

Sistem Rekomendasi Sensor Untuk Alat Pakan Ikan Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy

Fitri Rizqianti¹, Arief Zulianto.², Wiwin Suwarningsih³

Magister Teknik Informatika, Pascasarjana, Universitas Langlangbuana¹²³

¹fitririzqianti@gmail.com

²madzul@unla.ac.id

³wiwinsuwarningsih@gmail.com

Abstrak— Budidaya ikan sering kali menghadapi tantangan dalam efisiensi pemberian pakan, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan ikan. Masalah utama yang dihadapi adalah kesulitan dalam menentukan jenis sensor yang tepat untuk memantau kondisi lingkungan akuarium, seperti volume air, ukuran ikan, dan jumlah ikan, yang semuanya berpengaruh pada pemberian pakan otomatis. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengembangkan sistem rekomendasi sensor berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode logika fuzzy. Sistem ini dirancang untuk merekomendasikan jenis sensor yang sesuai berdasarkan variabel input yang relevan, sehingga pengguna tidak perlu melakukan percobaan dengan berbagai sensor yang mungkin tidak efektif. Dengan menerapkan logika fuzzy, sistem dapat menghasilkan rekomendasi yang akurat melalui 21 aturan yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem rekomendasi ini sesuai dalam memberikan rekomendasi sensor yang tepat. Penelitian ini tidak hanya memudahkan pengguna dalam menentukan sensor yang efektif, tetapi juga meningkatkan efisiensi dalam pemberian pakan ikan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas budidaya ikan.

Kata kunci— Sistem Rekomendasi Sensor, Internet of Things (IoT), Logika Fuzzy, Pemberian Pakan Ikan, Budidaya Ikan, Pemantauan Lingkungan.

I. PENDAHULUAN

Pemberian pakan yang tepat merupakan faktor penting dalam budidaya ikan untuk menjamin kualitas hasil. Pakan harus diberikan secara teratur dan tepat waktu agar ikan mendapatkan nutrisi yang memadai, sehingga risiko kematian dapat dikurangi [1]. *Smart Feeding* berbasis IoT adalah konsep sistem otomatis untuk pemberian pakan ikan yang memungkinkan kontrol jarak jauh dan pemantauan kondisi kolam, termasuk kejernihan air, pH, dan suhu, untuk mengoptimalkan pertumbuhan ikan. Sistem ini memanfaatkan Arduino sebagai perangkat inti.. [2]. Fitur penjadwalan makan pada alat pakan ikan otomatis mampu menjaga ikan lebih teratur, sehingga mengurangi angka kematian akibat kurangnya perawatan [3].

Sistem rekomendasi berguna untuk memudahkan pembuatan alat pakan ikan otomatis. Sistem rekomendasi terdiri dari tiga model utama yang dapat digunakan, yaitu Content-Based Filtering, Collaborative Filtering, dan Hybrid Recommender System [4]. Saat ini, sistem rekomendasi telah banyak diterapkan untuk membantu individu dalam mengambil

keputusan. Sistem ini berfungsi sebagai alat yang dapat mengelola informasi dari data historis pengguna, seperti jumlah pembelian, penilaian, dan faktor lainnya, serta memberikan saran atau rekomendasi yang relevan kepada pengguna [5]. Karena belum tersedia sistem rekomendasi saat pembuatan alat pakan ikan, pemilihan sensor yang tepat masih dilakukan dengan metode coba-coba.

Dari permasalahan diatas usulan metode yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah menggunakan metode fuzzy. Beberapa kelebihan lain dari logika fuzzy adalah karena sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan data-data nonlinier yang sangat kompleks, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan serta dapat bekerjasama dengan teknik kendali secara konvensional pada bahasa alami [6]. Dengan menerapkan metode fuzzy dapat dijadikan solusi untuk merekomendasikan sensor yang sesuai berdasarkan kebutuhan pengguna.

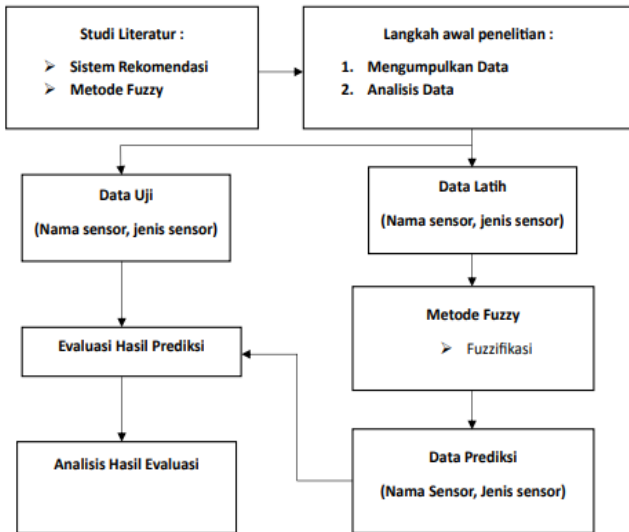
II. METODE

A. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan mengembangkan sebuah sistem menggunakan metode Fuzzy Logic yang berbasis Internet of Things (IoT) [7]. Logika fuzzy merupakan metode kecerdasan buatan yang meniru kecerdasan manusia dalam bidang teknologi informasi. Metode ini memungkinkan pemecahan masalah melalui aktivitas intelektual manusia, seperti perencanaan, pengolahan gambar, serta prediksi, yang dapat diterapkan dalam sistem komputer atau aplikasi berbasis Android [8]. Fleksibel, toleran terhadap data yang tidak akurat, mampu memodelkan data nonlinier yang kompleks, serta dapat mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa memerlukan proses pelatihan. Selain itu, dapat bekerja sama dengan teknik kendali konvensional dalam bahasa alami. Sedangkan jika menggunakan metode Content based filtering rekomendasi terbatas karena hanya mencakup item-item yang memiliki kesamaan tertentu [9] selain itu Collaborative filtering cenderung membutuhkan jumlah data yang besar untuk memberikan rekomendasi yang akurat. [10].

B. Desain Penelitian

Desain penelitian adalah sebuah strategi mengenai cara pengumpulan dan pengolahan data untuk mencapai tujuan penelitian yang diinginkan [11]. Rancangan ini mencakup berbagai tahapan yang harus dilalui selama penelitian. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar. 1 Desain Penelitian

Desain penelitian meliputi beberapa tahap:

- Studi Literatur: Mempelajari teori-teori yang digunakan, seperti sistem rekomendasi dan metode Logika Fuzzy.
- Langkah Awal Penelitian: Pengumpulan dan analisis data:
 - a. Pengumpulan Data: Mencari dataset terkait sensor melalui internet, yang berisi data pembacaan sensor.
 - b. Analisis Data: Memeriksa dataset untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan penelitian, serta membagi data menjadi data latih dan data uji.
- Data Latih: Digunakan untuk membangun model sistem rekomendasi dengan metode logika fuzzy.
- Data Uji: Sebagian data digunakan untuk menguji prediksi yang dihasilkan dari data latih.
- Metode Fuzzy: Pembuatan model sistem rekomendasi menggunakan logika fuzzy.
- Evaluasi Prediksi: Mengukur akurasi prediksi sensor dengan membandingkan hasil prediksi dengan data uji, lalu menganalisis hasil evaluasi untuk menilai akurasi sistem rekomendasi.

C. Tahapan Perancangan Sistem

Perancangan adalah proses penentuan data dan langkah-langkah yang dibutuhkan untuk sistem yang baru [12]. Tahap perancangan sistem merupakan proses yang menjelaskan secara rinci rancangan prosedur kerja dalam membangun sistem rekomendasi sensor alat pakan ikan menggunakan metode logika fuzzy. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk

mempermudah pelaksanaan implementasi dan pengujian sistem. Setiap langkah kerja akan disesuaikan dengan alur yang telah ditetapkan.



Gambar. 2 Alur Kerja Sistem Rekomendasi

Gambar 2 menunjukkan alur proses pembuatan sistem rekomendasi sensor menggunakan metode logika fuzzy. Berikut adalah penjelasan dari setiap langkah dalam diagram :

- Mulai: Tahapan awal dimulai dengan inisiasi sistem.
- Input variabel input dan output: Pada tahap ini, variabel-variabel input yang diperoleh dari sensor didefinisikan. Dalam konteks sistem pakan ikan otomatis, input dapat berupa volume air, jumlah ikan, dan ukuran ikan. Sementara itu, output yang dihasilkan adalah rekomendasi sensor yang akan digunakan untuk mengatur alat pakan otomatis.
- Input himpunan dan parameter variabel: Setiap variabel input perlu diuraikan ke dalam himpunan fuzzy seperti "rendah," "sedang," dan "tinggi." Setiap himpunan memiliki batas nilai tertentu dan parameter-parameter seperti nilai ambang batas, yang sangat berpengaruh pada ketepatan rekomendasi.
- Fungsi Himpunan Kurva: Pada langkah ini, fungsi keanggotaan atau kurva untuk tiap himpunan fuzzy ditetapkan. Fungsi ini menentukan bagaimana nilai dalam variabel input terkait dengan derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy tersebut, dengan bentuk kurva yang dapat berupa segitiga, trapezoid, atau Gaussian.
- Membuat Aturan Fuzzy (Rule): Di tahap ini, aturan fuzzy yang mengaitkan input dengan output disusun. Aturan-aturan ini dinyatakan dalam format "jika-maka" (IF-THEN). Sebagai contoh, "Jika suhu air tinggi, maka pakan ikan akan berkurang."
- Fuzzy Query: Sistem akan menggunakan data input aktual dan menerapkan aturan fuzzy yang telah dibuat.

Proses ini akan mengevaluasi tingkat keanggotaan input dalam setiap himpunan fuzzy.

- Hasil Rekomendasi (Defuzzifikasi): Proses terakhir adalah defuzzifikasi, di mana hasil fuzzy dihitung dan dikonversi menjadi nilai konkret (crisp value) yang dapat digunakan sebagai rekomendasi operasional dalam sistem.
- Selesai: Proses diakhiri dengan keluarnya rekomendasi hasil.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Analisis data merupakan proses pengolahan data yang telah tersedia menggunakan metode statistik untuk menjawab pertanyaan penelitian atau rumusan masalah [13]. Data yang akan diproses mencakup volume akuarium, ukuran ikan, dan jumlah ikan. Data ini kemudian akan diproses menggunakan logika fuzzy untuk menentukan variabel yang diperlukan untuk mencapai output yang diinginkan. Setiap variabel harus memiliki parameter, yang dibatasi sesuai yang ditampilkan dalam Tabel 1.

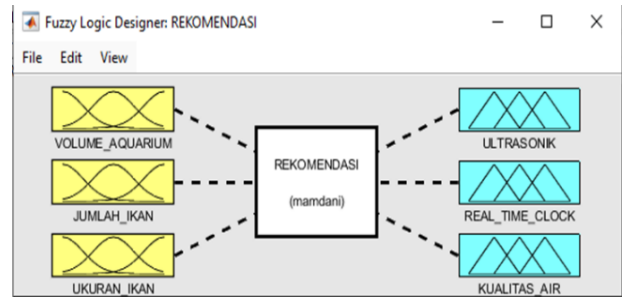
TABEL 1
 Parameter Variabel

FUNGSI	VARIABEL	PARAMETER	Satuan
INPUT	Volume Aquarium	0-200	Liter
	Jumlah Ikan	0-20	Pcs
	Ukuran Ikan	0-30	cm
OUTPUT	Ultrasonic	0-200	cm
	Real Time Clock	0-20	menit
	Kualitas Air	0-20	NTU

Tabel 1 menyajikan parameter variabel yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan sebagai variabel input. Pembatasan parameter ini penting untuk memastikan bahwa data yang diolah memberikan output yang akurat dan relevan dalam menentukan kualitas air serta pengaturan waktu otomatis untuk pemeliharaan ikan. Tabel ini menjadi dasar penting dalam analisis dan pengembangan sistem rekomendasi sensor berbasis logika fuzzy yang diusulkan dalam penelitian ini.

B. Perancangan Sistem Rekomendasi

Perancangan sistem rekomendasi ini melibatkan variabel fuzzy untuk mendukung pengambilan keputusan. Tiga variabel input yang digunakan adalah volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan. Sistem ini juga menghasilkan variabel output berupa rekomendasi sensor yang akan diterapkan, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 3. Desain sistem bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan akuarium.



Gambar. 3 Variabel Input dan Output

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara variabel input dan output dalam sistem rekomendasi sensor yang dirancang. Variabel input, yang ditandai dengan warna kuning, mencakup volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan, sedangkan variabel output, ditandai dengan warna biru toska, mencakup rekomendasi sensor seperti sensor ultrasonik, real-time clock, dan kualitas air. Di tengah gambar terdapat komponen logika fuzzy yang memproses data dari variabel input melalui analisis fuzzy untuk menghasilkan output yang sesuai berdasarkan kombinasi input yang diberikan.

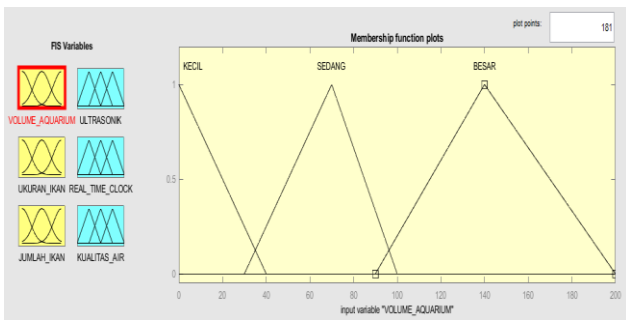
1. Variabel Volume Aquarium

Variabel volume aquarium merupakan salah satu input dalam sistem rekomendasi sensor untuk pengelolaan akuarium. Dengan memahami dan menganalisis volume akuarium, sistem dapat memberikan rekomendasi yang tepat mengenai jenis sensor yang diperlukan untuk memantau dan mengelola kualitas air, serta memastikan kesejahteraan ikan yang ada di dalamnya. Penentuan parameter dan kategori volume akuarium yang jelas akan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien dalam pengelolaan akuarium.

TABEL 2
 Variabel Volume

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Parameter
Volume Aquarium	Kecil	0-40
	Sedang	30-100
	Besar	90-200

Dalam tabel 2 volume akuarium dikategorikan ke dalam beberapa himpunan fuzzy, seperti "Kecil," "Sedang," dan "Besars," dengan rentang nilai yang ditentukan untuk masing-masing kategori. Penentuan kategori ini bertujuan untuk memudahkan proses analisis dan pengambilan keputusan dalam sistem, di mana setiap kategori volume akan mempengaruhi jenis sensor yang direkomendasikan. Dengan adanya pembagian ini, sistem dapat lebih akurat dalam menyesuaikan rekomendasi sensor berdasarkan kapasitas air yang ada, sehingga meningkatkan efektivitas penggunaan alat pakan ikan otomatis. Setelah kita menentukan himpunan serta parameter pada tabel 2 lalu fungsi keanggotaan dari volume akuarium digambarkan dalam gambar 4.



Gambar. 4 Fungsi Variabel Volume Aquarium

Gambar 4 menunjukkan fungsi keanggotaan dari variabel volume aquarium dalam sistem logika fuzzy yang dikembangkan. Dalam gambar tersebut, volume aquarium diklasifikasikan menjadi tiga kategori: "Kecil," "Sedang," dan "Besar," yang masing-masing diwakili oleh fungsi keanggotaan berbentuk segitiga. Klasifikasi ini memungkinkan sistem untuk menilai sejauh mana suatu nilai volume tertentu termasuk dalam kategori yang telah ditentukan. Dengan pendekatan fuzzy, gambar ini mengindikasikan bahwa tidak ada batasan yang ketat antara kategori, melainkan terdapat derajat keanggotaan yang memungkinkan suatu nilai volume memiliki atribut dari lebih dari satu kategori.

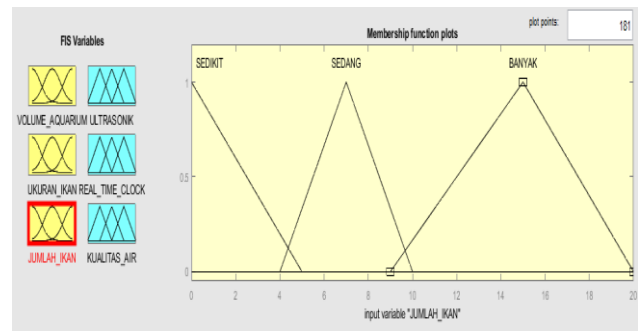
2. Variabel Jumlah Ikan

Variabel jumlah ikan adalah input dalam sistem rekomendasi yang mengkategorikan jumlah ikan di akuarium. Variabel ini berpengaruh signifikan terhadap keseimbangan ekosistem dan kualitas lingkungan hidup ikan. Dengan menganalisis jumlah ikan, sistem dapat memberikan rekomendasi yang lebih akurat untuk pengaturan dan pemeliharaan akuarium, termasuk pemilihan sensor yang sesuai untuk memantau kondisi air dan kesehatan ikan.

TABEL 3
 Variabel Jumlah Ikan

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Parameter
Jumlah Ikan	Sedikit	0-5
	Sedang	4-10
	Banyak	9-20

Tabel 3 menyajikan variabel jumlah ikan yang dibagi ke dalam tiga himpunan fuzzy, yaitu "Sedikit," "Sedang," dan "Banyak," dengan parameter yang telah ditentukan untuk setiap kategori. Kategori "Sedikit" mencakup jumlah ikan antara 0 hingga 5 ekor, kategori "Sedang" meliputi 4 hingga 10 ekor, dan kategori "Banyak" mencakup 9 hingga 20 ekor. Penentuan himpunan ini bertujuan untuk mempermudah analisis dan pengambilan keputusan terkait jumlah ikan dalam akuarium, sehingga sistem dapat memberikan rekomendasi yang lebih akurat dalam pengelolaan populasi ikan.



Gambar. 5 Fungsi Variabel Jumlah Ikan

Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan yang merepresentasikan derajat keanggotaan setiap nilai jumlah ikan dalam kategori yang telah ditentukan. Gambar ini memberikan visualisasi yang jelas tentang batasan dan hubungan antara jumlah ikan di akuarium serta bagaimana sistem menginterpretasikan data untuk menghasilkan rekomendasi yang sesuai. Penggunaan fungsi keanggotaan ini merupakan elemen penting dari pendekatan logika fuzzy, yang memungkinkan sistem menangani ketidakpastian dan memberikan keputusan yang lebih fleksibel dalam pengelolaan akuarium.

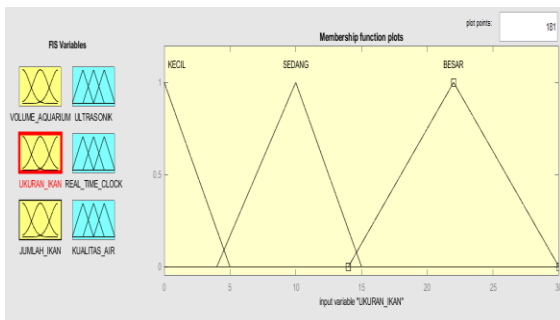
3. Variabel Ukuran Ikan

Variabel ukuran ikan merupakan faktor penting dalam pengelolaan akuarium dan penentuan kondisi lingkungan yang optimal bagi ikan. Variabel ini berfungsi untuk mengidentifikasi ukuran ikan yang akan ditempatkan dalam akuarium, yang dapat memengaruhi pakan ikan, kebutuhan ruang, dan kualitas air. Penentuan parameter dan kategori jumlah ikan yang jelas akan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien dalam pengelolaan akuarium.

TABEL 4
 Variabel Ukuran Ikan

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Parameter
Ukuran Ikan	Kecil	0-5
	Sedang	4-15
	Besar	14-30

Tabel 4 menyajikan variabel ukuran ikan yang dibagi ke dalam tiga himpunan fuzzy, yaitu "Kecil," "Sedang," dan "Besarnya." Setiap kategori memiliki parameter ukuran yang telah ditetapkan, di mana ukuran ikan "Kecil" berkisar antara 0 hingga 5 cm, ukuran "Sedang" antara 4 hingga 15 cm, dan ukuran "Besarnya" antara 14 hingga 30 cm. Penentuan kategori ini bertujuan untuk mempermudah analisis dan pengambilan keputusan terkait ukuran ikan yang akan ditempatkan dalam akuarium.



Gambar. 6 Fungsi Variabel Ukuran Ikan

Gambar 6 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk variabel ukuran ikan, yang dibagi menjadi tiga kategori: "Kecil," "Sedang," dan "Besar." Setiap kategori diwakili oleh kurva yang menggambarkan derajat keanggotaan dari berbagai nilai ukuran ikan dalam kategori tersebut. Fungsi keanggotaan ini berbentuk segitiga, di mana puncak segitiga menunjukkan nilai maksimum dari kategori, sedangkan sisi-sisi segitiga mencerminkan transisi antara kategori. Sebagai contoh, ukuran ikan yang berada di sekitar batas antara "Kecil" dan "Sedang" akan memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah dalam kedua kategori, mencerminkan ketidakpastian dalam klasifikasi ukuran ikan.

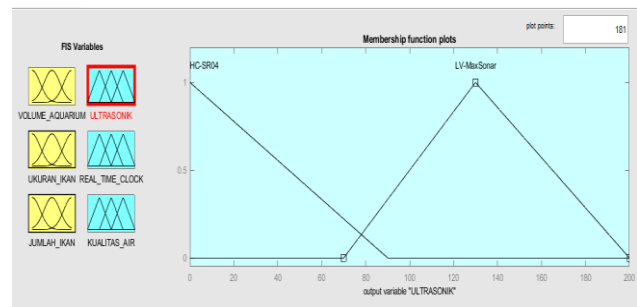
4. Variabel Ultrasonik

Variabel ultrasonik merupakan variabel output yang pertama dari hasil klasifikasi pada input variabel volume akuarium, jumlah ikan dan ukuran ikan. Variabel ini berfungsi untuk mengukur jarak dan mendeteksi keberadaan objek di dalam akuarium. Dengan memanfaatkan teknologi ultrasonik, sistem dapat secara efektif memantau kondisi akuarium dan memberikan rekomendasi yang tepat untuk pengaturan pakan otomatis

TABEL 5
 Variabel Ultrasonik

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Parameter
Ultrasonic	HC-SR04	0-90
	LV-MaxSonar	70-200

Dalam tabel 5 terdapat dua jenis sensor ultrasonik yang diidentifikasi, yaitu HC-SR04 dan LV-MaxSonar, masing-masing dengan parameter pengukuran yang berbeda. Sensor HC-SR04 memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 90 cm, sementara LV-MaxSonar memiliki rentang yang lebih luas, yaitu dari 70 hingga 200 cm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa masing-masing sensor memiliki aplikasi yang berbeda tergantung pada kebutuhan spesifik dalam pengelolaan akuarium. Sensor HC-SR04 lebih cocok untuk pengukuran jarak yang lebih dekat, sedangkan LV-MaxSonar dapat digunakan untuk situasi di mana objek yang diukur berada pada jarak yang lebih jauh



Gambar. 7 Variabel Ultrasonik.

Gambar 7 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk variabel output yang dibagi menjadi dua: "HC-SR04," dan "LV-MaxSonar" Setiap kategori diwakili oleh kurva yang menggambarkan derajat keanggotaan dari berbagai nilai ukuran ikan dalam kategori tersebut. Fungsi keanggotaan ini berbentuk segitiga, di mana puncak segitiga menunjukkan nilai maksimum dari kategori, sedangkan sisi-sisi segitiga mencerminkan transisi antara kategori.

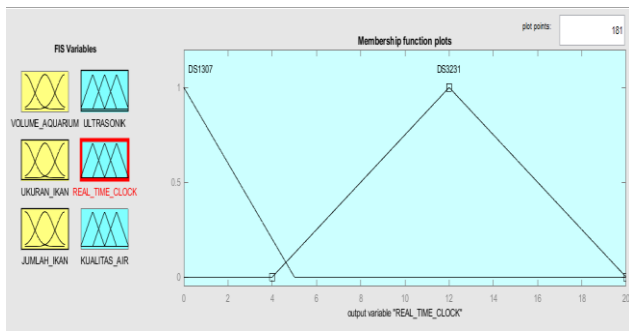
5. Variabel Real Time Clock

Variabel real time clock adalah output kedua yang dihasilkan dari klasifikasi berdasarkan input variabel volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan. Variabel ini berfungsi untuk memberikan informasi waktu secara akurat, yang sangat diperlukan dalam pengaturan waktu otomatis untuk pemeliharaan ikan dan pengelolaan kualitas air. Dengan menggunakan RTC, sistem dapat mengoptimalkan proses pemberian pakan dan pemantauan kondisi lingkungan akuarium secara real-time, sehingga mendukung kesejahteraan ikan dan efisiensi operasional secara keseluruhan.

TABEL 6
 Variabel Real Time Clock

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Parameter
Real Time Clock	DS1307	0-5
	DS3231	4-20

Tabel 6 menyajikan variabel Real Time Clock (RTC) yang digunakan dalam penelitian ini, dengan fokus pada dua himpunan fuzzy yang berbeda DS1307 dan DS3231. DS1307 memiliki rentang parameter dari 0 hingga 5. Sensor DS1307 adalah jenis RTC yang umum digunakan dan dikenal karena kemampuannya memberikan waktu yang akurat dalam aplikasi yang tidak memerlukan tingkat presisi yang tinggi. Lalu DS3231 memiliki rentang parameter yang lebih luas, yaitu dari 4 hingga 20. Sensor DS3231 adalah RTC yang lebih canggih dan menawarkan akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan DS1307.



Gambar. 8 Variabel Real Time Clock

Pada gambar 8 menggambarkan fungsi keanggotaan dari variabel Real Time Clock (RTC) yang dibagi menjadi dua himpunan output, yaitu DS1307 dan DS3231, dengan bentuk parameter segitiga. Himpunan DS1307, dengan rentang 0 hingga 5, menunjukkan fleksibilitas dalam aplikasi yang tidak memerlukan presisi tinggi, sementara DS3231, dengan rentang 4 hingga 20, menekankan kemampuan untuk memberikan pengaturan waktu yang lebih akurat. Pembagian ini memungkinkan sistem untuk secara efektif memilih sensor yang paling sesuai berdasarkan kebutuhan spesifik dalam pengelolaan akuarium, sehingga mendukung pengaturan waktu otomatis yang optimal dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

6. Variabel Kualitas Air

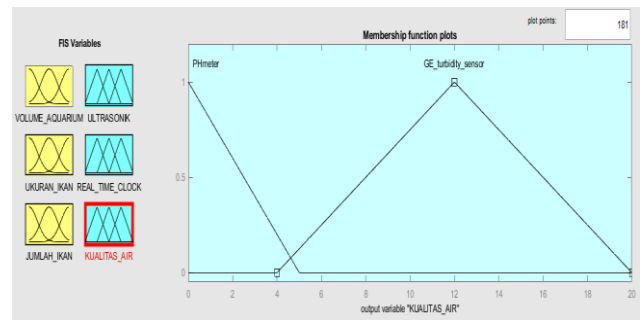
Variabel kualitas air adalah output ketiga yang dihasilkan dari klasifikasi berdasarkan input variabel volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan. Dengan memantau kualitas air dengan sensor turbidity (sensor kekeruhan air), sistem dapat mengoptimalkan proses pemberian pakan dan pemantauan kondisi lingkungan akuarium, sehingga mendukung kesejahteraan ikan dan efisiensi operasional secara keseluruhan. Untuk mengklasifikasikan jenis sensor yang cocok maka dibuat parameter seperti pada tabel 7.

TABEL 7
 Variabel Kualitas Air

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Parameter
Kualitas Air	Portable Optical Turbidity	0-100
	Nephelometric Turbidity	90-200

Tabel 7 menyajikan variabel Kualitas Air yang dibagi menjadi dua himpunan fuzzy yaitu Portable Optical Turbidity dan Nephelometric Turbidity. Tabel ini menunjukkan bahwa kedua himpunan memiliki rentang nilai yang berbeda, mencerminkan metode pengukuran yang beragam dalam menilai kualitas air. Himpunan Portable Optical Turbidity, dengan rentang 0 hingga 100, menunjukkan kemampuan untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air secara cepat dan portabel. Di sisi lain, Nephelometric Turbidity, dengan rentang 90 hingga 200,

menekankan akurasi yang lebih tinggi dalam pengukuran kekeruhan air.

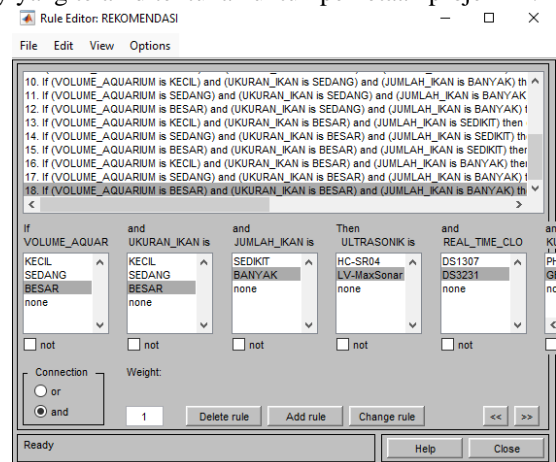


Gambar. 9 Variabel Kualitas Air

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa setiap himpunan memiliki derajat keanggotaan yang berbeda, mencerminkan variasi dalam pengukuran kekeruhan air. Himpunan Portable Optical Turbidity, yang memiliki rentang nilai yang lebih luas, memberikan fleksibilitas dalam aplikasi portabel, sementara Nephelometric Turbidity, dengan rentang yang lebih sempit, menawarkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam pengukuran. Pembagian ini tidak hanya memfasilitasi pemahaman untuk memberikan rekomendasi yang lebih tepat dan sesuai berdasarkan kondisi aktual di dalam akuarium, sehingga mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih efektif dan efisien.

C. Pembentukan Aturan Logika Fuzzy

Pembentukan aturan logika fuzzy dilakukan dengan memetakan input dan output menggunakan aturan berbasis kondisi dan tindakan. Pendekatan ini memungkinkan sistem fuzzy beroperasi tanpa perlu melakukan komposisi dan dekomposisi. Aturan ini sering disebut sebagai aturan IF-THEN, dengan format “Jika (antecedent), maka (consequent).” Antecedent merujuk pada input sistem fuzzy, sedangkan consequent dikaitkan dengan output yang dihasilkan oleh sistem. Dibawah ini adalah tabel yang berisi 21 aturan logika fuzzy yang telah ditentukan untuk pemetaan proyek ini.



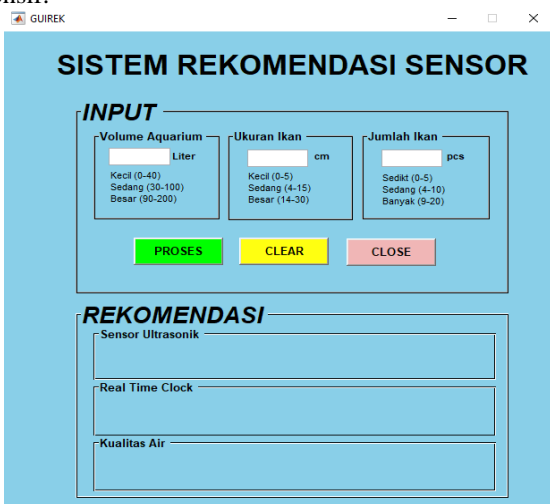
Gambar.10 Rule

Gambar 10 menyajikan representasi visual aturan logika fuzzy dalam sistem rekomendasi pengelolaan akuarium. Visualisasi

ini menjelaskan cara sistem menginterpretasikan data input dan menerapkan aturan fuzzy dalam format IF-THEN, di mana kondisi (antecedent) berhubungan langsung dengan hasil (consequent). Dengan tampilan ini, pengguna dapat memahami alur penalaran fuzzy yang digunakan dan bagaimana berbagai kombinasi input mempengaruhi rekomendasi yang dihasilkan.

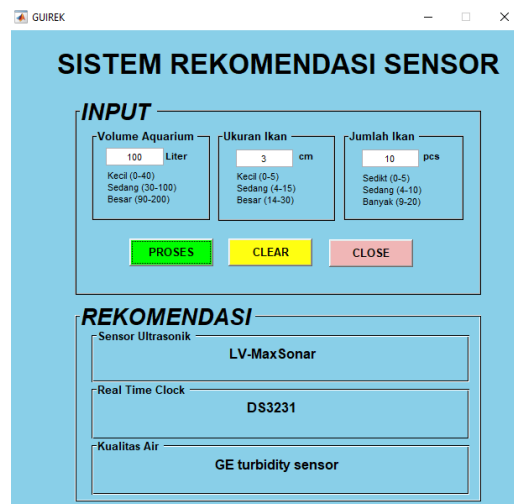
D. Perancangan Aplikasi

Setelah merancang sistem dan menetapkan metode yang akan digunakan, langkah selanjutnya adalah merancang aplikasi sistem rekomendasi sensor dengan Graphical User Interface (GUI) di MATLAB. Dengan memanfaatkan fitur GUI di MATLAB, aplikasi ini diharapkan dapat memudahkan pengguna dalam mengakses dan memproses data, serta menyajikan hasil rekomendasi secara visual, interaktif, dan responsif.



Gambar. 11 GUI dari Sistem Rekomendasi

Dari gambar 11 merupakan tampilan awal dari aplikasi sistem rekomendasi sensor yang akan kita buat agar memudahkan user. Dalam tampilan ini, pengguna dapat dengan mudah menginput data yang diperlukan, seperti volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan, yang merupakan variabel kunci dalam proses rekomendasi. Setelah data dimasukkan, pengguna hanya perlu mengklik tombol "proses" untuk memicu sistem dalam menganalisis informasi yang diberikan. Hasil rekomendasi sensor yang diperlukan akan ditampilkan secara langsung, memberikan informasi yang relevan dan tepat waktu sesuai dengan spesifikasi yang telah diinput. Di bawah ini gambar tampilan hasil rekomendasi yang akan ditampilkan setelah pengguna mengklik tombol proses.



Gambar. 12 GUI Hasil Rekomendasi

Gambar 11 memperlihatkan Graphical User Interface (GUI) yang menampilkan hasil rekomendasi sensor dari sistem setelah pengguna memasukkan data yang diperlukan. Pada tampilan ini, rekomendasi sensor diberikan berdasarkan kombinasi variabel input seperti volume akuarium, jumlah ikan, dan ukuran ikan. Setiap rekomendasi disajikan dengan jelas dan terstruktur, memudahkan pengguna dalam memahami jenis sensor yang disarankan untuk pengelolaan akuarium.

E. Pengujian

Pengujian akan menguraikan proses evaluasi yang dilakukan untuk menilai kinerja sistem rekomendasi berbasis logika fuzzy yang telah diterapkan. Pada bagian ini, berbagai skenario pengujian dijelaskan guna mengukur efektivitas dan akurasi sistem dalam memberikan rekomendasi sensor yang tepat, serta kemampuan sistem untuk beradaptasi terhadap variasi input data. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang keandalan metode yang digunakan serta mengidentifikasi potensi peningkatan guna meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

1. Pengujian Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan akurasi metode dalam memberikan rekomendasi berdasarkan input variabel yang dimasukkan. Dengan memanfaatkan kemampuan matlab, proses simulasi dan analisis data dapat dilakukan secara efektif, memungkinkan pengujian berbagai skenario dan kondisi untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

- Skenario Pertama

Pada pengujian awal ini, sistem diuji untuk mengevaluasi performanya dalam merekomendasikan jenis sensor berdasarkan variabel input yang telah ditentukan. Skenario pengujian dirancang untuk mensimulasikan kondisi nyata di akuarium, di mana variabel seperti volume akuarium, jumlah ikan, serta ukuran ikan diukur dan dianalisis. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk menilai sejauh mana metode fuzzy dapat memberikan rekomendasi yang akurat dan relevan dalam penggunaan sensor pada alat pakan ikan otomatis. Pada

Tabel 9 menyajikan hasil pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem rekomendasi sensor dalam situasi yang lebih kompleks, dengan menggunakan kombinasi variabel input yang bervariasi. Contohnya, pada data pertama dengan volume akuarium 250 liter, ukuran ikan 35 cm, dan jumlah ikan 31, sistem tidak dapat merekomendasikan sensor apapun, yang tercermin dari output "FALSE" untuk semua jenis sensor. Ini menunjukkan bahwa input yang diberikan tidak memenuhi kriteria yang diperlukan untuk menghasilkan rekomendasi yang valid

• Skenario Ketiga

Pada skenario ketiga data yang diinputkan adalah data kombinasi dalam input nya salah satu ada yang tidak sesuai dengan range yang telah ditentukan. Skenario ini dirancang untuk menguji respons sistem terhadap kombinasi input yang lebih kompleks lagi. Berikut tabel hasil pengujian pada skenario ketiga ini.

TABEL 10
 Hasil Pengujian Skenario Ketiga

No	INPUT			OUTPUT FUZZY			OUTPUT RULES			HASIL UJI COBA
	Volume Aquarium	Ukuran Ikan	Jumlah Ikan	Sensor Ultrasonik	Real Time Clock	Sensor Kualitas Air	Sensor Ultrasonik	Real Time Clock	Sensor Kualitas Air	
1	250	30	1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	sesuai
2	100	35	1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	sesuai
3	150	3	35	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	sesuai
4	220	32	3	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	sesuai
5	250	2	40	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	sesuai
6	180	40	40	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	sesuai

Tabel 10 menyajikan hasil pengujian yang dilakukan dalam skenario ketiga, di mana sistem diuji dengan kombinasi input yang mencakup volume akuarium, ukuran ikan, dan jumlah ikan, dengan fokus pada situasi di mana salah satu atau lebih variabel input tidak sesuai dengan rentang yang telah ditentukan. Misalnya, pada kombinasi input pertama dengan volume akuarium 250 liter, ukuran ikan 30 cm, dan jumlah ikan 1, sistem tidak dapat merekomendasikan sensor apapun, yang tercermin dari output "FALSE" untuk sensor ultrasonik, real time clock, dan sensor kualitas air. Ini menunjukkan bahwa input yang diberikan tidak memenuhi kriteria aturan range parameter variabel yang diperlukan untuk menghasilkan rekomendasi yang valid.

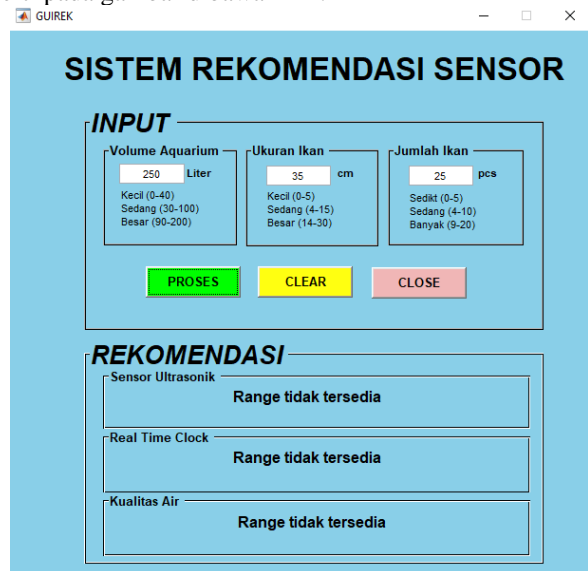
2. Pengujian Aplikasi

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana aplikasi dapat memberikan hasil rekomendasi yang akurat dan sesuai dengan metode logika fuzzy yang telah diterapkan, serta untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi dengan baik dalam berbagai skenario input yang berbeda. Melalui pengujian ini, diharapkan dapat diidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari sistem, serta potensi perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja aplikasi secara keseluruhan. Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian aplikasi.

TABEL 11
 Hasil Pengujian Aplikasi

No	INPUT			OUTPUT TAMPILAN APLIKASI			OUTPUT RULES			HASIL UJI COBA
	Volume Aquarium	Ukuran Ikan	Jumlah Ikan	Sensor Ultrasonik	Real Time Clock	Sensor Kualitas Air	Sensor Ultrasonik	Real Time Clock	Sensor Kualitas Air	
1	20	3	1	HC-SR04	DS1307	Portable Optical Turbidity	HC-SR04	DS1307	Portable Optical Turbidity	sesuai
2	90	2	2	HC-SR04	DS1307	Portable Optical Turbidity	HC-SR04	DS1307	Portable Optical Turbidity	sesuai
3	150	3	3	LV-MaxSonar	DS1307	Portable Optical Turbidity	LV-MaxSonar	DS1307	Portable Optical Turbidity	sesuai
4	10	3	10	HC-SR04	DS3231	Portable Optical Turbidity	HC-SR04	DS3231	Portable Optical Turbidity	sesuai
5	90	4	12	HC-SR04	DS3231	Portable Optical Turbidity	HC-SR04	DS3231	Portable Optical Turbidity	sesuai
6	120	4	6	LV-MaxSonar	DS3231	Nephelometric Turbidity	LV-MaxSonar	DS3231	Nephelometric Turbidity	sesuai

Tabel 11 menyajikan 6 hasil dari 18 pengujian aplikasi sistem rekomendasi sensor. Dari hasil yang ditampilkan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi berhasil memberikan rekomendasi sensor yang sesuai dengan parameter yang dimasukkan. Setiap kombinasi input menghasilkan output yang konsisten dan relevan, menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dalam memberikan rekomendasi yang tepat. Sebagai contoh, pada kombinasi input dengan volume akuarium 20 liter, ukuran ikan 3 cm, dan jumlah ikan 1, aplikasi merekomendasikan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor real time clock DS1307, dan sensor kualitas air Portable Optical Turbidity. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi mampu menerapkan logika fuzzy yang digunakan telah berjalan dengan baik. Namun, meskipun aplikasi menunjukkan kinerja yang baik dalam banyak skenario, terdapat beberapa kasus di mana sistem tidak dapat memberikan rekomendasi yang tepat, terutama ketika input berada di luar rentang yang telah ditetapkan aplikasi dan akan menampilkan error rekomendasi seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar. 13 Hasil Pengujian Diluar Range

Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian aplikasi ketika input yang dimasukkan berada di luar rentang yang telah ditentukan. Dalam situasi ini, aplikasi tidak dapat memberikan rekomendasi yang valid dan menampilkan pesan kesalahan "Range tidak tersedia" yang mengindikasikan bahwa data yang dimasukkan tidak sesuai dengan parameter yang diharapkan. Hal ini menyoroti pentingnya batasan dalam sistem, di mana input yang tidak sesuai dapat mengakibatkan kegagalan dalam menghasilkan output yang relevan.

IV. SIMPULAN

A. KESIMPULAN

Dari penelitian ini kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sistem dapat merekomendasikan jenis sensor yang sesuai berdasarkan variabel input, yaitu volume akuarium, ukuran ikan, dan jumlah ikan. Volume akuarium digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan sensor ultrasonik yang cocok, sedangkan ukuran dan jumlah ikan digunakan untuk memilih sensor real-time clock dan sensor kualitas air.
- Metode logika fuzzy dapat diterapkan dalam sistem rekomendasi ini dengan cara menentukan tiga variabel input dan tiga variabel output, serta membuat 21 aturan untuk menghasilkan rekomendasi yang sesuai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy dalam aplikasi berjalan dengan baik dan saat pengujian data di luar batas range yang ditentukan, sistem dapat menampilkan error rekomendasi.

Outcome dari penelitian ini dapat memudahkan pengguna dalam menentukan sensor yang tepat tanpa perlu melakukan percobaan yang berulang-ulang, sehingga meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan akuarium.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem rekomendasi sensor untuk alat pakan ikan ini :

- Tambahkan lebih banyak variabel input, seperti suhu air dan pH, untuk meningkatkan akurasi rekomendasi.
- Kembangkan sistem agar dapat menangani data di luar rentang yang ditentukan, dengan memperluas aturan logika fuzzy atau menambahkan algoritma tambahan.
- Perluas pengujian di berbagai jenis kolam dan lingkungan budidaya untuk memastikan kinerja di berbagai skenario.

REFERENSI

- [1] Lesmana AD. 2021. SISTEM OTOMATISASI PEMBERIAN PAKAN DAN PEMANTAUAN pH, SUHU, SERTA KETERSEDIAAN PAKAN PADA SISTEM AKUAPONIK BERBASIS IoT [Skripsi]. Bogor:Institut Pertanian Bogor.
- [2] Hidayatullah, H., & Yanu, M. (2018). Pengembangan alat pemberi pakan ikan otomatis menggunakan Arduino terintegrasi berbasis IoT. *Jurnal Telematika*, 15(02).
- [3] Safitri, S., Sari, D. M., Insani, C. N., & Rachmini, S. A. (2022). Sistem kontrol dan monitoring pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT. *Jumistik*, 74-82.
- [4] Lee, Y. (2015). Recommendation System using Collaborative Filtering. A Thesis Presented to The Faculty of the Department of Computer Science San José State University. Diakses dari http://scholarworks.sjsu.edu/etd_projects/439.
- [5] Djamal, R. A., Maharani, W., & Kurniati, P. (2010). Analisis dan Implementasi Metode Item-Based Clustering Hybrid pada Recommender System. *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*, November, 216-222.
- [6] Anistyasari, Y., & Noer, R. M. (2020). Logika Fuzzy untuk Sistem Rekomendasi Peminatan Siswa. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*.
- [7] Zhang, S., Yao, L., Sun, A., & Tay, Y. (2018). Deep Learning based Recommender System: A Survey and New Perspectives. *ACM Computing Surveys*, 1-35
- [8] Kuswanto, M. Y. P., Niswatin, R. K., & Farida, I. N. (2020). Sistem Rekomendasi Tanaman Pertanian Berbasis IoT. *Jurnal Seminar Nasional Inovasi Teknologi*.
- [9] Moch. Yanuariadin Pujo Kuswanto., Ratih Kumalasari Niswatin., dan Intan Nur Farida (2020): Sistem Rekomendasi Tanaman Pertanian Berbasis IOT. *Jurnal Seminar Nasional Inovasi Teknologi*.
- [10] Arafat, M. K. (2016). SISTEM PENGAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik "Technologia,"* 7(4), 262-268.
- [11] Sujarweni, V. W. (2020). Metodologi penelitian: Lengkap, praktis, dan mudah dipahami. Pustaka Baru Press.
- [12] Mulyanto. (2019). Analisis dan desain sistem informasi. *Informatika*.
- [13] Sujarweni, V. W. (2020). Metodologi penelitian: Lengkap, praktis, dan mudah dipahami. Pustaka Baru Press.
- [14] Yeni Anistyasari., dan Reiza Mustika Noer(2020): Logika Fuzzy untuk Sistem Rekomendasi Peminatan Siswa. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*.