

Penerapan Fuzzy Tsukamoto Dalam Penentuan Plafon Kredit Nasabah Usaha Mikro, Kecil, Dan Menengah (UMKM)

Yoan Cantika¹, Irmayansyah^{2*}, Syafrial³

^{1,2,3} Fakultas Informatika dan Komputer, Sistem Informasi, Universitas Binaniaga Indonesia, Bogor, Indonesia

Email: ¹Yocantika@gmail.com, ^{2*}irma@unbin.ac.id, syafrial@unbin.ac.id

(*Email Corresponding Author: irma@unbin.ac.id)

Received: May 26, 2026 | Revision: June 2, 2026 | Accepted: June 2, 2026

Abstrak

Penentuan plafon kredit untuk nasabah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) sering menghadapi kendala akibat proses analisis yang manual dan subjektif, sehingga meningkatkan risiko kesalahan penilaian kelayakan nasabah. Penelitian ini bertujuan membangun sistem pendukung keputusan untuk menentukan plafon kredit menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metode ini dipilih karena kemampuannya menangani data yang bersifat samar dan menghasilkan keputusan terukur melalui fungsi keanggotaan serta aturan *fuzzy*. Variabel penelitian yang digunakan meliputi jumlah pengajuan, pendapatan, agunan, dan lama usaha. Hasil pengujian kelayakan melalui instrumen *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ) kepada analis kredit menunjukkan nilai rata-rata 92%, yang mengindikasikan tingkat kebergunaan sistem yang tinggi. Selain itu, pengujian akurasi yang dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran sistem dengan data aktual dari bank menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menghasilkan nilai sebesar 2,9%, yang termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan sangat layak diimplementasikan untuk mendukung keputusan penentuan plafon kredit nasabah UMKM

Kata Kunci: *Fuzzy Tsukamoto, Sistem Pendukung Keputusan, Plafon Kredit, Nasabah, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM)*

Abstract

Determining credit limits for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) often faces obstacles due to manual and subjective analysis processes, increasing the risk of errors in assessing customer eligibility. This study aims to develop a decision support system for determining credit limits using the Fuzzy Tsukamoto method. This method was chosen because of its ability to handle ambiguous data and produce measurable decisions through membership functions and fuzzy rules. The research variables used include the number of applications, income, collateral, and length of business. The results of feasibility testing using the Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) instrument for credit analysts showed an average score of 92%, indicating a high level of system usability. Furthermore, accuracy testing conducted by comparing the system output with actual data from the bank using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method resulted in a score of 2.9%, which is included in the very good category. These results indicate that the Fuzzy Tsukamoto method has a high level of accuracy and is highly feasible to be implemented to support decisions about determining credit limits for MSME customers.

Keywords: *Fuzzy Tsukamoto, Decision Support System, Credit Ceiling, Customers, Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs)*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi global sangat mempengaruhi stabilitas keuangan suatu negara, termasuk Indonesia. Perlambatan ekonomi dan terbatasnya lapangan kerja membuat masyarakat, khususnya pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), semakin bergantung pada kredit sebagai tambahan modal kerja. UMKM merupakan tulang punggung perekonomian nasional karena berperan dalam menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan. Namun, salah satu hambatan utama UMKM adalah dalam hal permodalan.

Pinjaman atau kredit dari perbankan adalah hal yang sangat dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan modal kerja maupun investasi. Dalam hal melakukan pemberian kredit, pihak bank harus melakukan analisis dan perhitungan yang tepat terhadap calon debitur. Dari proses tersebut, maka didapatkan plafon kredit maksimal yang dapat diberikan. Penentuan plafon kredit nasabah UMKM sangatlah penting untuk menjaga kelangsungan nasabah dan mengurangi resiko kredit macet yang dapat merugikan perbankan. Pemberian plafon kredit yang tinggi dapat menyulitkan nasabah dalam pembayaran cicilan jika tidak sesuai dengan kondisi nasabah, namun disisi lain plafon kredit yang rendah juga dapat membatasi nasabah untuk mengembangkan usahanya. Ketidaksesuaian plafon kredit juga bisa memberikan risiko kredit macet bagi perbankan, yang berdampak pada kesehatan bank itu sendiri. Penilaian yang kaku, bersifat subjektif, dan manual juga mempengaruhi dalam hal pemberian plafon kredit saat ini. Banyak nasabah yang mendapatkan plafon kredit yang sama namun kondisi dan potensi pasar mereka yang berbeda.

Saat ini proses pemberian plafon kredit kepada nasabah UMKM di salah satu bank daerah masih bergantung pada penilaian subjektif dari pihak analis kredit, tanpa adanya sistem yang benar-benar menghitung berdasarkan kondisi riil nasabah. Hal ini menyebabkan hasil yang didapat tidak selalu objektif, bahkan kadang tidak sesuai dengan kemampuan finansial dan jaminan yang dimiliki oleh nasabah. Kondisi ini bisa menimbulkan ketidaktepatan dalam pemberian kredit, baik terlalu besar atau terlalu kecil dari seharusnya.

Dengan kondisi tersebut, dibutuhkan adanya sistem pendukung keputusan yang mampu membantu menganalisis data nasabah secara lebih akurat dan terukur. Salah satu metode Decision Support System (DSS) yang dapat digunakan adalah

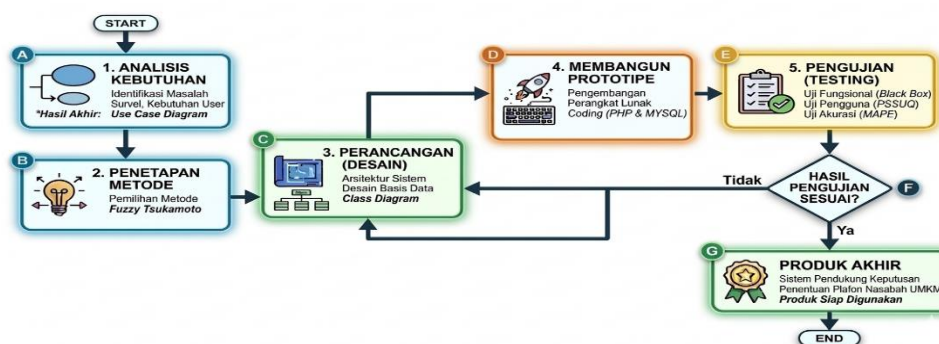
Fuzzy Tsukamoto. Metode Fuzzy Tsukamoto dipilih karena mampu mengolah data yang bersifat tidak pasti dan memberikan rekomendasi plafon kredit yang lebih sesuai dengan kondisi nyata nasabah. Penerapan *Fuzzy Tsukamoto* merupakan metode yang sangat membantu dalam mengambil keputusan yang masih ambigu, kurang tepat, dan kualitatif [1]. Penelitian [2] yang dilakukan oleh Farid Rizaldi, Achmad Zakki Falani membahas pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis fuzzy logic model Tsukamoto untuk menentukan nilai kredit pinjaman bagi kreditur pada koperasi dengan mempertimbangkan variabel-variabel nilai jaminan, nilai pengajuan dan pendapatan. Penelitian [3] yang dilakukan oleh Daniel Prasetyo Tarigan, AgusWantoro, Setiawansyah berfokus pada metode Fuzzy Tsukamoto yang diterapkan dengan menggunakan SPK untuk menentukan batas nilai angsuran yang dapat dibayarkan debitur berdasarkan variabel pendapatan, pengeluaran, jarak dan umur. Penelitian [4] yang dilakukan oleh Sri Kurniasih, Lovita Sari Br Ginting berfokus pada pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang berbasis fuzzy Tsukamoto dalam menentukan besaran atau kecilnya pinjaman yang diberikan kepada nasabah koperasi berdasarkan tiga kriteria utama yakni pendapatan, jaminan dan lama usaha. Penelitian [5] yang dilakukan oleh Agus Heriyanto, Devi Novianti, Rudi Apriyadi Raharjo berfokus pada perancangan dan pembuatan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan berbasis fuzzy Tsukamoto yang membantu pihak koperasi menentukan besarnya pinjaman modal berdasarkan variabel omset, lama usaha dan jaminan. Penelitian [6] yang dilakukan oleh Saifulloh, Wing Wahyu Winarno, Emha Taufiq berfokus pada pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang berbasis fuzzy Tsukamoto dalam menghasilkan keputusan kelayakan pemberian kredit.

Fokus penelitian yang dilakukan oleh Sri Kurniasih, Lovita Sari Br Ginting dan Farid Rizaldi, Achmad Zakki Falani ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dibahas yaitu menentukan besaran nilai dengan menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto. Letak originalitas penelitian yang dibahas terdapat pada penggabungan variabel yang digunakan. Jika penelitian sebelumnya hanya fokus pada beberapa aspek saja, penelitian ini menyatukan semua variabel tersebut yakni nilai pengajuan, pendapatan, jaminan, dan lama usaha menjadi satu kesatuan variabel yang lebih lengkap.

Penelitian ini berupaya menjawab kebutuhan bank daerah akan sistem penentuan plafon kredit UMKM yang lebih transparan. Dengan menggunakan sistem pendukung keputusan yang menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto, diharapkan proses pemberian kredit tidak lagi didasarkan pada penilaian subjektif semata, melainkan pada perhitungan kriteria yang lebih akurat dan relevan dengan profil nasabah

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)*, merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk menghasilkan pengetahuan baru, memecahkan masalah, atau mengembangkan produk, proses, atau layanan [7]. Secara garis besar, penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah sistem pendukung keputusan yang menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk penentuan plafon kredit bagi UMKM. Metode penelitian mencakup beberapa tahapan utama, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

2.1 Analisis Kebutuhan

Tahap awal dilakukan analisis kebutuhan sistem dengan mengidentifikasi permasalahan dalam proses pemberian kredit UMKM. Proses ini dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan pihak terkait (analisis kredit). Observasi dilakukan dengan mengamati setiap tahapan proses mulai dari pengajuan kredit, analisis oleh pihak bank, hingga penentuan plafon kredit yang disetujui. Dari hasil observasi, diperoleh data historis pengajuan dan persetujuan kredit nasabah selama 2 (dua) bulan, yang menjadi acuan dalam penyusunan sistem. Hasil wawancara dengan analisis kredit bank daerah diketahui bahwa penentuan plafon kredit selama ini masih mengandalkan pertimbangan subjektif berdasarkan pengalaman analisis. Dalam praktiknya, besaran plafon yang disetujui sering kali berbeda untuk nasabah dengan karakteristik yang hampir sama. Berdasarkan permasalahan diperlukan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang mampu menentukan plafon kredit nasabah UMKM secara efektif. SPK dipilih karena kemampuannya dalam mengombinasikan data dan model analisis

untuk mendukung pengambilan keputusan yang bersifat semi-terstruktur [8]. Penelitian ini menerapkan diagram use case untuk memetakan analisis kebutuhan tingkat tinggi dengan tujuan menangkap pandangan dinamis sistem[9]. Hal ini memungkinkan representasi visual yang jelas mengenai interaksi Analisis Kredit dalam prosedur penentuan plafon kredit nasabah UMKM di dalam sistem pendukung keputusan .

2.2 Penetapan Metode

Dalam penelitian ini, metode *Fuzzy Tsukamoto* diimplementasikan sebagai model analisis utama. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam melakukan penalaran monoton, di mana setiap konsekuensi pada aturan IF-THEN direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* yang memiliki fungsi keanggotaan monoton. Melalui proses inferensi tersebut, sistem dapat menghasilkan output yang tegas (*crisp*) berdasarkan nilai *fire strength*, dengan hasil akhir yang dihitung menggunakan rata-rata terbobot [10]. Proses penerapan Metode *Fuzzy Tsukamoto* meliputi :

- 1) Fuzzifikasi adalah proses awal dalam metode *Fuzzy Tsukamoto*, di mana nilai input numerik diubah menjadi perolehan *fuzzy* berdasarkan kegunaan keanggotaan [11] . Dalam Proses ini dilakukan penetapan variabel Input dan Output serta Himpunan *Fuzzy Tsukamoto* .
- 2) *Knowledge Base* atau Pembentukan Aturan *Fuzzy* Tahap ini dilakukan dengan membentuk aturan fuzzy berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah ditetapkan.
- 3) *Machine Inference* atau Inferensi merupakan penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang digunakan [12]. Dalam Proses ini dilakukan Penentuan nilai derajat keanggotaan pada variabel input *fuzzy* dan Penentuan nilai α -predikat yang terkecil dari aturan logika fuzzy
- 4) *Defuzzification* merupakan proses merubah *output-output* yang diperoleh berdasarkan α , pada *Machine Inference* menjadi satu nilai *crisp output* [13]

2.3 Desain Produk

Tahap ini merupakan proses pengembangan desain model atau struktur sistem yang akan digunakan. Penelitian ini menerapkan diagram kelas untuk menggambarkan struktur serta relasi antar kelas [14] yang akan diimplementasikan pada Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan plafon kredit nasabah UMKM berbasis metode *Fuzzy Tsukamoto*.

2.4 Membangun Prototype

Tahap ini mencakup transformasi desain produk ke dalam bentuk prototipe fungsional. Pengembangan sistem informasi ini menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL. Pemilihan teknologi tersebut dilakukan untuk mendukung kemudahan akses berbasis web dalam proses analisis plafon kredit nasabah

2.5 Evaluasi

Tahap pengujian dilakukan melalui tiga pendekatan utama untuk menjamin kualitas sistem. Pertama, *Black Box Testing* dilakukan dengan menyebarkan kuisioner yang melibatkan 2 ahli sistem informasi, *Black box testing* merupakan pengujian kualitas perangkat lunak yang berfokus pada fungsionalitas perangkat [15] Kedua, aspek kebergunaan (*usability*) diukur menggunakan kuesioner *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ) yang melibatkan Analisis Kredit sebagai pengguna akhir. Tingkat kelayakan prototipe diukur menggunakan teknik analisis persentase yang diklasifikasikan ke dalam lima kategori interval, dengan rentang skor < 21% hingga 100% sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1 [16]. Adapun perhitungan persentase kelayakan terdapat pada persamaan (1) [17] Ketiga, Evaluasi tingkat akurasi hasil prediksi pada metode *Fuzzy Tsukamoto* dilakukan dengan menggunakan metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Akurasi model peramalan ditentukan oleh nilai MAPE; semakin kecil nilai yang dihasilkan, maka semakin tinggi tingkat presisi model tersebut[18]. Adapun perhitungan MAPE merujuk pada Persamaan(2) [19]. Selanjutnya, nilai MAPE diklasifikasikan berdasarkan standar pengukuran kemampuan model peramalan yang tertera pada tabel 2 [20].

$$P = \frac{\sum x}{n} x 100 \% \quad (1)$$

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \frac{\sum |actual - forecast|}{|actual|} \right) x 100\% \quad (2)$$

Tabel 1. Kelayakan

Presentase	Kriteria
81 – 100%	Sangat Layak
61% - 80%	Layak
41% - 60%	Cukup layak
21% - 40%	Kurang Layak
< 21%	Sangat Kurang Layak

Tabel 2. Range MAPE

Range MAPE	Arti
< 10%	Kemampuan model peramalan Sangat Baik
10 – 20%	Kemampuan model peramalan Baik
20 – 50%	Kemampuan model peramalan Layak
>50%	Kemampuan model peramalan Buruk

2.6 Revisi

Tahap revisi dilakukan secara iteratif untuk mengoptimalkan prototipe sistem informasi melalui penyempurnaan fitur berdasarkan umpan balik evaluasi. Langkah ini krusial untuk menjamin akurasi fungsionalitas sistem agar selaras dengan spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan

2.7 Produk Akhir

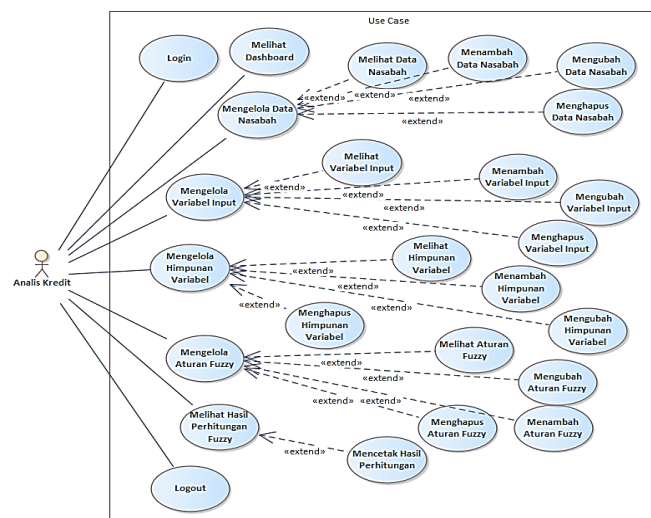
Produk yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sistem informasi yang menerapkan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk menentukan plafon kredit nasabah UMKM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengembangan dan pengujian sistem pendukung keputusan yang telah dirancang dibahas di bagian ini. Salah satu topik yang dibahas adalah arsitektur sistem pada *Class Diagram*, representasi fungsionalitas melalui *Use Case Diagram*, implementasi logika *Fuzzy Tsukamoto*, dan analisis akurasi hasil prediksi dibandingkan dengan data historis kredit bank daerah.

3.1 Analisis Kebutuhan

Analisis Kebutuhan dilakukan dengan melakukan identifikasi kebutuhan melalui observasi prosedur perbankan dan wawancara dengan analis kredit. Hasil analisis menunjukkan bahwa penentuan plafon kredit UMKM saat ini masih didominasi pertimbangan subjektif berbasis prinsip 5C konvensional. Kondisi ini menyebabkan inkonsistensi keputusan. Sebagai solusi, diperlukan standardisasi melalui sistem pendukung keputusan berbasis Fuzzy Tsukamoto untuk menghasilkan rekomendasi plafon yang objektif dan konsisten, dengan kriteria fungsionalitas sistem yang digambarkan pada Use Case Diagram.



Gambar 2. Use Case Diagram

3.2 Penetapan Metode

Bagian ini menjelaskan cara mengolah data dengan menggunakan fungsi keanggotaan dan aturan If-Then untuk memproses variabel-variabel yang dimasukkan oleh pelanggan. Metode ini menghasilkan nilai numerik yang menunjukkan plafon kredit ideal, yang kemudian akan divalidasi tingkat akurasi pada bagian pengujian menggunakan metrik MAPE. Adapun Langkah-langkah perhitungan dilakukan melalui tahapan :

3.2.1 Fuzzifikasi.

Dalam Proses ini dilakukan dilakukan penetapan variabel Input dan Output, Himpunan fuzzy pada setiap variabel .

a. Penetapan Input dan Output

Penelitian ini menggunakan empat variabel input, yaitu jumlah pengajuan kredit, nilai agunan, pendapatan nasabah, dan lama usaha. Variabel output berupa plafon kredit yang diberikan kepada nasabah UMKM. Sebanyak 35 data nasabah digunakan sebagai basis data untuk membentuk himpunan fuzzy pada setiap variabel .

b. Menentukan Himpunan Fuzzy Tsukamoto

Setelah dilakukan penetapan variabel input beserta semesta pembicaranya langkah selanjutnya yaitu menentukan himpunan Fuzzy yang sesuai dengan masing – masing variabel. Sebagaimana dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Himpunan Fuzzy

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan	Semesta Pembicara
Input	Nilai Agunan	Rendah	Rp.52.600.000 – Rp.253.500.000
		Sedang	>Rp.253.500.000 – Rp.454.400.000
		Tinggi	>Rp.454.400.000 – Rp655.300.000
	Jumlah Pengajuan Kredit	Rendah	Rp.50.000.000 – Rp.200.000.000
		Sedang	>Rp.200.000.000 – Rp.350.000.000
		Tinggi	>Rp.350.000.000 – Rp.500.000.000
	Pendapatan Nasabah	Rendah	Rp4.200.000 – Rp21.000.000
		Sedang	>Rp21.000.000 – Rp37.800.000
		Tinggi	>Rp37.800.000 – Rp54.600.000
	Lama Usaha (Tahun)	Baru (Rendah)	7 – 10
		Menengah (Sedang)	>10 – 12
		Lama (Tinggi)	>12 - 15
Output	Plafon Kredit	Rendah	Rp.50.000.000 – Rp.200.000.000
		Sedang	>Rp.200.000.000 – Rp.350.000.000
		Tinggi	>Rp.350.000.000 – Rp.500.000.000

3.2.2 Knowledge Base atau Pembentukan Aturan Fuzzy

Tahapan pembuatan aturan atau rule sangatlah penting karena berfungsi menggambarkan alur kerja metode Fuzzy Tsukamoto hingga menghasilkan nilai akhir perhitungan. Dalam penelitian ini, jumlah aturan yang digunakan yaitu empat variabel dan masing masing variabel mempunyai 3 himpunan fuzzy. Dengan demikian jumlah aturan yang terbentuk dihitung sebagai $3^4 = 81$ aturan

Tabel 4. Rule Perhitungan Fuzzy

RULE	KETERANGAN
R1	IF Pendapatan = rendah AND Agunan = rendah AND Pengajuan = rendah AND Lama Usaha = baru THEN Keputusan = rendah
R2	IF Pendapatan = rendah AND Agunan = rendah AND Pengajuan = rendah AND Lama Usaha = sedang THEN Keputusan = rendah
R3	IF Pendapatan = rendah AND Agunan = rendah AND Pengajuan = rendah AND Lama Usaha = lama THEN Keputusan = rendah
R4	IF Pendapatan = rendah AND Agunan = rendah AND Pengajuan = sedang AND Lama Usaha = baru THEN Keputusan = rendah
R5	IF Pendapatan = rendah AND Agunan = rendah AND Pengajuan = sedang AND Lama Usaha = sedang THEN Keputusan = rendah
.....	
.....	
R80	IF Pendapatan = tinggi AND Agunan = tinggi AND Pengajuan = tinggi AND Lama Usaha = sedang THEN Keputusan = tinggi
R81	IF Pendapatan = tinggi AND Agunan = tinggi AND Pengajuan = tinggi AND Lama Usaha = lama THEN Keputusan = tinggi

3.2.3 Machine Inference atau Inferensi

a. Nilai derajat keanggotaan pada variabel input fuzzy

Dalam penelitian ini, metode Fuzzy Tsukamoto menggunakan 4 (empat) variabel input, yakni nilai agunan, pendapatan nasabah, jumlah pengajuan kredit, serta lama usaha. selain itu terdapat 1 (satu) variabel *output* yang dihasilkan, yaitu plafon kredit yang diberikan sesuai kondisi nasabah. Berikut adalah derajat keanggotaan yang diimplementasikan dalam sistem.

1. Derajat Keanggotaan Variabel Input Nilai Agunan

Variabel pendapatan nasabah dalam penelitian ini memiliki derajat keanggotaan dengan rentang nilai terendah sebesar Rp. 52.600.000,00 hingga nilai tertinggi sebesar Rp. 655.300.000,00. Fungsi keanggotaan nilai agunan nasabah sebagai berikut :

1) Derajat Keanggotaan Rendah

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \text{Rp. } 52.600.000 \\ \frac{\text{Rp. } 253.500.000 - x}{\text{Rp. } 253.500.000 - \text{Rp. } 52.600.000}, & \text{Rp. } 52.600.000 < x < \text{Rp. } 253.500.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 253.500.000 \end{cases}$$

2) Derajat Keanggotaan Sedang

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 253.500.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 253.500.000}{\text{Rp. } 353.950.000 - \text{Rp. } 253.500.000}, & \text{Rp. } 253.500.000 < x \leq \text{Rp. } 353.950.000 \\ \frac{\text{Rp. } 454.400.000 - x}{\text{Rp. } 454.400.000 - \text{Rp. } 353.950.000}, & \text{Rp. } 353.950.000 < x < \text{Rp. } 454.400.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 454.400.000 \end{cases}$$

3) Derajat Keanggotaan Tinggi

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 454.400.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 454.400.000}{\text{Rp. } 655.300.000 - \text{Rp. } 454.400.000}, & \text{Rp. } 454.400.000 < x < \text{Rp. } 655.300.000 \\ 1, & x \geq \text{Rp. } 655.300.000 \end{cases}$$

2. Derajat Keanggotaan Variabel Pendapatan

Variabel Pendapatan dalam penelitian ini memiliki derajat keanggotaan dengan rentang nilai terendah sebesar Rp. 4.200.000,00 hingga nilai tertinggi sebesar Rp. 54.600.000,00

1) Derajat Keanggotaan Rendah

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \text{Rp. } 4.200.000 \\ \frac{\text{Rp. } 21.000.000 - x}{\text{Rp. } 21.000.000 - \text{Rp. } 4.200.000}, & \text{Rp. } 4.200.000 < x < \text{Rp. } 21.000.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 21.000.000 \end{cases}$$

2) Derajat Keanggotaan Sedang

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 21.000.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 21.000.000}{\text{Rp. } 29.400.000 - \text{Rp. } 21.000.000}, & \text{Rp. } 21.000.000 < x \leq \text{Rp. } 29.400.000 \\ \frac{\text{Rp. } 37.800.000 - x}{\text{Rp. } 37.800.000 - \text{Rp. } 29.400.000}, & \text{Rp. } 29.400.000 < x < \text{Rp. } 37.800.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 37.800.000 \end{cases}$$

3) Derajat Keanggotaan Tinggi

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 37.800.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 37.800.000}{\text{Rp. } 54.600.000 - \text{Rp. } 37.800.000}, & \text{Rp. } 37.800.000 < x < \text{Rp. } 54.600.000 \\ 1, & x \geq \text{Rp. } 54.600.000 \end{cases}$$

3. Derajat Keanggotaan Variabel Jumlah Pengajuan Kredit

Variabel Pendapatan dalam penelitian ini memiliki derajat keanggotaan dengan rentang nilai terendah sebesar Rp. 50.000.000,00 hingga nilai tertinggi sebesar Rp. 500.000.000,00

1) Derajat Keanggotaan Rendah

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \text{Rp. } 50.000.000 \\ \frac{\text{Rp. } 200.000.000 - x}{\text{Rp. } 200.000.000 - \text{Rp. } 50.000.000}, & \text{Rp. } 50.000.000 < x < \text{Rp. } 200.000.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 200.000.000 \end{cases}$$

2) Derajat Keanggotaan Sedang

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 200.000.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 200.000.000}{\text{Rp. } 275.000.000 - \text{Rp. } 200.000.000}, & \text{Rp. } 200.000.000 < x \leq \text{Rp. } 275.000.000 \\ \frac{\text{Rp. } 350.000.000 - x}{\text{Rp. } 350.000.000 - \text{Rp. } 275.000.000}, & \text{Rp. } 275.000.000 < x < \text{Rp. } 350.000.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 350.000.000 \end{cases}$$

3) Derajat Keanggotaan Tinggi

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 350.000.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 350.000.000}{\text{Rp. } 500.000.000 - \text{Rp. } 350.000.000}, & \text{Rp. } 350.000.000 < x < \text{Rp. } 500.000.000 \\ 1, & x \geq \text{Rp. } 500.000.000 \end{cases}$$

4. Derajat Keanggotaan Variabel Lama Usaha

Variabel Lama Usaha dalam penelitian ini memiliki derajat keanggotaan dengan rentang nilai terendah sebesar 7 tahun hingga nilai tertinggi sebesar 15 tahun

1) Derajat Keanggotaan Rendah

$$\mu_{\text{Baru}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{10 - x}{10 - 7}, & 7 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

2) Derajat Keanggotaan Sedang

$$\mu_{\text{Menengah}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x - 10}{11 - 10}, & 10 < x \leq 11 \\ \frac{12 - x}{12 - 11}, & 11 < x < 12 \\ 0, & x \geq 12 \end{cases}$$

3) Derajat Keanggotaan Tinggi

$$\mu_{\text{Lama}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 12 \\ \frac{x - 12}{15 - 12}, & 12 < x < 15 \\ 1, & x \geq 15 \end{cases}$$

5. Derajat Keanggotaan Variabel Plafon Kredit

Variabel Plafon Kredit dalam penelitian ini memiliki derajat keanggotaan dengan rentang nilai terendah sebesar Rp. 50.000.000,00 hingga nilai tertinggi sebesar Rp. 500.000.000,00.

1) Derajat Keanggotaan Rendah

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \text{Rp. } 50.000.000 \\ \frac{\text{Rp. } 200.000.000 - x}{\text{Rp. } 200.000.000 - \text{Rp. } 50.000.000}, & \text{Rp. } 50.000.000 < x < \text{Rp. } 200.000.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 200.000.000 \end{cases}$$

2) Derajat Keanggotaan Sedang

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 200.000.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 200.000.000}{\text{Rp. } 275.000.000 - \text{Rp. } 200.000.000}, & \text{Rp. } 200.000.000 < x \leq \text{Rp. } 275.000.000 \\ \frac{\text{Rp. } 350.000.000 - x}{\text{Rp. } 350.000.000 - \text{Rp. } 275.000.000}, & \text{Rp. } 275.000.000 < x < \text{Rp. } 350.000.000 \\ 0, & x \geq \text{Rp. } 350.000.000 \end{cases}$$

3) Derajat Keanggotaan Tinggi

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \text{Rp. } 350.000.000 \\ \frac{x - \text{Rp. } 350.000.000}{\text{Rp. } 500.000.000 - \text{Rp. } 350.000.000}, & \text{Rp. } 350.000.000 < x < \text{Rp. } 500.000.000 \\ 1, & x \geq \text{Rp. } 500.000.000 \end{cases}$$

b. Nilai α -predikat

Untuk menentukan nilai α -predikat pada setiap aturan fungsi implikasi MIN maka diambil derajat keanggotaan paling kecil dari semua variabe. Uji coba pada aplikasi dilakukan dengan memasukkan data nasabah a.n. Enung berupa pengajuan kredit Rp. 150.000.000, nilai agunan Rp. 178.842.000, Pendapatan Rp. 14.903.500, lama usaha 9 tahun. Berdasarkan data yang dimasukkan, diperoleh hasil nilai α -predikat untuk masing – masing variabel input, yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Derajat Keanggotaan Nasabah

	nilai α -predikat
Pengajuan Kredit	$\mu_{\text{Pengajuan Kredit}}_{\text{Rendah}[150.000.000]} = 0.3333333$
Nilai Agunan	$\mu_{\text{Nilai Agunan}}_{\text{Rendah}[178.841.880]} = 0.3716183$
Pendapatan	$\mu_{\text{Pendapatan}}_{\text{Rendah}[14.903.490]} = 0.3628875$
Lama Usaha	$\mu_{\text{Lama Usaha}}_{\text{Rendah}[9]} = 0.3333333$

c. Menentukan Nilai Output dari Aturan Logika Fuzzy

Setelah diketahui nilai α -predikat masing – masing variabel input pada data nasabah a.n. Enung , maka rules yang diterapkan adalah Rules 1 (R1) yakni :

R1 IF Pendapatan = rendah AND Agunan = rendah AND Pengajuan = rendah AND Lama Usaha = rendah THEN Keputusan = rendah

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai ambang atau predikat alpha untuk setiap aturan yang telah dibuat. Dengan menggunakan rumus perhitungan minimum derajat keanggotaan, diperoleh nilai ambang untuk masing – masing rule yang akan digunakan dalam proses inferensi.

a. Aturan nomor 1 (R1)

α_{p2}

$$= \min (\mu_{\text{Pengajuan Kredit}}_{\text{Rendah}[150.000.000]}; \mu_{\text{Nilai Agunan}}_{\text{Rendah}[178.841.880]}; \mu_{\text{Pendapatan}}_{\text{Rendah}[14.903.490]}; \mu_{\text{Lama Usaha}}_{\text{Rendah}[9]})$$

$$= \min (0.3333333 ; 0.3716183 ; 0.3628875; 0.3333333)$$

$$= 0.3333333$$

Selanjutnya dilakukan proses perhitungan nilai Z sebagai output, dengan memanfaatkan fungsi keanggotaan dari kategori hasil keputusan yang telah ditetapkan sebelumnya.

1) Perhitungan nilai Z_i aturan nomor 1 (R1)

$$\frac{200.000.000 - Z_i}{200.000.000 - 50.000.000} = 0.3333333$$

$$\frac{200.000.000 - Z_i}{150.000.000} = 0.333333$$

$$200.000.000 - z = 49.999.995$$

$$200.000.000 - 49.999.995 = z$$

$$Z = 150.000.005 \text{ (pembulatan)} = 150.000.000$$

Berdasarkan nilai perhitungan, diperoleh nilai alpha dan Z_i untuk setiap aturan yang terbentuk sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Predikat alpha dan Z_i

Rule	Pengajuan Kredit	Nilai Agunan	Pendapatan	Lama Usaha	α_{pi}	Z_i
R2	0.3333333	0.3716183	0.3628875	0.3333333	0.3333333	150.000.000

3.2.4 Defuzzification

Langkah terakhir dalam proses ini adalah defuzzifikasi, yaitu mencari nilai output dalam bentuk nilai crisp (Z_i). Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *center average defuzzifier*. Metode tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Z = \frac{\sum (a_{pi} \times z_i)}{\sum a_{pi}} \tag{3}$$

Berdasarkan rumus tersebut berikut adalah perhitungannya :

$$Z = \frac{\sum (0.3333333 \times 150.000.000)}{\sum 0.3333333} = \text{Rp. } 150.000.000,00$$

Tabel 7. Hasil Defuzzifikasi

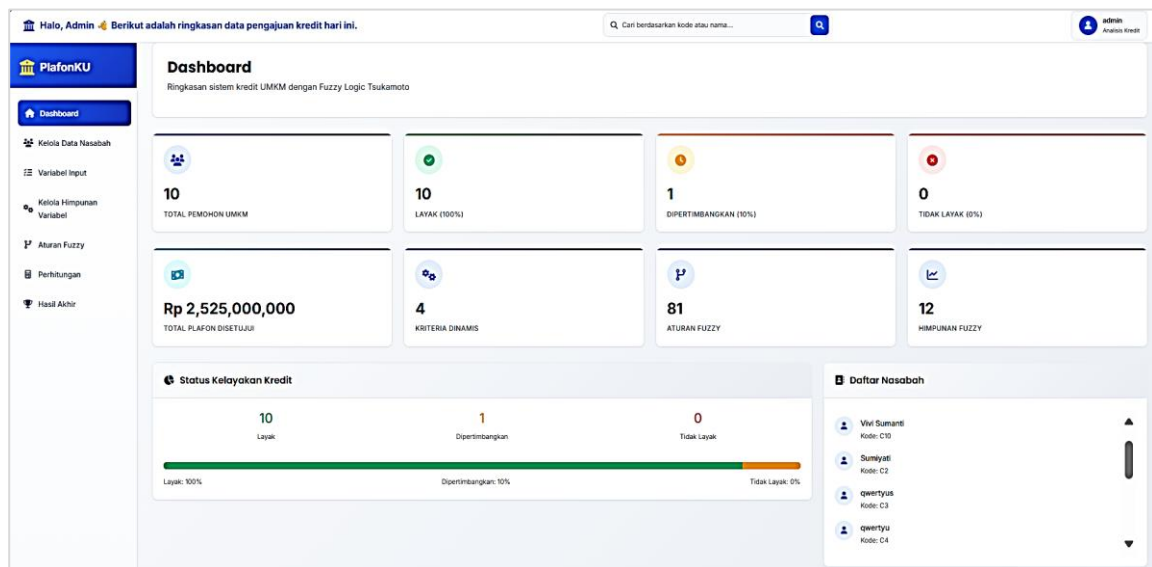
No.	Nama Nasabah	$a_{pi} \times z_i$	Plafon Kredit	Kategori
1.	Sumiyati	52600000	Rp 52.600.000	Rendah
2.	Wawang Suwanda	120000000	Rp 120.000.000	Rendah
3.	Ato	139180357	Rp 139.180.357	Rendah
.....
35	Rudolf Siahaan	500000000	Rp 500.000.000	Tinggi

3.3 Desain Produk

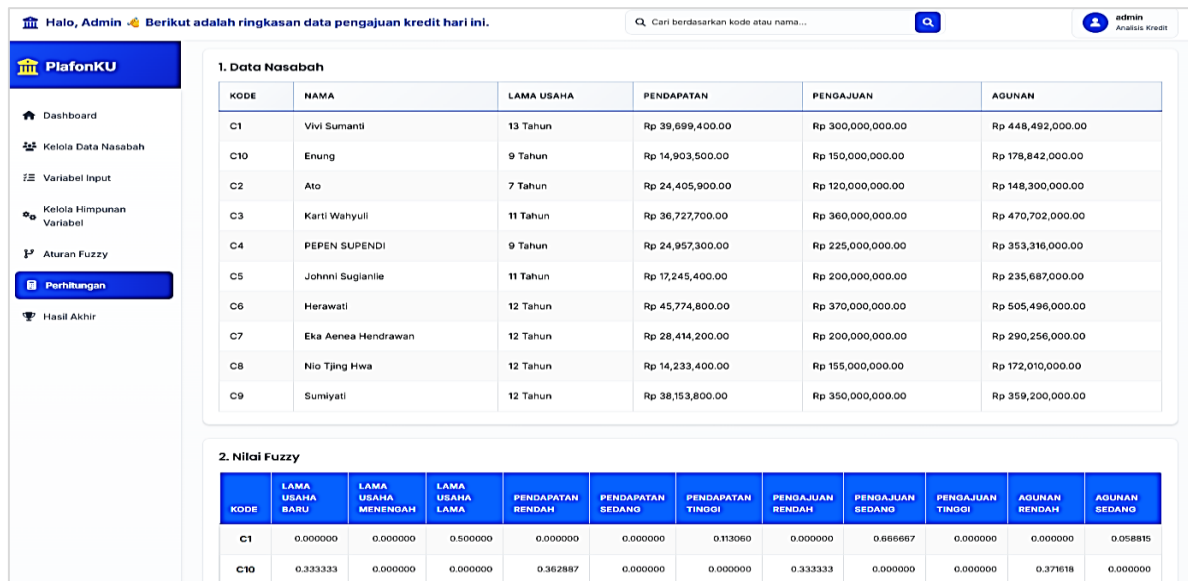
Hubungan antarmuka pengguna dengan tabel–tabel yang terdapat didalam database , ditunjukan pada diagram class Sistem pendukung keputusan penentuan plafon kredit UMKM berbasis metode Fuzzy Tsukamoto .

3.4 Membangun *Prototype*

Prototype sistem pendukung keputusan penentuan *plafon* kredit nasabah UMKM berbasis Tsukamoto di tunjukan pada gambar 3 dan 4 . Gambar 3 menunjukan halaman *dashboard* ketika *user* berhasil *login*. Gambar 4 menampilkan proses analisis kelayakan kredit UMKM menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto



Gambar 3 . Tampilan halaman *dashboard*



Halo, Admin Berikut adalah ringkasan data pengajuan kredit hari ini.

Cari berdasarkan kode atau nama...

1. Data Nasabah

KODE	NAMA	LAMA USAHA	PENDAPATAN	PENGAJUAN	AGUNAN
C1	Vivi Sumanti	13 Tahun	Rp 39,699,400.00	Rp 300,000,000.00	Rp 448,492,000.00
C10	Enung	9 Tahun	Rp 14,903,500.00	Rp 150,000,000.00	Rp 178,842,000.00
C2	Ato	7 Tahun	Rp 24,405,900.00	Rp 120,000,000.00	Rp 148,300,000.00
C3	Kartil Wahyuli	11 Tahun	Rp 36,727,700.00	Rp 360,000,000.00	Rp 470,702,000.00
C4	PEPEN SUPENDI	9 Tahun	Rp 24,957,300.00	Rp 225,000,000.00	Rp 353,316,000.00
C5	Johanni Suglanlie	11 Tahun	Rp 17,245,400.00	Rp 200,000,000.00	Rp 235,687,000.00
C6	Herawati	12 Tahun	Rp 45,774,800.00	Rp 370,000,000.00	Rp 505,496,000.00
C7	Eka Aenea Hendrawan	12 Tahun	Rp 28,414,200.00	Rp 200,000,000.00	Rp 290,256,000.00
C8	Nio Tjing Hwa	12 Tahun	Rp 14,233,400.00	Rp 155,000,000.00	Rp 172,010,000.00
C9	Sumiyati	12 Tahun	Rp 38,153,800.00	Rp 350,000,000.00	Rp 359,200,000.00

2. Nilai Fuzzy

KODE	LAMA USAHA BADI	LAMA USAHA MENENDAH	LAMA USAHA LAMA	PENDAPATAN RENDAH	PENDAPATAN SEDANG	PENDAPATAN TINGGI	PENGAJUAN RENDAH	PENGAJUAN SEDANG	PENGAJUAN TINGGI	AGUNAN RENDAH	AGUNAN SEDANG
C1	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.113060	0.000000	0.866667	0.000000	0.000000	0.058915
C10	0.333333	0.000000	0.000000	0.362887	0.000000	0.000000	0.333333	0.000000	0.000000	0.371618	0.000000

Gambar 4. Tampilan Hasil Perhitungan Kredit

3.5 Evaluasi

Pengujian prototipe sistem pendukung keputusan dilakukan dengan menyebarkan instrumen *Post-Study Sistem Usability Questionnaire* (PSSUQ) kepada pengguna dan di peroleh hasil nilai rata-rata 92%, yang mengindikasikan tingkat kebergunaan sistem tinggi pada seluruh kategori. Dengan pencapaian tersebut, dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini memenuhi syarat teknis dan kebutuhan pengguna sebagai sistem pendukung keputusan plafon kredit UMKM. Pengujian akurasi prediksi plafon kredit UMKM dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan metode Fuzzy Tsukamoto terhadap data aktual pihak bank. Tingkat akurasi tersebut diukur menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Tabel 8 . Hasil Perhitungan MAPE

No.	Nama Nasabah	Pengajuan	Plafon Di Acc Bank Daerah (At)	Plafon Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto (Yt)	(At- Yt)	At--Yt /At
1.	Sumiyati	Rp. 50.000.000	Rp50.000.000	Rp52.600.000	-2600000	0,052
2.	Wawang Suwanda	Rp. 120.000.000	Rp120.000.000	Rp120.000.000	0	0
3.	Ato	Rp. 135.000.000	Rp135.914.800	Rp135.000.000	914800	0,006730687
4.	B. Masril	Rp. 135.000.000	Rp143.563.300	Rp150.000.000	-6436700	0,044835275
5.	Nio Tjing Hwa	Rp. 150.000.000	Rp151.360.000	Rp150.000.000	1360000	0,008985201
6.	Enung	Rp. 150.000.000	Rp150.000.000	Rp150.000.000	0	0
7.	Mandra Budi	Rp. 155.000.000	Rp158.700.000	Rp162.500.000	-3800000	0,023944549
.....						
35.	Aet Suhaeti	Rp. 400.000.000	Rp390.000.000	Rp385.296.434	4703566	0,012060426
						1,01710667
					Total	6
					n	35
						0,02906019
					Total/n	1

Nilai	2,90601907
MAPE	4

Hasil pengujian menunjukkan nilai MAPE di bawah 10%, yang termasuk dalam kategori *highly accurate forecasting*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemampuan *Fuzzy Tsukamoto* memiliki tingkat akurasi sangat baik dalam menentukan plafon kredit nasabah

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendukung keputusan untuk menentukan plafon kredit nasabah UMKM menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* telah berhasil dikembangkan dan divalidasi. Pengujian menggunakan instrumen PSSUQ menghasilkan nilai rata-rata 92%, yang membuktikan bahwa sistem memiliki tingkat kebergunaan (*usability*) yang tinggi serta mampu memenuhi kebutuhan fungsional pengguna. Dari sisi teknis, pengujian akurasi menggunakan metode MAPE menunjukkan hasil yang sangat signifikan dengan nilai sebesar 2,9%. Hasil tersebut berada di bawah ambang batas 10%, sehingga masuk dalam kategori sangat baik. Dengan demikian, sistem ini dinyatakan layak dan sangat akurat untuk direkomendasikan sebagai alat bantu bagi pihak perbankan dalam menentukan plafon kredit secara objektif dan terukur

REFERENCES

- [1] J. Kuswanto, B. Maulana, R. Vernando, and S. Berta, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Penilaian Kinerja Karyawan di Perusahaan Air Minum Kabupaten OKU," *Bull. Comput. Sci. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 84–90, 2023, doi: 10.47065/bulletincsr.v4i1.312.
- [2] F. Rizaldi and A. Z. Falani, "Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Nilai Kredit Pinjaman Dengan," *J. Insa. Comtech*, vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.53712/jic.v5i1.827.
- [3] D. P. Tarigan and A. Wantoro, "Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Kredit Mobil Dengan Fuzzy Tsukamoto (Studi Kasus : PT Clipan Finance)," *J. Telemat. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2020, doi: 10.33365/tft.v1i1.870.
- [4] S. Kurniasih and B. G. S. L. I, "Sistem pendukung keputusan untuk kelayakan pemberian kredit dengan metode fuzzy tsukamoto (studi kasus koperasi kemuning persada cabang bandung)," *J. Nuansa Inform.*, vol. 14, pp. 38–45, 2020, doi: 10.25134/nuansa.v14i1.2417.
- [5] H. Agus, N. Dewi, and R. Raharjo Apriyadi, "Implementasi Fuzzy Tsukamoto Untuk Pinjaman Modal Ukm Pada Koperasi Sehati," *J. Inform. UPGRIS*, vol. 6, no. 1, 2020, doi: 10.26877/jiu.v6i1.4773.
- [6] Saifulloh, W. W. Wing, and L. T. Emha, "Penerapan Fuzzy Logic Dalam Penentuan Kelayakan Pemberian Kredit," *J. Ilm. Multitek Indones.*, vol. 10, no. 2, 2016, doi: 10.24269/mtkind.v10i2.333.
- [7] R. Arif, Yochanan, ilham A. Samanlagi, and H. Purnomo, *Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Karawang: CV. Saba Jaya Publisher, 2024.
- [8] M. Muslihudin, Fauzi, A. Satria, Trisnawati, and M. Siti, *Implementasi Konsep Decision Support System Dan Multiple Attribute Decision Making (FMADM)*. Indramayu: ADAB, 2021.
- [9] E. kjadija Miloudi and A. Ettouhami, "A Multiview Formal Model of Use Case Diagrams Using Z Notation : Towards Improving Functional Requirements Quality," *J. Eng.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/6854920.
- [10] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [11] A. F. Apriansyah, A. Pramudwiatmoko, S. M. Wibowo, E. Widyastuti, A. T. Jiwandono, and V. Sari, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Mendukung Pengambilan Keputusan Berdasarkan Jumlah Resi dan Profit," *J. JTIK (J. Teknol. Inf. dan Komun.)*, vol. 9, no. December, pp. 1309–1321, 2025, doi: 10.35870/jtik.v9i4.3917.
- [12] D. Melina and Diana, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Memprediksi Permintaan Barang," *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 4, no. 3, pp. 511–521, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i3.3194.
- [13] S. Budy, A. I. S, and Zohrahayaty, *Machine Learning & Reasoning Fuzzy Logic Algoritma, Manual, Matlab, & Rapid Miner*. Deepublish, 2020.
- [14] S. Baul, J. Ahamed, A. M. Islam, A. K. M. Mazumder, T. Sultan, and D. Nandi, *A comprehensive study to assist decision-makers in determining software design between four UML diagrams*, vol. 1, no. 1. Association for Computing Machinery, 2024. doi: 10.1145/3723178.3723209.
- [15] Y. Wijaya Dwi and M. Astuti Wardah, "Pengujian Blackbox Sistem Informasi Penilaian Kinerja Karyawan PT Inka (Persero) Berbasis Equivalence Partitions," *J. Digit. Teknol. Inf. Vol.*, vol. 4, pp. 22–26, 2021, doi: 10.32502/digital.v4i1.3163.
- [16] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta, 2010.

- [17] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2022.
- [18] S. Nurhayati, H. Irmayanti, and Y. Wijaya Rakha, “Penerapan Fuzzy Tsukamoto Untuk Sistem Prediksi Jumlah Produksi Roti Berbasis Web,” *KOMPUTA J. Ilm. Komput. dan Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 64–73, 2024, doi: 10.34010/komputa.v13i1.12056.
- [19] A. Pratama Arga, A. R Dewi, and M. Mukhyi Abdul, “Penerapan Metode Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Prediksi Nilai Ekspor dan Impor Indonesia,” *J. Ilm. FIFO*, vol. XIV, no. 1, pp. 59–67, 2022, doi: 10.22441/fifo.2022.v14i1.006.
- [20] E. Gustri Wahyuni, “Membandingkan Tingkat Efisiensi Metode Tsukamoto dan Sugeno untuk kasus Pneumonia,” *CoreIT*, vol. 7, no. 2, pp. 94–100, 2021, doi: 10.24014/coreit.v7i2.15085.