

IMPLEMENTATION OF FUZZY TSUKAMOTO LOGIC TO DETERMINE THE NUMBER OF SEEDS KOI FISH IN THE SUKAMANAH CIANJUR FARMER'S GROUP

Deden Farhan^{*1}, Feri Sulianta²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Widyatama, Indonesia
Email: ¹deden.farhan@widyatama.ac.id, ²feri.sulianta@widyatama.ac.id

(Naskah masuk: 18 Juli 2022, Revisi: 24 Agustus 2022, Diterbitkan: 10 Februari 2023)

Abstract

One of the innovation programs of the Sukamanah Village Karangtengah Cianjur farmer group is in the field of fisheries. One of the programs carried out is the nursery for ornamental Koi fish. Nursery of Koi fish is done because the market demand for Koi fish is high, but there are still very few Koi fish providers. However, farmer groups are currently unable to determine the number of seeds that must be provided to meet market needs to obtain maximum profit. To overcome this, a system is required that can calculate the number of seeds needed based on fish supply and market demand. Fuzzy logic can help humans make decisions; besides, fuzzy logic is an appropriate way to map an input space into an output space. This research aims to build an application using fuzzy logic to determine the number of seeds needed based on the amount of supply and market demand for Koi fish. The data used is sourced from the Sukamanah Farmer's group, Cianjur. The results showed that using fuzzy logic succeeded in predicting the number of koi fish seeds that must be provided with an accuracy rate of 94,78% using the MAPE method.

Keywords: *decision support system, fuzzy, Koi fish, prediction, Tsukamoto*

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN JUMLAH BIBIT IKAN KOI PADA KELOMPOK TANI SUKAMANAH CIANJUR

Abstrak

Salah satu program inovasi kelompok tani desa Sukamanah Karangtengah Cianjur adalah bidang perikanan. Salah satu program yang dilakukan adalah pendederan ikan hias Koi. Pendederan ikan Koi dilakukan karena jumlah permintaan pasar ikan Koi tinggi namun penyedia ikan Koi masih sangat kurang. Namun kelompok tani saat ini tidak dapat mengetahui jumlah bibit yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan pasar agar diperoleh keuntungan yang maksimal. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sebuah sistem yang mampu menghitung jumlah bibit yang diperlukan berdasarkan persediaan ikan dan permintaan pasar. Logika fuzzy dapat digunakan untuk membantu manusia dalam pengambilan keputusan, selain itu logika fuzzy merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Tujuan penelitian ini adalah membangun sebuah aplikasi dengan menggunakan logika fuzzy untuk menentukan jumlah bibit yang diperlukan berdasarkan jumlah persediaan dan permintaan pasar ikan Koi. Data yang digunakan bersumber dari kelompok Tani Sukamanah, Cianjur. Hasil penelitian menunjukkan menggunakan logika fuzzy berhasil memprediksikan jumlah bibit ikan Koi yang harus disediakan dengan tingkat akurasi 94,78% menggunakan metode MAPE.

Kata kunci: *fuzzy, ikan Koi, prediksi, sistem pendukung keputusan, Tsukamoto*

1. PENDAHULUAN

Ikan Koi (*Cyprinus carpio koi*) merupakan salah satu jenis ikan hias memiliki bentuk yang indah, warna yang indah, sehingga memiliki nilai ekonomis yang besar [1]. Salah satu kegiatan dalam budidaya ikan Koi adalah pendederan. Pendederan merupakan salah satu kegiatan dalam proses pengembangbiakan ikan dengan pemeliharaan larva atau benih pada kolam sementara hingga mencapai ukuran tertentu

[2]. Adapun tujuan dari pendederan ini adalah agar larva atau benih dapat beradaptasi dengan lingkungan. Hasil dari panen pada proses pendederan dapat digunakan untuk aktivitas pembesaran pada tahap berikutnya. Sayangnya, permintaan ikan Koi belum dapat memenuhi kebutuhan pasar karena produksinya yang masih terbatas. Kelompok tani Desa Sukamanah Karangtengah Cianjur adalah sebuah kelompok tani yang memiliki inovasi yang

berfokus pada bidang perikanan. Salah satu program unggulan yang dilakukan adalah budidaya dan pendederan ikan hias Koi. Pendederan ikan Koi dilakukan karena jumlah permintaan pasar ikan Koi tinggi namun persediaan ikan Koi masih sangat kurang. Selain itu pendederan ikan Koi menjadi sumber penggerak ekonomi terbesar di Karangtengah, Cianjur. Namun kelompok tani saat ini tidak dapat mengetahui jumlah bibit yang harus disediakan agar dapat memenuhi kebutuhan permintaan pasar agar diperoleh keuntungan yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sebuah sistem yang mampu menghitung jumlah bibit yang diperlukan berdasarkan persediaan dan permintaan pasar [3].

Pada proses penentuan jumlah bibit ikan Koi yang akan dikembangkan digunakan beberapa kriteria yang dijadikan sebagai parameter data pendukung yang meliputi persediaan dan permintaan pasar ikan Koi. Penetapan parameter tersebut memiliki ketidakpastian, maka logika fuzzy tepat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut [4].

Masalah kemudian dipetakan dari inputnya dan outputnya dan digunakan logika fuzzy untuk antisipasinya. Logika *fuzzy* adalah sistem yang digunakan untuk menyelesaikan masalah kebenaran parsial, yaitu kebenaran yang sepenuhnya benar dan kebenaran yang sepenuhnya salah [5]. Manfaat logika fuzzy adalah berdasarkan bahasa alami, dapat dimengerti, dan dapat disesuaikan [6]. Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali oleh Prof. L.A. Zadeh dari California, USA pada 1965 [7]. Nilai keanggotaan dalam himpunan fuzzy terletak pada interval antara 0 sampai 1 [8]. Metode dalam perhitungan logika *fuzzy* yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno [9]. Pada logika fuzzy Tsukamoto setiap aturan menerapkan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya yang tetap [10]. Metode Tsukamoto merupakan logika yang memiliki toleransi data dengan paling fleksibel, keunggulan dari metode Tsukamoto bersifat intuitif dan memberikan tanggapan yang bersifat kualitatif, tidak tepat dan ambigu [11].

Menurut Purba dan Nainggolan [12], “Meningkatkan kecepatannya, pendekatan logika fuzzy Tsukamoto dapat menjadi cara terbaik untuk memperkirakan berapa banyak beras yang akan diproduksi di Toko Beras Sihotang. Dengan pemasukan data permintaan pasar dan penawaran yang mudah dipahami dan hasil yang sangat cepat, sistem yang menggunakan teknik Tsukamoto memiliki tingkat kecepatan dan akurasi yang sangat baik.”

Menurut penelitian Saputra, [13] “Pendekatan fuzzy Tsukamoto digunakan untuk meramalkan hasil produksi madu trigona. Tingkat akurasi rata-rata dalam memperkirakan produksi madu trigona adalah 92,40 persen. Selain itu, hasil prediksi minggu pertama bulan November menghasilkan nilai 3,29 botol.”

Menurut penelitian Resti [14], “Pendekatan Tsukamoto dapat lebih efektif memprediksi jumlah obat ikan yang akan dihasilkan dengan memecahkan masalah dalam penelitian ini dengan menerapkan inferensi fuzzy. sehingga dapat mendongkrak pendapatan toko UD. Ikan Indo Multi. Teknik fuzzy Tsukamoto adalah pendekatan yang diadopsi dalam penelitian ini. Sebagai konsekuensinya, keluaran kesimpulan setiap aturan disediakan tergantung pada predikatnya. Jumlah produksi obat ikan yang akan dihasilkan merupakan output.”

Sistem pendukung keputusan merupakan model yang didasarkan pada prosedur atau peralatan komputer atau sistem pengambilan dan tampilan informasi untuk memperoleh keputusan yang paling baik diantara keputusan lainnya [15]. Proses *decision maker* juga diartikan sebagai proses memilih tindakan alternatif untuk mencapai tujuan atau target [16]. SPK biasanya diciptakan untuk mendapatkan penyelesaian dari suatu masalah [17].

Tujuan penelitian ini adalah membangun sebuah aplikasi dengan menggunakan logika fuzzy Tsukamoto untuk memprediksi jumlah bibit yang diperlukan berdasarkan jumlah persediaan dan permintaan pasar ikan Koi. Data yang digunakan bersumber dari kelompok Tani Sukamanah, Cianjur. Persediaan ikan Koi dan jumlah permintaan pasar terhadap ikan Koi dijadikan sebagai variabel yang akan digambarkan dengan fungsi himpunan anggota fuzzy. Selanjutnya metode fuzzy Tsukamoto dipakai untuk menentukan banyaknya produksi bibit diterapkan dalam Sistem Pendukung Keputusan (SPK), kemudian SPK akan memproses data-data tersebut dengan metode Tsukamoto dan akan menampilkan keluaran (*output*) berupa jumlah bibit yang akan akan dihasilkan oleh kelompok tani Sukamanah. Metode fuzzy Tsukamoto diimplementasikan untuk menciptakan sebuah SPK yang dapat membantu dan memberikan penyelesaian permasalahan dari kelompok tani Sukamanah dalam menentukan produksi bibit Koi setiap waktunya dan meminimalisir adanya ikan Koi yang tidak terdistribusi di pasaran.

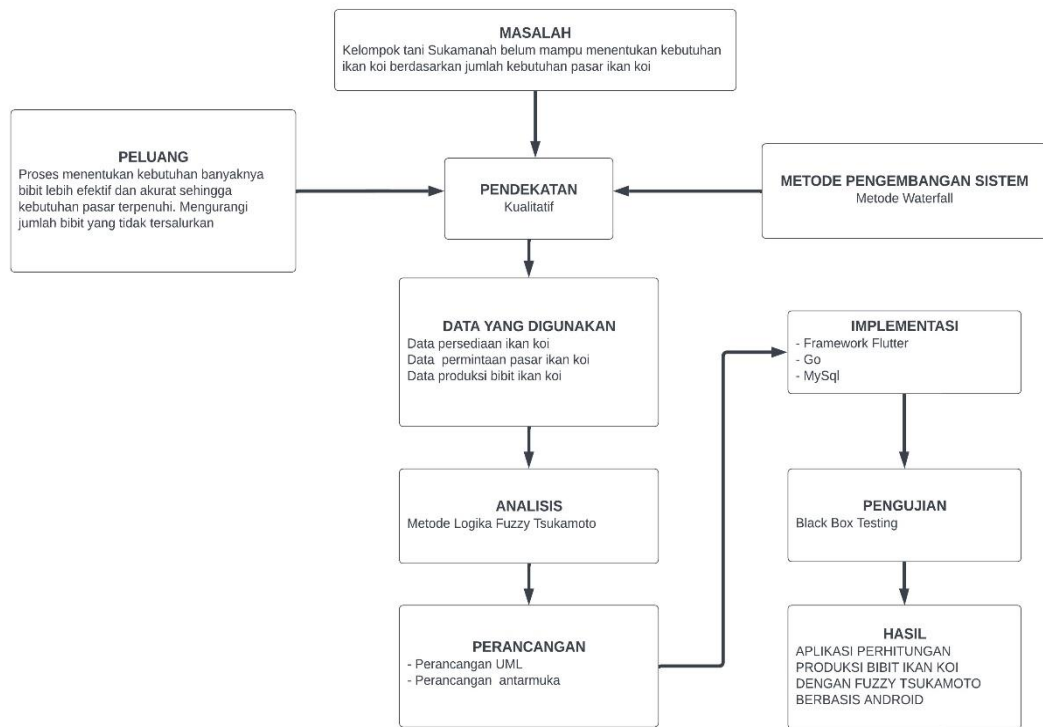
2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari analisis *requirement*, desain sistem, implementasi, pengujian, dan *maintenance* [18]. Metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Waterfall*.

2.2. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah uraian yang berkaitan kerangka konsep proses penyelesaian masalah yang diidentifikasi atau dirumuskan sebelumnya. Kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran

Gambar 1 Menunjukkan kerangka pemikiran penelitian ini. Berikut ini merupakan penjabaran masing-masing tahap pada kerangka pemikiran pada Gambar 1.

1. Kerangka dimulai dari penemuan masalah yang berupa sulitnya menentukan kebutuhan bibit ikan koi berdasarkan kebutuhan pasar dari ikan Koi.
2. Dari masalah tersebut kemudian didapatkan peluang bahwa dengan menggunakan kemajuan teknologi masa kini dapat menjadi solusi untuk membantu permasalahan yang terjadi.
3. Sedangkan metode atau cara pemecahan permasalahan ini dilakukan menggunakan metode *waterfall*, dimana metode ini merupakan metode yang umum digunakan pada pengembangan perangkat lunak.
4. Selanjutnya berangkat dari peluang dan metode serta pendekatan kualitatif yang akan digunakan kemudian langkah selanjutnya adalah mendapatkan data yang nantinya akan diolah kedalam sistem untuk mendapatkan hasil akhir. Metode dalam mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data meliputi wawancara, observasi, dan studi pustaka. Berikut data yang digunakan dalam penelitian ini:
 - a) Data persediaan bibit Koi, data produksi bibit Koi dalam setiap 2 bulan selama 5 kali masa pembibitan dan data permintaan pasar.
 - b) Jurnal dan buku yang membahas mengenai logika fuzzy Tsukamoto, sistem pendukung keputusan dan aplikasi berbasis Android.
 - c) Data yang diperlukan merupakan hasil wawancara dengan Bapak Erik sebagai ketua kelompok tani ikan Koi program desa inovasi BRIN.
5. Tahap analisis pada penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy Tsakamoto untuk menganalisis data yang diperoleh untuk menjadi hasil akhir berupa prediksi.
6. Tahap perancangan system, seperti yang dijelaskan sebelumnya, pengembangan system sendiri menggunakan metode *waterfall* dimana dimulai dengan analisis *requirement*, desain sistem, implementasi, pengujian, dan *maintenance*,
7. Hasil penelitian, hasil yang didapat berupa nilai angka prediksi jumlah bibit Koi yang dibutuhkan berdasarkan permintaan pasar. Dengan hasil ini, akan menjadi penyelesaian masalah yang ada dalam menentukan prediksi bibit Koi yang dibutuhkan.

2.3. Logika Fuzzy Tsukamoto

Fuzzy Tsukamoto merupakan salah satu metode dari fuzzy inference system. Dimana pada logic tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan akan berupa IF-THEN harus digambarkan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang sama [19]. Terdapat empat tahapan dalam logika fuzzy, yaitu:

- a) Pembentukan himpunan fuzzy
Himpunan fuzzy adalah unit yang mewakili beberapa keadaan dalam variabel fuzzy [20].
- b) Fuzzifikasi
Merupakan proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel numerik) [21].
- c) Inferencing(Base Rule)
Proses pembentukan aturan-aturan fuzzy yang dinyatakan dalam bentuk "IF...THEN" [19]. Pada metode Tsukamoto, fungsi implikasi menggunakan *Min* [20].
- d) Defuzzifikasi
Proses pengubahan kembali hasil keputusan yang masih dalam bentuk fuzzy menjadi variabel numerik non fuzzy [8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Fuzzy Tsukamoto

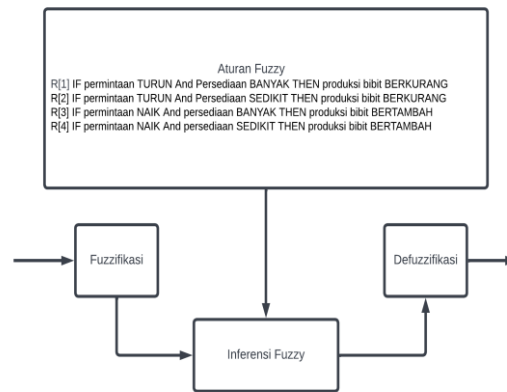
Dalam penelitian ini mengambil data hasil budidaya pendederan ikan Koi pada kelompok tani Sukamanah. Data yang meliputi persediaan ikan Koi, produksi pembibitan ikan Koi dan data permintaan pasar ikan koi dari bulan September 2021 hingga Mei 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pembibitan dan permintaan ikan Koi dalam satuan ekor (September 2021-Mei 2022)

Tanggal	Permintaan	Persediaan	Produksi
05-09-2021	917	58	2140
12-11-2021	1050	64	2320
09-01-2022	1200	36	3150
12-03-2022	780	112	1800
16-05-2022	870	86	2200

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa permintaan terbesar mencapai 1200 ekor, dan permintaan terkecil mencapai 780 ekor. Persediaan terbesar ikan Koi di kelompok tani terbanyak 112 ekor dan paling sedikit mencapai 36 ekor. Kelompok tani ini hanya mampu menghasilkan bibit sebanyak 3150 ekor dan paling sedikit 1800 ekor. Sebagai contoh kasus dalam penelitian ini jika permintaan pasar ikan Koi mencapai 900 ekor dan kelompok tani masih memiliki 50 ekor ikan Koi, berapa banyak bibit yang harus dihasilkan oleh kelompok tani tersebut.

Berdasarkan kasus tersebut terdapat 4 aturan fuzzy (*rule*). Aturannya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir logika fuzzy Tsukamoto

Berikut ini pemodelan 3 variabel fuzzy, yaitu:

- a) Variabel Permintaan
Variabel permintaan terdiri atas 2 himpunan fuzzy yaitu NAIK dan TURUN. Grafik fungsi keanggotaan variabel permintaan dapat dilihat pada Gambar 3.

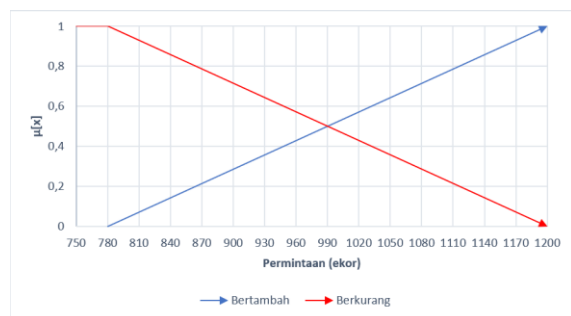
$$\mu_{turun}[x] = \begin{cases} 1; x \leq 780 \\ \frac{1200-x}{1200-780}; 780 < x < 1200 \\ 0; x \geq 1200 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{naik}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 780 \\ \frac{x-780}{1200-780}; 780 < x < 1200 \\ 1; x \geq 1200 \end{cases} \quad (2)$$

Berikut nilai keanggotaan variabel permintaan:

$$\mu_{turun}[900] = \frac{1200 - 900}{420} = \frac{300}{420} = 0,71$$

$$\mu_{naik}[900] = \frac{900 - 780}{420} = \frac{120}{420} = 0,29$$



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel permintaan ikan Koi

- b) Variabel Persediaan
Variabel persediaan memiliki 2 himpunan fuzzy yaitu sedikit dan banyak. Grafik fungsi keanggotaan variabel persediaan dapat dilihat pada Gambar 4.

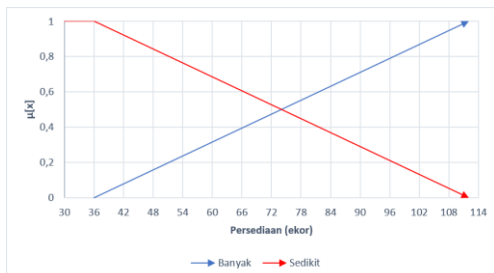
$$\mu_{sedikit}[y] = \begin{cases} 1; y \leq 36 \\ \frac{112-y}{112-36} ; 36 < y < 112 \\ 0; y \geq 112 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{banyak}[y] = \begin{cases} 0; y \leq 36 \\ \frac{y-36}{112-36} ; 36 < y < 112 \\ 1; y \geq 112 \end{cases} \quad (4)$$

Berikut nilai keanggotaan variabel persediaan:

$$\mu_{sedikit}[50] = \frac{112 - 50}{76} = \frac{62}{76} = 0,82$$

$$\mu_{banyak}[50] = \frac{50 - 36}{76} = \frac{14}{76} = 0,18$$



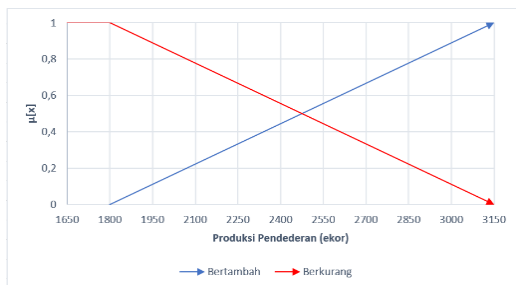
Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel persediaan ikan Koi

c) Variabel Produksi

Variabel produksi memiliki 2 himpunan fuzzy yaitu berkurang dan bertambah. Grafik fungsi keanggotaan variabel persediaan dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\mu_{berk.}[z] = \begin{cases} 1; z \leq 1800 \\ \frac{3150-z}{3150-1800} ; 1800 < z < 3150 \\ 0; z \geq 3150 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{bert.}[z] = \begin{cases} 0; z \leq 1800 \\ \frac{z-1800}{3150-1800} ; 1800 < z < 3150 \\ 1; z \geq 3150 \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 5. Fungsi keanggotaan variabel produksi ikan Koi

Berdasarkan 4 aturan fuzzy di atas, maka ditentukan nilai α dan z untuk masing-masing aturan. Langkah-langkah untuk mengkonversi empat aturan tersebut sehingga diperoleh nilai dari α dan z dari setiap aturan.

[R1] IF permintaan TURUN And Persediaan BANYAK THEN produksi bibit BERKURANG

$$\alpha - Pred1 = \mu_{perm.}TURUN \cap \mu_{pers.}BANYAK$$

$$\alpha - Pred1 = \min(\mu_{TURUN}[900], \mu_{BANYAK}[50])$$

$$\alpha - Pred1 = \min(0,71 ; 0,18)$$

$$\alpha - Pred1 = 0,18$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan produksi bibit ikan Koi BERKURANG maka berdasarkan persamaan 5 diperoleh nilai Z_1

$$\frac{3150-Z_1}{1350} = 0,18 \text{ maka diperoleh hasil } Z_1 = 2907$$

[R2] IF permintaan TURUN And Persediaan bibit SEDIKIT THEN Produksi bibit BERKURANG

$$\alpha - Pred2 = \mu_{perm.}TURUN \cap \mu_{pers.}SEDIKIT$$

$$\alpha - Pred2 = \min(\mu_{TURUN}[900], \mu_{SEDIKIT}[50])$$

$$\alpha - Pred2 = \min(0,71 ; 0,82)$$

$$\alpha - Pred2 = 0,71$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan produksi bibit ikan Koi BERKURANG maka berdasarkan persamaan 5 diperoleh nilai Z_2

$$\frac{3150-Z_2}{1350} = 0,71 \text{ maka diperoleh hasil } Z_2 = 2191,5$$

[R3] IF permintaan NAIK And Persediaan bibit BANYAK THEN Produksi bibit BERTAMBAH

$$\alpha - Pred3 = \mu_{perm.}NAIK \cap \mu_{pers.}BANYAK$$

$$\alpha - Pred3 = \min(\mu_{NAIK}[900], \mu_{BANYAK}[50])$$

$$\alpha - Pred3 = \min(0,29 ; 0,18)$$

$$\alpha - Pred3 = 0,18$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan produksi bibit ikan Koi BERTAMBAH pada persamaan di atas maka nilai Z_3 dapat diperoleh dengan persamaan 6.

$$\frac{Z_3-1800}{1350} = 0,18 \text{ maka diperoleh hasil } Z_3 = 2043$$

[R4] IF Permintaan NAIK and Persediaan bibit SEDIKIT THEN Produksi Bibit BERTAMBAH

$$\alpha - Pred4 = \mu_{perm.}NAIK \cap \mu_{pers.}SEDIKIT$$

$$\alpha - Pred4 = \min(\mu_{NAIK}[900], \mu_{SEDIKIT}[50])$$

$$\alpha - Pred4 = \min(0,29 ; 0,82)$$

$$\alpha - Pred4 = 0,29$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan produksi bibit ikan Koi BERTAMBAH pada persamaan di atas maka nilai Z_4 dapat diperoleh dengan persamaan 6.

$$\frac{Z_4-1800}{1350} = 0,29 \text{ maka diperoleh hasil } Z_4 = 2191,5$$

Setelah diperoleh nilai keanggotaan himpunan produksi (Z) maka tahap berikutnya adalah defuzzifikasi untuk menentukan output crisp dengan defuzzifikasi rata-rata terpusat dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\alpha_1 * Z_1 + \alpha_2 * Z_2 + \alpha_3 * Z_3 + \alpha_4 * Z_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$Z = \frac{0,18 * 2907 + 0,71 * 2191,5 + 0,18 * 2043 + 0,29 * 2191,5}{0,18 + 0,71 + 0,18 + 0,29}$$

$$Z = \frac{523,26 + 1555,97 + 367,74 + 636,55}{1,36}$$

$$Z = \frac{3083,52}{1,36}$$

$$Z = 2267,29 \approx 2267$$

Berdasarkan uraian tersebut dengan permintaan pasar bibit Koi mencapai 900 ekor dan kelompok tani masih memiliki 50 ekor bibit ikan Koi, maka kelompok tani harus menghasilkan 2267 ekor bibit Koi untuk memenuhi permintaan pasar tersebut.

3.2. Pengembangan Sistem

Berikut merupakan tahap-tahap pengembangan aplikasi untuk memprediksi bibit ikan Koi dengan fuzzy Tsukamoto. Metode pengembangan yang digunakan adalah *Waterfall*.

Analisis Sistem, Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis kebutuhan fungsional dan nonfungsional. Berikut ini masing-masing kebutuhan sistem prediksi bibit Koi. Analisis kebutuhan fungsional sistem ini, yaitu:

- a) Pengguna dapat mengolah data produksi bibit ikan Koi.
- b) Pengguna dapat melihat hasil perhitungan.
- c) Pengguna dapat mengolah data petugas

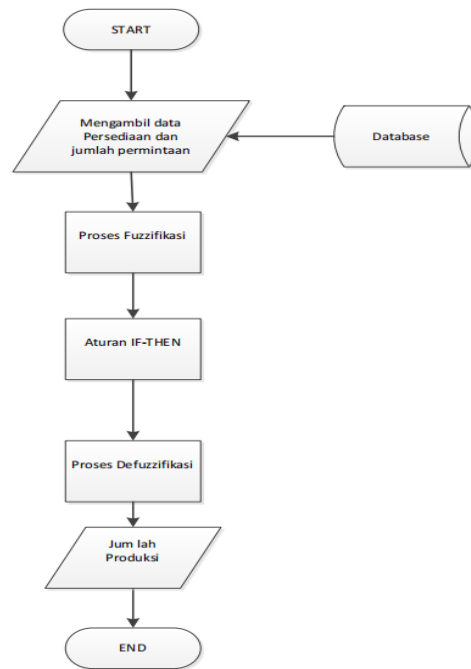
Analisis kebutuhan non fungsional aplikasi untuk memprediksi jumlah bibit ikan koi dengan fuzzy Tsukamoto dengan spesifikasi minimal perangkat Android yang dibutuhkan untuk menjalankan aplikasi ini adalah sebagai berikut:

- a) OS: OS 4.1 Android (Jelly Bean)
- b) Prosesor: 528 Mhz, Qualcomm MSM7225 chipset 4), Memori: 512 MB ROM, 256 MB RAM

Perancangan Sistem. Perancangan aplikasi meliputi perancangan proses dengan flowchart dan UML (*use case diagram*, *activity diagram*), perancangan basis data dan perancangan antarmuka.

a) Flowchart Sistem

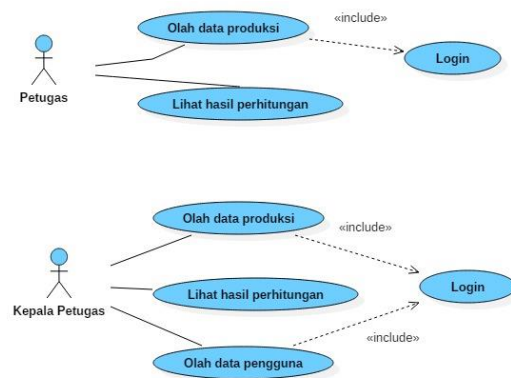
Flowchart sistem pendukung keputusan penentuan jumlah produksi bibit ikan Koi menggunakan metode fuzzy Tsukamoto. Tahapnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Alur sistem penentuan jumlah produksi bibit koi

b) Use case Diagram

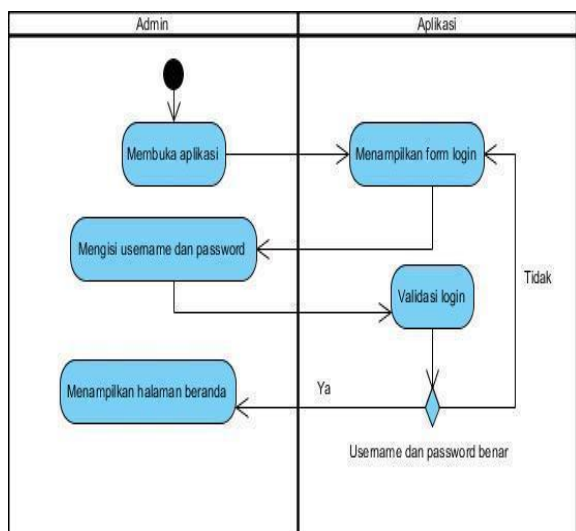
Use case diagram menggambarkan proses atau fitur yang dapat dilakukan oleh seorang aktor. Dalam penelitian ini, aktor adalah petugas pada kelompok tani bibit ikan Koi. Aktor pada aplikasi ini ada 2 level yaitu kepala petugas dan petugas. Gambar 7 menunjukkan bahwa sistem pendukung keputusan penentuan jumlah produksi bibit ikan Koi dibuat dengan tiga menu utama. Menu pertama merupakan olah data produksi yang dapat diakses oleh kepala petugas dan petugas. Menu kedua merupakan lihat hasil perhitungan dengan menerapkan logika fuzzy Tsukamoto yang dapat diakses oleh kepala petugas dan petugas. Menu ketiga merupakan olah data pengguna yang hanya dapat diakses oleh kepala petugas.



Gambar 7. Use case Diagram

c) Activity Diagram

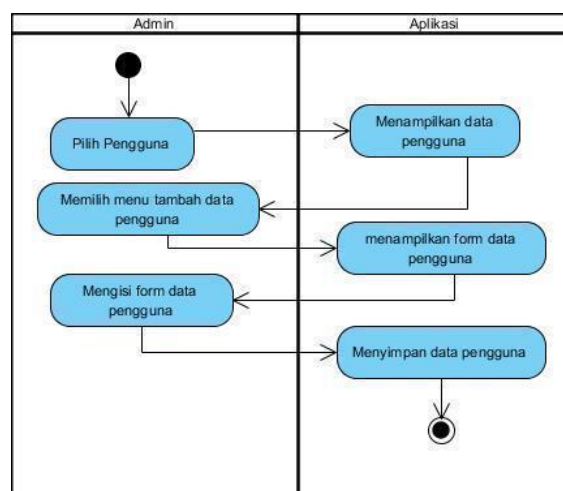
Berikut ini merupakan *activity* diagram pada aplikasi penentuan jumlah pembibitan ikan Koi. Gambar 8 merupakan *activity* diagram login. Proses login dilakukan pengguna sebelum mengakses fitur pada aplikasi.



Gambar 8. Activity diagram login

Gambar 8 menunjukkan *activity* diagram login dimana dimulai dengan pengguna membuka aplikasi dan sistem akan menampilkan form login, kemudian menginputkan username dan password disini sistem akan memvalidasi username dan password yang diinputkan, jika salah maka akan kembali menampilkan form login, jika benar akan menampilkan halaman beranda.

balikan berupa validasi dari username dan password yang digunakan, kemudian menampilkan menu, selanjutnya pengguna akan memilih menu input data uji, kemudian sistem akan memberikan balikan berupa form input data, selanjutnya pengguna akan menginputkan data pembibitan koi dan sistem akan memproses data tersebut menggunakan logika fuzzy Tsukamoto dan sistem akan memberikan balikan berupa hasil perhitungannya.



Gambar 10. Activity Diagram Olah Data Pengguna Aplikasi

Gambar 10 menunjukkan *activity* diagram olah data pengguna aplikasi yang dimulai dengan memilih pengguna kemudian sistem akan memproses dan menampilkan data pengguna, kemudian selanjutnya adalah memilih menu tambah data pengguna, sistem akan menampilkan balikan berupa form data pengguna, kemudian Langkah selanjutnya adalah mengisi form data dan sistem akan memproses menyimpan data yang sudah diinputkan sebelumnya.

d) Perancangan Basis Data

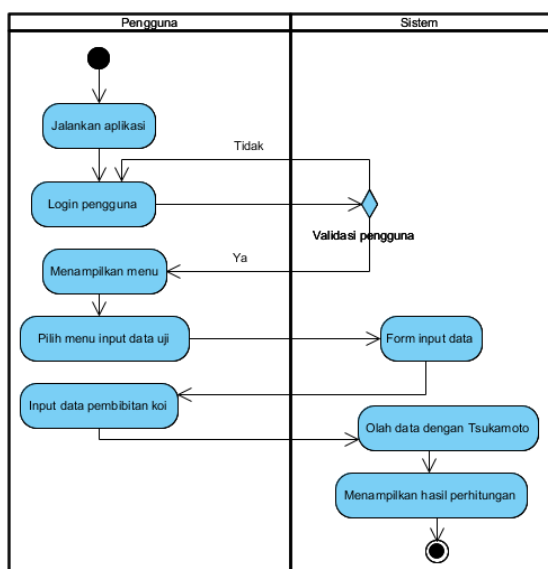
Perancangan basis data adalah proses untuk menentukan isi dan pengaturan data yang dibutuhkan untuk mendukung berbagai rancangan sistem. Tujuan perancangan *database* untuk memenuhi informasi yang berisikan kebutuhan-kebutuhan pengguna secara khusus dan implementasinya.

1. Tabel Pengguna

Tabel ini digunakan untuk menyimpan data pengguna yang dapat mengakses sistem. Terdapat dua pembagian akses dimana yang pertama adalah kepala petugas dan yang kedua adalah petugas. Tabel 2 menunjukkan struktur dari tabel pengguna.

Tabel 2. Struktur tabel pengguna

Nama kolom	Tipe data	Panjang data	Ket.
id_pengguna	int	11	Primary key
no_telp	varchar	14	
nama	varchar	50	
username	varchar	20	
password	varchar	255	
jabatan	enum	“kepala_petugas” “petugas”	



Gambar 9. Activity Diagram Olah Data Tsukamoto

Pada Gambar 9 *activity* diagram olah data Tsukamoto dimulai dengan menjalankan aplikasi, kemudian pengguna login sistem akan memberikan

2. Tabel Produksi

Tabel produksi digunakan untuk menyimpan data hasil pembibitan ikan Koi. Tabel 3 menunjukkan struktur dari tabel produksi.

Tabel 3. Struktur tabel produksi

Nama kolom	Tipe data	Panjang data	Ket.
id_produk	int	11	Primary key
tanggal_produk	date		
permintaan	int		
persediaan	int		

3. Tabel Hasil Perhitungan Produksi

Tabel hasil perhitungan produksi digunakan untuk menyimpan data hasil perhitungan produksi menggunakan fuzzy Tsukamoto. Tabel 4 menunjukkan struktur dari tabel hasil perhitungan produksi.

Tabel 4. Struktur tabel hasil perhitungan produksi

Nama kolom	Tipe data	Panjang data	Ket.
id_hasil_perhitungan	int	11	Primary key
produksi	int		
permintaan	int		
persediaan	int		

e) Perancangan Antarmuka

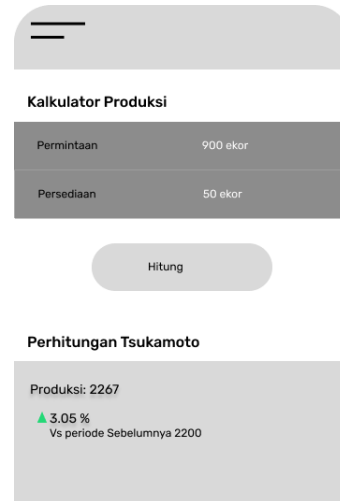
Perancangan antarmuka merupakan proses merancang antarmuka yang akan digunakan untuk berinteraksi antara pengguna dengan perangkat lunak yang dikembangkan. Tujuannya adalah memberikan gambaran secara umum sistem yang dikembangkan.



Gambar 11. Halaman data produksi

Gambar 11 menunjukkan rancangan antarmuka halaman data produksi. Pada halaman ini

memberikan informasi data catatan produksi per periode pendederan.



Gambar 12. Halaman detail perhitungan fuzzy Tsukamoto

Gambar 12 menunjukkan rancangan antarmuka halaman detail perhitungan produksi. Pada halaman ini memberikan informasi berapa yang harus diproduksi dalam pendederan ikan Koi berdasarkan permintaan dan persediaan, dengan informasi tambahan perbandingan nilai produksi pada periode sebelumnya.

Implementasi Sistem. Tahap implementasi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi implementasi basis data dan implementasi antarmuka dan implementasi fuzzy Tsukamoto. Implementasi halaman kalkulator produksi dapat dilihat pada Gambar 13. Halaman ini digunakan untuk menghitung banyaknya produksi bibit ikan yang harus disediakan kelompok tani. Melalui halaman ini petugas atau kepala petugas menginputkan jumlah permintaan bibit ikan Koi dan banyaknya persediaan yang dimiliki oleh kelompok tani.

3.3. Pengujian Sistem

Sistem pendukung keputusan untuk menentukan produksi bibit ikan Koi yang telah selesai dibangun. Untuk melihat keberhasilan dari pengembangan SPK dalam penelitian ini dilakukan pengujian validitas dan akurasi.

Pengujian validitas SPK menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), yaitu dengan mencari selisih dari nilai produksi bibit ikan Koi yang dihasilkan dari SPK dengan nilai produksi bibit ikan Koi yang telah dilakukan oleh kelompok tani pada proses pendederan periode sebelumnya. Data uji hasil perhitungan SPK dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Data uji hasil perhitungan SPK

Tanggal	Input		Output		X1-F1 /X1
	Permintaan	Persediaan	X1 (Data Aktual)	F1 (SPK)	
05-09-2021	917	58	2140	2330	0,08878
12-11-2021	1050	64	2320	2581	0,1125
09-01-2022	1200	36	3150	3150	0
12-03-2022	780	112	1800	1800	0
16-05-2022	870	86	2200	2331	0,05954
		Total			0,26082

Berdasarkan data pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa terdapat 5 kali proses pendederan pada kolom ke 2 dan 3 berisi data input permintaan dan persediaan, pada kolom ke 4 berisi data yang didapatkan dari proses pendederan periode sebelumnya sebagai pembanding untuk menentukan logika fuzzy Tsukamoto dapat digunakan untuk menentukan jumlah bibit yang harus produksi pada proses pendederan selanjutnya. Pada kolom ke 5 berisi data yang didapatkan dari SPK dengan perhitungan menggunakan logika fuzzy Tsukamoto, dan pada kolom ke 6 adalah hasil persentase untuk mengetahui tingkat kesalahan logika fuzzy Tsukamoto dalam menentukan produksi bibit ikan Koi yang dibutuhkan.

Selanjutnya untuk menentukan tingkat kesalahan pada logika fuzzy Tsukamoto, maka dilakukan perhitungan uji validitas dengan rumus MAPE.

$$MAPE = \frac{total}{jumlah\ data} * 100\% \tag{7}$$

Maka didapat tingkat kesalahan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{0,26082}{5} * 100\% = 5,2164\% \approx 5,22\%$$

Dari tingkat kesalahan SPK dapat diketahui tingkat akurasi SPK sebagai berikut:

$$AKURASI = 100\% - 5,21\% = 94,78\%$$

4. DISKUSI

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat dilihat bahwa penggunaan metode fuzzy untuk memperhitungkan bibit Koi berhasil dengan baik.

Jika dilihat dari 4 Rule yang sudah dibuat sebelumnya selanjutnya menurut fungsi keanggotaan himpunan produksi bibit ikan Koi bertambah pada persamaan di atas maka nilai Z_4 dapat diperoleh dengan persamaan 6.

$$\frac{Z_4 - 1800}{1350} = 0,29 \text{ maka diperoleh hasil } Z_4 = 2191,5$$

Setelah diperoleh nilai keanggotaan himpunan produksi (Z) maka tahap berikutnya adalah defuzzifikasi untuk menentukan output crisp dengan defuzzifikasi rata-rata terpusat dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\alpha_1 * Z1 + \alpha_2 * Z2 + \alpha_3 * Z3 + \alpha_4 * Z4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$Z = \frac{0,18 * 2907 + 0,71 * 2191,5 + 0,18 * 2043 + 0,29 * 2191,5}{0,18 + 0,71 + 0,18 + 0,29}$$

$$Z = \frac{523,26 + 1555,97 + 367,74 + 636,55}{1,36}$$

$$Z = \frac{3083,52}{1,36}$$

$$Z = 2267,29 \approx 2267$$

Berdasarkan uraian tersebut dengan permintaan pasar bibit koi mencapai 900 ekor dan kelompok tani masih memiliki 50 ekor bibit ikan koi, maka kelompok tani harus menghasilkan 2267 ekor bibit koi untuk memenuhi permintaan pasar tersebut.

Hal ini dapat dikatakan metode fuzzy yang digunakan berhasil untuk menentukan jumlah bibit yang diperlukan yaitu didapatkan 2267 ekor bibit. Hal ini serupa dengan penelitian oleh [14] dimana pada penelitian tersebut juga digunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk memperkirakan jumlah produksi obat ikan, dimana didapatkan jumlah sebesar 462 kemasan. Hal ini dapat menjelaskan bahwa menggunakan logika fuzzy yang sama dapat memperkirakan/memprediksi jumlah dari kasus-kasus tertentu secara akurat. Sehingga dapat dikatakan penelitian ini berhasil untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode logika fuzzy Tsukamoto, dapat diketahui banyaknya bibit Koi yang harus dihasilkan oleh kelompok tani tersebut, dan hasil perhitungan sendiri tersebut cukup akurat dibuktikan dengan tingkat akurasi dari SPK sebesar 94,78%. Dari hasil penelitian ini juga dapat dibuktikan bahwa sistem pendukung keputusan yang telah dibuat dapat digunakan oleh kelompok tani Sukamanah untuk menentukan jumlah bibit ikan Koi pada proses pendederan yang lebih efisien dan terkomputerisasi. Untuk pengembangan selanjutnya dapat dipelajari Kembali dengan menambahkan variabel yang dapat mengakibatkan kalkulasi perhitungan produksi bibit ikan Koi yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Andriani, A. P. Wulandari, R. I. Pratama, and I. Zidni, "Peningkatan Kualitas Ikan Koi (Cyprinus carpio) di Kelompok PBC Fish Farm di Kecamatan Cisaat, Sukabumi," *Agrokreatif J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–38, 2019, doi: 10.29244/agrokreatif.5.1.33-38.
- [2] M. E. Fachry, K. Sugama, and M. A. Rimmer, "The role of small-holder seed supply in commercial mariculture in South-east Asia," *Aquaculture*, vol. 495, no. April, pp. 912–918, 2018, doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.076.
- [3] Y. Yenni, "Logika Fuzzy Menentukan Jumlah Produksi Berdasarkan Persediaan Dan Jumlah Permintaan," *Edik Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 187–196, 2017, doi: 10.22202/ei.2017.v3i2.2247.
- [4] M. Yunus, "Optimasi Penentuan Nilai Parameter Himpunan Fuzzy dengan Teknik Tuning System," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 18, no. 1, pp. 21–28, 2018, doi: 10.30812/matrik.v18i1.334.
- [5] I. Permadi, A. K. Nugroho, and M. R. Rachmat, "Prediction of the Amount of Pepper Harvest By Using Fuzzy," *Jutif*, vol. 3, no. 1, pp. 177–182, 2022.
- [6] H. Kusumadewi, S & Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [7] D. L. Rahakbauw, F. J. Rianekuay, and Y. A. Lesnussa, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet Pada Ptp Nusantara Xiv (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku-Indonesia)," *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 16, no. 1, pp. 51–59, 2019, doi: 10.22487/2540766x.2019.v16.i1.12764.
- [8] N. Khairina, "Analisis Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Status Kesehatan Tubuh Seseorang," *Sinkron*, vol. 1, no. 1, p. 19, 2017, doi: 10.33395/sinkron.v1i1.5.
- [9] C. P. P. Maibang and A. M. Husein, "Prediksi Jumlah Produksi Palm Oil Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani," *J. Teknol. dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 2, no. 2, p. 19, 2019, doi: 10.34012/jutikomp.v2i2.528.
- [10] F. D. Ragestu and A. J. P. Sibarani, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Pemilihan Siswa Teladan di Sekolah," *Teknika*, vol. 9, no. 1, pp. 9–15, 2020, doi: 10.34148/teknika.v9i1.251.
- [11] A. Shoniya and A. Jazuli, "Penentuan Jumlah Produksi Pakaian Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Studi Kasus Konveksi Nisa," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 4, no. 1, p. 54, 2019, doi: 10.29100/jupi.v4i1.1068.
- [12] Y. Purba and M. D. Nainggolan, "Implementasi Logika Fuzzy Dengan Metode Tsukamoto Untuk Menentukan Tingkat produksi Beras Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan," *KESATRIA J. Penerapan Sist. Inf. (Komputer Manajemen)*, vol. 1, no. 3, pp. 87–92, 2020.
- [13] I. M. A. B. Saputra, N. W. R. R. Saraswati, I. B. N. Pascima, and N. N. U. Januhari, "Implementasi Fuzzy Tsukamoto dalam Prediksi Produksi Madu Trigona," *J. Eksplora Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 12–19, 2021, doi: 10.30864/eksplora.v11i1.545.
- [14] N. C. Resti, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Jumlah Produksi Obat Ikan di UD. Indo Multi Fish Tulungagung," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 106–113, 2019, doi: 10.24014/sitekin.v18i1.11022.
- [15] D. F. Shiddieq and E. Septyan, "Analisis Perbandingan Metode AHP Dan SAW Dalam Penilaian Kinerja Karyawan (Studi Kasus Di PT. GRAFINDOMEDIA PRATAMA Bandung)," *Lpkia*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [16] M. D. Irawan, "Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Matakuliah Pilihan pada Kurikulum Berbasis KKNi Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno," *J. Media Infotama*, vol. 13, no. 1, pp. 27–35, 2017, doi: 10.37676/jmi.v13i1.435.
- [17] D. Sri and H. Tamando Sihotang, "Decision Support Systems Assessment of the best village in Perbaungan sub-district with the Simple Additive Weighting (SAW) Method," *J. Mantik*, vol. 3, no. January, pp. 31–38, 2019.

- [18] M. Sukamto, R. A., & Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur Dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika, 2018.
- [19] S. Kozarević and A. Puška, “Use of fuzzy logic for measuring practices and performances of supply chain,” *Oper. Res. Perspect.*, vol. 5, no. June, pp. 150–160, 2018, doi: 10.1016/j.orp.2018.07.001.
- [20] K. E. Supriadi, “Pengembangan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penentuan Perkiraan Produksi Air Minum Kemasan Dengan Metode Fuzzy Inference System Tsukamoto,” *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, p. 155, 2017, doi: 10.23887/janapati.v6i2.11388.
- [21] F. Satria and A. J. P. Sibarani, “Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Pemilihan Karyawan Terbaik Berbasis Java Desktop,” *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 11, no. 1, pp. 130–149, 2020, doi: 10.31849/digitalzone.v11i1.3944.