

## Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis pada Tanaman Pinang Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*

Bayti Widya Rezky<sup>1</sup>, Irma Nirmala<sup>2</sup>, Kartika Sari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>bayti.widya@student.untan.ac.id, <sup>2</sup>irma.nirmala@siskom.untan.ac.id,

<sup>3</sup>kartika.sari@siskom.untan.ac.id

Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak,

Kalimantan Barat

### Informasi Artikel

Diterima : 21 Jan 2024

Direview : 23 Feb 2024

Disetujui : 23 Apr 2024

### Kata Kunci

Arduino Uno, *Fuzzy Mamdani*, Sistem Otomatis, Sensor, Pinang.

### Abstrak

Tanaman pinang dapat tumbuh pada kelembapan tanah sekitar 60 - 80%, dengan pH tanah antara 4 - 8, dan suhu optimum 20 - 32°C. Tanaman pinang membutuhkan pasokan air dan pupuk dengan kadar yang sesuai dan pemberiannya dilakukan secara terjadwal untuk mendapatkan pertumbuhan yang optimal. Maka dari itu, dikembangkan sebuah sistem yang dapat mengambil keputusan durasi penyiraman dan pemupukan otomatis yang bekerja secara terjadwal. Penelitian ini menggunakan logika *fuzzy mamdani* yang diintegrasikan dengan Arduino Uno sebagai pengendali utama sistem. Sensor DHT11, *capacitive soil moisture sensor*, dan sensor pH tanah dijadikan parameter masukan *fuzzy*. Pengujian sistem dilakukan dengan jadwal penyiraman setiap hari pada pukul 08.00 dan 16.00, pemupukan dijadwalkan setiap seminggu sekali pada pukul 10.00 menggunakan *Real Time Clock* (RTC). Sistem inferensi *fuzzy* yang dirancang telah berhasil mengatasi permasalahan yang ada. Hasil pengujian basis aturan *fuzzy* pada proses penyiraman didapatkan nilai akurasi sebesar 93% dan proses pemupukan diperoleh nilai akurasi sebesar 86%.

### Keywords

Arduino Uno, *Fuzzy Mamdani*, Automatic System, Sensor, Areca Nut.

### Abstract

The betel plant thrives at a soil moisture level of 60-80%, a soil pH of 4-8 and an optimal temperature of 20-32°C. Betel plants require an adequate supply of water and fertilizers and their application is timed to achieve optimal growth. Therefore, a system was developed that makes automated decisions about irrigation and fertilization times according to a schedule. The research used Mamdani's fuzzy logic integrated into the Arduino Uno as the main controller of the system. The DHT11 sensor, the capacitive soil moisture sensor and the soil pH sensor are used as fuzzy input parameters. The system is tested with a daily watering schedule at 8:00 a.m. and 4:00 p.m. and fertilization is scheduled once weekly at 10:00 a.m. using a real-time clock (RTC). The designed fuzzy inference system successfully solved the existing problems. Testing the fuzzy rule base in the irrigation process resulted in an accuracy of 93%, while in the fertilization process an accuracy of 86% was achieved.

## A. Pendahuluan

Tanaman Pinang termasuk komoditas perkebunan yang memiliki prospek pasar cukup baik dan sudah banyak dibudidayakan di beberapa wilayah Indonesia, seperti Aceh, Jambi, Riau, hingga ke Kalimantan [1]. Pada budidaya tanaman pinang, faktor penentu keberhasilan tanaman yaitu kondisi lingkungan harus sesuai dengan syarat tumbuhnya sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan yang optimal [2]. Faktor penting yang menjadi syarat tumbuh tanaman pinang meliputi kelembapan tanah, pH tanah, dan *temperatur*. Tanaman pinang membutuhkan kelembapan tanah sekitar 60 - 80%, dengan pH tanah antara 4 - 8, dan suhu optimum 20 - 32°C [3]. Tanaman pinang membutuhkan pasokan air dan pupuk dengan kadar yang sesuai dengan kebutuhan dan pemberiannya dilakukan secara terjadwal. Pemberian air dan pupuk dengan kadar yang berlebihan akan menyebabkan kematian pada tanaman. Selain itu, petani juga perlu memperhatikan nilai kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu udara di area pembibitan. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyedot cairan tanaman dan membuat tanah menjadi kering, sehingga perlu dilakukan penyiraman misalnya pada pagi dan sore hari. Tanaman juga memerlukan nutrisi, sehingga diberikan melalui pemupukan.

Oleh sebab itu, diperlukan sistem yang dapat mengambil keputusan durasi penyiraman dan pemupukan berdasarkan nilai parameter suhu, kelembapan tanah, pH tanah, dan dapat bekerja secara terjadwal. Sistem diterapkan sebuah metode yang dapat memprediksi lama waktu penyiraman dan pemupukan berdasarkan kondisi tertentu. Salah satu metode yang dapat diterapkan pada sistem penyiraman dan pemupukan otomatis adalah metode logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* memiliki tingkat akurasi dan toleransi yang tinggi terhadap suatu ketidakpastian jika dibandingkan dengan logika klasik yang tingkat akurasi dan toleransinya masih kurang. Logika *fuzzy* dapat mengatasi ketidakpastian dalam pengukuran, dan dapat menghasilkan *output* berdasarkan kondisi yang tidak pasti [4]. Ada beberapa model pada *fuzzy inference system*, satu diantaranya yaitu model *fuzzy mamdani*.

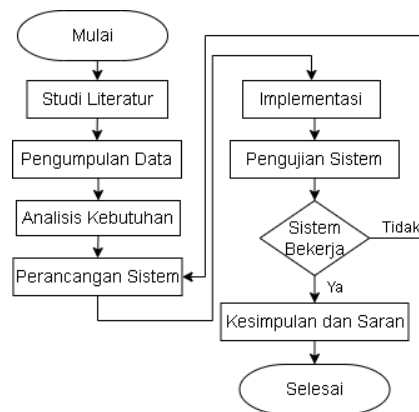
Pada penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Syafaat, dkk. Pada tahun 2022 menggunakan sensor LUX (BH1750) untuk membaca intensitas cahaya dan *capacitive soil moisture sensor* untuk mengukur kelembapan tanah pada tanaman umbi porang. Untuk pemrosesan dan kendali sistem digunakan arduino uno dengan sistem pakar logika *fuzzy* [5]. Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Sinaga & Aswardi pada tahun 2020 menggunakan *soil moisture sensor* untuk membaca nilai kelembapan tanah, RTC berfungsi sebagai penjadwalan pemberian pupuk cair, dan *relay* berfungsi untuk menghidup matikan pompa. Untuk menampilkan hasil deteksi digunakan *Liquid Crystal Display* (LCD). Sistem bekerja berdasarkan informasi dari sensor mengenai kondisi tanah dengan pengontrolan yang dilakukan oleh mikrokontroler arduino [6]. Di tahun 2021 Ardyanti melakukan penelitian menggunakan *fuzzy mamdani* sebagai pengambil keputusan pada saat tanaman akan disiram berdasarkan nilai dari sensor suhu udara dan sensor kelembapan tanah [7].

Berdasarkan permasalahan yang terjadi diatas, maka dilakukan penelitian untuk mengimplementasikan metode *fuzzy mamdani* pada sistem penyiraman dan pemupukan otomatis. Metode ini akan memprediksi dan mengambil keputusan durasi penyiraman dan pemupukan berdasarkan nilai masukan dari sensor DHT11, sensor *capacitive soil moisture*, dan sensor pH tanah, yang kemudian hasil

keluarannya akan diteruskan ke *relay* untuk menghidup matikan pompa. Sistem ini juga bekerja secara terjadwal yang diatur melalui RTC (*Real Time Clock*). Hasil data deteksi sensor dan keluaran *fuzzy* akan ditampilkan pada layar LCD.

## B. Metode Penelitian

Penelitian ini membangun sistem penyiraman dan pemupukan otomatis dengan menerapkan metode *fuzzy mamdani*. Serangkaian proses yang dilakukan meliputi berbagai tahapan yang ditampilkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### 1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mencari informasi dan dokumen pendukung. Data yang didapatkan berasal dari hasil wawancara, buku, artikel, dan jurnal yang berkaitan dengan topik penelitian.

#### a. Tanaman Pinang

Tanaman pinang tergolong kedalam *famili Palmaceae* dan berguna sebagai bahan baku industri farmasi. Pada pembibitan tanaman pinang perlu dilakukan penyiraman pada pagi dan sore hari sebanyak 0,25 l/polybag. Pemupukan diberikan seminggu sekali dengan dosis 4 g/polybag untuk jenis pupuk padat, dan 2 g/l air untuk pupuk cair [3].

#### b. Arduino Uno

Arduino Uno digunakan untuk memproses *input* dan mengendalikan seluruh komponen perangkat keras. Arduino Uno diprogram agar rangkaian elektronik dapat melakukan pembacaan, mengolah data, dan menghasilkan keluaran yang diinginkan[8].

#### c. Capacitive Soil Moisture Sensor

*Soil moisture sensor* adalah komponen yang dapat membaca nilai kelembaban tanah. Sensor ini dapat digunakan pada sistem pertanian dan perkebunan. Sensor ini juga dapat digunakan dalam sistem irigasi [9].

#### d. Sensor pH Tanah

Sensor ini digunakan untuk membaca tingkat konsentrasi tanah dan keasaman tanah. Nilai keluaran pada sensor diubah menjadi nilai analog berupa sinyal tegangan. Kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk mengetahui nilai pH tanah [10].

#### e. Sensor DHT11

Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Stabilitas yang dimiliki sensor DHT11 sangat baik dan ukurannya yang kecil, serta mampu mentransmisikan sinyal hingga 20 meter dengan spesifikasi digital *interfacing system*. Konsumsi daya DHT11 sangat rendah dengan tegangan 5 V dan rata-rata arus maksimum sekitar 0.5 mA [8].

f. Pompa DC

Pompa DC menggunakan motor DC dan tegangan DC sebagai sumber tegangannya. Kelebihan dari pompa DC yaitu lebih efisien, dan kekurangannya yaitu daya yang dimiliki tidak sebesar pompa AC [11].

g. Modul *Relay*

*Relay* yaitu sakelar untuk memutus dan menghubungkan arus listrik. Terdapat dua koneksi pada *relay* yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Ketika kondisi NO diberi nilai 1 (*high*) maka akan menghubungkan arus listrik sedangkan NC jika diberi nilai 0 (*low*) maka memutuskan arus listrik [10].

h. *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4

LCD 20x4 berguna untuk menyajikan informasi berupa huruf, angka, dan karakter. LCD 20x4 ini memiliki kapasitas tampilan 20 kolom dan 4 baris [12].

i. *Real Time Clock* (RTC)

RTC memiliki ketepatan waktu yang tinggi dan dapat menerima dan menyimpan data secara *realtime* berupa dekripsi waktu, hari, tanggal, bulan, dan tahun [13].

j. Logika *Fuzzy*

Logika *Fuzzy* adalah logika dengan nilai ambigu (*fuzzyness*) antara benar dan salah. Suatu nilai dapat dikatakan benar atau salah secara bersamaan. Tingkat kebenaran dan kesalahan tergantung pada derajat keanggotaannya. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan 0 hingga 1 [9]. Pada penelitian ini, metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk pengambil keputusan lama waktu penyiraman dan pemupukan. Untuk menghasilkan keluaran pada *fuzzy mamdani* dilakukan 4 langkah yaitu fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

k. Akurasi

Akurasi merupakan nilai pendekatan ketelitian terhadap nilai sebenarnya [14]. Untuk mendapatkan nilai akurasi digunakan Persamaan 1.

$$\text{Akurasi} = \frac{\Sigma \text{Data} - \Sigma \text{Data salah}}{\Sigma \text{Data}} \times 100\% \quad (1)$$

## 2. Pengumpulan Data

Data didapatkan dari hasil wawancara langsung ke petani pinang seperti cara pembibitan dan perawatan, untuk dijadikan acuan penelitian. Selain itu juga, dilakukan pengumpulan data dari buku, jurnal, dan artikel terkait yang menunjang penelitian.

## 3. Analisis Kebutuhan

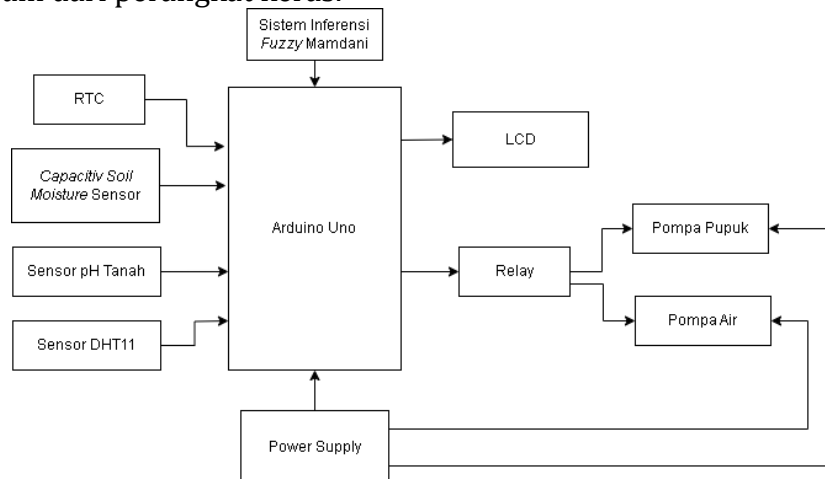
Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan kebutuhan *hardware* dan *software* pada sistem yang akan dibangun. Kebutuhan *hardware* seperti Arduino Uno, sensor DHT11, *capacitive soil moisture sensor*, sensor pH tanah, RTC, LCD, *relay*, dan pompa. Sedangkan kebutuhan *software* yaitu Arduino IDE untuk menulis kode program.

#### 4. Perancangan Sistem

Tahapan ini dilakukan untuk merancang sistem penyiraman dan pemupukan otomatis pada tanaman pinang menggunakan metode *fuzzy mamdani*.

##### a. Perancangan Perangkat Keras

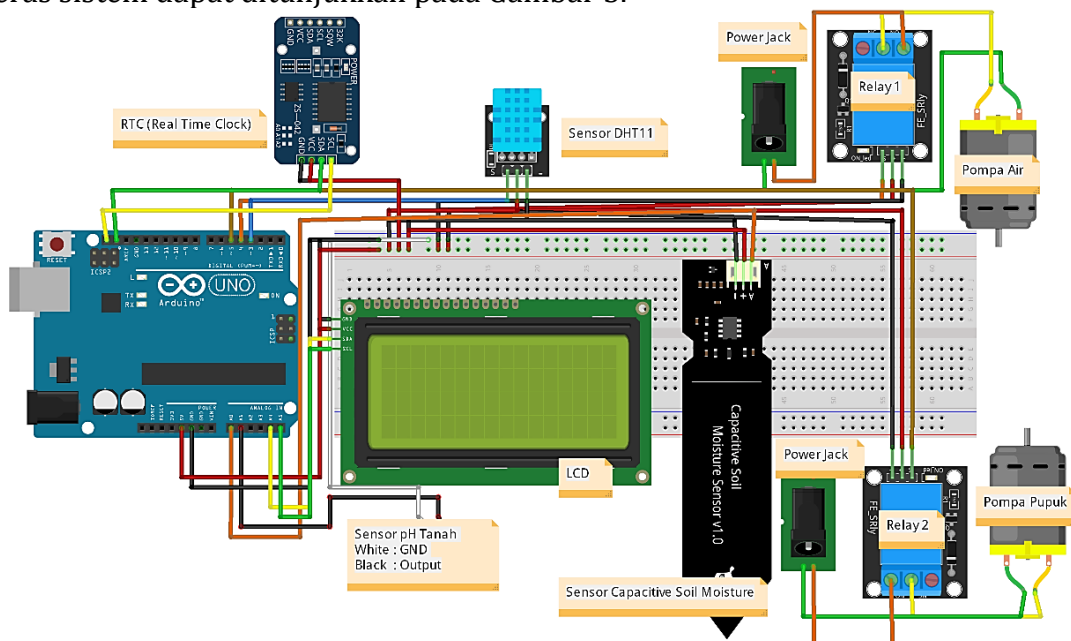
Pada Gambar 2 menunjukkan diagram blok yang menggambarkan alur kerja secara umum dari perangkat keras.



**Gambar 2.** Diagram Blok

Terdapat komponen *Real Time Clock* (RTC) untuk pengatur waktu, tiga komponen masukan yaitu sensor suhu, sensor kelembapan tanah, dan sensor pH tanah, serta 2 komponen keluaran yaitu LCD, dan *relay*. Keseluruhan komponen dihubungkan ke Arduino Uno. Pada Arduino Uno ditanamkan sebuah metode yaitu logika *fuzzy mamdani* untuk mengambil keputusan pada sistem. Arduino Uno dan pompa dihubungkan dengan adaptor yang digunakan sebagai sumber daya listrik.

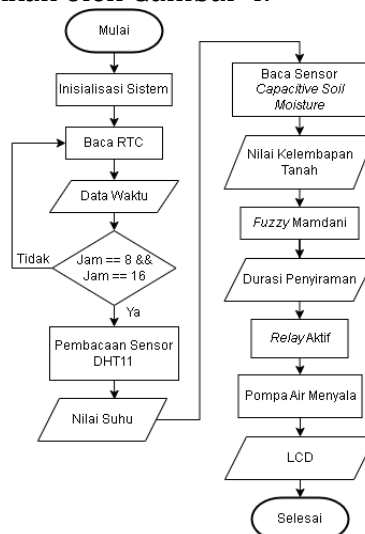
Semua komponen perangkat keras digabungkan untuk menghasilkan sistem yang utuh dan dapat berfungsi dengan baik. Rancangan keseluruhan perangkat keras sistem dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Rancangan Keseluruhan Perangkat Keras Sistem

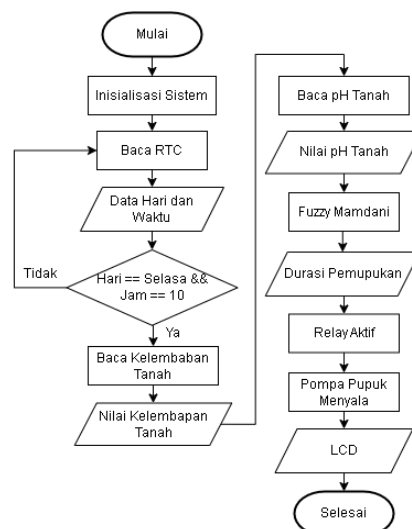
### b. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak didesain untuk memberikan gambaran bagaimana alur kerja pemrograman yang terjadi antara komponen *hardware* dengan *software*. Alur kerja sistem penyiraman ditunjukkan oleh Gambar 4.



**Gambar 4.** Alur Kerja Penyiraman

Berdasarkan Gambar 4 alur kerja pada proses penyiraman dimulai dari inisialisasi sistem, dilanjutkan dengan pembacaan waktu oleh RTC. Sistem akan mengecek apakah pembacaan waktu sesuai dengan jam yang telah dijadwalkan yaitu jam 08.00 dan 16.00, jika sesuai maka dilanjutkan dengan pembacaan suhu dan kelembapan tanah, lalu nilai dari sensor diproses menggunakan *fuzzy mamdani*, dan hasil yang didapatkan dari proses tersebut digunakan untuk mengaktifkan *relay* untuk menghidupkan pompa sesuai dengan nilai keluaran *fuzzy*. Hasil pembacaan sensor dan keluaran *fuzzy* ditampilkan pada layar LCD. Proses penyiraman dan pemupukan bekerja secara terpisah dan masing-masing mempunyai nilai *input* yang berbeda, sehingga sistem bekerja secara bergantian berdasarkan jadwal yang telah ditetapkan. Alur kerja dari sistem pemupukan ditunjukkan oleh Gambar 5.



**Gambar 5.** Alur Kerja Pemupukan

Untuk memulai proses pemupukan dilakukan inisialisasi pada sistem, dilanjutkan dengan pembacaan RTC. Kemudian sistem akan mengecek apakah hari dan waktu sesuai dengan yang dijadwalkan. Jika tidak maka sistem akan terus melakukan pembacaan RTC. Apabila pembacaan hari dan waktu sesuai, maka dilanjutkan dengan pembacaan *capacitive soil moisture sensor* dan sensor pH tanah. Nilai hasil pembacaan sensor diproses oleh Arduino Uno dengan metode *fuzzy mamdani*, untuk menghasilkan keluaran berupa durasi pemupukan. *Relay* akan aktif dan menghidupkan pompa pupuk sesuai dari hasil keluaran *fuzzy*. Hasil pembacaan sensor dan hasil keluaran *fuzzy* ditampilkan di layar LCD.

c. Perancangan Sistem Inferensi Logika *Fuzzy Mamdani*

Proses inferensi *fuzzy* terdiri dari empat tahapan, yaitu fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

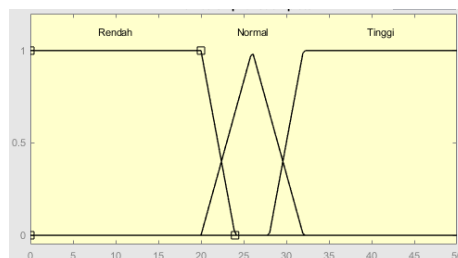
a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahap pembentukan himpunan keanggotaan dari setiap parameter sehingga didapatkanlah aturan (*inference*) [5]. Variabel *input* pada sistem ini yaitu suhu, kelembapan tanah, dan pH tanah, sedangkan variabel keluaran berupa durasi penyiraman dan pemupukan yang dilakukan oleh pompa. Tabel 1 menunjukkan himpunan *fuzzy* pada variabel suhu.

**Tabel 1.** Himpunan Keanggotaan Suhu

Variabel	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
Suhu (°C)	Rendah	0 - 50	0 - 24
	Normal		20 - 32
	Tinggi		28 - 50

Kurva untuk variabel *input* suhu dapat dilihat pada Gambar 6.



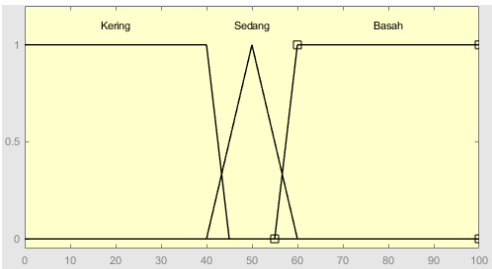
**Gambar 6.** Kurva Variabel Suhu

Himpunan keanggotaan variabel kelembapan tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Himpunan Keanggotaan Kelembapan Tanah

Variabel	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
Kelembapan Tanah (%)	Kering	0 - 100	0 - 45
	Sedang		40 - 60
	Basah		55 - 100

Kurva variabel kelembapan tanah dapat dilihat pada Gambar 7.



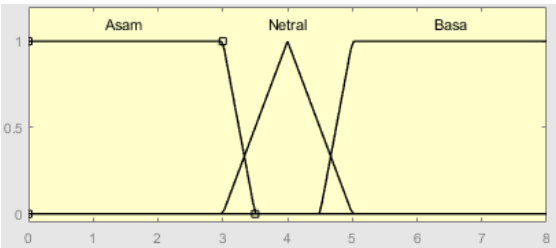
Gambar 7. Kurva Variabel Kelembapan Tanah

Himpunan keanggotaan variabel pH tanah ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Himpunan Keanggotaan pH Tanah

Variabel	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
pH Tanah	Asam	0 - 8	0 - 3,5
	Netral		3 - 5
	Basa		4,5 - 8

Kurva variabel pH tanah ditunjukkan oleh Gambar 8.



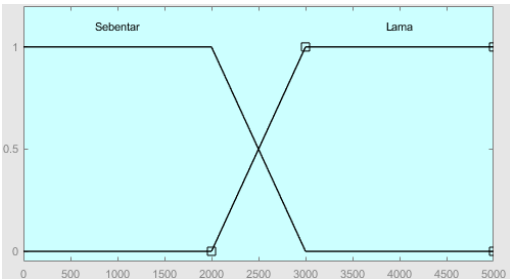
Gambar 8. Kurva Variabel pH Tanah

Himpunan keanggotaan variabel *output* yaitu pompa air dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Himpunan Keanggotaan Pompa Air

Variabel	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
Pompa Air (ms)	Sebentar	0 - 5000	0 - 3000
	Lama		2000 - 5000

Kurva variabel pompa air dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva Variabel Pompa Air

Himpunan keanggotaan variabel *output* yaitu pompa pupuk dapat dilihat pada Tabel 5.

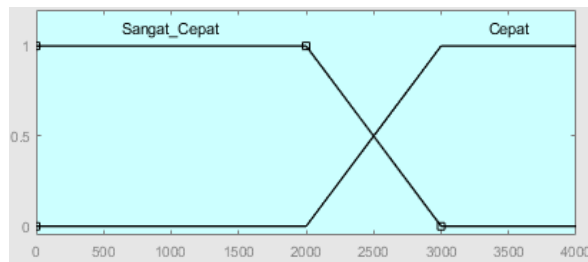
Tabel 5. Himpunan Keanggotaan Pompa Pupuk

Variabel	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
----------	----------	---------------------	--------



Pompa Pupuk (ms)	Sangat Cepat	0 - 4000	0 - 3000
	Cepat		2000 - 4000

Kurva variabel pompa pupuk dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Kurva Variabel Pompa Pupuk

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi ini menggabungkan aturan *IF THEN* yang terdapat pada *rules* (aturan) diantara himpunan *fuzzy input* dan himpunan *fuzzy output* [15]. Berdasarkan fungsi keanggotaan pada sistem ini terbentuklah 6 aturan untuk proses penyiraman dan 5 aturan untuk proses pemupukan. Basis aturan *fuzzy* pada proses penyiraman ditunjukkan oleh Tabel 6.

**Tabel 6.** Rules Penyiraman

No.	Input		Output
	Suhu	Kelembapan Tanah	Pompa Air
1.	Rendah	Kering	Lama
2.	Normal	Sedang	Sebentar
3.	Tinggi	Basah	Sebentar
4.	Rendah	Sedang	Sebentar
5.	Normal	Kering	Lama
6.	Tinggi	Kering	Lama

Basis aturan pada proses pemupukan ditunjukkan oleh Tabel 7.

**Tabel 7.** Rules Pemupukan

No.	Input		Output
	Kelembapan Tanah	pH Tanah	Pompa Pupuk
1.	Kering	Asam	Cepat
2.	Sedang	Asam	Sangat Cepat
3.	Basah	Asam	Sangat Cepat
4.	Kering	Netral	Cepat
5.	Sedang	Basa	Sangat Cepat

c. Komposisi Aturan

Komposisi didapatkan dengan menggabungkan daerah hasil aturan *fuzzy* dengan menggunakan metode *MAX*. Nilai yang diambil adalah nilai terbesar dari hasil perhitungan aturan *fuzzy* dan diterapkan ke *output* dengan menggunakan operator *OR* (*union*). Setelah itu dilakukanlah proses defuzzifikasi [15].

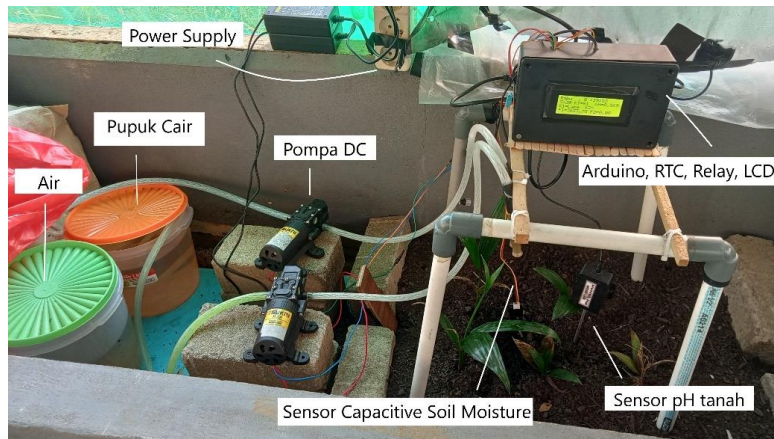
d. Defuzzifikasi

Langkah terakhir untuk mendapatkan nilai keluaran *fuzzy*, maka dilakukan defuzzifikasi. Defuzzifikasi dilakukan untuk mengubah nilai keluaran *fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp*) berdasarkan fungsi keanggotaannya. Hasil dari tahap defuzzifikasi ialah suatu nilai pada domain himpunan *fuzzy* tersebut [16].

## C. Hasil dan Pembahasan

### 1. Implementasi Sistem

Pada tahapan ini, rancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat sebelumnya diimplementasikan menjadi sebuah sistem yang nyata. Gambar 11 menunjukkan hasil implementasi sistem.



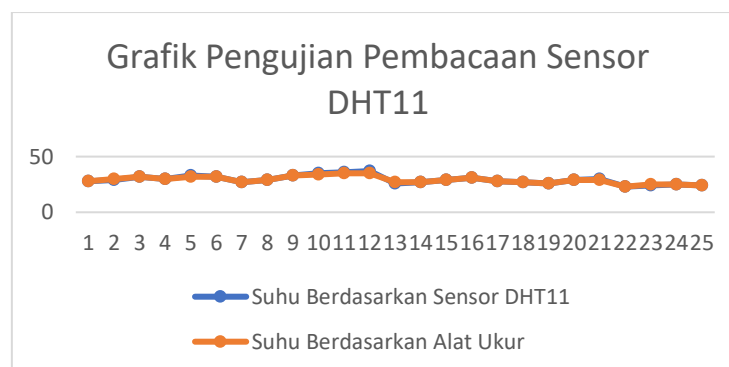
**Gambar 11.** Hasil Implementasi Keseluruhan Sistem

### 2. Pengujian Sistem

Tahap pengujian bertujuan untuk mengetes sistem yang dibuat dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan untuk pembacaan suhu, kelembapan tanah, pH tanah, dan basis aturan *fuzzy*, dan pengujian keseluruhan sistem.

#### a. Pengujian Pembacaan Sensor DHT11

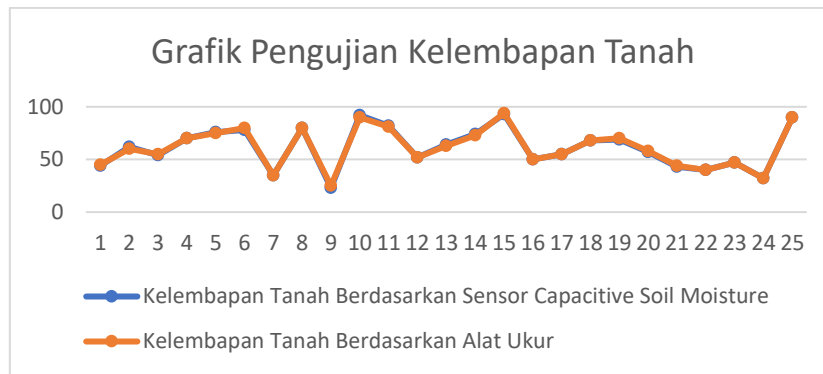
Pengujian sensor DHT11 dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur suhu. Sebanyak 25 kali pengujian telah dilakukan, dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan sensor DHT11 dalam mendeteksi nilai suhu. Gambar 12. Menunjukkan grafik pengujian pembacaan sensor DHT11 dengan alat ukur.



**Gambar 12.** Grafik Pembacaan Suhu

#### b. Pengujian Pembacaan Sensor *Capacitive Soil Moisture*

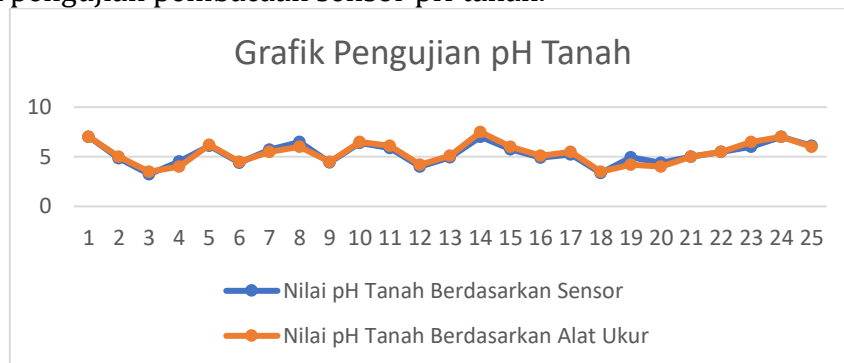
Pengujian kelembapan tanah dilakukan untuk mengukur kondisi tanah sebagai media tanam pinang dan hasil pengukurannya dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur *soil meter*. Dilakukan pengujian sebanyak 25 kali percobaan. Gambar 13 menunjukkan grafik pengujian pembacaan sensor *capacitive soil moisture*.



**Gambar 13.** Grafik Pembacaan Kelembapan Tanah

c. Pengujian Sensor pH Tanah

Pembacaan sensor pH tanah dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur pH tanah. Dilakukan sebanyak 25 kali pengujian. Gambar 14 menunjukkan grafik pengujian pembacaan sensor pH tanah.



**Gambar 14.** Grafik Pembacaan pH Tanah

d. Pengujian Basis Aturan *Fuzzy*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui aturan *fuzzy* yang diterapkan didalam sistem dapat menghasilkan keluaran yang sesuai dengan perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pengujian dilakukan pada masing-masing 30 data untuk penyiraman dan pemupukan dengan berbagai kondisi yang sesuai dengan aturan (*rules*) yang dibuat. Contoh data hasil pengujian basis aturan *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Pengujian *Rules* Penyiraman

No.	Suhu (°C)	Kelembapan Tanah (%)	Rule ke-	Target Output	Output Pengujian	Nilai Fuzzy	Hasil Pengujian
1.	23 (Rendah)	32 (Kering)	1	Lama	Lama	3633	Sesuai
2.	24 (Rendah)	52 (Sedang)	4	Sebentar	Sebentar	1336	Sesuai
3.	26 (Normal)	52 (Sedang)	2	Sebentar	Sebentar	1336	Sesuai
4.	27 (Normal)	42 (Kering)	5	Lama	Lama	3657	Sesuai
5.	35 (Tinggi)	82 (Basah)	3	Sebentar	Sebentar	1253	Sesuai
6.	30 (Normal)	47 (Sedang)	2	Sebentar	Sebentar	1405	Sesuai

7.	32 (Normal)	35 (Kering)	5	Lama	Sebentar	3633	Tidak Sesuai
8.	34 (Tinggi)	40 (Kering)	6	Lama	Lama	3745	Sesuai
9.	34 (Tinggi)	74 (Basah)	3	Sebentar	Lama	3746	Tidak Sesuai
10.	31 (Normal)	55 (Sedang)	2	Sebentar	Sebentar	1455	Sesuai

Dari 30 data yang diuji terdapat 28 data yang hasil pengujiannya sesuai dengan *output rules*, dan 2 data tidak sesuai. Kondisi yang tidak sesuai disebabkan oleh pompa yang bekerja kurang maksimal dan air pada selang yang tidak naik pada saat proses penyiraman berlangsung. Dari pengujian tersebut maka didapatkanlah nilai akurasi sebesar 93% yang dihitung menggunakan Persamaan 1.

Pengujian basis aturan *fuzzy* juga dilakukan pada proses pemupukan, dengan 30 kali pengujian dengan kondisi yang berbeda-beda. Contoh hasil pengujian basis aturan *fuzzy* pada proses pemupukan dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Pengujian *Rules* Pemupukan

No.	Suhu (°C)	Kelembapan Tanah (%)	Rule ke-	Target Output	Output Pengujian	Nilai Fuzzy	Hasil Pengujian
1.	90 (Basah)	3,35 (Asam)	3	Sangat Cepat	Sangat Cepat	1425	Sesuai
2.	43 (Kering)	4,50 (Netral)	4	Cepat	Cepat	3115	Sesuai
3.	56 (Sedang)	3,50 (Asam)	2	Sangat Cepat	Cepat	2500	Tidak Sesuai
4.	30 (Kering)	5,00 (Netral)	4	Cepat	Cepat	3142	Sesuai
5.	28 (Kering)	3,00 (Asam)	1	Cepat	Cepat	1376	Sesuai
6.	68 (Basah)	3,51 (Asam)	3	Sangat Cepat	Sangat Cepat	2678	Sesuai
7.	51 (Sedang)	7,00 (Basa)	5	Sangat Cepat	Cepat	3744	Tidak Sesuai
8.	48 (Sedang)	6,40 (Basa)	5	Sangat Cepat	Sangat Cepat	2500	Sesuai
9.	80 (Basah)	3,26 (Asam)	3	Sangat Cepat	Sangat Cepat	1378	Sesuai
10.	65 (Basah)	3,00 (Asam)	3	Sangat Cepat	Cepat	2500	Tidak Sesuai

Dari 30 data yang diuji terdapat 26 data yang hasil pengujiannya sesuai dengan *output rules*, dan 4 data tidak sesuai, sehingga didapatkanlah nilai akurasi sebesar 86% yang dihitung menggunakan Persamaan 1.

e. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk memastikan apakah sistem bekerja dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan pada tanaman pinang untuk melihat kinerja sistem secara nyata yang dilakukan selama 14 hari, dengan waktu untuk memulai penyiraman diatur pada jam 08.00 dan 16.00 setiap harinya, sedangkan untuk pemupukan dilakukan satu minggu sekali setiap hari Selasa pada jam 10.00. Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem.

Tabel 10. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Hari Ke-	Jam	Input Penyiraman		Output Pompa Penyiraman	Input Pemupukan		Output Pompa Pemupukan
		Suhu (°C)	Kelembapan Tanah (%)		Kelembapan Tanah (%)	pH Tanah	
1.	08.00	29	55	1366 (Sebentar)	55	3,50	OFF
	10.00	30	47	OFF	47	4,05	OFF
	16.00	31	55	1445 (Sebentar)	55	3,75	OFF
2	08.00	30	55	1405 (Sebentar)	55	3,42	OFF
	10.00	32	68	OFF	68	4,25	OFF
	16.00	31	52	1445 (Sebentar)	52	3,93	OFF
3	08.00	31	68	1253 (Sebentar)	68	4,01	OFF
	10.00	32	57	OFF	57	4,65	OFF
	16.00	34	64	1257 (Sebentar)	64	5,82	OFF

Tabel 10. (Lanjutan)

Hari Ke-	Jam	Input Penyiraman		Output Pompa Penyiraman	Input Pemupukan		Output Pompa Pemupukan
		Suhu (°C)	Kelembapan Tanah (%)		Kelembapan Tanah (%)	pH Tanah	
4	08.00	32	43	3612 (Lama)	43	5,00	OFF
	10.00	33	93	OFF	93	5,15	OFF
	16.00	32	72	1255 (Sebentar)	72	5,05	OFF
5	08.00	28	30	3672 (Lama)	30	4,85	OFF
	10.00	30	52	OFF	52	4,76	1362 (Sangat Cepat)
	16.00	35	82	1253 (Sebentar)	82	5,45	OFF
6	08.00	31	55	1445 (Sebentar)	55	5,43	OFF
	10.00	32	50	OFF	50	5,95	OFF
	16.00	34	40	3746 (Lama)	40	5,90	OFF
7	08.00	29	57	1372 (Sebentar)	57	5,82	OFF
	10.00	32	60	OFF	60	5,72	OFF
	16.00	33	69	1400 (Sebentar)	69	5,69	OFF
8	08.00	30	47	1412 (Sebentar)	47	5,60	OFF
	10.00	31	50	OFF	50	5,52	OFF
	16.00	29	48	1372 (Lama)	48	4,85	OFF
9	08.00	31	50	1452 (Sebentar)	50	5,82	OFF
	10.00	30	55	OFF	55	5,90	OFF
	16.00	30	48	1415	48	5,96	OFF

(Lama)							
10	08.00	28	58	1444 (Sebentar)	58	5,95	OFF
	10.00	32	65	OFF	65	5,89	OFF
	16.00	34	68	1257 (Sebentar)	68	4,73	OFF
11	08.00	30	56	1413 (Sebentar)	56	4,67	OFF
	10.00	29	66	OFF	66	4,55	OFF
	16.00	32	77	1256 (Sebentar)	77	4,68	OFF
12	08.00	30	75	1253 (Sebentar)	75	4,58	OFF
	10.00	30	80	OFF	80	3,26	1375 (Sangat Cepat)
	16.00	31	85	1315 (Sebentar)	85	3,58	OFF

**Tabel 10.** (Lanjutan)

Hari Ke-	Jam	Input Penyiraman		Output Pompa Penyiraman	Input Pemupukan		Output Pompa Pemupukan
		Suhu (°C)	Kelembapan Tanah (%)		Kelembapan Tanah (%)	pH Tanah	
13	08.00	29	68	1432 (Sebentar)	68	3,43	OFF
	10.00	30	75	OFF	75	3,62	OFF
	16.00	33	83	1255 (Sebentar)	83	3,72	OFF
14	08.00	30	78	1256 (Sebentar)	78	3,80	OFF
	10.00	32	88	OFF	88	4,25	OFF
	16.00	34	68	1257 (Sebentar)	68	4,15	OFF

Berikut adalah hasil pertumbuhan tanaman pinang selama 14 hari pengujian dengan sistem. Gambar 15 menunjukkan tanaman pada awal penanaman.

**Gambar 15.** Minggu Pertama

Selama 14 hari tanaman mengalami pertumbuhan yang signifikan. Ditandai dengan tinggi batang dan jumlah daun yang semakin bertambah. Gambar 16 menunjukkan tanaman pada minggu kedua.



**Gambar 16.** Minggu Kedua

#### **D. Simpulan**

Sistem penyiraman dan pemupukan otomatis yang diterapkan metode logika *fuzzy mamdani* telah berhasil dibuat. Proses penyiraman dan pemupukan didasarkan pada 3 parameter masukan yaitu suhu, kelembapan tanah, dan pH tanah. Nilai parameter yang digunakan dalam menentukan prediksi lama waktu penyiraman dan pemupukan yaitu suhu dengan himpunan rendah (0 – 24), normal (20 – 32), tinggi (28 – 50), kemudian nilai kelembapan tanah dengan himpunan kering (0 – 45), sedang (40 – 60), basah (55 – 100), dan untuk pH tanah dengan himpunan asam (0 – 3,5), netral (3 – 5), basa (4,5 – 8). Dari ketiga masukan tersebut menghasilkan keluaran sistem berupa durasi penyiraman dan pemupukan dalam satuan milidetik. Sistem akan melakukan proses perhitungan sesuai dengan aturan-aturan *fuzzy* yang telah diprogram di Arduino Uno. Dengan menerapkan metode *fuzzy mamdani* dapat meminimalisir terjadinya kelebihan atau kekurangan air dan pupuk pada tanaman, serta sistem dapat menyesuaikan dengan kondisi lingkungannya. Berdasarkan hasil pengujian metode logika *fuzzy mamdani* pada sistem penyiraman dan pemupukan otomatis, didapatkan nilai akurasi untuk proses penyiraman sebesar 93% dan untuk proses pemupukan sebesar 86%, dan pertumbuhan tanaman pinang dapat tumbuh lebih cepat.

#### **E. Referensi**

- [1] Andesmora, E. V. (2021). *Potensi Budidaya Tanaman Pinang ( Areca Catechu L .) Di Lahan Gambut : Studi Kasus Di Khg Mendahara Kabupaten Tanjung Jabung Timur , Jambi The Potential Of Areca Nut ( Areca Catechu L .) Cultivation On The Peatlands : Case Study In Khg Mendahara , TANJUNG*. 3(1), 219–227.
- [2] Sagrim, I., & Soekamto, M. H. (2019). Pembibitan Tanaman Pinang (Areca catechu) Dengan Menggunakan Berbagai Media Tanam. *Median : Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 10(2), 28–36. <https://doi.org/10.33506/md.v10i2.295>
- [3] Sihombing, T. (2000). *Pinang Budidaya & Prospek Bisnis.pdf*. PT Penebar Swadaya.
- [4] T. Sutojo, Edy Mulyanto, V. S. (2011). *Kecerdasan Buatan* (B. R. W (ed.); 1st ed.). ANDI.
- [5] Syafaat, N. S., Fitriyah, H., & Widasari, E. R. (2022). *Sistem Kendali Intensitas Cahaya dan Kelembaban Tanah untuk Umbi Porang ( Amorphophallus Oncophyllus ) menggunakan Metode Logika Fuzzy*. 6(9), 4181–4187.
- [6] Sinaga, A. A., & Aswardi, A. (2020). Rancangan Alat Penyiram Dan Pemupukan Tanaman Otomatis Menggunakan Rtc Dan Soil Moisture Sensor Berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 150–157. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.60>

- 
- [7] Ardyanti, P. A. A., Putra, E. J. G. I., & Purnama, N. I. (2021). Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Metode Fuzzy Mamdani. *JUTIK (Jurnal Teknologi Informasi Dan Komputer)*, 7(1), 106–112.
- [8] Latif, N. (2021). Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 7(1), 16–20. <https://doi.org/10.35329/jiik.v7i1.180>
- [9] Wati, S., Dedy Irawan, J., & Agus Pranoto, Y. (2022). Rancang Bangun Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Iot(Internet of Things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 145–153. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4509>
- [10] Utomo, G. D., Triyanto, D., & Ristian, U. (2021). *SISTEM MONITORING DAN KONTROL PEMBIBITAN*. 09(02).
- [11] Saputra, O. A., & Ramelan, U. (2018). Analisis Efektivitas Konvensi Pompa Air Model Motor Penggerak AC dengan Pompa Air Model Motor Penggerak DC. *Snast*, 2(September 2018), 415–422.
- [12] Kusuma, K. B., Partha, C. G. I., & Sukerayasa, I. W. (2020). Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20 kWp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(2), 46–56.
- [13] Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 21(1), 31. <https://doi.org/10.24843/mite.2022.v21i01.p05>
- [14] Fathurahman, F. (2011). *Perancangan dan implementasi logika fuzzy pada mikrokontroler ATmega16 untuk robot penghindar halangan*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/47197>
- [15] Asih, M. S. (2018). *Sistem Pendukung Keputusan Fuzzy Mamdani pada Alat Penyiraman Tanaman Otomatis*. 5341(April), 41–52.
- [16] Rindengan, A. J., & Langi, Y. A. R. (2019). *Altien J. Rindengan Yohanes A.R. Langi*.