

IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZI MAMDANI PADA SISTEM PAKAR MENGUNAKAN *SOFTWARE* APLIKASI MATLAB R2007b, STUDI KASUS: TANAMAN HIDROPONIK SELADA AIR

Okta Purnawirawan^{*1}, Tri Afirianto²

^{1,2} Universitas Brawijaya, Malang
Email: ¹okta_p@ub.ac.id, ²tri.afirianto@ub.ac.id
^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 03 November 2023, diterima untuk diterbitkan: 30 Oktober 2024)

Abstrak

Hidroponik merupakan teknik bertanam dengan media tanam selain tanah. Jenis tanaman yang ditanam dengan teknik hidroponik, salah satunya menggunakan media tanam berupa air (hidro). Tanaman yang dapat tumbuh dengan menggunakan media tanam air yaitu Selada Air (*Nasturtium Officinale*). Berdasarkan hasil observasi dengan petani perkebunan selada air, bahwa tanaman tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kadar nutrisi, tingkat keasaman dan suhu pada media air. Faktor tersebut dijadikan sebagai variabel data masukan sistem pakar untuk memprediksi tingkat nilai pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Proses kerja sistem pakar dengan menerapkan algoritma fuzzy mamdani. Sistem pakar dibangun menggunakan fungsi dari Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System/FIS*) yang terdapat pada *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT) dalam *software* aplikasi MATLAB R2007b. Selain itu untuk mengetahui pengaruh dari variabel masukan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air dapat divisualisasikan dengan fungsi diagram *keluaran surface* FIS yang berbentuk tiga dimensi. Hasil analisis dari diagram *keluaran surface* FIS bahwa menunjukkan tanaman hidroponik selada air dapat tumbuh dan berkembang dalam kondisi: (1) tingkat kadar nutrisi 1000 sampai 1800 PPM; (2) tingkat keasaman 3 sampai 6 H+/liter; dan (3) tingkat suhu air 24° sampai 29° C.

Kata kunci: *algoritma fuzzy mamdani, sistem pakar, matlab R2007b, tanaman hidroponik, selada air*

IMPLEMENTATION OF MAMDANI'S FUZZY ALGORITHM IN EXPERT SYSTEMS USING MATLAB R2007b APPLICATION SOFTWARE, CASE STUDY: HYDROPONIC WATERCRESS PLANTS

Abstract

Hydroponics is a planting technique using growing media other than soil. Types of plants that are grown using hydroponic techniques, one of which uses a planting medium in the form of water (hydro). Plants that can grow using water growing media are Watercress (*Nasturtium Officinale*). Based on the results of observations with watercress plantation farmers, that the plant is influenced by several factors, namely nutrient levels, acidity levels and temperature in the water medium. These factors are used as masukan data variables for expert systems to predict the level of plant growth and development values. Expert system work process by applying the fuzzy mamdani algorithm. The expert system was built using the functions of the Fuzzy Inference System (FIS) contained in the Fuzzy Logic Toolbox (FLT) in the MATLAB R2007b application software. In addition, to determine the effect of the masukan variables on the growth and development of watercress plants, it can be visualized using the three-dimensional FIS *keluaran surface* diagram function. The results of the analysis of the FIS *keluaran surface* diagram show that watercress hydroponic plants can grow and develop under the following conditions: (1) nutrient levels of 1000 to 1800 PPM; (2) acidity level 3 to 6 H+/liter; and (3) temperature water level of 24° to 29° C.

Keywords: *fuzzy mamdani algorithm, expert system, matlab R2007b, hydroponic plants, watercress*

1. PENDAHULUAN

Hidroponik merupakan teknik bercocok tanam tanpa media tanah (Masyhura, & Arianty, 2019).

Hidroponik teknik menanam dengan memanfaatkan air/larutan mineral bernutrisi tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman (Solikhah et al.,

2018). Hidroponik merupakan cara efektif menanam jika tidak memiliki lahan pertanian yang memadai. Tanaman yang dapat ditanam dengan teknik hidroponik dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tingkat kadar nutrisi, keasaman dan suhu pada air (Fuada et al., 2023). Faktor tersebut menjadi parameter untuk menganalisis pertumbuhan tanaman hidroponik.

Salah satu jenis tanaman hidroponik yang ditanam dengan menggunakan media air (*hidro*) yaitu tanaman Selada Air (*Nasturtium officinale*). Tanaman tersebut dapat tumbuh dan berkembang pada media *non*-tanah. Proses pertumbuhan dan perkembangannya tanaman tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tingkat kadar nutrisi, keasaman, dan suhu pada media air (Wibowo, 2021) dan (Prasetyo et al., 2022). Faktor tersebut digunakan sebagai variabel masukan pada sistem pakar untuk memprediksi proses pertumbuhan dan perkembangannya.

Pengetahuan yang dimiliki seorang ahli yang spesifik dapat dipindahkan dalam sebuah algoritma program komputer, hal tersebut merupakan implementasi dari konsep Sistem pakar/*Artificial Intelligence* (AI), Sastypratiwi & Nyoto, 2020). Tujuan dari pembuatan sistem pakar yaitu membuat keputusan (*decision making*) berdasarkan hasil analisis permasalahan yang dipecahkan (Allwine et al., 2019). Sistem pakar yang dimaksud dapat dikembangkan dengan menggunakan beberapa jenis algoritma, salah satunya yaitu algoritma fuzzy mamdani. Secara intuitif algoritma tersebut mampu menyerupai sistem kerja otak manusia (Hendrawan et al., 2020). Pada algoritma fuzzy mamdani terdapat aturan linguistik yang berfungsi sebagai sistem kerja. Algoritma fuzzy mamdani dapat disebut dengan nama metode Max-Min (Setiawan et al., 2023), (Siahaan, 2020), (Muzarafah & Marlina, 2022).

Penelitian ini membangun sebuah sistem pakar dengan menerapkan fungsi dari Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System/FIS*) yang terdapat pada *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT) yang memanfaatkan *software* aplikasi MATLAB R2007b. Sistem komputasi FIS bekerja berdasarkan prinsip penalaran fuzzy, sama halnya ketika seorang manusia melakukan proses berfikir berdasarkan nalurinya. FIS terdiri dari empat unit, yaitu unit *fuzzifikasi*, unit penalaran logika fuzzy, unit basis pengetahuan, dan unit *defuzzifikasi* (Deana et al., 2022), (Yudhistiro, 2019). Selain itu untuk mengetahui pengaruh dari variabel *masukan* terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air dalam hal ini sebagai variabel *keluaran*, dapat divisualisasikan dengan menganalisis fungsi diagram *keluaran surface FIS* yang berbentuk tiga dimensi.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan proses kerja sistem pakar dengan menggunakan algoritma fuzzy mamdani melalui simulasi pada *software* aplikasi MATLAB R2007b dengan menerapkan fungsi dari Sistem Inferensi Fuzzy

(*Fuzzy Inference System/FIS*) yang terdapat pada *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT).

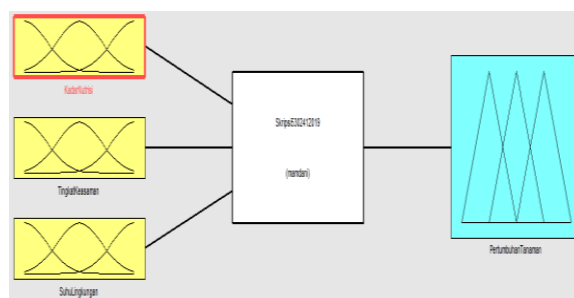
2. METODE PENELITIAN

Langkah yang pada dilakukan pada penelitian ini dengan menentukan terlebih dahulu atribut sistem pakar yang akan digunakan yaitu: (1) variabel fuzzy sebagai *masukan* dan *keluaran* sistem pakar; (2)

himpunan fuzzy; (3) semesta pembicaraan variabel fuzzy; dan (4) nilai domain setiap variabel lingustinya (Wibowo et al., 2018) (Kosasih et al., 2023).

2.1 Menentukan Variabel Fuzzy

Berdasarkan hasil observasi di perkebunan dengan petani budidaya selada air didapatkan data informasi bahwa parameter yang digunakan untuk memantau pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut yaitu tingkat kadar nutrisi, keasaman dan suhu pada media air. Parameter tersebut dijadikan variabel fuzzy *masukan* pada sistem pakar. Sedangkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik dijadikan variabel fuzzy *keluaran* pada sistem pakar. Dalam diagram FIS dengan menggunakan *software* aplikasi MATLAB R2007b dapat divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram FIS Masukan dan Keluaran

2.2 Menentukan Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah kumpulan yang dapat memvisualisasikan peristiwa tertentu pada variabel fuzzy. Himpunan Fuzzy terdiri dari dua jenis atribut yaitu linguistik dan numerik. Atribut linguistik menggunakan penamaan pada jenis golongan contohnya muda, tua, manis, asam. Atribut numerik menggunakan angka, contohnya 10, 47, 92 (Hutagalung, 2019).

Sistem pakar yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan himpunan variabel linguistik:

1. Variabel *masukan* kadar nutrisi memiliki himpunan variabel linguistik: kurang, cukup, dan lebih.
2. Variabel *masukan* tingkat keasaman memiliki himpunan variabel linguistik: asam, netral, dan basa.

3. Variabel *masukan* suhu memiliki himpunan variabel linguistik: dingin, sedang dan panas.
4. Variabel *keluaran* pertumbuhan dan perkembangan memiliki variabel himpunan linguistik: rendah, normal, dan tinggi.

2.3 Menentukan Himpunan Semesta Pembicaraan

Himpunan semesta pembicaraan pada sistem pakar yang dikembangkan menggunakan representasi secara numerik, antara lain:

1. Variabel *masukan* kadar nutrisi memiliki himpunan semesta pembicaraan dengan nilai 0 sampai 2500.
2. Variabel *masukan* tingkat keasaman memiliki himpunan semesta pembicaraan dengan nilai 3 sampai 10.
3. Variabel *masukan* suhu air memiliki himpunan semesta pembicaraan dengan nilai 15 sampai 50.
4. Variabel *keluaran* pertumbuhan dan perkembangan memiliki himpunan semesta pembicaraan dengan nilai 1 sampai 40.

Himpunan semesta pembicaraan tersebut didapatkan ketika observasi dengan petani pembudidaya tanaman hidroponik selada air. Masing-masing himpunan semesta pembicaraan memiliki satuan yang berbeda diantaranya kadar nutrisi (PPM), tingkat keasaman (H+/liter), suhu air (°C), dan pertumbuhan dan perkembangan (cm).

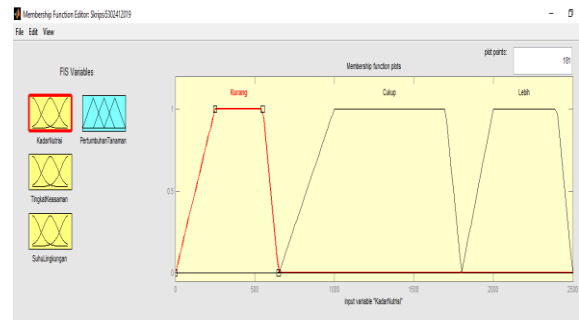
2.4 Menentukan Nilai Domain Pada Setiap Variabel Linguistik

Setiap masing-masing himpunan variabel linguistik memiliki nilai domain (rentang nilai) yang berbeda. Hal tersebut didasarkan pada penentuan dari himpunan semesta pembicaraan masing-masing variabel. Pada pengembangan sistem pakar di dalam penelitian ini menggunakan nilai domain:

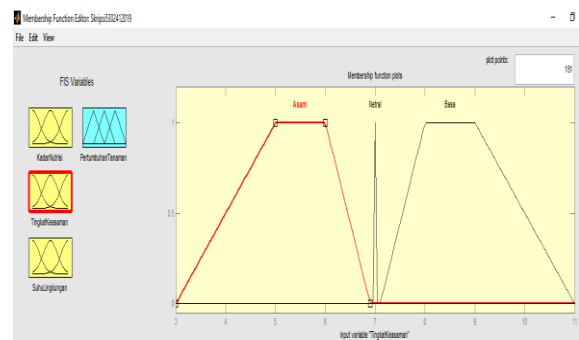
1. Variabel *masukan* kadar nutrisi
 - a. Kurang [0 – 250 – 550 – 650].
 - b. Cukup [651 – 1000 – 1700 – 1800].
 - c. Lebih [1801 – 2000 – 2400 – 2500].
2. Variabel *masukan* tingkat keasaman
 - a. Asam [3 – 5 – 6 – 6,9].
 - b. Netral [7 – 7 – 7].
 - c. Basa [7,1 – 8 – 9 – 11].
3. Variabel *masukan* suhu air
 - a. Dingin [15 – 18 – 21 – 24].
 - b. Sedang [24,1 – 25 – 29 – 30].
 - c. Panas [30,1 – 33 – 37 – 40].
4. Variabel *keluaran* pertumbuhan dan perkembangan
 - a. Rendah [1 – 11 – 15 – 20,9].
 - b. Normal [21 – 25 – 28 – 30,9].
 - c. Tinggi [31 – 33 – 36 – 40].

Berdasarkan uraian tersebut pada diagram FIS dengan menggunakan *software* aplikasi MATLAB

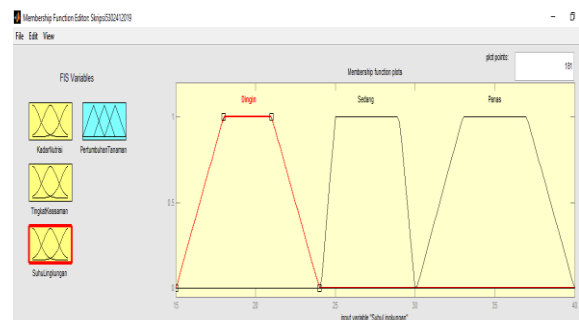
R2007b dapat divisualisasikan sesuai Gambar 2 sampai dengan Gambar 5.



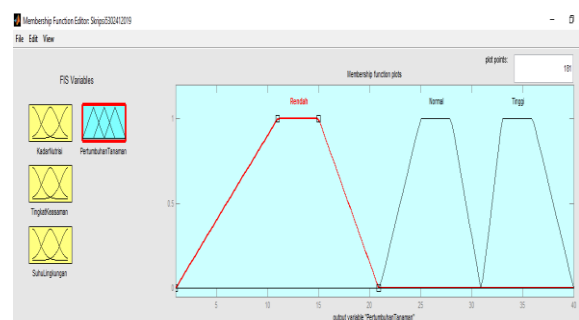
Gambar 2. Diagram FIS Variabel Kadar Nutrisi



Gambar 3. Diagram FIS Variabel Tingkat Keasaman

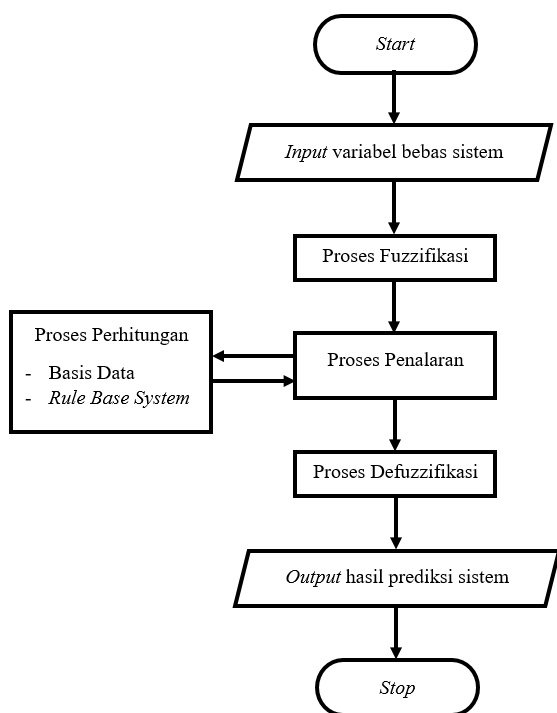


Gambar 4. Diagram FIS Variabel Suhu Air



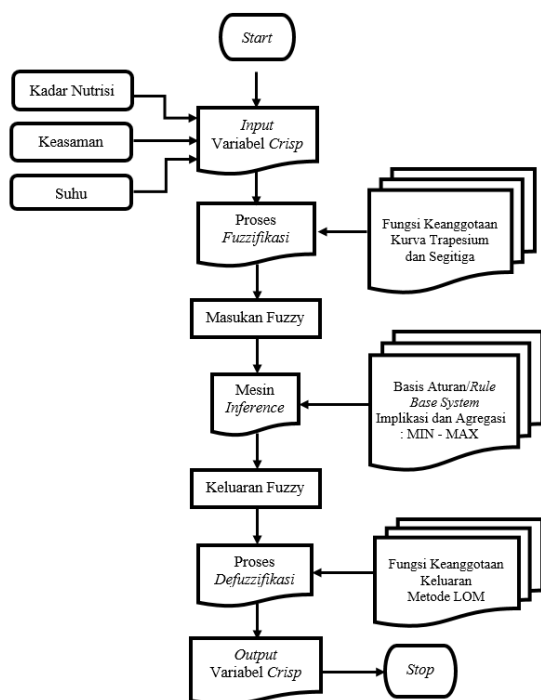
Gambar 5. Diagram FIS Variabel Pertumbuhan dan Perkembangan

Setelah menentukan atribut sistem pakar yang akan digunakan, maka selanjutnya membuat arsitektur sistem pakar berdasarkan algoritma fuzzy Mamdani. Pada penelitian ini membuat arsitektur fuzzy mamdani sesuai dengan Gambar 6.



Gambar 6. Desain Arsitektur Sistem Pakar Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani

Berdasarkan desain arsitektur sistem pakar menggunakan algoritma fuzzy Mamdani maka selanjutnya diimplementasikan pada objek penelitian tanaman hidroponik selada air. Sehingga dapat divisualisasikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Alur Sistem Pakar Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada gambar 6 dan 7, proses dari sistem pakar untuk memprediksi pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik Selada Air dengan menggunakan algoritma fuzzy Mamdani mempunyai unit-unit pemrosesan sebagai berikut:

3.1 Fuzzifikasi Unit

Merupakan unit yang berfungsi untuk merubah nilai masukan-an yang bernilai himpunan tegas (*crisp*) menjadi himpunan fuzzy yang memiliki derajat keanggotaan dengan range 0 sampai 1 (Falatehan et al., 2018) (Cholilulloh et al., 2018). Untuk mendapatkan derajat keanggotaan pada setiap variabel, pada sistem prediksi ini menggunakan fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga dan trapezium.

3.2 Fuzzy Logic Reasoning Unit (Unit Penalaran Logika Fuzzy)

Merupakan unit yang berfungsi memasukkan nilai masukan yang sudah berubah menjadi himpunan fuzzy ke *rule base system*.

3.3 Knowledge Base Unit (Unit Basis Pengetahuan)

Pada bagian unit ini dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. *Data Base* atau Basis Data, adalah bagian dari unit basis pengetahuan yang berfungsi tempat menampung fungsi keanggotaan himpunan fuzzy yang terdiri dari variabel lingusitik.
2. *Rule Base* atau Basis Aturan, adalah aturan impikasi dari fuzzy yang berfungsi sebagai proses penalaran.

Di bagian unit basis data pengetahuan ini menggunakan metode MIN untuk memproses *rule base system* yang memenuhi derajat keanggotaan dari semua variabel *masukan*. *Rule base system* yang dapat dibentuk pada penelitian ini sejumlah $3 \times 3 \times 3 = 27$ buah aturan/*rule* yang digunakan pada sistem. Aturan-aturan atau *rule base system* yang dapat disusun sebagai berikut:

1. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
2. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
3. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
4. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.

5. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
6. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
7. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
8. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
9. Jika kadar nutrisi **Kurang** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
10. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
11. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
12. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
13. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
14. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
15. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
16. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
17. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
18. Jika kadar nutrisi **Cukup** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
19. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Tinggi**.
20. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
21. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Dingin** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
22. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Tinggi**.
23. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
24. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Sedang** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.
25. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Asam** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Tinggi**.
26. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Netral** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Normal**.
27. Jika kadar nutrisi **Lebih** dan tingkat keasaman **Basa** dan suhu air **Panas** maka pertumbuhan tanaman **Rendah**.

3.4 Defuzzifikasi Unit

Merupakan unit yang berfungsi untuk merubah nilai masukan yang sudah diolah oleh unit *base* pengetahuan berbentuk nilai himpunan fuzzy kemudian diubah kembali menjadi menjadi himpunan tegas (*crisp*) yang memiliki derajat keanggotaan 1 atau 0 (Falatehan et al., 2018) (Cholilulloh et al., 2018).

Metode yang digunakan yaitu metode MAX. Metode MAX berfungsi jika suatu kondisi dimana *rule base system* yang memenuhi derajat keanggotaan dari semua variabel masukan lebih dari satu. Pada proses implikasi dan komposisi aturan, algoritma fuzzy menggunakan operator min-max (Setiawan et al., 2023) (Siahaan, 2020). Selanjutnya proses *keluaran* dari algoritma fuzzy ditentukan dari operasi MIN. Oleh sebab itu keluaran-keluaran dari fuzzy diinterferensikan menggunakan operasi MAX (Muzarafah & Marlina, 2022).

Kemudian untuk penegasan nilai yang akan dikeluarkan atau *keluaran* oleh sistem pakar menggunakan metode LOM. Metode LOM (*Largest of Maximum*) adalah metode untuk mengembalikan nilai tegas (*crisp*) dari nilai fuzzy yang diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai derajat keanggotaan maksimum. *Rule base system* yang dapat dibentuk sejumlah 27 buah aturan/*rule* yang digunakan pada sistem pakar.

Hasil dari simulasi penggunaan sistem pakar untuk memprediksi pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik selada air dengan menggunakan algoritma fuzzy mamdani pada *software* aplikasi MATLAB R2007b dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Simulasi Pengembangan Sistem Pakar

KN	TK	S	PKT
1900	5,5	29,5	37,5
200	6	27	15,8
1500	5	17	28,7

Keterangan:

KN : Kadar Nutrisi (PPM)

TK : Tingkat Keasaman (H+/liter)

S : Suhu Air (°C)

PKT : Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman (cm)

Berdasarkan Tabel 1, telah dilakukan simulasi penggunaan sistem pakar untuk memprediksi pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik

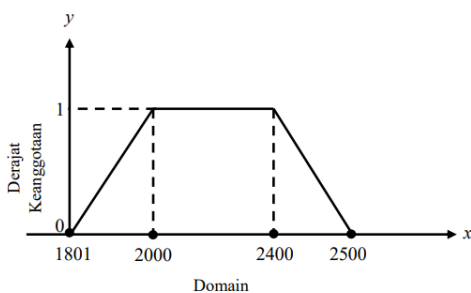
selada air sebanyak tiga kali simulasi. Simulasi pertama, ketika mendapatkan masukan data kadar nutrisi sebesar 1900 PPM, tingkat keasaman 5,5 H+/liter, dan suhu air sebesar 29,5 °C maka sistem akan memberikan prediksi bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air mencapai 37,5 cm. Pada simulasi kedua, ketika mendapatkan masukan data kadar nutrisi sebesar 200 PPM, tingkat keasaman 6 H+/liter, dan suhu air sebesar 27 °C maka sistem akan memberikan prediksi bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air mencapai 15,8 cm. Pada simulasi ketiga, ketika mendapatkan masukan data kadar nutrisi sebesar 1500 PPM, tingkat keasaman 5 H+/liter, dan suhu air sebesar 17 °C maka sistem akan memberikan prediksi bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air mencapai 28,7 cm.

Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat di uji validitas hasil sistem pakar dengan melakukan perhitungan berdasarkan tahapan dari algoritma fuzzy Mamdani. Misalkan saja pada simulasi pertama data yang dimasukkan ke dalam sistem pakar yaitu kadar nutrisi sebesar 1900 PPM, tingkat keasaman 5,5 H+/liter, dan suhu air sebesar 29,5 °C dan sistem memprediksi hasil pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air mencapai 37,5 cm.

1. Proses Fuzzifikasi

a. Variabel Kadar Nutrisi

Nilai *crisp* masukan dari variabel kadar nutrisi sebesar 1900 termasuk dalam himpunan variabel linguistik “Lebih” dengan representasi kurva trapesium seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Representasi Kurva Trapesium Pada Variabel Kadar Nutrisi

dari fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium dengan nilai *masukan crisp* 1900 didapat nilai derajat keanggotaan himpunan fuzzy dengan menggunakan persamaan $(x-a)/(b-a)$ jika $a \leq x \leq b$ maka derajat keanggotaan nilai *crisp* 1900 pada himpunan linguistik “Lebih” variabel kadar nutrisi:

$$= (1900 - 1801) / (2000 - 1801)$$

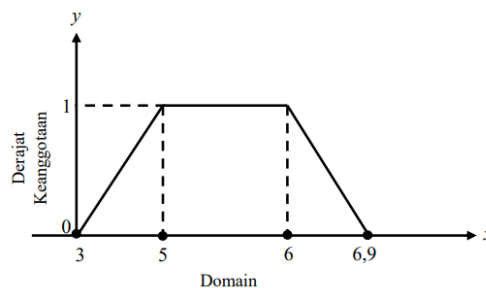
$$= 99 / 199$$

$$= 0,5$$

b. Variabel Tingkat Keasaman

Nilai *crisp masukan* dari variabel kadar tingkat keasaman 5,5 termasuk dalam

himpunan variabel linguistik “Asam” dengan representasi kurva trapesium seperti pada Gambar 9.

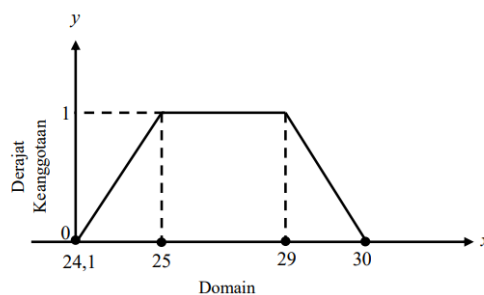


Gambar 9. Representasi Kurva Trapesium Pada Variabel Tingkat Keasaman

dari fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium dengan nilai *masukan crisp* 5,5 didapat nilai derajat keanggotaan himpunan fuzzy dengan menggunakan persamaan 1 jika $b \leq x \leq c$ maka derajat keanggotaan nilai *crisp* 5,5 pada himpunan linguistik “Asam” variabel tingkat keasaman = 1.

c. Variabel Suhu Air

Nilai *crisp masukan* dari variabel suhu air 29,5 termasuk dalam himpunan variabel linguistik “Sedang” dengan representasi kurva trapesium seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Representasi Kurva Trapesium Pada Variabel Suhu

dari fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium dengan nilai *masukan crisp* 29,5 didapat nilai derajat keanggotaan himpunan fuzzy dengan menggunakan persamaan $(d-x)/(d-c)$ jika $c \leq x \leq d$ maka derajat keanggotaan nilai *crisp* 29,5 pada himpunan linguistik “Sedang” variabel suhu air :

$$= (30 - 29,5) / (30 - 29)$$

$$= 0,5 / 1$$

$$= 0,5$$

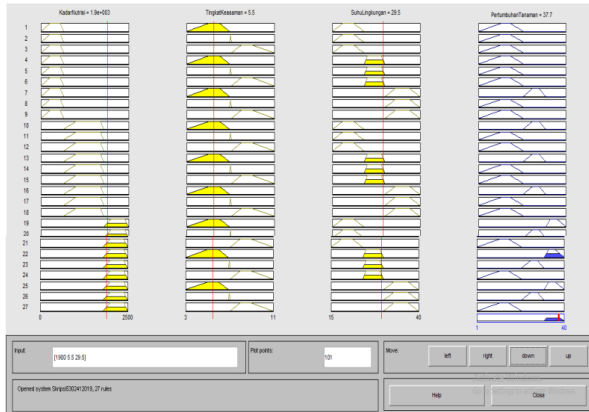
2. Proses Penalaran Logika Fuzzy

Berdasarkan nilai derajat keanggotaan pada masukanan di atas, maka untuk:

- Himpunan variabel fuzzy kadar nutrisi masuk pada variabel linguistik fuzzy “Lebih” dengan nilai derajat keanggotaan 0,5.
- Himpunan variabel fuzzy tingkat keasaman masuk pada variabel linguistik fuzzy “Asam” dengan nilai derajat keanggotaan 1.

- c. Himpunan variabel fuzzy suhu air masuk pada variabel linguistik fuzzy “Sedang” dengan nilai derajat keanggotaan 0,5

Pernyataan tersebut dibuktikan dengan hasil kerja sistem pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Simulasi 1

Berdasarkan Gambar 11 maka untuk variabel fuzzy kadar nutrisi *rule base system* yang memenuhi derajat keanggotaan 0,5 pada variabel linguistik “Lebih” terdapat pada *rule* atau ke-19 sampai 27. Untuk variabel fuzzy tingkat keasaman *rule base system* yang memenuhi derajat keanggotaan 1 pada variabel linguistik “Asam” terdapat pada *rule* atau ke-1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 dan 25. Sedangkan variabel fuzzy suhu *rule base system* yang memenuhi derajat keanggotaan 0,5 pada variabel linguistik “Sedang” terdapat pada *rule* atau ke-4, 5, 6, 13, 14, 15, 22, 23 dan 24.

Dari semua *rule base system* yang memenuhi derajat keanggotaan pada masing-masing variabel linguistik himpunan fuzzy, setelah diamati hanya terdapat satu *rule base system* yang memenuhi kondisi dari ketiga masukan variabel fuzzy yaitu pada *rule base system* ke-22 “Jika kadar nutrisi yang diberikan pada tanaman hidroponik selada air “Lebih” dan tingkat keasaman “Asam” dan dalam kondisi suhu air “Sedang” maka sistem memprediksi tinggi pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik selada air “Tinggi””.

Rule base system ke-22 akan digunakan pada tahap proses *defuzzifikasi*. Untuk menentukan derajat keanggotaan variabel linguistik pada pertumbuhan tanaman “Tinggi” dengan menggunakan metode MIN (minimum), yaitu melihat dari derajat keanggotaan ketiga masukan tersebut dibandingkan mana yang mempunyai derajat keanggotaan yang paling terkecil dijadikan derajat keanggotaan untuk variabel linguistik “Tinggi” pada variabel himpunan pertumbuhan tanaman. Sehingga derajat keanggotaannya menjadi 0,5.

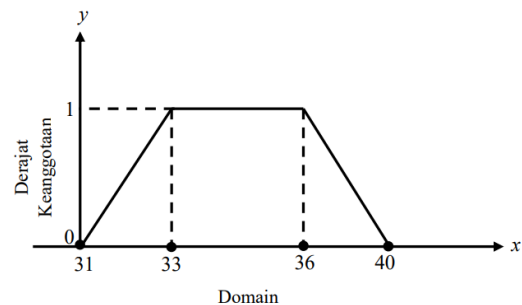
3. Proses Defuzzifikasi

Pada proses *defuzzifikasi* sistem pakar bekerja berdasarkan *rule base system* yang memenuhi

kondisi dari ketiga masukan variabel fuzzy yaitu *rule base system* ke-22. Sesuai dengan *rule base system* ke-22 bahwa proses *defuzzifikasi* menggunakan metode *Largest of Maximum* (LOM). Pada metode LOM solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan pada variabel *keluaran* pertumbuhan tanaman pada variabel linguistik “Tinggi” sebesar 0,5. Dari derajat keanggotaan tersebut sistem pakar mengambil nilai terbesar dari domain yang dimiliki. Sesuai dengan Gambar 11 hasil prediksi pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air dengan variabel masukan kadar nutrisi sebesar 1900 PPM, tingkat keasaman 5,5 H⁺/liter, dan suhu air 29,5 °C maka diprediksi oleh sistem pakar yang memberikan keputusan langsung besaran pertumbuhan dan perkembangan tanaman yaitu 37,7 cm.

Untuk membuktikan keakuratan prediksi, apakah sudah sesuai dengan metode fuzzy mamdani dapat dihitung dengan menggunakan persamaan representasi kurva trapesium pada variabel pertumbuhan tanaman dengan variabel linguistik “Tinggi” seperti pada gambar 12.



Gambar 12 Representasi Kurva Trapesium Pada Variabel Pertumbuhan dan Perkembangan

Diketahui x merupakan hasil prediksi dengan nilai sebesar 37,7 maka menggunakan persamaan $(d-x)/(d-c)$ jika $c \leq x \leq d$

$$= (40 - 37,7) / (40 - 36)$$

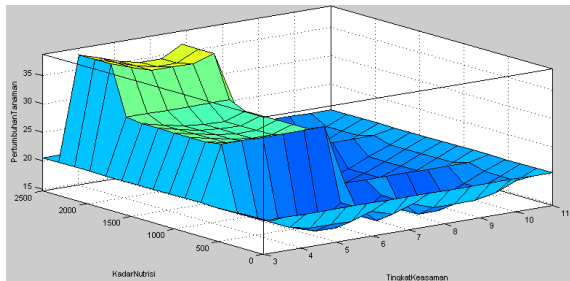
$$= 2,3 / 4$$

$$= 0,575$$

Derajat keanggotaan 0,575 tersebut mempunyai nilai yang hampir sama dengan derajat keanggotaan pada sistem yaitu 0,5 pada variabel linguistik Tinggi sehingga pada uji data pertama mempunyai tingkat *error* sebesar 0,575 - 0,5 = 0,075 atau 0,1.

Selain menganalisis menggunakan perhitungan algoritma fuzzy mamdani. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan tingkat nilai pada variabel *masukan* yaitu kadar nutrisi, tingkat keasaman, dan suhu dengan variabel *keluaran* yaitu pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada. Maka dapat

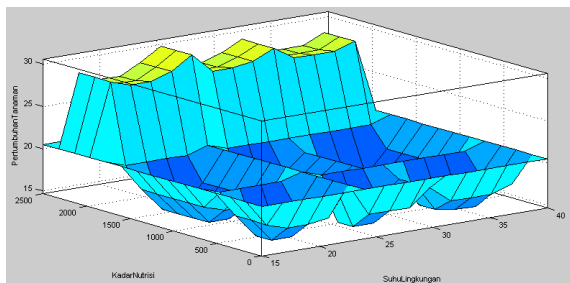
diketahui dengan menganalisis hasil visualisasi diagram *keluaran surface FIS (Fuzzy Inference System)* yang dibuat melalui oleh *software* aplikasi MATLAB R2007B itu sendiri.



Gambar 13. Diagram FIS Pengaruh Kadar Nutrisi dan Tingkat Keasaman Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tamaan Hidroponik Selada Air

Berdasarkan pada Gambar 13 bahwa semakin tinggi kadar nutrisi dan tingkat keasaman berada pada nilai asam maka tanaman selada air dapat tumbuh dan berkembang dengan tinggi, begitu juga sebaliknya. Jika kadar nutrisi dalam air tidak sesuai dengan kebutuhan jenis tanaman hidroponik dapat mengakibatkan kematian pada tanaman tersebut (Marisa, et al., 2021). Tanaman hidroponik sangat bergantung pada kadar nutrisi yang ada pada air. Proses pertumbuhan dan perkembangannya tanaman tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tingkat kadar nutrisi, keasaman, dan suhu pada media air (Wibowo, 2021) dan (Prasetyo et al., 2022).

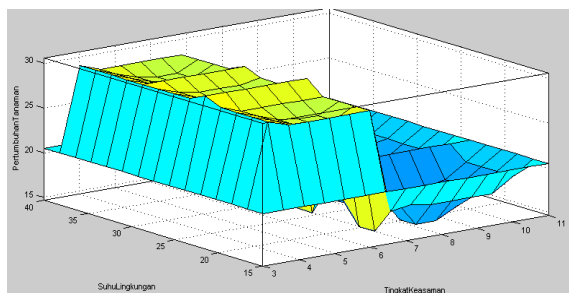
Berdasarkan hasil pengamatan peneliti pada kegiatan observasi di perkebunan budidaya tanaman selada air diperoleh data jika kadar nutrisi terlalu tinggi maka dapat menyebabkan tunas daun selada air menjadi menguning dan berdampak pada kematian tanaman. Kemudian jika kondisi tanaman dalam usia yang cukup lama maka berdampak pada mengerasnya daun tanaman dan berdampak selada air tidak bisa untuk dikonsumsi. Pemberian kadar nutrisi sebagai pengganti unsur hara pada air dapat berdampak pada proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air (Romalasari & Sobari, 2019) (Setyaputri, 2020) (Abdullah & Andres, 2021).



Gambar 14. Diagram FIS Pengaruh Kadar Nutrisi dan Suhu Air Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tamaan Hidroponik Selada Air

Berdasarkan pada Gambar 14 bahwa semakin tinggi kadar nutrisi dan suhu air berada pada kondisi nilai sedang maka tanaman selada air dapat tumbuh

dan berkembang dengan tinggi, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan hasil pengamatan peneliti pada kegiatan observasi di perkebunan budidaya tanaman selada air, bahwa jika suhu air dalam kondisi panas dan kadar nutrisi tinggi menyebabkan banyak tumbuh lumut di sekitar tempat saluran hidroponik dan akar tanaman yang menyebabkan kadar nutrisi menjadi menurun. Penyebabnya karena lumut juga menyerap nutrisi pada air untuk hidup tumbuh dan berkembang. Sehingga untuk menghindari hal tersebut parameter suhu air dalam kondisi sedang atau ke arah dingin. Suhu pada media air berpengaruh pada proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air (Megawati et al., 2020).



Gambar 15. Diagram FIS Pengaruh Tingkat Asam dan Suhu Air Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tamaan Hidroponik Selada Air

Berdasarkan pada Gambar 15 bahwa pada kondisi asam dan suhu air sedang tanaman selada air dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan hasil pengamatan peneliti pada kegiatan observasi di perkebunan budidaya tanaman selada air diperoleh data jika tingkat keasaman sangat tinggi bahkan melebihi pH (basa) menyebabkan kematian pada tanaman selada air. Kemudian jika suhu air sangat tinggi juga menyebabkan efek pada kadar nutrisi akan menumbuhkan tanaman lumut disekitar saluran air dan tempat akar tanaman selada air berkembang.

4. KESIMPULAN

Proses kerja sistem pakar dengan menerapkan algoritma fuzzy mamdani dapat dibangun menggunakan fungsi dari Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System/FIS*) yang terdapat pada *Fuzzy Logic Toolbox (FLT)* dalam *software* aplikasi MATLAB R2007b. Hasil prediksi sistem pakar dengan dibandingkan menggunakan perhitungan algoritma fuzzy mamdani hanya memiliki tingkat error 0,1% saja. Selain itu untuk mengetahui pengaruh dari variabel masukan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada air dapat divisualisasikan dengan fungsi diagram *keluaran surface FIS* yang berbentuk tiga dimensi. Hasil analisis dari diagram *keluaran surface FIS* bahwa menunjukkan tanaman hidroponik selada air dapat tumbuh dan berkembang dalam kondisi: (1) tingkat kadar nutrisi 1000 sampai 1800 PPM; (2)

tingkat keasaman 3 sampai 6 H⁺/liter; dan (3) tingkat suhu air 24° sampai 29° C.

DAFTAR PUSTAKA

- ABDULLAH, A., & ANDRES, J., 2021. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.) Secara Hidroponik. *Jurnal Pendas (Pendidikan Sekolah Dasar)*, 3(1), pp.21-27. <http://jurnal.stkipkieraha.ac.id/index.php/pendas/article/view/189>
- ALLWINE, MUTIARA S. SIMANJUNTAK, & WIJAYA, R., 2019. Sistem Pakar Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Melalui Gejala Dan Pola Hidup Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(3), pp.122-125. <https://ejurnal.pelitanusantara.ac.id/index.php/mantik/article/view/686/417>
- CHOLILULLOH, M., SYAUQY, D., & TIBYANI, 2018. Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu Dan Kekeruhan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(5), pp.1813-1822. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1392>
- DEANA, R., SUHAEDI, D., & HARAHAH, E., 2022. Konstruksi Sistem Inferensi Fuzzy Menggunakan Subtractive Fuzzy C-Means pada Data Parkinson. *Bandung Conference Series: Mathematics*, 2(1), pp.51-58. <https://proceedings.unisba.ac.id/index.php/BCSM/article/view/1837>
- FALATEHAN, A., I., HIDAYAT, N., & BRATA, K., C., 2018. Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(8), pp.2373-2381. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1773>
- FUADA, S., SETYOWATI, E., AULIA, G., Y., & Riani, D., W., 2023. Narative Review Pemanfaatan Internet-Of-Things Untuk Aplikasi Seed Monitoring and Management System Pada Media Tanaman Hidroponik di Indonesia. *INFOTECH Journal*, 9(1), pp.40-45. <https://ejournal.unma.ac.id/index.php/infotech/article/view/4439>
- HENDRAWAN, HARRIS, A., RASYWIR, E., & PRATAMA, Y., 2020. Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Karet dengan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis Web. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(4), pp.1225-1234. <https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib/article/view/2521>
- HUTAGALUNG, J., 2019. Studi Kelayakan Pemilihan Supplier Perlengkapan Dan ATK Menggunakan Metode SAW (Simple Additive Weighting). *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 3(2), pp.356-371. <http://ejurnal.tunasbangsa.ac.id/index.php/jsakti/article/view/154>
- KOSASIH, A., KURNIA, A., MULYANA, T., & UTOMO, U., P., 2023. Analisa Algoritma Fuzzy Mamdani Dalam Pengklasifikasian Penyakit Pada Tanaman. *Journal Of Research And Publication Innovation*, 1(3), pp.653-660 <https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/article/view/316>
- MARISA, CARUDIN & RAMDANI, 2021. Otomatisasi Sistem Pengendalian dan Pemantauan Kadar Nutrisi Air menggunakan Teknologi NodeMCU ESP8266 pada Tanaman Hidroponik. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), pp.127-134. <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt/article/view/430>
- MASYHURA, M., D., & ARIANTY N., 2019. Pemanfaatan Pekarangan dalam Usaha Budidaya Sayuran Secara Hidroponik. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan*, 1(1), pp.182-186. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/snk/article/view/3604/0>
- MEGAWATI, D., MASYKUROH, K., & KURNIANTO, D., 2020. Rancang Bangun Sistem Monitoring PH dan Suhu Air pada Akuaponik Berbasis Internet of Thing (IoT). *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*, 6(2), pp.124-137. <https://telka.ee.uinsgd.ac.id/index.php/TELKA/article/view/189>
- MUZARAFAH & MARLINA. 2022. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam Diagnosa Virus Penyebab Penyakit Pada Kucing. *Jurnal Sintaks Logika*, 2(3), pp.23-30. <https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/sylog/article/view/1848>
- PRASETYO, A., BRAHMA, A., N., & SETYAWAN, H., 2022. Perancangan Sistem Monitoring Pada Hidroponik Selada (*Lactuca Sativa* L.) Dengan Metode NFT Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 4(2), pp.99-109. <http://jurnal.unmuhjembar.ac.id/index.php/ELKOM/article/view/6102>
- ROMALASARI, A., & SOBARI, E., 2019. Produksi Selada (*Lactuca sativa* L.) Menggunakan Sistem Hidroponik Dengan Perbedaan Sumber Nutrisi. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(1), pp.36-41. <https://agriprima.polije.ac.id/index.php/journal/article/view/v3i1-e>
- SASTYPRATIWI, H., & NYOTO, R., D., 2020. Analisis Data Artikel Sistem Pakar

Menggunakan Metode Systematic Review. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 6(2), pp.250–257. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jepin/article/view/40914>

SETIAWAN, R., TRIAYUDI, A., & GUNAWAN, A., 2023. Diagnosa Kecanduan Gadget Pada Anak Usia Dini dengan Metode Fuzzy Sugeno dan Fuzzy Mamdani. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(2), pp.315–325. <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josyc/article/view/3018>

SETYAPUTRI, E.,N.,A., 2020. Pengaruh Penggunaan Berbagai Nutrisi pada Pertumbuhan Selada Keriting (*Lactuca sativa* L.) Hidroponik Sistem Wick. *Jurnal Agroekoteknologi dan Agribisnis*, 4(2), pp.20-28. <https://jurnal.polbangtan-bogor.ac.id/index.php/jaa/article/view/407>

SIAHAAN, J.,K., 2020. Analisa Tingkat Trauma Kecelakaan dengan Menerapkan Metode Fuzzy Mamdani. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 1(1), pp.21–26. <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jharma/article/view/94>

SOLIKHAH B., SURYARINI T., & WAHYUDIN A., 2018. Pemberdayaan Ibu Rumah Tangga Melalui Pelatihan Hidroponik. *Jurnal Abdimas*. 22(2). Pp. 121–127. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/abdimas/article/view/16278>

WIBOWO, D.,S., YANITASARI, Y., & DEDIH, 2018. Sistem Pakar Diagnosis Potensi Penyebaran Penyakit pada Tanaman Cabai Menggunakan Fuzzy Mamdani. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 6(2), pp.71-75. <https://jtsiskom.undip.ac.id/article/view/13006>

WIBOWO, S., 2021. Aplikasi Sistem Aquaponik dengan Hidroponik DFT Pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.). *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 8(2), pp.125-133. <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/ppkm/article/view/1490>

YUDHISTIRO, K., 2019. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani Untuk Penunjang Keputusan Penentuan Potensi Desa Di Kabupaten Malang. *SMATIKA Jurnal*, 9(1), pp.28–38. <https://jurnal.stiki.ac.id/index.php/SMATIKA/article/view/244>