

## IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY PADA SISTEM KONTROL AQUAPONIK PADI

Ibnu Kahfi<sup>1</sup>, Rizana Fauzi<sup>2</sup>, Mery Subito<sup>3</sup>, Tan Suryani S<sup>4</sup>, Alamsyah<sup>5</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako<sup>1,2,3,4,5</sup>  
email : rfauzi86@gmail.com<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*Aquaponics is an agricultural system that combines fish and plant cultivation in one closed system. In an aquaponics system, the water used for fish cultivation is also used to irrigate plants with rice aquaponics as one example. However, monitoring and controlling aquaponic systems is still done manually, which has many shortcomings, including requiring a relatively long time and accuracy that is not guaranteed, especially in large-scale aquaponics management. Implementing the fuzzy algorithm in the rice aquaponics control system aims to make it easier for farmers to monitor the condition of the rice and control the water change system in the pond in real time via the Blynk application on their smartphone. This system combines ESP-32 technology, fuzzy algorithms, and the Internet of Things (IoT) to monitor and control the rice aquaponics system. The results of data collection from the implementation of the fuzzy algorithm in the rice aquaponics control system show that the tool functions well. This tool can monitor the condition of rice and control the water change system in the pond in real time using the Blynk application. The level of accuracy of implementing the fuzzy algorithm for monitoring rice conditions was 99.61% and the accuracy of implementing the fuzzy algorithm for pump control of the water change system was 98.95%.*

**Keywords :** Aquaponics, ESP-32, Fuzzy, Internet of Things, Monitoring

### INTISARI

Akuaponik adalah sebuah sistem pertanian yang menggabungkan budidaya ikan dan tanaman dalam satu sistem tertutup. Pada sistem akuaponik, air yang digunakan untuk budidaya ikan digunakan juga untuk mengairi tanaman dengan akuaponik padi sebagai salah satu contohnya. Namun untuk memonitoring dan mengontrol sistem akuaponik selama ini masih dilakukan secara manual yang memiliki banyak kekurangan diantaranya membutuhkan waktu yang relatif lama dan akurasi yang tidak terjamin terutama dalam pengelolaan akuaponik dalam skala besar. Implementasi algoritma *fuzzy* pada sistem kontrol akuaponik padi bertujuan untuk memudahkan petani dalam memonitoring kondisi padi dan mengontrol sistem pergantian air pada kolam secara *real time* melalui aplikasi *blynk* di *smartphone*. Sistem ini menggabungkan teknologi ESP-32, algoritma *fuzzy* dan *Internet of Things (IoT)* untuk memonitoring dan mengontrol sistem akuaponik padi. Hasil pengambilan data dari implementasi algoritma *fuzzy* pada sistem kontrol akuaponik padi menunjukkan bahwa alat berfungsi dengan baik. Alat tersebut mampu memonitoring kondisi padi dan mengontrol sistem pergantian air pada kolam secara *real time* pada aplikasi *blynk*. Tingkat akurasi implementasi algoritma *fuzzy* untuk monitoring kondisi padi sebesar 99.61% dan akurasi implementasi *fuzzy* untuk kontrol pompa sistem pergantian air sebesar 98.95%.

Kata kunci: Akuaponik, ESP-32, Fuzzy, Internet of Things, Monitoring.

### I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara agraris, 40% mata pencaharian mayoritas penduduknya bertani. Indonesia merupakan negara agraris karena sebagian besar atau mayoritas penduduknya bekerja di sektor pertanian selain itu Indonesia juga dilewati barisan pegunungan yang subur.

Suburnya lahan pertanian di Indonesia dikarenakan letak negara Indonesia berada di daerah yang beriklim tropis membuat proses pelapukan batuan yang terjadi di Indonesia terjadi secara sempurna yang membuat tanah menjadi subur. Indonesia juga merupakan negara kepulauan terbesar di dunia sebanyak 17.508 pulau,

dan dengan luas daratan 1.922.570 km<sup>2</sup> [3]. Salah satu komoditas utama pertanian yang menjadi tulang punggung ekonomi dan merupakan sumber utama penyediaan pangan bagi warga Indonesia adalah tanaman padi, dimana tanaman padi mempunyai peran penting dalam mencukupi kebutuhan pangan nasional oleh sebab itu peningkatan produktivitas dan efisiensi produksi padi sangat amat krusial.

Ketahanan Pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup dalam jumlah maupun mutunya, aman, merata, dan terjangkau. Ketahanan pangan bagi suatu negara merupakan hal yang sangat penting, terutama bagi negara yang mempunyai penduduk sangat banyak seperti Indonesia, jumlah penduduk Indonesia diperkirakan mencapai 220 juta jiwa pada tahun 2020 dan diproyeksikan 270 juta jiwa pada tahun 2025 [17]. Namun dalam menjaga ketahanan pangan di Indonesia, pertumbuhan penduduk yang terus menerus meningkat dari waktu ke waktu menjadi salah satu tantangan dimana pertumbuhan penduduk yang pesat dapat diartikan sebagai permintaan pangan juga semakin meningkat tetapi untuk itu, diperlukan lahan pertanian atau sawah yang meningkat juga dalam memenuhi permintaan pangan. Namun belakangan ini alih fungsi lahan pertanian ke sektor lain di Indonesia terus terjadi dan rata-rata 110.000 hektar pertahunnya. Alih fungsi ini akan diikuti dampak penurunan produksi pangan

Dalam menyiasati hal tersebut dikembangkan sistem akuaponik. Akuaponik adalah sebuah sistem pertanian yang menggabungkan budidaya ikan dan tanaman dalam satu sistem tertutup, dalam sistem akuaponik air yang digunakan untuk budidaya ikan digunakan juga untuk mengairi tanaman. Namun untuk memonitoring serta mengontrol sistem akuaponik selama ini masih dilakukan secara manual yang memiliki banyak kekurangan diantaranya membutuhkan waktu yang relatif lama dan akurasi yang tidak terjamin terutama dalam pengolahan akuaponik dalam skala besar.

Metode Fuzzy Mamdani adalah salah satu metode pengambilan keputusan yang memanfaatkan

logika fuzzy. Metode ini dikenal sebagai metode inferensi fuzzy yang paling umum digunakan, terutama dalam sistem kontrol dan pengambilan keputusan. Logika fuzzy sendiri adalah suatu metode untuk menangani ketidakpastian yang mirip dengan cara manusia mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tidak eksak. Dalam metode Fuzzy Mamdani, input dengan nilai-nilai nyata (crisp) diubah menjadi fuzzy, kemudian proses inferensi dilakukan berdasarkan aturan-aturan yang telah ditetapkan, dan akhirnya hasil fuzzy tersebut dikonversi kembali menjadi nilai nyata sebagai output. Dalam penelitian ini, metode Fuzzy Mamdani akan diterapkan untuk mengontrol sistem akuaponik padi.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Akuaponik

Akuaponik memanfaatkan metode budidaya gabungan antara perikanan dengan tanaman dalam satu wadah. Budidaya ikan merupakan usaha utama, hasil sayuran merupakan usaha sampingan atau tambahan. Akuaponik memanfaatkan secara terus menerus air dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan sebaliknya dari tanaman ke kolam ikan. Inti dari sistem teknologi ini adalah penyediaan air yang optimum untuk masing-masing komoditas dengan memanfaatkan sistem resirkulasi.

### B. NodeMCU esp-32

NodeMCU ESP-32 merupakan salah satu microcontroller yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari microcontroller ESP8266. Pada microcontroller ini memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh Arduino karena sudah tersedia fitur Wifi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi internet of things. Kemudian NodeMCU ESP-32 ini memiliki kecepatan prosesor yang cukup cepat karena sudah Dual-Core 32-bit dengan kecepatan 160/240MHz [18].

### C. Fuzzy logic

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode *min-max*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan, yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* (*Fuzzyfikasi*)

Pada metode mamdani baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi (Penalaran)

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *min*.

$$\mu_{sf}(X_i) = \min(\mu_{sf}(X_i)) \quad (2.1)$$

3. Komposisi aturan (*Fuzzy Rule*)

Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu Metode *max* (*maximum*). Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[X_i] = \max(\mu_{sf}[X_i], \mu_{kf}[X_i]) \quad (2.2)$$

4. Penegasan (*Defuzzifikasi*)

*Defuzzifikasi* pada komposisi aturan mamdani dengan menggunakan metode *centroid*. Dimana pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_a^b \mu(z)z dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \quad (2.3)$$

### D. Soil moisture module sensor

*Soil Moisture Sensor* atau sensor kelembaban tanah adalah sensor yang mendeteksi kadar air dalam tanah. Sensor ini menggunakan dua lempengan konduktor berbentuk huruf U, dua lempengan ini berbahan logam yang dapat mendeteksi volumetrik air berdasarkan konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik akan meningkat seiring meningkatnya kadar air pada media pengukuran, begitu juga sebaliknya. Nilai inilah yang menjadi parameter pengukuran kelembaban tanah ketika diaplikasikan pada tanah. Sensor ini membutuhkan tegangan 3.3-5V DC untuk bekerja.

### E. Sensor ph tanah

Sensor pH tanah adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan (pH) tanah. Informasi tentang pH tanah penting karena pH dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman, aktifitas mikroorganisme, dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

### F. Sensor ph air (pH-4502C)

Alat ukur derajat keasaman (pH meter) adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH (derajat keasaman atau kebasaan) dari suatu cairan, alat ukur kadar keasaman (pH meter) biasa terdiri dari probe pengukuran yang terhubung pada sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH. Prinsip dasar pengukuran pH dengan menggunakan pH meter adalah potensial elektrokimia yang terjadi antara larutan yang terdapat di dalam elektroda gelas yang telah telah diketahui dengan larutan yang terdapat di luar elektroda gelas yang tidak diketahui.

### G. Sensor JSN-SR04T

Sensor JSN-SR04T adalah versi upgrade dari HC-SR04, salah satu keunggulannya adalah sifat tahan air, yang juga memiliki kemampuan mengukur jarak hingga 500 cm. Oleh karena itu sensor ini dapat digunakan dengan baik dilingkungan air tanpa resiko korsleting listrik, asalkan tidak digunakan pada kedalaman yang sangat dalam, sensor ini juga dilengkapi dengan kabel bawaan sepanjang 2,5 meter. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip pemantulan gelombang suara, dimana sensor mengirimkan gelombang suara, yang kemudian dipantulkan oleh benda sekitarnya dan diterima kembali oleh sensor [5].

### H. Pompa 12V-dc high pressure 100PSI

Pompa merupakan peralatan mekanis atau mesin yang diaplikasikan untuk menyedot air dari sumber air dan menyuplainya dengan

kecepatan/tekanan yang tinggi, dijalankan dengan tegangan 12V DC dan arus minimal 2A. Kekuatan tekanan pompa dipengaruhi dari arus yang diberikan dari sumber, semakin tinggi amperenya semakin tinggi tekanan yang dihasilkan pompa.

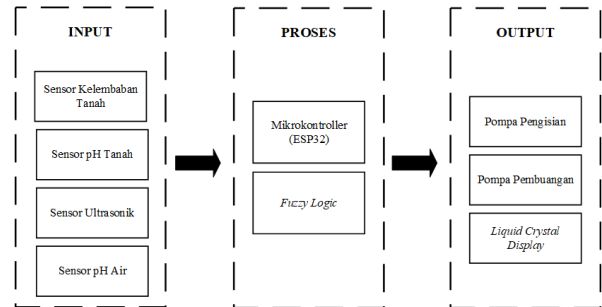
I. *Blynk*

Platform *Blynk* merupakan aplikasi iOS dan OS Android untuk mengontrol Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi melalui internet serta mampu digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan serta menyimpan data sensor serta visualisasi. *Blynk* terdiri dari 3 komponen utama, yaitu aplikasi, *server* dan *libraries*. *Blynk* aplikasi membahas terkait perubahan tampilan menggunakan *widget* yang tersedia terdiri dari beberapa kategori *widget* yaitu *Controllers*, *Displays*, dan *Notifications*. *Blynk server* berfungsi untuk menangani semua komunikasi dalam *smartphone* dengan *hardware* yang ada, *widget* yang tersedia pada *Blynk server* yaitu *Button*, *Value Display*, *Histori Graph*, *Twitter* serta *email*.

III. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian / Metode merupakan prosedur atau teknik penelitian. Antara satu penelitian dengan penelitian yang lain, prosedur dan tekniknya bisa saja berbeda. Metode ditulis menggunakan font Times New Roman ukuran 12 pt dengan line spacing 1,0 antar baris dan paragraf dan untuk first linenya 0,8. Adapun petunjuk penulisan artikel seperti penggunaan gambar dan tabel, penulisan formula matematika, singkatan dan akronim, serta rekomendasi lainnya.

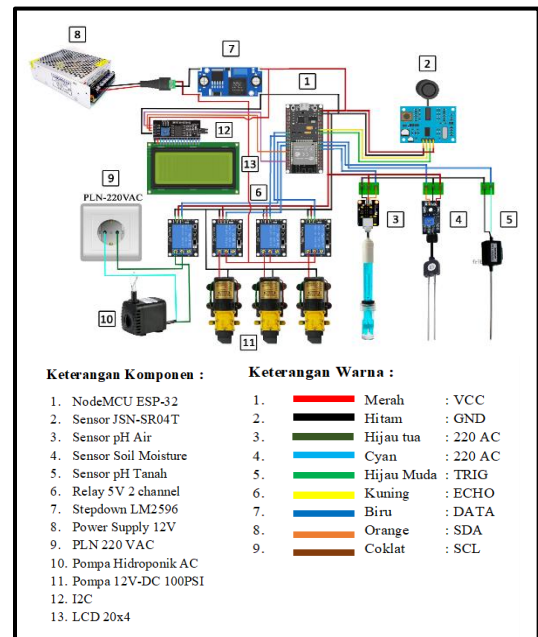
2.1. Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Gambar 3.1 adalah blok diagram perancangan sistem dimana sensor kelembaban tanah, sensor pH tanah, sensor ultrasonik, dan sensor pH air akan berperan sebagai input, hasil dari pengukuran ke empat sensor tersebut akan menghasilkan data yang akan oleh sistem mikrokontroller (ESP-32) kemudian hasilnya akan digunakan ke dalam aturan fuzzy untuk menentukan ketentuan – ketentuan yang akan mengatur pengopersian pompa sirkulasi pada kolam ikan serta keluaran pada LCD berdasarkan input sensor.

2.2. Perancangan Sistem



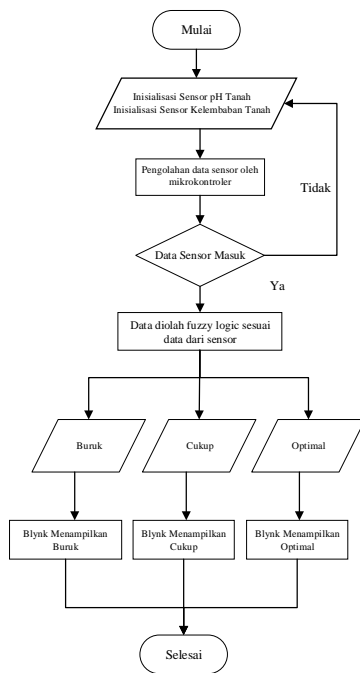
Gambar 3.2 Perancangan system

### 2.3. Desain Alat

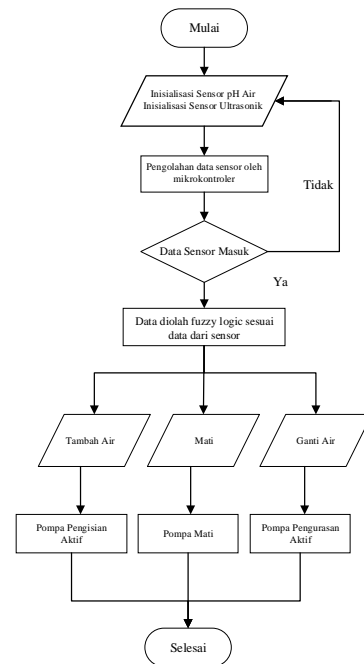


Gambar 3.3 Desain alat

### 2.4. Diagram Alir Prinsip Kerja Alat



Gambar 3.3 Diagram Alir Prinsip Kerja Alat Sistem Fuzzy Untuk Monitoring Kondisi Padi  
 Gambar 3.3 Desain alat



Gambar 3.4 Diagram Alir Prinsip Kerja Alat Sistem Fuzzy Untuk Mengontrol Sistem Pergantian Air Kolam

## IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan perangkat keras dan penelitian dengan judul “Implementasi Algoritma Fuzzy Pada Sistem Kontrol Akuaponik Padi” disajikan dalam bentuk alat, software, data, serta analisis data. Berikut adalah hasil perancangan dan penelitian.

### 1. Bentuk Fisik Alat



Gambar 4.1 Bentuk fisik alat

## 2. Pengujian Sensor

### 1. Sensor ph tanah

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor pH Tanah

No	pH Tanah		Selisih Nilai	Error (%)
	Alat ukur (Soil Tester)	Sensor pH Tanah		
1	7	6,9	0,1	1,4
2	4,5	4,4	0,1	2
3	8,5	8,3	0,2	2,3
4	6,4	6,2	0,2	3,1
5	3,7	3,63	0,07	1,8
Nilai error rata-rata				2,1

Tabel 4.1 merupakan data pengujian sensor pH tanah serta perbandingan dengan soil tester, selanjutnya dihitung selisih nilai antara sensor pH tanah dan soil tester maka akan didapatkan presentasi nilai error pembacaan sensor, dan nilai rata-rata error pembacaan sensor.

### 2. Sensor ph air

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor pH air

No	pH Air		Selisih Nilai	Error (%)
	Alat ukur (pH Meter)	Sensor pH Air (pH-4502C)		
1	6,86	6,81	0,05	0,7
2	4,01	3,89	0,12	2,9
3	9,18	9,13	0,05	0,5
4	7,80	7,62	0,18	2,3
5	2,50	2,37	0,13	5,2
Nilai error rata-rata				2,3

Tabel 4.2 merupakan data pengujian sensor pH air serta perbandingan dengan pH meter, selanjutnya dihitung selisih nilai antara sensor pH air dan pH meter maka akan didapatkan presentasi nilai error pembacaan sensor, dan nilai rata-rata error pembacaan sensor.

### 1. Sensor ultrasonic

Tabel 4. 3 Pengujian Sensor ultrasonic

No	Ketinggian Air (cm)		Selisih Nilai	Error (%)
	Alat ukur (Penggaris)	Sensor Ultrasonik JSN-SR04T		
1	5	5,1	0,1	2
2	7	6,9	0,1	1,4
3	9	8,9	0,1	1
4	11	10,8	0,2	1,8
5	13	12,8	0,2	1,5
6	15	14,4	0,6	4
7	17	16,7	0,3	1,7
8	19	18,3	0,7	3,6
9	21	20,5	0,5	2,3
10	23	22,4	0,6	2,6
Nilai error rata-rata				2,1

Tabel 4.3 merupakan data pengujian sensor ultrasonik serta perbandingan dengan penggaris, selanjutnya dihitung selisih nilai antara sensor ultrasonik dan penggaris maka akan didapatkan presentasi nilai error pembacaan sensor, dan nilai rata-rata error pembacaan sensor.

### 2. Sensor kelembaban tanah

Tabel 4. 4 Pengujian Sensor kelembaban tanah

No	Sampel Tanah	Alat ukur Soil digital meter	Sensor Kelembaban	Nilai ADC	Kelembaban (%)
1	Tanah 1	Lembab / Normal	Lembab / Normal	1865	54.91
2	Tanah 2	Lembab / Normal	Lembab / Normal	1506	63.59
3	Tanah 3	Basah	Basah	1199	71.01
4	Tanah 4	Lembab / Normal	Lembab / Normal	1608	61.13
5	Tanah 5	Kering	Kering	3671	11.25

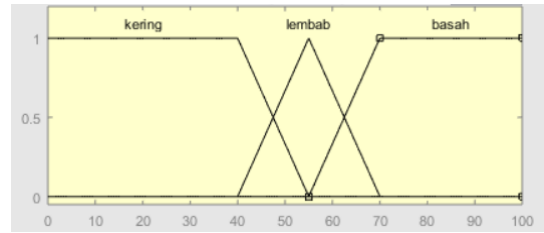
Tabel 4.4 hasil pengujian beberapa sampel tanah dengan tingkat kelembaban yang berbeda menunjukkan bahwa alat ukur dan sensor kelembaban memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi tingkat kelembaban tanah. Peneliti melakukan pengujian sensor melalui data ADC yang kemudian dikonversi menjadi kelembaban dalam persen (%). Proses konversi ini mengubah data ADC 12-bit (0-4095) menjadi persentase kelembaban (%), yaitu 1-100 %. Nilai konversi ADC ke persentase tidak mutlak akurasi karena tidak adanya alat ukur kelembaban dalam persentase sebagai alat pembanding.

## 3. Implementasi Fuzzy Logic

Himpunan fuzzy logic

Tabel 4.5 Himpunan Fuzzy Logic Monitoring Kondisi Padi

Jenis	Nama Variabel	Nama Himpunan	Nilai Range
Input	pH Tanah	Rendah	0 – 6,5
		Normal	4,5 – 8,5
		Tinggi	6,5 - 14
	Kelembaban	Kering	0 – 55 %
		Lembab	40 – 70 %
Output	Kondisi Padi	Buruk	0 – 5
		Cukup	3 – 7
		Optimal	5 - 10



Gambar 4.3 Fungsi keanggotaan sensor kelembaban tanah

Dari gambar 4.3, terlihat bahwa fungsi keanggotaan sensor ph tanah sebagai berikut :

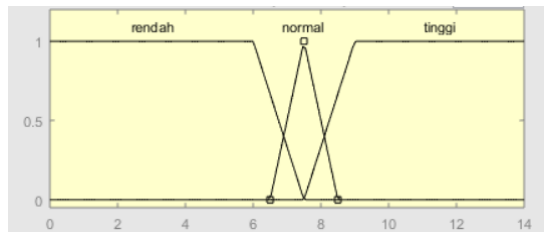
$$\mu_{kering}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 55 \\ \frac{(55-x)}{(55-40)} ; 40 < x < 55 \\ 1 ; x \leq 40 \end{cases} \quad (4.4)$$

$$\mu_{lembab}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 70 \text{ atau } x \leq 40 \\ \frac{(x-40)}{(55-40)} ; 40 < x < 55 \\ \frac{(70-x)}{(70-55)} ; 55 < x < 70 \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\mu_{basah}[x] \begin{cases} 0 ; x \leq 55 \\ \frac{(x-55)}{(70-55)} ; 55 \leq x \leq 70 \\ 1 ; x \geq 70 \end{cases} \quad (4.6)$$

Tabel 4.6 Himpunan Fuzzy Logic Kontrol Sistem Pergantian Air Kol

Jenis	Nama Variabel	Nama Himpunan	Nilai Range
Input	pH Air	Rendah	0 – 7,5
		Normal	6,5 – 8,5
		Tinggi	7,5 - 14
	Ketinggian	Rendah	0 – 15 cm
		Sedang	10 – 20 cm
Output	Kontrol Pompa	Tambah Air	0 - 5
		Mati	4 – 6
		Ganti Air	5 – 10



Gambar 4.4 Fungsi keanggotaan sensor ph air

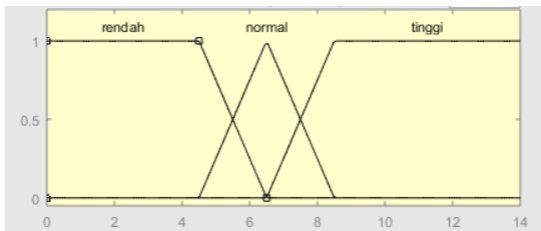
Dari gambar 4.4, terlihat bahwa fungsi keanggotaan sensor ph tanah sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 7,5 \\ \frac{(7,5-x)}{(7,5-6)} ; 6 < x < 7,5 \\ 1 ; x \leq 6 \end{cases} \quad (4.7)$$

$$\mu_{normal}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 8,5 \text{ atau } x \leq 6,5 \\ \frac{(x-6,5)}{(7,5-6,5)} ; 6,5 < x < 7,5 \\ \frac{(8,5-x)}{(8,5-7,5)} ; 7,5 < x < 8,5 \end{cases} \quad (4.8)$$

$$\mu_{tinggi}[x] \begin{cases} 0 ; x \leq 7,5 \\ \frac{(x-7,5)}{(9-7,5)} ; 7,5 \leq x \leq 9 \\ 1 ; x \geq 9 \end{cases} \quad (4.9)$$

#### 4. Fungsi Keanggotaan



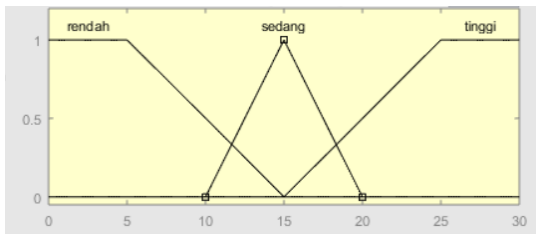
Gambar 4.2 Fungsi keanggotaan sensor ph tanah

Dari gambar 4.2 di atas, terlihat bahwa fungsi keanggotaan sensor ph tanah sebagai berikut :

$$\mu_{rendah}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 6,5 \\ \frac{(6,5-x)}{(6,5-4,5)} ; 4,5 < x < 6,5 \\ 1 ; x \leq 4,5 \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\mu_{normal}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 8,5 \text{ atau } x \leq 4,5 \\ \frac{(x-4,5)}{(6,5-4,5)} ; 4,5 < x < 6,5 \\ \frac{(8,5-x)}{(8,5-6,5)} ; 6,5 < x < 8,5 \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\mu_{tinggi}[x] \begin{cases} 0 ; x \leq 6,5 \\ \frac{(x-6,5)}{(8,5-6,5)} ; 6,5 \leq x \leq 8,5 \\ 1 ; x \geq 8,5 \end{cases} \quad (4.3)$$



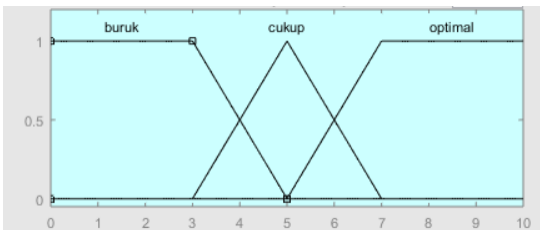
Gambar 4.5 Fungsi keanggotaan sensor ketinggian

Dari gambar 4.5, terlihat bahwa fungsi keanggotaan sensor ph tanah sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 15 \\ \frac{(15-x)}{(15-5)} ; 5 < x < 15 \\ 1 ; x \leq 5 \end{cases} \quad (4.10)$$

$$\mu_{sedang}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 20 \text{ atau } x \leq 10 \\ \frac{(x-10)}{(15-10)} ; 10 < x < 15 \\ \frac{(20-x)}{(20-15)} ; 15 < x < 20 \end{cases} \quad (4.11)$$

$$\mu_{tinggi}[x] \begin{cases} 0 ; x \leq 15 \\ \frac{(x-15)}{(25-15)} ; 15 \leq x \leq 25 \\ 1 ; x \geq 25 \end{cases} \quad (4.12)$$



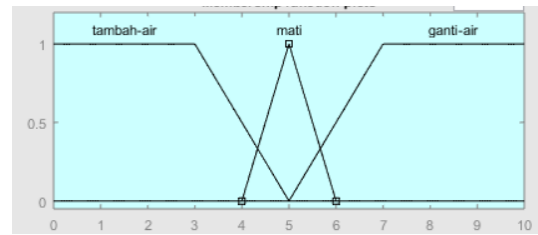
Gambar 4.6 Fungsi keanggotaan variabel kondisi padi

Dari gambar 4.6, terlihat bahwa fungsi keanggotaan sensor ph tanah sebagai berikut:

$$\mu_{buruk}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 5 \\ \frac{(5-x)}{(5-3)} ; 3 < x < 5 \\ 1 ; x \leq 3 \end{cases} \quad (4.13)$$

$$\mu_{cukup}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 7 \text{ atau } x \leq 3 \\ \frac{(x-3)}{(5-3)} ; 3 < x < 5 \\ \frac{(7-x)}{(7-5)} ; 5 < x < 7 \end{cases} \quad (4.14)$$

$$\mu_{optimal}[x] \begin{cases} 0 ; x \leq 5 \\ \frac{(x-5)}{(7-5)} ; 5 \leq x \leq 7 \\ 1 ; x \geq 7 \end{cases} \quad (4.15)$$



Gambar 4.7 Fungsi keanggotaan variabel kontrol kolam

Dari gambar 4.7, terlihat bahwa fungsi keanggotaan sensor ph tanah sebagai berikut:

$$\mu_{tambah\ air}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 5 \\ \frac{(5-x)}{(5-3)} ; 3 < x < 5 \\ 1 ; x \leq 3 \end{cases} \quad (4.16)$$

$$\mu_{mati}[x] \begin{cases} 0 ; x \geq 6 \text{ atau } x \leq 4 \\ \frac{(x-4)}{(5-4)} ; 4 < x < 5 \\ \frac{(6-x)}{(6-5)} ; 5 < x < 6 \end{cases} \quad (4.17)$$

$$\mu_{ganti\ air}[x] \begin{cases} 0 ; x \leq 5 \\ \frac{(x-5)}{(7-5)} ; 5 \leq x \leq 7 \\ 1 ; x \geq 7 \end{cases} \quad (4.18)$$

## 5. Rule Fuzzy Logic

Tabel 4.6 Data Rule Fuzzy Logic Monitoring Kondisi Padi

Rule	Input		Output
	pH Tanah	Kelambaban	Kondisi Padi
1	Rendah	Kering	Buruk
2	Rendah	Lembab	Cukup
3	Rendah	Basah	Buruk
4	Normal	Kering	Cukup
5	Normal	Lembab	Optimal
6	Normal	Basah	Optimal
7	Tinggi	Kering	Buruk
8	Tinggi	Lembab	Cukup
9	Tinggi	Basah	Buruk

Tabel 4.6 Data Rule Fuzzy Logic Monitoring Kondisi Padi



Rule	Input		Output
	pH Air	Ketinggian	Kontrol Pompa
1	Rendah	Rendah	Tambah Air
2	Rendah	Sedang	Tambah Air
3	Rendah	Tinggi	Ganti Air
4	Normal	Rendah	Tambah Air
5	Normal	Sedang	Tambah Air
6	Normal	Tinggi	Mati
7	Tinggi	Rendah	Tambah Air
8	Tinggi	Sedang	Tambah Air
9	Tinggi	Tinggi	Ganti Air

### 6. Perhitungan Fuzzy Logic

Pada penelitian ini terdapat 2 sistem fuzzy logic yaitu fuzzy logic monitoring kondisi padi dan fuzzy logic kontrol sistem pergantian air kolam maka pada perhitungan fuzzy logic akan dilakukan secara terpisah, dimana sistem fuzzy logic monitoring kondisi padi akan lebih dahulu dilakukan perhitungan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan sistem fuzzy logic kontrol sistem pergantian air kolam. Jika diketahui nilai yang terbaca pada sensor pH tanah adalah 7.57, nilai pada sensor kelembaban 69 %, pada sensor pH air terbaca nilai sebesar 8.39, dan pada sensor ketinggian bernilai 15.7 cm maka kondisi padi dan kontrol pompa pada saat itu adalah?

- Sistem Fuzzy Monitoring Kondisi Padi

#### 1. Fuzzifikasi

Berikut adalah contoh dari fuzzifikasi sebagai berikut :

Variabel sensor pH tanah :

- $\mu_{rendah}(7.57)$

$$\mu_{rendah}[7.57] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 6,5 \\ \frac{(6,5-x)}{(6,5-4,5)} & ; 4,5 < x < 6,5 \\ 1 & ; x \leq 4,5 \end{cases}$$

$$\mu_{rendah}[7.57] = 0$$

Variabel sensor kelembaban :

- $\mu_{kering}(69)$

$$\mu_{kering}[69] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 55 \\ \frac{(55-x)}{(55-40)} & ; 40 < x < 55 \\ 1 & ; x \leq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{kering}[69] = 0$$

### 2. Inferensi

Berikut adalah contoh dari inferensi sebagai berikut :

[R1] Jika sensor pH tanah dalam kondisi rendah dan sensor kelembaban dalam kondisi kering, maka kondisi pertumbuhan adalah buruk.

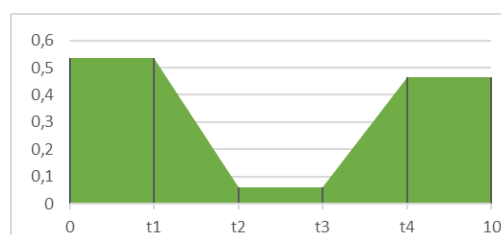
$$\begin{aligned} \text{predikat1} &= \min(\mu_{rendah}[7.57] \cap \mu_{kering}[69]) \\ &= \min(0;0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R6] Jika sensor pH tanah dalam kondisi normal dan sensor kelembaban dalam kondisi basah, maka kondisi pertumbuhan adalah optimal.

$$\begin{aligned} \text{predikat6} &= \min(\mu_{normal}[7.57] \cap \mu_{basah}[69]) \\ &= \min(0,465; 0,93) \\ &= 0,465 \end{aligned}$$

### 3. Komposisi aturan

- $\mu_{buruk}(x) = \text{maks}(0;0;0;0,535)$   
= 0,535
- $\mu_{cukup}(x) = \text{maks}(0;0;0,06)$   
= 0,06
- $\mu_{optimal}(x) = \text{maks}(0,06;0,465)$   
= 0,465



Untuk menentukan nilai z, tentukan terlebih dahulu titik perpotongan.

- $\frac{5-t_1}{5-3} = 0,535$   
 $t_1 = 5 - (0,535 \times 2) = 3,93$
- $\frac{5-t_2}{5-3} = 0,06$   
 $t_2 = 5 - (0,06 \times 2) = 4,88$
- $\frac{t_3-5}{7-5} = 0,06$   
 $t_3 = (0,06 \times 2) + 5 = 5,12$

- $\frac{t_4-5}{7-5} = 0,465$

$$t_4 = (0,465 \times 2) + 5 = 5,93$$

Sehingga didapat fungsi daerah solusi sebagai berikut :

$$\mu[z] = \begin{cases} 0,535 ; z < 3,93 \\ \frac{5-z}{5-3} ; 3,93 \leq z \leq 4,88 \\ 0,06 ; 4,88 \leq z \leq 5,12 \\ \frac{z-5}{7-5} ; 5,12 \leq z \leq 5,93 \\ 0,465 ; z > 5,93 \end{cases}$$

#### 4. Defuzzifikasi

$$z = \frac{\int_a^b \mu(z)z dz}{\int_a^b \mu(z) dz} = \frac{M_{total}}{A_{total}} = \frac{21,68381}{4,50475} = 4,81354$$

Jika pH tanah bernilai 7,57 dan kelembaban bernilai 69 %, maka keluaran dari algoritma fuzzy akan bernilai 4,81354 dan termasuk dalam kategori cukup

- Sistem Fuzzy Kontrol Sistem Pergantian Air Kolam

#### 1. Fuzzifikasi

Berikut adalah contoh dari fuzzifikasi sebagai berikut :

Variabel sensor pH air :

- $\mu_{tinggi}(8.39)$

$$\mu_{tinggi}[8.39] = \begin{cases} 0 ; x \leq 7,5 \\ \frac{(x-7,5)}{(9-7,5)} ; 7,5 \leq x \leq 9 \\ 1 ; x \geq 9 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}[8.39] = \frac{(8.39-7,5)}{(9-7,5)} = 0.593$$

Variabel sensor ketinggian :

- $\mu_{sedang}(15.7)$

$$\mu_{sedang}[15.7] = \begin{cases} 0 ; x \geq 20 \text{ atau } x \leq 10 \\ \frac{(x-10)}{(15-10)} ; 10 < x < 15 \\ \frac{(20-x)}{(20-15)} ; 15 < x < 20 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}[15.7] = \frac{(20-15.7)}{(20-15)} = 0.86$$

#### 2. Inferensi

Berikut adalah contoh dari inferensi sebagai berikut :

[R1] Jika sensor pH air dalam kondisi rendah dan sensor ketinggian dalam kondisi rendah, maka kondisi pompa adalah tambah air.

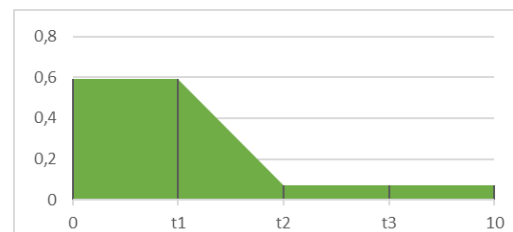
$$\begin{aligned} \text{predikat1} &= \min(\mu_{rendah}[8,39] \cap \mu_{rendah}[15,7]) \\ &= \min(0;0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R8] Jika sensor pH air dalam kondisi tinggi dan sensor ketinggian dalam kondisi sedang, maka kondisi pompa adalah tambah air.

$$\begin{aligned} \text{predikat8} &= \min(\mu_{tinggi}[8,39] \cap \mu_{sedang}[15,7]) \\ &= \min(0,593; 0,86) \\ &= 0,593 \end{aligned}$$

#### 3. Komposisi aturan

- $\mu_{tambah\ air}(x) = maks(0;0;0;0;0;0,593)$   
 $= 0,593$
- $\mu_{mati}(x) = maks(0,07)$   
 $= 0,07$
- $\mu_{ganti\ air}(x) = maks(0;0,07)$   
 $= 0,07$



Untuk menentukan nilai z, tentukan terlebih dahulu titik perpotongan.

- $\frac{5-t_1}{5-3} = 0,593$   
 $t_1 = 5 - (0,593 \times 2) = 3,814$
- $\frac{5-t_2}{5-3} = 0,07$   
 $t_1 = 5 - (0,07 \times 2) = 4,86$
- $\frac{t_3-5}{7-5} = 0,07$   
 $t_1 = (0,07 \times 2) + 5 = 5,14$

Sehingga didapat fungsi daerah solusi sebagai berikut :

$$\mu[z] \begin{cases} 0,593 ; z < 3,814 \\ \frac{5-z}{5-3} ; 3,814 \leq z \leq 4,86 \\ 0,07 ; z > 4,86 \end{cases}$$

#### 4. Defuzzifikasi

$$z = \frac{\int_a^b \mu(z)z dz}{\int_a^b \mu(z) dz} = \frac{M_{total}}{A_{total}} = \frac{8,442554}{2,968251} = 2,84429$$

Jika pH air bernilai 8,39 dan ketinggian bernilai 15,7 cm, maka keluaran dari algoritma fuzzy akan bernilai 2,88429 dan termasuk dalam kategori tambah air.

### 7. Pengujian Secara Keseluruhan

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Alat

Percobaan ke	Pembacaan Sensor				Nilai Output Fuzzy Padi	Nilai Output Fuzzy Kolam	Keterangan Output Fuzzy Padi	Keterangan Output Fuzzy Kolam
	Sensor pH Air	Sensor pH Tanah	Sensor Kelembaban (%)	Sensor Ultrasonik (cm)				
1	8.39	7.57	69	15.7	4.81	2.82	Cukup	Tambah Air
2	7.56	6.53	90	20.5	7.83	5.51	Optimal	Mati
3	4.32	7.2	42	21.28	4.25	7.80	Buruk	Ganti Air
4	8.16	6.37	63	20.81	7.01	7.23	Optimal	Ganti Air
5	8.52	7.2	73	16.3	5.8	3.22	Cukup	Tambah Air

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Fuzzy Monitoring Kondisi Padi

Percobaan Ke	Nilai Output Fuzzy Alat	Nilai Output Fuzzy Hitung Manual	Error (%)	Tingkat akurasi (%)
1	4.81	4,81354	0.07	99.93
2	7.83	7.85091	0.2	99.8
3	4.25	4.25201	0.04	99.96
4	7.01	7.1174	1.5	98.5
5	5.8	5.80705	0.12	99.88
Rata rata			0.386	99.614

Tabel 4.9 Pebandingan Hasil Fuzzy Kontrol Sistem Pergantian Air Kolam

Percobaan Ke	Nilai Output Fuzzy Alat	Nilai Output Fuzzy Hitung Manual	Error (%)	Tingkat akurasi (%)
1	2.82	2,88429	2.22	97.78
2	5.51	5.50171	0.15	99.85
3	7.80	7.79726	0.03	99.97
4	7.23	7.22	0.13	99.87
5	3.22	3.1329	2.7	97.3
Rata rata			1.046	98.954

Tabel 4.14 hasil pengujian yang didapatkan, nilai error terbesar yaitu 1,5 % pada percobaan ke empat dengan nilai output fuzzy alat 7.01 dan nilai output fuzzy perhitungan 7.1174. Nilai error terkecil yaitu 0.04 % pada percobaan ke tiga dengan nilai output fuzzy alat 4.25 dan nilai output fuzzy perhitungan 4.25201. Berdasarkan tabel juga didapatkan nilai rata rata error sebesar 0.39 %, sehingga tingkat akurasi kinerja keberhasilan implementasi algoritma fuzzy monitoring kondisi padi pada sistem kontrol akuaponik padi untuk memonitoring pertumbuhan padi sebesar 99.614 %.

Tabel 4.15 hasil pengujian yang didapatkan, nilai error terbesar yaitu 2.7 % pada percobaan ke lima dengan nilai output fuzzy alat 3,22 dan nilai output fuzzy perhitungan 73,1329. Nilai error terkecil yaitu 0.03 % pada percobaan ke tiga dengan nilai output fuzzy alat 7,80 dan nilai output fuzzy perhitungan 7,79726. Berdasarkan tabel juga didapatkan nilai rata rata error sebesar 1.05 %, sehingga tingkat akurasi kinerja keberhasilan implementasi algoritma fuzzy kontrol sistem pergantian air kolam pada sistem kontrol akuaponik padi untuk mengontrol pompa pengisian dan pompa pembuangan pada sistem pergantian air pada kolam ikan sebesar 98.954 %.

### V. KESIMPULAN

1. Hasil perancangan dan pembuatan sistem monitoring padi dan kontrol sistem pergantian air pada kolam ikan secara otomatis dalam sistem akuaponik padi dengan menggunakan algoritma fuzzy logic dan menggunakan mikrokontroler ESP 32 dapat memonitoring

- pertumbuhan padi dan mengontrol pompa sistem pergantian air pada kolam ikan secara real time melalui IoT Blynk.
2. Pengolahan data menggunakan algoritma fuzzy Mamdani menghasilkan keputusan yang tepat baik fuzzy untuk monitoring kondisi padi maupun fuzzy untuk mengontrol pompa sistem pergantian air pada kolam ikan berdasarkan parameter – parameter yang telah ditentukan ke dalam algoritma fuzzy dengan tingkat akurasi adalah 99.61% untuk monitoring kondisi padi dan akurasi sebesar 98.95% untuk kontrol pompa sistem pergantian air.
  3. Hasil pengukuran sensor pH air, sensor pH tanah, sensor kelembaban tanah dan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air dalam kolam data diakses secara real time.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad andi nur Alfiansah, A. K. (2021). Rancang Bangun Alat Pengontrolan Rancang Bangun Alat Pengontrolan. prosiding SNp2m Umaha.
- [2] Akbar, A. R. (2022). Perbandingan Kinerja Pengendalian Frekuensi Beban Menggunakan Flow Valve Control (FWC) Berbasis FUZZY-PI Dengan Electronic Load Controller (ELC) Pada PLTMH (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- [3] Ayun, Q., Kurniawan, S., & Saputro, W. A. (2020). Perkembangan konversi lahan pertanian di bagian negara agraris. Vigor: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika, 5(2), 38-44.
- [4] Ekocahya, M. R. (2016). Rancang Bangun Pengaturan Katup Aliran Debit Air (Water Flow Control) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Fuzzy Logic Control.
- [5] Heru Purwanto, M. R. (2019). Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air. Jurnal SIMETRIS.
- [6] Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan esp32. J. Media Elektr, 17(2), 2721-9100.
- [7] Kesuma, B. C. J., Tibyani, T., & Ichsan, M. H. H. (2018). Implementasi metode fuzzy pada akuaponik deep water culture berdasarkan derajat keasaman dan ketinggian air. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2(11), 5192-5200.
- [8] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2.
- [9] Kuswinta, A. J., & Arimbawa, I. W. A. (2019). Implementasi IoT cerdas berbasis inference fuzzy Tsukamoto pada pemantauan kadar pH dan ketinggian air dalam akuaponik. Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine), 3(1), 65-74.
- [10] Prasetyo, I. B., Riadi, A. A., & Chamid, A. A. (2021). Perancangan Smart Aquarium Menggunakan Sensor Turbidity Dan Sensor Ultrasonik Pada Akuarium Ikan Air Tawar Berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknologi, 13(2), 193-200.
- [11] Puspita, E. S., & Yulianti, L. (2016). Perancangan sistem peramalan cuaca berbasis logika fuzzy. Jurnal Media Infotama, 12(1).
- [12] Riskiono, S. D., Pamungkas, R. H. S., & Arya, Y. (2020). Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Sayur Berbasis Arduino Dengan Sensor Kelembaban Tanah. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik, 1(1), 23-32.
- [13] Rozie, F., Syarif, I., Al Rasyid, M. U. H., & Satriyanto, E. (2021). Sistem Akuaponik untuk Peternakan Lele dan Tanaman Kangkung Hidroponik Berbasis IoT dan Sistem Inferensi Fuzzy. J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput, 8(1), 157.
- [14] Setiawan, A. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Air Sawah Menggunakan Konsep Internet Of Things Berbasis Android. fak.teknologi informatika UTY.