah, dan lahan minim lainnya [3]. Metode hidroponik ini merupakan salah satu solusi dari masalah luas lahan pertanian yang semakin terbatas seperti disebutkan oleh Badan Pusat Statistik (2014) yang menyatakan bahwa terjadi penurunan luas lahan pertanian 100.000 – 110.000 ha per tahun[4]. Terdapat beberapa jenis hidroponik, salah satu metode hidroponik yang biasa digunakan yaitu metode *Deep Flow Technique* (DFT) dimana metode ini merupakan sebuah metode

hidroponik yang pengaliran larutannya secara zig-zag dari atas ke bawah. DFT juga memiliki beberapa model diantaranya model piramida dan model anak tangga yang mana model tersebut diminati masyarakat karena bentuknya yang indah [5].

Pada budidaya tanaman hidroponik memiliki permasalahan seperti nilai pH dan nutrisi yang tidak stabil atau berubah sepanjang waktu. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa hal seperti akar tanaman yang menyerap unsur hara dari kandungan larutan airnya atau gangguan yang disebabkan dari luar seperti polusi, air hujan, dan kontaminan lainnya [6]. Kualitas air dan nutrisi tanaman yang ditanam dengan metode hidroponik sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kualitas tanamannya, sehingga kualitas air dan nutrisi harus selalu diperhatikan dan dijaga kestabilannya [7]. Oleh karena itu, nilai pH harus dijaga pada nilai optimum tanaman dimana untuk menurunkan nilai pH bisa menggunakan asam fosfat dan untuk menaikkan pH dengan kalium hidroksida [8]. Sedangkan untuk mengatur kadar nutrisi pada hidroponik dapat menggunakan pupuk cair hayati yang dilarutkan pada larutan hidroponik [9].

Dunia teknologi yang semakin berkembang pesat memberikan dampak baik yaitu meningkatkan kualitas hidup manusia, karena dapat memberikan kemudahan dan keefektifan serta efisiensi waktu dalam mengerjakan sebuah aktivitasnya. Salah satu perkembangan tersebut yaitu sistem kendali otomatis. Sistem kendali otomatis adalah sebuah sistem yang dapat diberikan sebuah *input* (masukan) tertentu untuk menghasilkan *output* (keluaran) jika semua kondisi *input* terpenuhi sesuai dengan yang diinginkan [10].

*Fuzzy logic* merupakan sebuah sistem kendali cerdas yang biasanya digunakan untuk menghasilkan sinyal kontrol di setiap daerah kerja yang berbeda [11]. Metode *fuzzy logic* ini merupakan sebuah cara yang tepat untuk memetakan sebuah *input* ke sebuah ruang *output* dan memiliki nilai yang kontinyu [12]. *Fuzzy logic* dipilih karena memiliki keunggulan yakni memberikan performansi sistem yang lebih baik dibandingkan dengan sistem kendali konvensional terutama dalam hal *settling time*, *respon time*, dan *overshoot* [11]. Pada proses penggunaan *fuzzy logic*, terdapat hal yang harus diperhatikan salah satunya bagaimana cara mengolah *input output* melalui sistem interferensi *fuzzy* [13]. Interferensi *fuzzy* adalah proses untuk merumuskan pemetaan *input* ke *output*, yang mana pada proses ini melibatkan fungsi keanggotaan, logika operasi, dan *IF-THEN* [13].

Terdapat beberapa parameter untuk menjaga kualitas air dan sumber nutrisi pada larutan diantaranya warna, konduktivitas listrik, kekeruhan, dan pH [14]. Parameter-parameter tersebut

sangat penting untuk dijaga kestabilannya, sehingga perlu dilakukan pengaturan parameter untuk pengaturan nilai pH dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Unit pH ini memiliki rentang nilai untuk diukur dari 0 sampai 14 [15]. Dalam pengimplementasiannya menggunakan sensor pH dimana sensor pH tersebut berfungsi untuk menentukan derajat keasaman dan kebasaan suatu bahan atau larutan. Sedangkan TDS merupakan jumlah padatan yang berasal dari material yang terlarut dan dapat melewati filter yang lebih kecil dari 2  $\mu\text{m}$  [16]. Pengukuran nilai TDS ini didapatkan melalui pengukuran nilai konduktivitas listrik yang terdapat pada sensor TDS.

Pada beberapa penelitian sebelumnya seperti pada penelitian [17] yang menggunakan *fuzzy logic* untuk mengontrol kadar nutrisi dan ketinggian air pada hidroponik. Selain itu, sistem yang dibuat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang digunakan sebagai media pemantauan dan pengontrolan sistem. Hasil yang didapat pertumbuhan tanaman dengan menggunakan sistem kendali menghasilkan hasil yang lebih baik yakni 1,96 cm lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan sistem kendali hidroponik. Selain itu, metode *fuzzy logic* juga diterapkan pada sistem tanam akuaponik untuk mengontrol nilai pH air seperti pada penelitian [18], dan untuk sistem kendali kadar kandungan EC pada akuaponik [19]. Dari kedua penelitian tersebut menghasilkan keluaran sistem yang bagus tanpa *overshoot*. Dan pada penelitian [20][21], menggunakan sistem IoT untuk memonitoring sistem hidroponik yang dibuat baik menggunakan aplikasi android seperti *blink* maupun dengan berbasis *website*. Penerapan IoT ini telah mempermudah dan mengefektifkan sistem hidroponik untuk dapat di monitor secara *real time* karena kestabilan larutan pada hidroponik yang harus selalu terjaga.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka pada penelitian ini dibahas sebuah sistem kendali pH dan EC Nutrisi yang diimplementasikan pada hidroponik menggunakan *fuzzy logic* berbasis IoT. Sistem yang dibuat menggunakan interferensi *fuzzy* mamdani. Secara jelasnya pada tulisan ini terbagi menjadi beberapa bab diantaranya I berisi pendahuluan, II menjelaskan penelitian terkait, III menjelaskan metodologi penelitian, IV memuat hasil dan analisa, dan V merupakan kesimpulan.

## II. PENELITIAN TERKAIT

Dalam penelitian ini yang mengangkat tema sistem kendali untuk kestabilan pH dan EC nutrisi menggunakan *fuzzy logic* dan IoT pada Hidroponik merujuk pada beberapa penelitian terdahulu. Pada penelitian [17], dibuat sebuah sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* mamdani untuk mengontrol nutrisi pada hidroponik. Hasil penelitiannya menghasilkan nilai 95,14% dan 91,64 % masing-masing untuk kendali nutrisi dan level air dalam mencapai *setpoint*-nya, serta menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik yaitu 1,96 cm lebih tinggi dibandingkan tanpa menerapkan sistem kendali. Selain itu, sistem kontrol *fuzzy logic* ini juga bisa diterapkan pada metode bercocok tanam yang lainnya seperti akuaponik dimana pada penelitian [18] mengontrol pH-nya dan pada penelitian [19] menggunakan sistem kontrol *fuzzy logic* untuk mengontrol EC Nutrisi pada metode tanam akuaponik yang mana dari kedua penelitian tersebut memiliki sistem yang hampir mirip.

Pada penelitian yang lainnya [22] mengusulkan *fuzzy logic controller* untuk mengatur *Electrical Conductivity* (EC) dan pH larutan nutrisi dalam sistem hidroponik. Sistem kontrol yang diusulkan mendeteksi EC dan pH larutan melalui sensor dan menyesuaikan waktu kerja pompa larutan melalui pengontrol *fuzzy*. Mikrokontroler *Raspberry Pi3* digunakan dalam sistem kontrol yang diusulkan untuk mewujudkan dan memecahkan masalah penyesuaian EC dan pH larutan. Dalam pengontrol *fuzzy*, *input*-nya adalah sensor EC dan pH, dan *output*-nya adalah waktu pengoperasian pompa. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem kontrol yang diusulkan dapat secara efektif mengurangi beban pengukuran dan perhitungan yang rumit dari produsen dengan menyesuaikan larutan nutrisi.

Kemudian pada penelitian [23] juga membahas sebuah sistem kontrol *mamdani fuzzy interference system* untuk mengontrol nutrisi pada hidroponik NFT. Hasil penelitiannya sistem membutuhkan satu hingga tiga langkah kontrol untuk menormalkan pH dimana satu langkah kontrol tersebut memiliki waktu respons 60 detik. Sedangkan untuk kontrol TDS, prediksi waktu aktif pompa AB mix bekerja secara akurat, dan tingkat TDS dapat dinormalisasi dalam satu langkah kontrol. Secara keseluruhannya, berdasarkan kontrol permukaan, simulasi, dan data eksperimen nyata, sistem kontrol yang dirancang beroperasi dengan sangat baik dan dapat menormalkan pH dan TDS ke standar normal yang diinginkan.

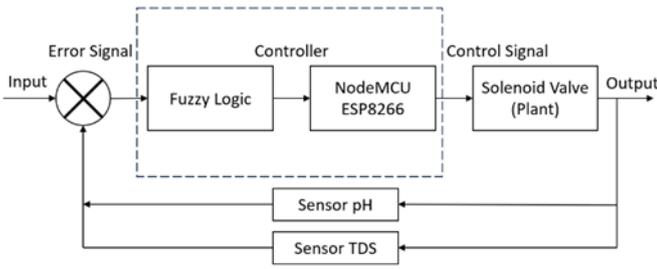
Berdasarkan paparan penelitian terkait, pada penelitian ini juga membahas sebuah sistem kontrol *fuzzy* untuk mengendalikan kadar pH dan EC nutrisi pada metode tanam hidroponik DFT dan menggunakan IoT sebagai fitur pemantauan kadar pH dan EC nutrisinya secara *real time*. Dalam penelitian ini menggunakan masukan dari sensor pH dan sensor TDS, NodeMCU ESP8266 sebagai kontrolnya dan komponen yang bertindak sebagai aktuator menggunakan *solenoid valve*.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam merancang sistem yang dibuat, perlu dipersiapkan terlebih dahulu kebutuhan software dan hardware-nya. Beberapa perangkat hardware diantaranya NodeMCU ESP8266, sensor pH, sensor TDS, solenoid valve, kabel jumper, pipa, dan hidroponik. Sedangkan untuk kebutuhan software-nya membutuhkan arduino IDE dan aplikasi Blynk. Secara lengkapnya urutan perancangan sistem yang dibuat dijelaskan sebagai berikut.

### A. Sistem Kontrol Pada Hidroponik

Jenis sistem kendali yang dipakai pada sistem kendali untuk hidroponik ini yaitu closed loop. Perancangan sebuah sistem kendali pada hidroponik ini secara umum terbagi 3 bagian yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input terdapat masukan bagian dari sensor pH masukan nilai derajat keasaman dan kebasaan, sedangkan sensor TDS sebagai masukan nilai kepadatan yang terlarut. Pada bagian proses merupakan tindakan lanjutan setelah didapatkan nilai dari sensor yang akan diproses oleh NodeMCU ESP8266 berbasis *fuzzy logic*. Kemudian pada bagian output adalah aktuator yang digunakan yaitu solenoid valve akan melakukan tindakan berupa lama dalam mengeluarkan cairan untuk menstabilkan nilai derajat keasamannya. Secara jelasnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Gambaran sistem secara umumnya yaitu terdapat dua tahapan yaitu pertama proses perancangan menggunakan logika *fuzzy* yang didalamnya terdapat proses fuzzifikasi, *fuzzy interface engine*, dan defuzzifikasi. Kemudian proses yang kedua adalah proses pengkodean menggunakan arduino dengan mengimplementasikan batasan-batasan fungsi keanggotaan yang telah dibuat sebelumnya menggunakan logika *fuzzy*. Proses pengendalian kadar EC dan pH dilakukan dengan menggunakan solenoid valve yang berisi cairan pH *Up*, pH *Down*, dan *Abmix* untuk mengatur kadar nutrisinya. Nilai keluaran dibaca oleh sensor TDS dan sensor pH yang hasilnya digunakan sebagai umpan balik dan memberikan notifikasi apakah kadar EC dan pH pada hidroponik sudah sesuai atau perlu ditambahkan.

B. *Fuzzy Logic*

Modelan sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* ini digunakan untuk mengontrol nilai pH dan EC. Nilai *input fuzzy* didapatkan dari nilai *set point* dan umpan balik dari sensor TDS. Kedua variabel input tersebut menggunakan sensor pH dan sensor TDS, dimana untuk pH dikategorikan 3 himpunan yaitu asam, netral, dan basa sedangkan untuk sensor TDS dibentuk 3 himpunan juga yaitu skurang (sangat kurang), kurang, dan cukup. Kemudian untuk variabel *output*-nya yaitu berupa *solenoid valve* yang terbagi menjadi 4 himpunan yaitu *stop*, singkat, sedang, dan lama. Dalam bahasan ini dijelaskan juga berupa persamaan fungsi, kurva fungsi keanggotaan, dan istilah-istilah linguistik serta aturan *fuzzy logic*-nya.

1) *Sensor pH*

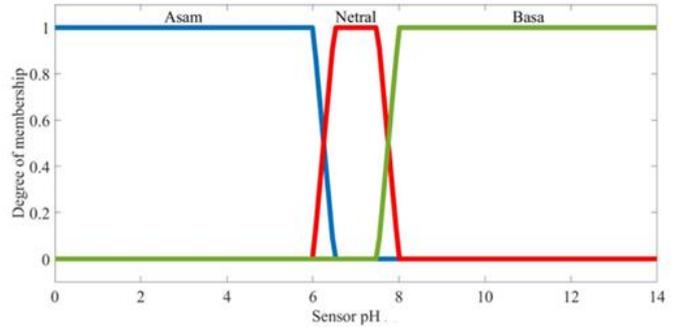
Variabel pada sensor pH ini dibagi ke dalam tiga himpunan seperti yang telah disebutkan sebelumnya yakni asam, basa, dan netral. Persamaan fungsi keanggotaan untuk variabel sensor pH ini dijelaskan pada (1) sampai (3):

$$\mu_{Asam} = \begin{cases} 1, & x < 6 \\ \frac{6,5 - x}{0,5}, & 6 \leq x \leq 6,5 \\ 0, & x \geq 6,5 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Netral} = \begin{cases} 1, & 6,5 \leq x \leq 7,5 \\ \frac{6 - x}{-0,5}, & 6 \leq x \leq 6,5 \\ \frac{8 - x}{0,5}, & 7,5 \leq x \leq 8 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Basa} = \begin{cases} \frac{8 - x}{-0,5}, & 7,5 \leq x \leq 8 \\ 1, & 8 \leq x \leq 14 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

Untuk himpunan ini menggunakan bentuk kurva trapesium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan pH

2) *Sensor TDS*

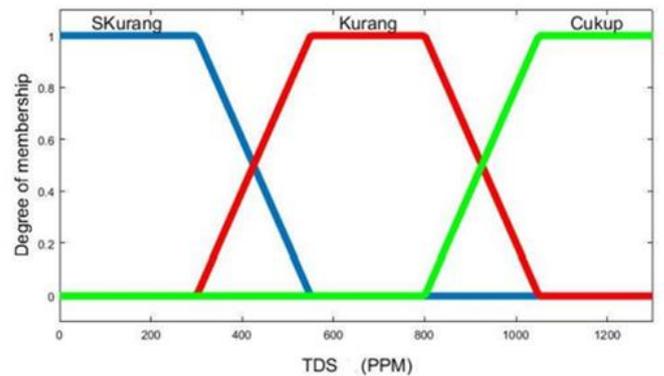
Variabel pada sensor TDS ini dibagi ke dalam tiga himpunan seperti yang telah disebutkan sebelumnya yakni Skurang, Kurang, dan Cukup. Persamaan fungsi keanggotaan untuk variabel sensor TDS ini dijelaskan pada (4) sampai (6):

$$\mu_{Skurang} = \begin{cases} 1, & x < 300 \\ \frac{550 - x}{0,5}, & 300 \leq x \leq 550 \\ 0, & x \geq 550 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Kurang} = \begin{cases} 1, & 550 \leq x \leq 800 \\ \frac{300 - x}{-250}, & 300 \leq x \leq 550 \\ \frac{1050 - x}{250}, & 800 \leq x \leq 1050 \\ 0, & 300 \leq x \leq 1050 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Cukup} = \begin{cases} \frac{500 - x}{-250}, & 800 \leq x \leq 1050 \\ 1, & 1050 \leq x \leq 1300 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (6)$$

Untuk himpunan ini menggunakan bentuk kurva trapesium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan TDS

3) *Valve pH up*

Ketika air atau larutan bersifat asam, maka untuk menaikkan nilai pH-nya menggunakan *valve pH up*. Variabel nya dibentuk pada empat himpunan yaitu *Stop*, *Singkat*, *Sedang*, dan *Lama*.

Persamaan fungsi keanggotaan untuk variabel *valve pH up* ini dijelaskan pada (7) sampai (10):

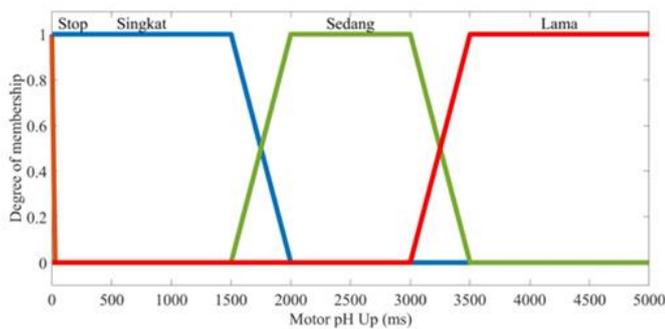
$$\mu_{Stop} = 1 = 0 \tag{7}$$

$$\mu_{Singkat} = \begin{cases} 1, & x < 1500 \\ \frac{2000 - x}{500}, & 1500 \leq x \leq 2000 \\ 0, & x \geq 2000 \end{cases} \tag{8}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 1, & 2000 \leq x < 3000 \\ \frac{1500 - x}{-500}, & 1500 \leq x \leq 2000 \\ \frac{3500 - x}{500}, & 3000 \leq x \leq 3500 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \tag{9}$$

$$\mu_{Lama} = \begin{cases} \frac{3500 - x}{-500}, & 3000 \leq x \leq 3500 \\ 1, & 3500 \leq x \leq 5000 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \tag{10}$$

Untuk himpunan ini menggunakan bentuk kurva trapesium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Motor pH up

#### 4) Valve pH down

Pada *valve pH down* juga sama seperti *valve pH up* yang variabel nya dibentuk pada empat himpunan yaitu *Stop*, *Singkat*, *Sedang*, dan *Lama*. Persamaan fungsi keanggotaan untuk variabel *valve pH up* ini dijelaskan pada (11) sampai (14):

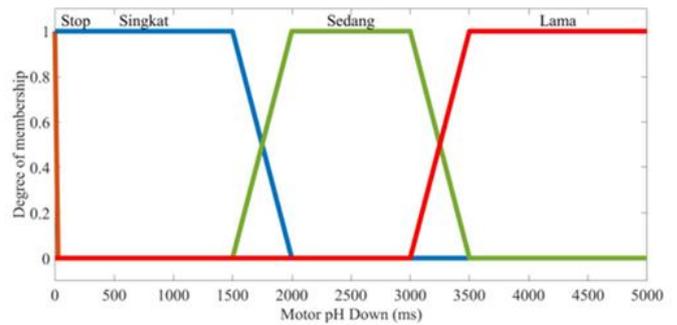
$$\mu_{Stop} = 1 = 0 \tag{11}$$

$$\mu_{Singkat} = \begin{cases} 1, & x < 1500 \\ \frac{2000 - x}{500}, & 1500 \leq x \leq 2000 \\ 0, & x \geq 2000 \end{cases} \tag{12}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 1, & 2000 \leq x < 1500 \\ \frac{1500 - x}{-500}, & 1500 \leq x \leq 2000 \\ \frac{3500 - x}{500}, & 3000 \leq x \leq 3500 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \tag{13}$$

$$\mu_{Lama} = \begin{cases} \frac{3500 - x}{-500}, & 3000 \leq x \leq 3500 \\ 1, & 3500 \leq x \leq 5000 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \tag{14}$$

Untuk himpunan ini menggunakan bentuk kurva trapesium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Motor pH down

#### 5) Valve Nutrisi

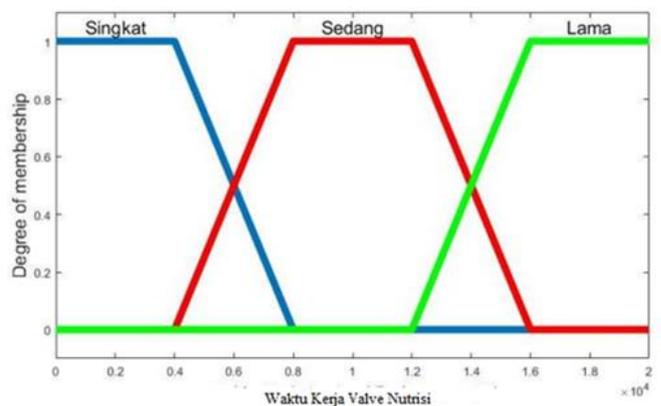
Berbeda dengan *valve pH up* dan *pH down* sebelumnya, variabel waktu *valve nutrisi* dibagi menjadi tiga himpunan yaitu *Singkat*, *Sedang*, dan *Lama*. Persamaan fungsi keanggotaan untuk variabel *valve pH up* ini dijelaskan pada (15) sampai (17) :

$$\mu_{Singkat} = \begin{cases} 1, & x < 4000 \\ \frac{8000 - x}{4000}, & 4000 \leq x \leq 8000 \\ 0, & x \geq 8000 \end{cases} \tag{15}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 1, & 8000 \leq x \leq 12000 \\ \frac{4000 - x}{-4000}, & 4000 \leq x \leq 8000 \\ \frac{16000 - x}{4000}, & 12000 \leq x \leq 16000 \\ 0, & 12000 \leq x \leq 16000 \end{cases} \tag{16}$$

$$\mu_{Lama} = \begin{cases} \frac{12000 - x}{-4000}, & 12000 \leq x \leq 16000 \\ 1, & 16000 \leq x \leq 20000 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \tag{17}$$

Untuk himpunan ini menggunakan bentuk kurva trapesium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Nutrisi

Kemudian terdapat beberapa istilah linguistik dimana pada Tabel 1 mengenai nilai dan istilah linguistik yang berkaitan dengan sensor pH.

Tabel 1. Istilah Linguistik Pada *Input* pH

Nilai Keasaman	Istilah Linguistik Sensor pH
[1 1 6 6.5]	Asam
[6 6.5 7.5 8]	Netral
[7.5 8 14 14]	Basa

Pada Tabel 2 menunjukkan variabel *input* yang digunakan untuk mengatur istilah linguistik pada nilai EC (ppm).

Tabel 2. Istilah Linguistik EC Nutrisi (ppm)

Nilai Kepadatan Terlarut (ppm)	Istilah Linguistik Sensor TDS
[0 0 300 500]	Sangat Kurang
[300 550 800 1050]	Kurang
[800 1050 1300 1300]	Cukup

Kemudian pada Tabel 3 juga masih mengenai istilah linguistik yakni pada *output* pH pada *solenoid valve* mengenai pH *up* dan pH *down*.

Tabel 3. Istilah Linguistik *Output* pH

Nilai waktu valve (ms)	Istilah Linguistik	
	pH <i>up</i>	pH <i>down</i>
[0 0 0 0]	Stop	Stop
[0 0 1500 2000]	Singkat	Singkat
[1500 2000 3000 3500]	Sedang	Sedang
[3000 3500 5000 5000]	Lama	Lama

Pada Tabel 4 menunjukkan istilah linguistik dari variabel *output* yang digunakan untuk memudahkan *fuzzy* pada variabel kadar EC nutrisi (ppm) yang terlarut.

Tabel 4. Istilah Linguistik pada *Output* ppm.

Nilai Waktu Valve (ms)	Istilah Linguistik Larutan Nutrisi
[0 0 4000 8000]	Sangat Kurang
[4000 8000 12000 16000]	Kurang
[12000 16000 20000 20000]	Cukup

Aturan-aturan *fuzzy logic* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 5, dimana setidaknya terdapat 9 aturan yang menghasilkan sebanyak 36 kemungkinan.

Tabel 5. Aturan *Fuzzy Logic* yang Dipakai

Rules	Input		Output		
	Sensor pH	Sensor TDS	pH <i>up</i>	pH <i>down</i>	Nutrisi
R1	Asam	Skurang	Lama	Stop	Lama
R2	Asam	Kurang	Sedang	Stop	Sedang
R3	Asam	Cukup	Singkat	Stop	Cukup
R4	Netral	Skurang	Sedang	Stop	Lama
R5	Netral	Kurang	Singkat	Stop	Sedang
R6	Netral	Cukup	Stop	Stop	Cukup
R7	Basa	Skurang	Stop	Lama	Lama
R8	Basa	Kurang	Stop	Sedang	Sedang
R9	Basa	Cukup	Stop	Singkat	Cukup

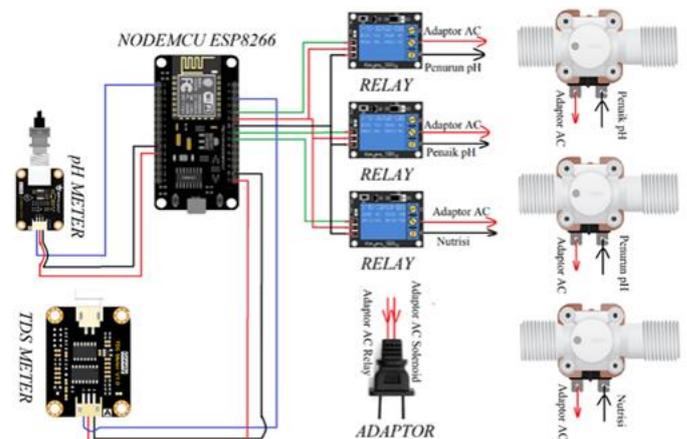
### C. Realisasi Sistem

Dalam realisasinya pada sistem hidroponik ini menggunakan pipa paralon dengan panjang 6 meter berdiameter 4 inch, dimana setiap paralon dihubungkan dengan paralon berukuran panjang 30 cm berdiameter 0,5 inch. Untuk sensor pH dan sensor TDS ditempatkan di bagian penampung air pada hidroponik. Penambahan cairan pH *up*, pH *down* dan nutrisi dilakukan pada bagian penampung air dengan komponen *solenoid valve* yang mana nantinya air dialirkan keseluruhan bagian sistem dengan pompa air. Secara lengkapnya ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sistem Hidroponik yang Dibangun

Secara lengkapnya skema rangkaian sistem kendali yang diterapkan pada sistem hidroponik ini ditunjukkan pada Gambar 8 dimana terdapat beberapa komponen yang digunakan diantaranya sensor pH, sensor TDS, *solenoid valve*, *relay*, ESP8266, dan adaptor.



Gambar 8. Skema Rangkaian Sensor pH dan TDS untuk Hidroponik

## IV. HASIL DAN ANALISA

Terdapat beberapa hal yang diuji untuk melihat kinerja sistem diantaranya yaitu pengujian sensor pH dan TDS, pengujian respon sistem, kondisi kadar pH dan EC selama 10 hari, dan kinerja IoT yang dirancang.

A. Pengujian Sensor pH dan TDS

Pengujian sensor pH ini untuk menguji pH up dan pH down yang dibandingkan dengan alat komersil pH meter dalam mengukur keasaman atau basa sebuah larutan. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian sensor pH pada larutan.

Tabel 6. Pengujian Sensor pH pada Larutan

Pengujian Ke-	Jumlah Penambahan pH up (ml)	pH meter	pH sensor	Error(%)
1	+2	3,8	4,1	7,8
2	+2	4,7	4,7	0
3	+2	5,6	5,4	3,5
4	+2	6,7	7	4,4
5	+2	7,4	7,5	1,3
6	+2	7,8	8	2,5
7	+2	8,3	8,6	3,6
8	+2	9,6	9,4	2
9	+2	10,3	10,1	1,9
10	+2	11,2	11,4	1,7
Total		75,4	76,2	0,1

Persamaan 18 menunjukkan perhitungan untuk menghitung nilai error pengukuran pH sensor yakni :

$$\%error = \frac{|pHmeter - sensorpH|}{pHmeter} \times 100\% \quad (18)$$

$$\%error = \frac{|75,4 - 76,2|}{75,4} \times 100\% = 1\%.$$

Kemudian pengujian juga dilakukan terhadap sensor TDS dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Sensor TDS Pada Larutan

Pengujian Ke-	Jumlah Penambahan pH up (ml)	pH meter	pH sensor	Error(%)
1	+2	104	105	0,9
2	+2	109	111	1,8
3	+2	115	115	0
4	+2	119	120	0,8
5	+2	124	126	1,6
6	+2	130	132	1,5
7	+2	134	136	1,5
8	+2	139	141	1,4
9	+2	144	146	1,4
10	+2	148	151	2
Total		126,6	128,3	0,1

Persamaan 19 menunjukkan perhitungan untuk menghitung nilai error pengukuran TDS sensor yakni:

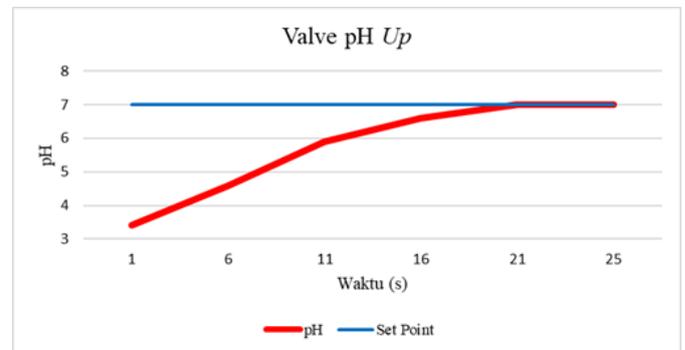
$$\%error = \frac{|TDSmeter - sensor TDS|}{TDSmeter} \times 100\% \quad (19)$$

$$\%error = \frac{|126,6 - 128,3|}{126,6} \times 100\% = 1,3\%.$$

Dari kedua operasi (18) dan (19) telah menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor pH dan sensor TDS sangat tinggi dimana error masing-masing sensor sebesar 1% dan 1,3%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor pH ini memiliki tingkat akurasi 99% dan akurasi sensor TDS sebesar 98,7%.

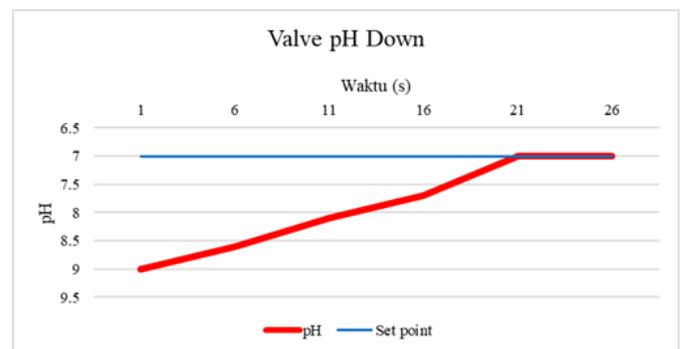
B. Respon Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk menguji kestabilan komponen *solenoid valve* pH up, pH down, dan nutrisi dalam mengatur lamanya waktu untuk mencapai nilai *set point*. Gambar 9 menunjukkan respon sistem dari pH up. Pada grafik tersebut memperlihatkan bahwa respon berada pada nilai setengah harga naik pertama kali dalam kurun waktu 8 detik, dimana untuk nilai waktu puncak didapat pada waktu selama 21 detik dan memerlukan waktu 4 detik dengan tanpa adanya *overshoot*. Kemudian pada pengujian ini didapatkan *steady state* (kondisi konstan) pada detik 21.



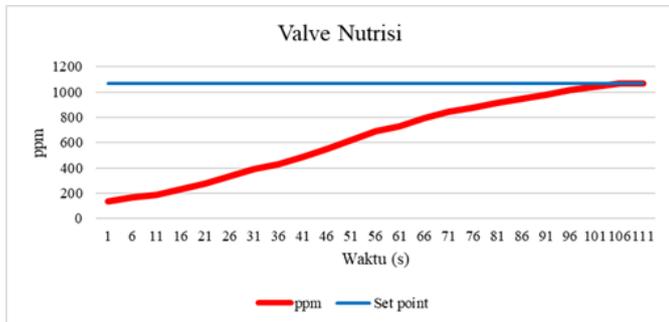
Gambar 9. Grafik Respon Sistem pH up

Selanjutnya pada Gambar 10 menunjukkan grafik respon sistem pH down dalam menguji sistem untuk menstabilkan ketika larutan bersifat basa. Hasilnya menunjukkan tidak jauh berbeda dengan *solenoid valve* pH up sebelumnya dimana perbedaannya terletak pada respon berada setengah harga naik pada pertama kalinya di 11 detik, mencapai nilai waktu puncak selama 21 detik dan waktu 4 detik tanpa *overshoot*. Kondisi *steady state*-nya juga didapatkan pada detik 21.



Gambar 10. Grafik Respon Sistem pH down

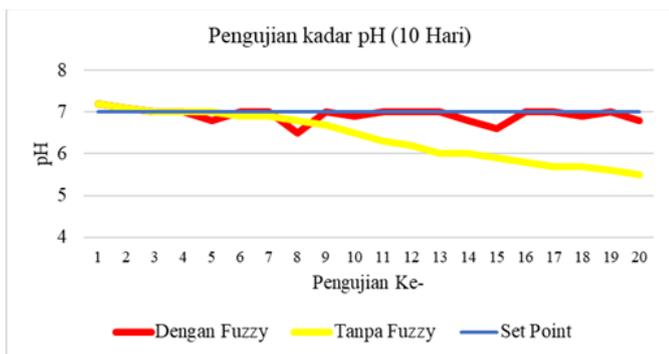
Pada Gambar 11 menunjukkan grafik respon sistem *solenoid valve* untuk nutrisi dimana respon berada pada setengah harga naik pertama kalinya pada waktu 51 detik. Sedangkan harga naik pertamanya didapat pada waktu 106 detik serta hanya memerlukan 4 detik tanpa *overshoot*. Kondisi *steady state* didapatkan dalam waktu 106 detik.



Gambar 11. Grafik Respon Sistem Valve Nutrisi

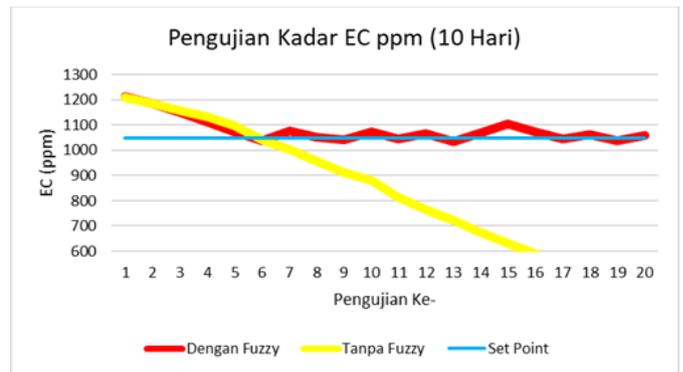
C. Kadar pH dan EC Selama 10 Hari

Pengujian kadar pH dan EC nutrisi dilakukan selama 10 hari dengan banyaknya sampel yang diambil per 12 jam sekali sebagai pembuktian bahwa sistem kendali berbasis *fuzzy* ini dapat mengontrol kadar pH dan EC dengan baik. Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 12 merupakan grafik pengujian kadar pH selama 10 hari. Nilai *set point* pada pH diatur dengan nilai 7 dan *set point* pada EC diatur dengan nilai 1050. Dari grafik tersebut dapat dianalisis bahwa sistem yang menggunakan *fuzzy* menghasilkan nilai pH yang lebih stabil dan mendekati *set point*, sedangkan sistem tanpa *fuzzy* menghasilkan nilai yang menurun semakin menjauhi nilai *set point* yang diakibatkan kadar pH larutan diserap oleh tanaman.



Gambar 12. Nilai Pengujian Kadar pH Selama 10 Hari

Pada Gambar 13 menunjukkan grafik pengujian kadar nutrisi EC (ppm) selama 10 hari dimana sistem yang menggunakan logika *fuzzy* menghasilkan nilai yang menyentuh atau mendekati nilai *set point*, sedangkan sistem yang tidak menggunakan logika *fuzzy* cenderung menghasilkan nilai ppm yang menjauhi *set point*.



Gambar 13. Pengujian Kadar ppm Selama 10 Hari

D. Kinerja IoT

Pengujian terhadap kinerja IoT ini dilakukan selama 10 hari dimana tampilan yang dimunculkan pada *gadget* atau *smartphone* menunjukkan menu tampilan pH dan ppm.



Gambar 14. Tampilan device IoT (a) keadaan offline (b) keadaan online menerima data dari sensor pH dan TDS.

Pada Gambar 14 menunjukkan tampilan menu lengkapnya monitoring nilai pH dan ppm yang dimonitoring. Aplikasi yang digunakan yaitu *blynk* dimana pada Gambar 14 (a) merupakan keadaan *offline* tidak bisa membaca data sensornya karena tidak ada internet sehingga nilainya *reset* 0. Sedangkan pada Gambar 14 (b) menunjukkan tampilan *device* ketika *online* yakni menunjukkan nilai data monitoring pH dan ppm yang otomatis nilainya *refresh* setiap 5 detik sekali.

V. KESIMPULAN

Rancang bangun sistem kendali pH dan EC nutrisi berbasis *fuzzy logic* dan IoT pada hidroponik telah berhasil dibangun dan memiliki hasil sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Hasil kinerja sistemnya sangat bagus karena sistem kendali dengan *fuzzy logic* menghasilkan keluaran pH dan EC yang stabil dan selalu mendekati nilai referensi (*set point*) tanpa adanya *overshoot*. Akurasi yang didapatkan juga sangat tinggi dimana akurasi pada pengukuran pH sebesar 99% dan pada pengukuran ppm sebesar 98,7%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Ezzahoui, R. A. Abdelouahid, K. Taji, and A. Marzak, "Hydroponic

- and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Internet of things IoT technologies.," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 191, pp. 499–504, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.07.064.
- [2] S. Indra, T. Dedi, and R. Ikhwan, "Sistem Kendali Suhu, Kelembaban Dan Level Air Pada Pertanian Pola Hidroponik," *J. Coding, Sist. Komput. Untan*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [3] I. S. Roidah, "Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik," *J. Univ. Tulungagung BONOROWO*, vol. 1, no. 2, pp. 43–50, 2014.
- [4] M. Ginanjar, A. Rahayu, and O. L. Tobing, "Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica Oleracea* Var. *Alboglabra*) Pada Berbagai Media Tanam Dan Konsentrasi Nutrisi Ab Mix Dengan Sistem Hidroponik Substrat," *J. Agronida ISSN*, vol. 7, no. 2, pp. 86–92, 2021.
- [5] S. Wibowo, "Pengaruh Aplikasi Tiga Model Hidroponik DFT Terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)," *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 8, no. 3, pp. 245–252, 2020, doi: 10.21776/ub.jkptb.2020.008.03.06.
- [6] A. R. Al Tahtawi and R. Kurniawan, "PH control for deep flow technique hydroponic IoT systems based on fuzzy logic controller," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 4, pp. 323–329, 2020, doi: 10.14710/jtsiskom.2020.13822.
- [7] H. R. Andrian and M. I. Sani, "Otomatisasi Pengaturan pH Air Pada Sistem Hidroponik dengan Metode Nutrient Film Technique," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 2405–2412, 2019.
- [8] M. Haryanto, A. Qurthobi, R. A. Salam, U. Telkom, and L. Fuzzy, "Rancang Bangun Sistem Otomasi Pemberian Larutan Nutrisi Dan Ph Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (Nft) Dengan Metode Fuzzy Logic Pada Tanaman Kailan," *eProceedings ...*, vol. 8, no. 5, pp. 5890–5899, 2021, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/16143>
- [9] F. Husnaeni and M. R. Setiawati, "Pengaruh Pupuk Hayati dan Anorganik Terhadap Populasi Azotobacter, Kandungan N, dan Hasil Pakcoy Pada Sistem Nutrient Film Technique," *J. Biodjati*, vol. 3, no. 1, pp. 90–98, 2018, doi: 10.15575/biodjati.v3i1.2252.
- [10] E. Kurniawan, C. Suhery, and D. Triyanto, "Sistem Penerangan Rumah Otomatis Dengan Sensor Cahaya Berbasis Mikrokontroler," *J. Coding Sist. Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2013.
- [11] E. S. Puspita and L. Yulianti, "Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy," *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, 2016, doi: 10.37676/jmi.v12i1.267.
- [12] H. Nasution, "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://do>
- [wnload.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan](http://www.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi%20Logika%20Fuzzy%20pada%20Sistem%20Kecerdasan%20Buatan)
- [13] N. Ismail, I. Nursalim, H. M. Saputra, and T. S. Gunawan, "Implementation of fuzzy logic control system on rotary car parking system prototype," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 706–715, 2018, doi: 10.11591/ijeecs.v12.i2.pp706-715.
- [14] A. Herlambang, "Pencemaran Air Dan Strategi," *J. Akuakultur Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 16–29, 2006.
- [15] E. Mufida, R. S. Anwar, R. A. Khodir, and I. P. Rosmawati, "Perancangan Alat Pengontrol pH Air untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno," *J. Inov.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–19, 2020.
- [16] F. Irwan and A. Afdal, "Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik Dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur Pada Beberapa Jenis Air," *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 1, pp. 85–93, 2016, [Online]. Available: <http://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/download/192/172>
- [17] 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, pp. 263–278, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.263.
- [18] M. D. Fadillah, R. Mardiaty, N. Ismail, and A. Kusdiana, "Fuzzy Logic-Based Control System to Maintain pH in Aquaponic," in *2021 7th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 2021, pp. 6–9. doi: <https://doi.org/10.1109/ICWT52862.2021.9678404>.
- [19] R. Yuhasari, R. Mardiaty, N. Ismail, and S. Gumilar, "Fuzzy Logic-Based Electrical Conductivity Control System in Aquaponic Cultivation," 2021. doi: <https://doi.org/10.1109/ICWT52862.2021.9678423>.
- [20] P. N. Safiroh W.P., G. F. Nama, and M. Komarudin, "Sistem Pengendalian Kadar PH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model Wick System," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i1.2260.
- [21] A. Prasetyo, A. B. Nugroho, and H. Setyawan, "Perancangan Sistem Monitoring Pada Hidroponik Selada (*Lactuca Sativa* L.) Dengan Metode NFT Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 4, no. 2, pp. 99–109, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/ELKOM/article/view/6102>
- [22] C. H. Chen, S. Y. Jeng, and C. J. Lin, "Fuzzy Logic Controller for Automating Electrical Conductivity and pH in Hydroponic Cultivation," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.3390/app12010405.
- [23] I. Agustian, B. I. Prayoga, H. Santosa, N. Daratha, and R. Faurina, "NFT Hydroponic Control Using Mamdani Fuzzy Inference System," *J. Robot. Control*, vol. 3, no. 3, pp. 374–383, 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i3.14714.