

SISTEM REKOMENDASI PEMBERIAN KREDIT PADA NASABAH KOPERASI ARSIYAH DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS WEB

Kemal Farouq M^{*1)}, Zulkifli Lubis²⁾, Abdul Ghofur³⁾, Affan Bachri⁴⁾, Ratna Ekasari⁵⁾

1. Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan, Indonesia
2. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan, Indonesia
3. Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Lamongan, Indonesia
4. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan, Indonesia
5. Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo, Indonesia

Article Info

Kata Kunci : Koperasi, Fuzzy Tsukamoto

Keywords: Koperasi, Fuzzy Tsukamoto

Article history:

Received 29 Oktober 2024

Revised 13 November 2024

Accepted 4 Desember 2024

Available online 15 March 2025

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jupi.v10i2.5541>

* Corresponding author.

Kemal Farouq Mauladi

E-mail address:

kemalfarouq@unisla.ac.id

ABSTRAK

Salah satu lembaga pemberi pinjaman di Kabupaten Lamongan adalah Koperasi Arsiyah. Koperasi ini menawarkan pinjaman kepada nasabah di wilayah Kabupaten Lamongan setiap harinya. Koperasi Arsiyah memiliki aturan yang menyatakan bahwa pinjaman hanya dapat disetujui hingga 40% dari harga jaminan debitur. Terkadang Koperasi Arsiyah masih enggan untuk memberikan pinjaman meskipun lebih dari 50%. Dengan menawarkan estimasi alternatif dan mengkonfirmasi kelayakan pinjaman yang dibuat debitur, sistem pendukung keputusan pinjaman membantu divisi analisis kredit Koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongan membuat pilihan. Sistem ini berisi beberapa kriteria, termasuk jangka waktu pinjaman, biaya agunan, dan kondisi barang, dan menggunakan pendekatan fuzzy Tsukamoto untuk memperkirakan kelayakan debitur untuk mendapatkan pinjaman. Berdasarkan situs web yang dapat digunakan oleh para analis dan pemberi pinjaman Koperasi Arsiyah, metode prediksi ini dibuat.

ABSTRACT

One of the lending institutions in Lamongan Regency is Arsiyah Cooperative. This cooperative offers loans to customers in the Lamongan Regency area every day. Arsiyah Cooperative has a rule stating that loans can only be approved up to 40% of the debtor's collateral price. Sometimes Arsiyah Cooperative is still reluctant to grant a loan even if it is more than 50%. By offering alternative estimations and confirming the loan eligibility made by the debtor, the loan decision support system helps the credit analysis division of Arsiyah Cooperative in Lamongan Regency make a choice. The system contains several criteria, including loan term, collateral cost, and item condition, and uses the Tsukamoto fuzzy approach to estimate the debtor's eligibility for a loan. This prediction approach was developed based on a website that Arsiyah Cooperative analysts and lenders can utilize.

I. INTRODUCTION

ZAMAN ini, mengambil pinjaman atau menggunakan kredit telah menjadi kebutuhan semua orang di masyarakat. Dengan semakin banyaknya bank pemerintah dan swasta yang bermunculan, masyarakat memiliki lebih banyak pilihan, sehingga persaingan pun semakin ketat. Oleh karena itu, Koperasi Arsiyah merupakan salah satu koperasi di Kabupaten Lamongan yang menawarkan jasa simpan pinjam kepada masyarakat. Untuk mempercepat proses pengambilan keputusan pemberian kredit bagi calon nasabah yang memenuhi syarat, Koperasi Arsiyah harus memanfaatkan teknologi informasi. Kemungkinan hal ini para pengambil keputusan menggunakan metode yang melelahkan pada saat ini untuk mengatasi tantangan yang tidak terstruktur, para pengambil keputusan sekarang memiliki akses ke berbagai model dan data diri..[1] Inferensi *fuzzy* adalah metode komputasi yang mengubah masalah input menjadi hasil yang diprediksi. Sistem ini beroperasi pada konsep penalaran *fuzzy*. Inferensi *fuzzy* sering digunakan dalam sistem pendukung keputusan.[2] Logika *Boolean*, yang berhubungan dengan gagasan tentang derajat nilai kebenaran-kebenaran yang merentang dari benar hingga salah, dikembangkan melalui logika *fuzzy*. Pada tahun 1960-an, Dr. Lotfi Zadeh dari Berkeley

mempresentasikan ide tersebut sebagai model ketidakpastian.[3] Berbagai aplikasi di bidang pendidikan, otomotif, dan ekonomi telah dikembangkan menggunakan logika fuzzy.

Logika fuzzy Tsukamoto diciptakan dalam bidang ekonomi untuk menilai risiko yang terlibat dalam pemberian pinjaman perusahaan. Lebih lanjut, CIB *Egyptian Commercial Bank* menggunakan pendekatan fuzzy untuk memperkirakan peringkat dalam menentukan tingkat risiko yang terkait dengan jenis bisnis yang memberikan kredit atau pinjaman bisnis.[4], [5] Untuk memeriksa kemungkinan kelayakan kredit, pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA) digunakan dengan sistem Neuro Fuzzy. Rata-rata dari semua kredit, semua hutang, semua agunan, semua pembayaran, semua pendapatan, dan semua jam kerja adalah variabel input yang digunakan.[5]

Koperasi Arsiyah dalam melakukan kegiatan Analisa kredit kepada nasabah dilakukan dengan dua cara kualitatif dan kuantitatif, sehingga dalam pembacaan data selalu mengalami kesulitan dan memerlukan waktu karena informasi yang dihasilkan tidak hanya berupa angka. Dua orang staf bagian kredit melakukan analisis terhadap calon konsumen namun, karena Koperasi Arsiyah menerima sekitar 50 nasabah setiap bulannya, proses analisis kredit konsumen membutuhkan waktu yang cukup lama. Analisis kredit menggunakan survei langsung dan wawancara dengan calon konsumen sebagai tambahan dari analisis kredit untuk mengevaluasi calon nasabah. Dengan banyaknya pemohon pinjaman kredit pada Koperasi Arsiyah yang kondisi perekonomiannya nasabah yang berbeda-beda, tentu menyulitkan pihak analisis kredit koperasi Arsiyah dalam menentukan jumlah pinjaman dan batas maksimal pinjaman, sehingga pihak analisis dituntut harus cermat dan teliti dalam menganalisa data dan melakukan penilaian terhadap nasabah agar tidak salah sasaran. Karena akibat dari salah sasaran tersebut tentu akan menimbulkan adanya pembayaran macet.

Pada penelitian sebelumnya membahas tentang sistem bantuan keputusan teknik Naive Bayes untuk persetujuan kredit mobil penelitian ini menghasilkan nilai akurasi sebesar 85,8% terhadap rekomendasi pemberian kredit kepada nasabah debitur yang sesuai dengan kriteria yang sudah ditentukan, sedangkan pengembangan aplikasi pada penelitian ini menggunakan aplikasi berbasis php. Selain itu, dengan menggunakan data pelatihan dalam penelitian ini, terlihat bahwa tingkat akurasi program untuk menghasilkan nilai probabilitas meningkat seiring dengan jumlah data pelatihan yang digunakan.[6]

Penelitian dengan peringkat penelitian 85% yang membahas penggunaan sistem pendukung keputusan dengan teknik Model Logika Fuzzy Tsukamoto untuk menghitung nilai kredit pinjaman. Penelitian ini dapat memberikan rekomendasi kepada pimpinan terkait dengan jumlah nominal nilai kredit yang di ajukan oleh calon nasabah yang diberikan kredit.[7]

Hasil penelitian ini lebih unggul dibandingkan dengan 90% strategi algoritma yang digunakan pada penelitian sebelumnya pada sistem bantuan keputusan pengajuan kredit KUD Gondanglegi yang menggunakan metodologi Logika Fuzzy Tsukamoto. Dalam penelitian ini dapat memberikan rekomendasi kelayakan terhadap debitur yang akan mengajukan kredit pada KUD Gondanglegi serta dapat memberikan masukan kepada bagian analisis kredit untuk memberikan proses simulasi nilai kredit yang diajukan oleh debitur.[8]

Dilakukannya penelitian ini yaitu dengan tujuan untuk memperkuat analisis kredit Koperasi Arsiyah Kabupaten Lamongan dalam menentukan apakah layak untuk menawarkan pinjaman kredit kepada nasabah dalam rangka menurunkan risiko kemacetan kredit dengan memanfaatkan metode *fuzzy Tsukamoto berbasis website*. [9]

II. METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai dalam kegiatan penelitian ini pada awalnya meliputi observasi, wawancara, dan dokumentasi. Sedangkan aplikasi yang digunakan bahasa pemrograman PHP, dan data base Mysql sedangkan pemilihan metode algoritma menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto yang sesuai dengan kriteria dan variabel pemberian kelayakan kredit nasabah koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongan. Organisasi penelitian ini digambarkan pada Gambar 1, terdiri dari prosedur dan justifikasi untuk setiap tahap, yang diwakili oleh diagram alir.

A. Pembentukan Aturan

Salah satu ciri dan syarat dari model *Tsukamoto* adalah pembentukan aturan yang bersifat fuzzy. [10] Faktor-faktor input seperti nilai pendapatan, variabel nilai jaminan, variabel tanggungan, variabel karakter, dan variabel status rumah digunakan dalam pembuatan aturan dalam penelitian ini.[11] Debitur yang telah diproses oleh model logika

fuzzy Tsukamoto akan menerima variabel output berupa nilai keputusan. Untuk aturan model tsukamoto pada koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongan yaitu sebagai berikut.

$$[R_i] \text{ IF } X_{ij} \text{ is } A_{ij} \text{ }^0 Y_{ij} \text{ is } A_{ij} \text{ }^0 Z_{ij} \text{ is } A_{ij} \text{ THEN Keputusan is } B_i \quad (1)$$

Keterangan:

- R_i = Aturan Fuzzy ke-i
- X_{ij} = Bobot Variabel nilai penghasilan per bulan ke-j yang relevan dengan aturan yang ke-i
- A_{ij} = Himpunan fuzzy untuk setiap variable yang relevan dengan aturan fuzzy
- 0 = Operator yang dapat digunakan
- Y_{ij} = Bobot variabel nilai jaminan ke-j yang relevan dengan dengan aturan yang ke-i
- Z_{ij} = Bobot variable status rumah ke-j yang relevan dengan aturan yang ke-i
- B_i = Himpunan fuzzy untuk variable keputusan pada aturan ke-i[12]



Gambar 1 Alur Penelitian

Koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongan menggunakan sejumlah aturan, untuk membuat penilaian kredit untuk klien analisis kredit. Aturan-aturan ini sejalan dengan variabel yang digunakan dan struktur aturan yang diputuskan oleh administrasi Koperasi Arsiyah, sebagaimana dapat ditinjau pada table 1 dibawah ini:

TABEL I.
TABEL ATURAN SETIAP HIMPUNAN FUZZY

C1	C2	C3	C4	C5	Keterangan
Atas	Bawah	Kecil	Baik	Sedang	Diterima
Atas	Bawah	Sedang	Baik	Baik	Diterima
Atas	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Diterima
Atas	Atas	Banyak	Buruk	Baik	Tidak Diterima
Atas	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Diterima
Atas	Bawah	Banyak	Buruk	Sedang	Tidak Diterima
Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Diterima
Atas	Bawah	Kecil	Baik	Sedang	Diterima
Sedang	Atas	Sedang	Sedang	Baik	Diterima
Sedang	Sedang	Banyak	Sedang	Buruk	Tidak Diterima
Sedang	Bawah	Banyak	Baik	Sedang	Diterima
Sedang	Sedang	Kecil	Buruk	Baik	Diterima
Sedang	Bawah	Banyak	Buruk	Buruk	Tidak Diterima
Buruk	Bawah	Banyak	Buruk	Buruk	Tidak Diterima

Keterangan:

- C1 = Variabel Penghasilan
- C2 = Variabel Jaminan
- C3 = Variabel Tanggungan

- C4 = Variabel Karakter
 C5 = Variabel Status Rumah

B. Fuzzyfikasi

Fuzzy mengacu pada sesuatu yang tidak begitu jelas atau tepat. Setiap bagian dari pengalaman manusia dikelilingi oleh kekaburan, ketidakpastian, dan ketidakjelasan. Orang yang tidak tahu pasti akan menganggap logika *fuzzy* sebagai sesuatu yang menantang dan tidak menyenangkan. Namun setelah mendengarnya, orang pasti akan bersemangat untuk mempelajari logika *fuzzy*. [13]

Pemetaan yang akurat dari ruang input ke ruang output dikenal sebagai logika fuzzy. Profesor A. Zadeh dari University of California, Berkeley dikreditkan dengan menciptakan ide ini pertama kali, dan ia mempublikasikannya pada tahun 1965. Logika fuzzy menggambarkan variabel yang dapat berubah dengan menggunakan konsep linguistik. Output yang dihasilkan berdasarkan parameter yang telah ditentukan didefinisikan oleh logika fuzzy melalui penggunaan derajat keanggotaan suatu nilai.[14]

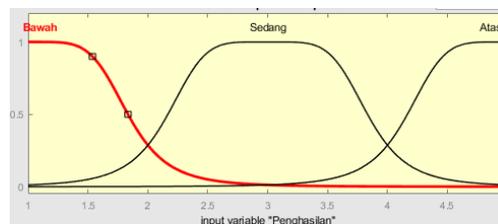
Membuat himpunan fuzzy adalah langkah pertama dalam Algoritma Fuzzy Tsukamoto.[15] Tingkat fuzzifikasi ini mencoba untuk menghitung secara manual pengajuan kredit untuk konsumen Koperasi Arsiyah Kabupaten Lamongan. Tabel 2 di bawah ini menampilkan data pelanggan.

TABEL II.
 SAMPEL DATA NASABAH KOPERASI ARSIYAH

No	Nama Nasabah	Penghasilan Per Bulan	Nilai Jaminan	Jumlah Kredit
1	Basuki	Rp 3.500.000	Rp 150.000.000	Rp 50.000.000
2	Rahmat	Rp 5.000.000	Rp 300.000.000	Rp 100.000.000
3	Kumalasari	Rp 3.000.000	Rp 50.000.000	Rp 25.000.000
4	Tri Utami	Rp 1.500.000	Rp 30.000.000	Rp 10.000.000

1. Fuzzyfikasi Pada Variabel Penghasilan

Dalam variabel penghasilan terdapat tiga himpunan Fuzzy yaitu, bawah, sedang, atas. Untuk variabel penghasilan dilihat gambar 2 dibawah ini



Gambar 2. Variabel Himpunan Penghasilan

Rumus berikut ini digunakan untuk fungsi setiap himpunan:[16]

$$\mu_{\text{Bawah}} [x] = \begin{cases} 1; x \leq 1.5jt. \\ (1.5jt - x) / 1.5jt; 1.5jt \leq x \leq 2.5jt \\ 0; x \geq 2.5jt \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} [x] = \begin{cases} 0; x \leq 1.5jt. \\ (2.5jt - x) / 1.0jt; 1.5jt \leq x \leq 2.5jt \\ (5jt - x) / 2.5jt; 2.5jt \leq x \leq 3.5jt \\ (10jt - 50jt) / 2.5jt; 3.5jt \leq x \leq 4.5jt \\ 1; x \geq 4.5jt \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}} [x] = \begin{cases} 0; x \leq 3.5jt \\ (x - 3.5jt) / 1.5jt; 3.5jt \leq x \leq 5jt \\ 1; x \geq 5jt \end{cases}$$

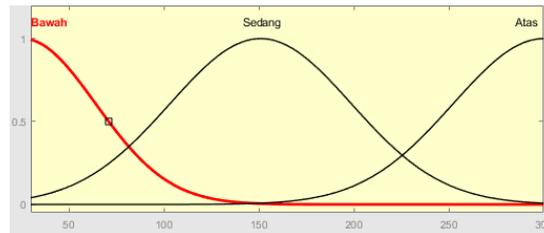
Perhitungan variabel penghasilan pada tabel 2 dengan menggunakan rumus perhitungan keanggotaan diatas, maka dapat ditinjau hasil pada tabel 3

TABEL III.
 HASIL FUZZYFIKASI NASABAH BERDASARKAN VARIABEL PENGHASILAN

No	Nama Nasabah	Penghasilan Per Bulan	Himpunan Fuzzy		
			Bawah	Sedang	Atas
1	Basuki	Rp 3.500.000	0,33	0	0
2	Rahmat	Rp 5.000.000	0	0,8	0
3	Kumalasari	Rp 3.000.000	0	0	1
4	Tri Utami	Rp 1.500.000	1	0	0

2. Fuzzyfikasi Pada Variabel Jaminan

Terdapat tiga himpunan *fuzzy* untuk variabel nilai jaminan: rendah, sedang, dan tinggi. Mengenai variabel jaminan ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Variabel Jaminan

Dengan menggunakan perhitungan rumus fungsi keanggotaan di atas dan data sampel pada Tabel 2, diperoleh hasil sebagai berikut dan disajikan pada Tabel 4:

TABEL IV.
 HASIL FUZZYFIKASI NASABAH BERDASARKAN VARIABEL JAMINAN

No	Nama Nasabah	Nilai Jaminan	Himpunan Fuzzy		
			Buruk	Sedang	Baik
1	Basuki	Rp 150.000.000	0	0,80	0
2	Rahmat	Rp 300.000.000	0	0	1
3	Kumalasari	Rp 50.0000.000	0	0,80	0
4	Tri Utami	Rp 30.000.000	1	0	0

Rumus berikut ini dapat diterapkan oleh fungsi pada setiap set:

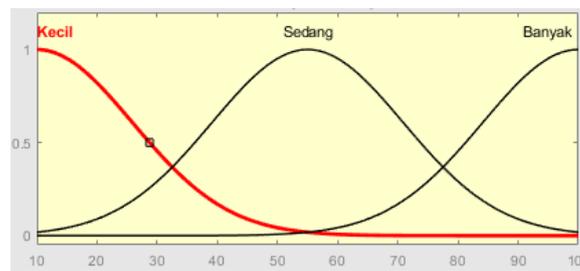
$$\mu_{\text{Bawah}} [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 150jt. \\ (30jt - x); & 150jt \leq x \leq 300jt \\ (30jt - 150jt) & \\ 0; & x \geq 150jt \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 250jt \\ (250jt - x); & 250jt \leq x \leq 300jt \\ (250jt - 300jt) & \\ 0; & x \geq 250jt \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 300jt. \\ (x - 300jt); & 300jt \leq x \leq 300jt \\ 1; & x \geq x300jt. \end{cases}$$

3. Fuzzyfikasi Variabel Tanggungan

Pada Gambar 4 di bawah ini, variabel jaminan memiliki tiga himpunan fuzzy untuk variabel nilai dependen: rendah, sedang, dan tinggi.



Gambar 3. Viriabel Himpunan Tanggungan

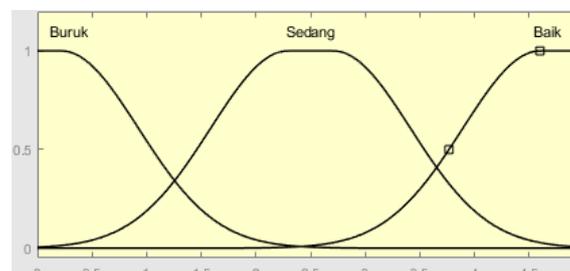
Dengan menggunakan perhitungan rumus fungsi keanggotaan di atas dan data sampel pada Tabel 4, tabel berikut ini menyajikan hasilnya:

TABEL V.
 HASIL FUZZYFIKASI NASABAH BERDASARKAN VARIABEL TANGGUNGAN

No	Nama Nasabah	Tanggungan	Himpunan Fuzzy		
			Sedikit	Sedang	Banyak
1	Basuki	4	0	0	1
2	Rahmat	5	0	0	1
3	Kumalasari	3	0	0,80	0
4	Tri Utami	2	1	0	0

4. Fuzzyfikasi Variabel Karakter

Variabel nilai karakter berdasarkan rumus fungsi keanggotaan memberikan hasil sebagai berikut, yang ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 4. Viriabel Himpunan Karakter Nasabah

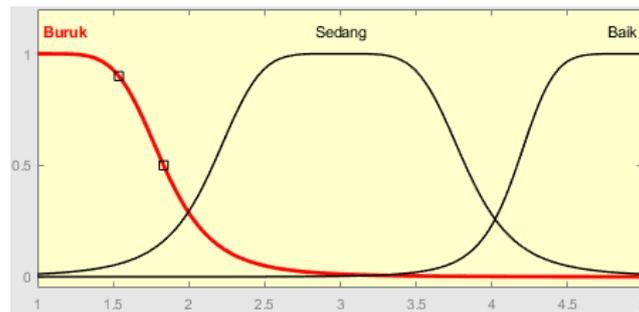
Dengan menggunakan perhitungan rumus fungsi keanggotaan di atas dan data sampel pada Tabel 4, tabel berikut ini menyajikan hasil temuannya:

TABEL V.
 HASIL FUZZYFIKASI NASABAH BERDASARKAN VARIABEL KARAKTER NASABAH

No	Nama Nasabah	Karakter	Himpunan Fuzzy		
			Buruk	Sedang	Baik
1	Basuki	4	0	0	1
2	Rahmat	5	0	0,80	0
3	Kumalasari	3	0	0	1
4	Tri Utami	0	1	0	0

5. Fuzzyfikasi Variabel Status Rumah

Berdasarkan rumus fungsi keanggotaan dan variabel-variabel yang terkait dengan nilai status rumah, diperoleh hasil sebagai berikut, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6 berikut:



Gambar 5. Variabel Himpunan Status Rumah Nasabah

Dengan menggunakan perhitungan rumus fungsi keanggotaan di atas dan data sampel pada Tabel 5, tabel berikut ini menyajikan hasil temuannya.

TABEL VI.
 HASIL FUZZYFIKASI NASABAH BERDASARKAN VARIABEL STATUS RUMAH

No	Nama Nasabah	Status Rumah	Himpunan Fuzzy		
			Buruk	Sedang	Baik
1	Basuki	4	0	0,80	0
2	Rahmat	5	0	0	1
3	Kumalasari	3	1	0	0
4	Tri Utami	2	0	0	1

6. Penentuan α – predikat dan z pada setiap aturan fuzzy

Pada bagian ini, nilai-z dan α -predikat pada setiap aturan ditemukan dengan menggunakan hasil fuzzifikasi untuk setiap variabel pada setiap himpunan fuzzy dari perhitungan sebelumnya.[17], [18] Temuan fuzzifikasi dari data sampel debitur pertama ditunjukkan pada tabel berikut untuk setiap variabel yang digunakan untuk menentukan α -predikat dan z pada setiap aturan:

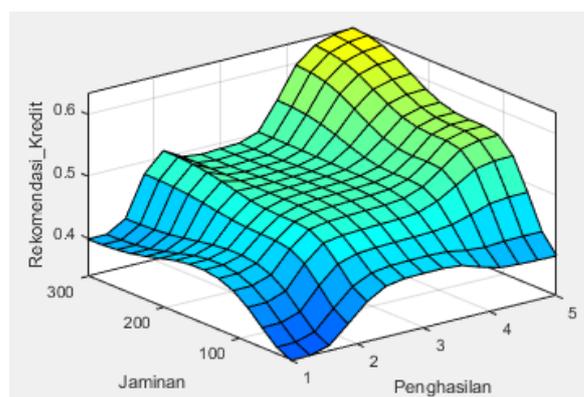
TABEL 7.
 MENENTUKAN A- PREDIKAT DAN Z PADA ATURAN FUZZY TSUKAMOTO

Nama Nasabah	Fuzzifikasi Penghasilan Per Bulan			Fuzzifikasi Nilai Jaminan			Fuzzifikasi Jumlah Kredit		
	B	S	A	B	S	A	B	S	T
Basuki	0	0	1	0	1	0	0	1	0

Proses komputasi untuk mendapatkan α -predikat dan z pada setiap aturan dapat mencari nilai α terkecil di antara semua nilai himpunan fuzzy pada setiap aturan dengan menggunakan fungsi implikasi MIN dan rumus sebagai berikut:[19]

$$\alpha_1 = \mu_{A1} \wedge \mu_{A2} \wedge \mu_{A3} = \min(\mu_{A1}(X_1) \mu_{A2}(X_2) \mu_{A3}(X_3)) \quad (2)$$

Gambar 6 di bawah ini mengilustrasikan bagaimana cara menggunakan aturan fungsi keanggotaan variabel untuk mendapatkan nilai Z di setiap aturan fuzzy Tsukamoto.



Gambar 6. Himpunan Fuzzy Tsukamoto Rekomendasi Kredit

Rumus berikut ini digunakan dalam rumus keanggotaan yang digunakan untuk menentukan Z.[20]

$$\mu \text{ Tidak Diterima} = [z] \begin{cases} 1; z \leq 50 \\ (100 - z)50 \leq z \leq 100 \\ (100 - 50); \\ 0; z \geq 100 \end{cases}$$

$$\mu \text{ Diterima} = [z] \begin{cases} 0; z \leq 50 \\ (z - 50); 50 \leq z \leq 100 \\ (100 - 50); \\ 1; z \geq 100 \end{cases}$$

Seperti yang dapat dilihat pada tabel 7, nilai Z dari data uji pada data pertama dihitung dengan menggunakan fungsi implikasi MIN pada setiap aturan, yang berasal dari hasil fuzzifikasi setiap variabel. Tabel 8 di bawah ini menampilkan invensi dari penghitungan MIN.

TABEL VII.
 FUNGSI IMPLIKASI MIN& NILAI Z PADA SETIAP RULE

No	Variabel	Himpunan	Nilai Fuzzy
1	Penghasilan	Kurang	1,00
2	Penghasilan	Cukup	0,00
3	Penghasilan	Banyak	1,00
4	Tanggungan	Sedikit	0,80
5	Tanggungan	Sedang	0,00
6	Tanggungan	Banyak	1,00
7	Jaminan	Tidak Sesuai	1,00
8	Jaminan	Kurang Sesuai	0,00
9	Jaminan	Sesuai	1,00
10	Karakter	Cukup	1,00
11	Karakter	Baik	0,00
12	Karakter	Sangat Baik	1,00
13	Status Rumah	Menumpang	1,00
14	Status Rumah	Kontrak	0,00
15	Status Rumah	Milik Sendiri	1,00

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan pengambilan keputusan pemberian pinjaman di Koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongandijelaskan pada bagian ini. Pendekatan yang digunakan berbasis website yang menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto.

A. Inferensi Tsukamoto

Dalam Inferensi fuzzy Tsukamoto memungkinkan penggunaan banyak pernyataan sebagai anteseden, dengan satu angka yang berfungsi sebagai hasil akhir. Anteseden akan dikirim langsung ke bagian konsekuen dalam prosedur berikut. Operator AND dan OR digunakan dalam proses penggabungan anteseden Tetapi, fungsi min dan max juga tersedia bagi Anda. Sebagai contoh: Klien akan disarankan untuk mendapatkan pinjaman jika klien memiliki pendapatan tinggi, tanggungan sedikit, karakternya baik, dan status rumah sendiri. Persamaan 1, 2, dan 3 digunakan untuk memasukkan setiap nilai kesimpulan yang diidentifikasi berdasarkan kriteria variabel yang telah ditetapkan oleh analis keuangan.[21], [22] *Inferensi* dalam penelitian ini berbasis aturan. Tabel 9 di bawah ini, bagaimanapun, menampilkan aturan yang digunakan sebanyak 15 kali dalam investigasi ini.

TABEL IX.
 INFERENSI TSUKAMOTO

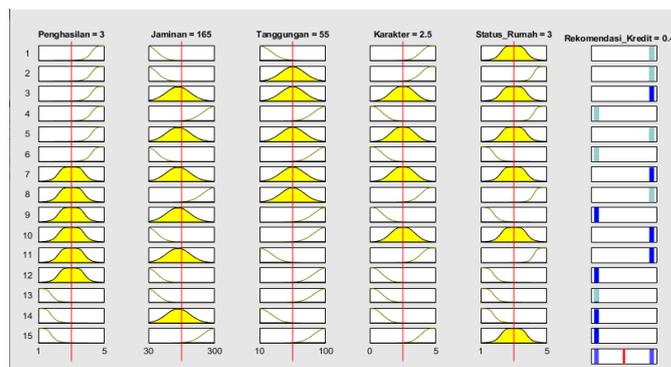
No	C1	C2	C3	C4	C5	Output	Alpha	Z	Alpha*Z
1	Atas	Bawah	Kecil	Baik	Sedang	Diterima	0,80	90,00	72,00
2	Atas	Bawah	Sedang	Baik	Baik	Diterima	0,00	50,00	0,00
3	Atas	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Diterima	0,80	90,00	72,00
4	Atas	Atas	Banyak	Buruk	Baik	Tidak Diterima	0,00	50,00	0,00
5	Atas	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Diterima	0,00	50,00	0,00
6	Atas	Bawah	Banyak	Buruk	Sedang	Tidak Diterima	0,00	50,00	0,00
7	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Diterima	0,80	90,00	72,00
8	Sedang	Atas	Sedang	Sedang	Baik	Diterima	0,00	50,00	0,00
9	Sedang	Sedang	Banyak	Sedang	Buruk	Tidak Diterima	0,80	90,00	72,00
10	Sedang	Bawah	Banyak	Baik	Sedang	Diterima	0,00	50,00	0,00
11	Sedang	Sedang	Kecil	Buruk	Baik	Diterima	0,00	50,00	0,00
12	Sedang	Bawah	Banyak	Buruk	Buruk	Tidak Diterima	0,00	50,00	0,00
13	Buruk	Bawah	Banyak	Buruk	Buruk	Tidak Diterima	0,00	55,00	0,00

14	Buruk	Sedang	Kecil	Buruk	Buruk	Tidak Diterima	0,00	55,00	0,00
15	Buruk	Atas	Banyak	Sedang	Sedang	Tidak Diterima	0,00	50,00	0,00

Mengikuti prosedur keanggotaan yang diuraikan pada Tabel 9 di atas, maka selanjutnya untuk menentukan informasi yang lebih spesifik tentang variabel input dan output. Setelah fondasi aturan fuzzy Tsukamoto dibuat, mesin inferensi dapat dibuat dengan membuat hubungan antara variabel input dan output. Untuk membuat aturan berikut ini, yang menghubungkan variabel input dan output:

- [R1] : IF (Penghasilan is Atas) and (Jaminan is Bawah) and (Tanggungans is Kecil) and (Karakter is Baik) and (Status Rumah is Sedang) then (Rekomendasi Kredit is Diterima)
- [R2] : IF (Penghasilan is Atas) and (Jaminan is Bawah) and (Tanggungans is Sedang) and (Karakter is Baik) and (Status Rumah Baik) then (Rekomendasi Kredit is Diterima)
- [R3] : IF (Penghasilan is Atas) or (Jaminan is Sedang) or (Karakter is Sedang) or (Status Rumah is Sedang) then (Rekomendasi Kredit is Diterima)
- [R4] : IF (Penghasilan is Atas) and (Jaminan is Atas) and (Tanggungans is Banyak) and (Karakter is Buruk) and (Status Rumah is Baik) and then (Rekomendasi Kredit is Tidak Diterima)
- [R5] : IF (Penghasilan is Atas) and (Jaminan is Sedang) and (Tanggungans is Sedang) and (Karakter is Sedang) and (Karakter is Sedang) and (Status Rumah is Sedang) then (Rekoemndasi Kredit is Diterima)
- [R6] : IF (Penghasilan is Atas) and (Jaminan is Bawah) and (Tanggungans is Banyak) and (Karakter is Buruk) and (Status Rumah is Sedang) then (Rekomendasi Kredit is Tidak Diterima)
- [R7] : IF (Penghasilan is Sedang) and (Jaminan is Sedang) and (Tanggungans is Sedang) and (Karakter is Sedang) and (Status Rumah is Sedang) then (Rekomendasi Kredit is Diterima)
- [R8] : IF (Penghasilan is Sedang) and (Jaminan is Atas) and (Tanggungans is Sedang) and (Karakter is Sedang) and (Status Rumah is Baik) then (Rekoemndasi Kredit is Diterima)
- [R9] : IF (Penghasilan is Sedang) or (Jaminan is Sedang) or (Tanggungans is Banyak) or (Karakter is Sedang) or (Status Rumah is Buruk) then (Rekomendasi Kredit is Tidak Diterima)
- [R10] : IF (Penghasilan is Sedang) or (Jaminan is Bawah) or (Tanggungans is Banyak) or (Karakter is Sedang) or (Status Rumah is Sedang) then (Rekomendasi Kredit Diterima)
- [R11] : IF (Penghasilan is Sedang) or (Jaminan is Sedang) or (Tanggungans is Kecil) or (Karakter is Baik) or (Status Rumah is Baik) then (Rekomendasi Kredit is Diterima)
- [R12] : IF (Penghasilan is Sedang) or (Jaminan is Bawah) or (Tanggungans is Banyak) or (Karakter is Buruk) or (Status Rumah is Buruk) then (Rekmendasi Kredit is Tidak Diterima)
- [R13] : IF (Penghasilan is Bawah) or (Jaminan is Bawah) or (Tanggungans is Banyak) or (Karakter is Buruk) or (Status Rumah is Buruk) then (Rekomendasi Kredit is Tidak Diterima)
- [R14] : IF (Penghasilan Bawah) or (Jaminan is Sedang) or (Tanggungans is Kecil) or (Karakter is Buruk) or (Status Rumah is Buruk) then (Rekoemndasi Kredit is Tidak Diterima)
- [R15] : IF (Penghasilan is Bawah) or (Jaminan is Atas) or (Tanggungans is Banyak) or (Karakter is Baik) or (Status Rumah is Sedang) then (Rekomendasi Kredit is Tidak Diterima)

Pada proses pembentukan rule diatas penentuan Fuzzy Tsukamoto dapat dilihat himpunan pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Penentuan Rule Fuzzy Tsukamoto

Inferensi Fuzzy Tsukamoto diikuti pada Tabel 9 dilakukan defuzzyfikasi, yang juga dikenal sebagai penegasan. Langkah ini menghasilkan nilai akhir yang berfungsi sebagai panduan untuk membuat

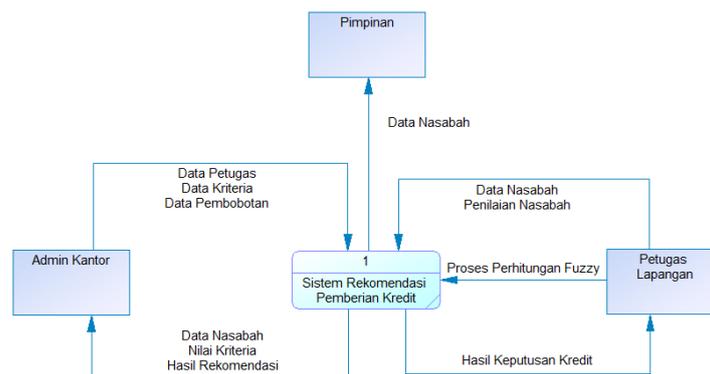
saran/rekomendasi terkait studi kasus yang diajukan. [23], [24] Metode *weight average* (rata-rata) akan digunakan dalam metode Tsukamoto untuk melakukan defuzzifikasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Defuzzy} = \sum \frac{(z \cdot a)}{a} = \sum \frac{1699,20}{28,80} = 59,90$$

Perhitungan mencari nilai alpha dikalikan dengan nilai z dan dikalikan dengan nilai alpha. [25] Selain itu, nilai defuzzifikasi sebesar 59,90 diperoleh dengan membagi nilai alpha dikalikan dengan z dengan jumlah total nilai alpha.

B. Desain

Sistem penelitian ini memanfaatkan diagram konteks dalam perancangannya. Pendekatan diagram konteks menjelaskan metode Fuzzy Tsukamoto yang digunakan untuk memberikan kredit kepada konsumen Koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongan. Gambar 7 di bawah ini mengilustrasikan metode pembuatan diagram konteks.



Gambar 7. Alur Konteks Diagram

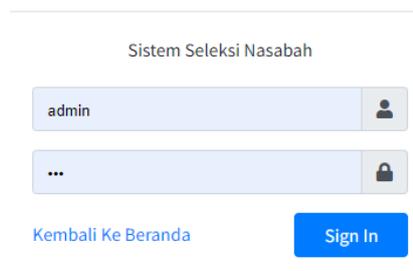
C. Implementasi dan Testing

Setelah menyelesaikan tahap penghitungan dan analisis data, selanjutnya adalah implementasi dengan membangun sistem dan diuji untuk membuat keputusan dalam pemberian pinjaman kepada nasabah Koperasi Arsiyah Kabupaten Lamongan.

Pada tahapan implementasi sistem, dengan menggunakan HTML dengan *framework bootstrap*. sedangkan *database* yang digunakan dengan MySQL. Teknik pengujian *blackbox* digunakan dalam strategi pengujian ini untuk menguji aplikasi ini. Setiap kesalahan yang dibuat selama pembangunan sistem akan terlihat jelas. Subtipe pengujian perangkat lunak yang dikenal sebagai pengujian "blackbox" berkonsentrasi pada input dan output program, atau fitur-fitur fungsionalnya.

1. Form Login

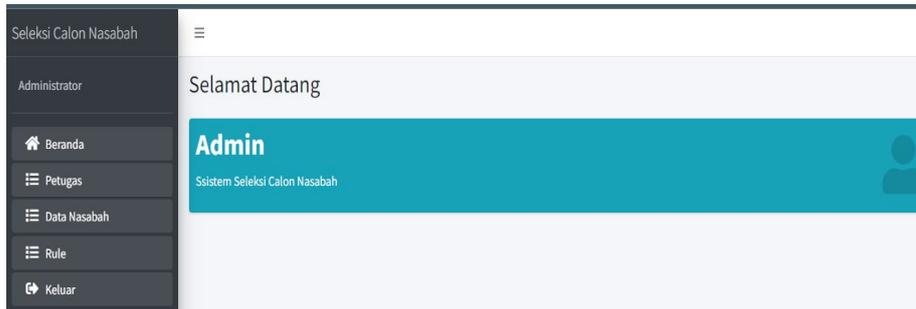
Halaman pertama yang dikunjungi saat mengakses sistem adalah halaman login. Terdapat dua pengguna sistem ini, yaitu admin dan petugas lapangan. Untuk mengakses, Administrator harus mengirimkan nama pengguna dan kata sandi mereka untuk masuk, dan petugas lapangan hanya dapat melihat informasi yang diperlukan oleh calon klien atau kreditur. Menu Login dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8 Form Login

2. Form Admin

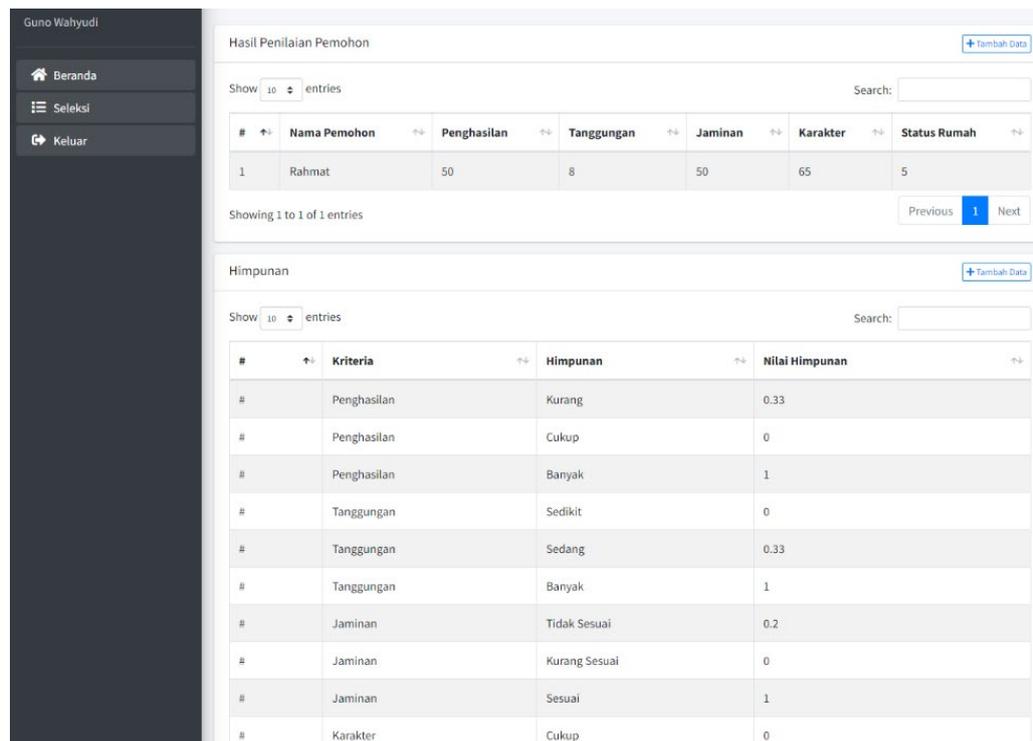
Halaman admin dimuat pertama kali ketika administrator melakukan login. Halaman admin memiliki banyak menu yang dapat diakses, seperti halaman beranda, petugas, data klien, dan Aturan. Halaman admin yang dapat diamati pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Form Admin

3. Form Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Halaman inferensi Fuzzy Tsukamoto disajikan dari hasil rekomendasi calon nasabah yang akan melakukan pinjaman kredit. Halaman ini akan menunjukkan kepada Anda bagaimana nilai yang dimasukkan oleh polisi dan calon konsumen dihitung untuk menghasilkan angka akhir pada formulir, semacam yang terlihat Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10 Form Inferensi Fuzzy Tsukamoto

4. Form Hasil Metode Fuzzy Tsukamoto

Calon nasabah yang mengajukan permohonan kredit dengan status layak kredit atau tidak layak kredit oleh pihak koperasi Arsiyah Kabupaten Lamongan dapat melihat hasil dari prosedur perhitungan Fuzzy Tsukamoto yang disajikan dalam form ini. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 11 di bawah ini, dalam form ini

Show 10 entries Search:

#	Penghasilan	Tanggungan	Jaminan	Gedung	Status Lahan	Output	Alpha	Z	Alpha * Z
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Sangat Baik - 1	Menumpang - 0	Ditolak	0	55	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Sangat Baik - 1	Kontrak - 0	Diterima	0	50	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Sangat Baik - 1	Milik Sendiri - 1	Diterima	0	50	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Baik - 0	Menumpang - 0	Ditolak	0	55	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Baik - 0	Kontrak - 0	Diterima	0	50	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Baik - 0	Milik Sendiri - 1	Diterima	0	50	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Cukup - 0.8	Menumpang - 0	Ditolak	0	55	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Cukup - 0.8	Kontrak - 0	Diterima	0	50	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Sesuai - 1	Cukup - 0.8	Milik Sendiri - 1	Diterima	0	50	0
#	Kurang - 0	Sedikit - 0	Kurang Sesuai - 0	Sangat Baik - 1	Menumpang - 0	Ditolak	0	55	0

Gambar 11 Form Hasil Fuzzy Tsukamoto

5. Evaluasi Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Hasil evaluasi Fuzzy Tsukamoto dengan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) sebagai *Evaluation Metrics*. *Mean Squared Error* (MSE) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai kesalahan data dan memberikan panduan kelayakan kredit. Status rumah nasabah (*differece/error*), karakter, faktor pendapatan, agunan, tanggungan, dan ukuran absolut dari *error* adalah kriteria yang digunakan dalam proses pengujian. [26]

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah data sesuai}}{\text{Jumlah semua data}} * 100$$

$$(3)$$

$$= \frac{190}{200} * 100$$

$$= 95\%$$

Dengan menggunakan Mean Absolute Error (MAE), hasil akhir komputasi menghasilkan nilai evaluasi sebesar 95%. Hasil dari perbandingan dalam penelitian ini juga menunjukkan bahwa, dalam hal memberikan saran untuk alokasi kredit, algoritma Fuzzy Tsukamoto berkinerja lebih baik dibandingkan dengan pendekatan algoritma Naive Bayes yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. [21]

IV. KESIMPULAN

Menurut penelitian yang telah dilakukan, Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dapat membantu dan memberikan rekomendasi serta pertimbangan dalam pengambilan keputusan kelayakan pemberian kredit kepada nasabah. Agar koperasi Arsiyah di Kabupaten Lamongan dapat berfungsi dan mengambil keputusan pemberian kredit dengan lebih cepat, efisien, dan optimal. Oleh karena itu, bahaya kemacetan kredit akan berkurang dengan diterapkannya sistem pendukung keputusan kelayakan kredit yang mempertimbangkan kriteria-kriteria antara lain jumlah pendapatan per bulan, nilai agunan, jumlah tanggungan keluarga, karakter nasabah, dan status rumah nasabah..

REFERENCES

- [1] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, "LOGIKA FUZZY Dengan M A T L A B (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)." [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/326624596>
- [2] "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMBERIAN KREDIT MIKRO DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO PADA BANK MANDIRI BOGOR."
- [3] P. Kelayakan Peminjaman, H. Mustafidah, and dan Akbar Wiraisy, "Penilaian Kelayakan Peminjaman pada Usaha Kecil Menengah Koperasi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto (Feasibility Assessment of Small Medium Enterprises Using Fuzzy Tsukamoto Method in Koperasi Pasar Manis Purwokerto)," 2018.
- [4] R. Novia Citra Devi, S. Thya Safitri, and F. Mukti Wibowo, *PENERAPAN METODE FUZZY LOGIC TSUKAMOTO DALAM PENENTU ALAT KONTRASEPSI*. 2018.

- [5] E. Sulistiani and S. Noris, "PENERAPAN FIS METODE TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN KELAYAKAN PEMBERIAN KREDIT," *JURNAL INFORMATIKA UNIVERSITAS PAMULANG*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [6] D. Prasetyo Tarigan and A. Wantoro, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMBERIAN KREDIT MOBIL DENGAN FUZZY TSUKAMOTO (STUDI KASUS: PT CLIPAN FINANCE)," 2020.
- [7] Y. Ferdiansyah and N. Hidayat, "Implementasi Metode Fuzzy-Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [8] N. Ajeng, W. Sari, M. Kom, and D. Prabowo, "PREDIKSI PEMBERIAN KELAYAKAN PINJAMAN DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO."
- [9] F. Rahma Dewi and N. Lutvi Azizah, "IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DAN ALGORITMA GENETIKA PADA PEMILIHAN SKINCARE."
- [10] N. Sakinah Tanjung, K. Tampubolon, and M. Sianturi, "KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer) SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN KELAYAKAN PEMBERIAN KREDIT MODAL USAHA MENERAPKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO (STUDI KASUS: PT. BPR BINA BARUMUN)," [Online]. Available: <http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/komik>
- [11] R. R. Fadli and A. Z. Falani, "SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PEMBERIAN KELAYAKAN KREDIT MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO."
- [12] F. Rizaldi and A. Z. Falani, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENENTUKAN NILAI KREDIT PINJAMAN DENGAN FUZZY LOGIC MODEL TSUKAMOTO," *Jurnal Insand Comtech*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [13] J. Salendah, P. Kalele, A. Tulenan, S. Reynaldo Joshua, and U. Sam Ratulangi, "2022 81 Penentuan Beasiswa Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web Scholarship Determination Using ISSN 2807-2014 Web Based Fuzzy Tsukamoto Method."
- [14] S. Suhendri, Deffy Susanti, and Reyza Reantino Hanggara, "IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY TSUKAMOTO PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN PENERIMA BANTUAN PROGRAM KELUARGA HARAPAN (PKH) DI KABUPATEN MAJALENGKA," *INFOTECH journal*, vol. 8, no. 2, pp. 84–93, Oct. 2022, doi: 10.31949/infotech.v8i2.3312.
- [15] F. Rahma Dewi and N. Lutvi Azizah, "IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DAN ALGORITMA GENETIKA PADA PEMILIHAN SKINCARE."
- [16] N. Ajeng, W. Sari, M. Kom, and D. Prabowo, "PREDIKSI PEMBERIAN KELAYAKAN PINJAMAN DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO."
- [17] S. Susanti, G. R. Nawangsit, C. Responden, K. K. Beasiswa, F. Tsukamoto, and S. P. Keputusan, "PENERAPAN METODE FUZZY TSUKAMOTO PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN PEMBERIAN BEASISWA."
- [18] R. R. Fadli and A. Z. Falani, "SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PEMBERIAN KELAYAKAN KREDIT MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO."
- [19] H. Prodi, T. Informatika, and J. T. Elektro, "Implementasi Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Dalam Penentuan Kelayakan Pemberian Kredit Mobil (Studi Kasus : PT.OTO Multiartha)."
- [20] Y. Ferdiansyah and N. Hidayat, "Implementasi Metode Fuzzy-Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [21] H. Prodi, T. Informatika, and J. T. Elektro, "Implementasi Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Dalam Penentuan Kelayakan Pemberian Kredit Mobil (Studi Kasus: PT.OTO Multiartha)."
- [22] "114-File Utama Naskah-429-4-10-20211128".
- [23] P. N. Gunawan, K. Yulianti, and C. Kustiawan, "IMPLEMENTASI METODE FUZZY TSUKAMOTO UNTUK PENENTUAN DURASI FASE LALU LINTAS," vol. 3, no. 2, pp. 55–66, 2023.
- [24] P. Widiyantoro, R. D. Febriyanti, and C. G. Muhamad, "PENERAPAN METODE FUZZY TSUKAMOTO UNTUK PENENTUAN HARGA RUMAH DI KOTA BANDUNG," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 29, no. 1, pp. 60–72, 2024, doi: 10.35760/ik.2024.v29i1.10598.
- [25] T. Wahyudi, P. Kasih, and U. Mahdiyah, "Sistem Rekomendasi Kelayakan Pemberian Kredit Kendaraan Menggunakan Metode Naïve Bayes."
- [26] D. Juardi and D. Mulyanto, "PERANCANGAN KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM PADA RUMAH SAKIT DALAM MENINGKATKAN MARKET SHARED DAN LOYALITAS PASIEN."