

Implementasi *Fuzzy Inference System* Tsukamoto Pada Penentuan Kelayakan Pemberian Pinjaman

Evi Nur Hidayah¹
Sulistyo Dwi Sancoko^{2*}

¹Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jl. Siliwangi, Jombor Lor, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55285, Indonesia

²Program Studi Sains Data, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jl. Siliwangi, Jombor Lor, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55285, Indonesia

¹evinurhidayahh@gmail.com, ²sulistyo.dwisancoko@staff.uty.ac.id

*Penulis Korespondensi:

Sulistyo Dwi Sancoko
sulistyo.dwisancoko@staff.uty.ac.id

Abstrak

Pinjaman menjadi instrumen keuangan yang penting dalam kehidupan modern baik bagi individu maupun kelompok usaha. Pertimbangan calon peminjam sangat penting dilakukan untuk mengurangi resiko gagal bayar. Namun, di Gapoktan Makmur Sejahtera proses pertimbangan tersebut masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sebuah pendekatan yang lebih sistematis dan terukur dalam menilai kelayakan pemberian pinjaman untuk meminimalisir risiko gagal bayar. Sumber data penelitian ini berasal dari data pinjaman di Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Makmur Sejahtera. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dengan 3 variabel input, yaitu pendapatan, jaminan, dan karakter calon peminjam. Variabel output pada penelitian ini adalah kelayakan dalam bentuk persentase hasil perhitungan FIS Tsukamoto. Aplikasi pada penelitian ini dikembangkan dengan bahasa pemrograman Python dan framework Flask. Database yang digunakan pada penelitian ini adalah MySQL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi penentuan kelayakan pemberian pinjaman berhasil dibuat dan dapat membantu dalam proses penentuan calon peminjam di Gapoktan Makmur Sejahtera sehingga dapat mengurangi risiko gagal bayar.

Kata Kunci: Fuzzy; FIS; Tsukamoto; Web; Pinjaman

Abstract

Loans are an important financial instrument in modern life for both individuals and business groups. Consideration of prospective borrowers is very important to reduce the risk of default. However, in Gapoktan Makmur Sejahtera the consideration process is still done manually. Therefore, it is necessary to develop a more systematic and measurable approach in assessing the feasibility of granting loans to minimize the risk of default. The data source of this research comes from loan data at the Makmur Sejahtera Farmer Group Association (Gapoktan). This research uses the Tsukamoto Fuzzy Inference System (FIS) method with 3 input variables, namely income, collateral, and character of prospective borrowers. The output variable in this study is eligibility in the form of a percentage of the results of the FIS Tsukamoto calculation. The application in this study was developed with the Python programming language and the Flask framework. The database used in this research is MySQL. The results showed that the application of determining the feasibility of granting loans was successfully made and could help in the process of determining prospective borrowers at Gapoktan Makmur Sejahtera so as to reduce the risk of default.

Keywords: Fuzzy; FIS; Tsukamoto; Web; Loan

1. Pendahuluan

Pinjaman menjadi instrumen keuangan yang penting dalam kehidupan modern baik bagi individu maupun kelompok usaha. Pinjaman yang diperoleh dapat digunakan untuk mencukupi berbagai kepentingan, mulai dari pendidikan hingga pengembangan usaha. Salah satu layanan pinjaman yang populer di Indonesia saat ini adalah pinjaman *online* atau sering disebut pinjol. Menurut Otoritas Jasa Keuangan (OJK), nilai penyaluran *fintech lending* (pinjaman *online*) di Indonesia mencapai Rp 20,53 triliun pada Agustus 2023. Angka tersebut menunjukkan peningkatan sebanyak 0,78% dari bulan sebelumnya. Angka tersebut menunjukkan bahwa penyedia jasa pinjaman masih menjadi sesuatu yang populer di Indonesia.

Pertimbangan calon peminjam sangat penting dilakukan untuk mengurangi resiko gagal bayar. Lembaga keuangan dapat mempertimbangkan pemberian pinjaman dengan melihat beberapa faktor, seperti pendapatan, jaminan, hingga penilaian karakter calon peminjam. Namun, masih terdapat lembaga keuangan yang melakukan proses pertimbangan secara manual. Pertimbangan tersebut bersifat subjektif dan tidak didasarkan pada landasan yang jelas. Hal tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti rentan terhadap bias personal, kurangnya konsistensi dalam penilaian, dan risiko terkait keputusan yang tidak optimal.

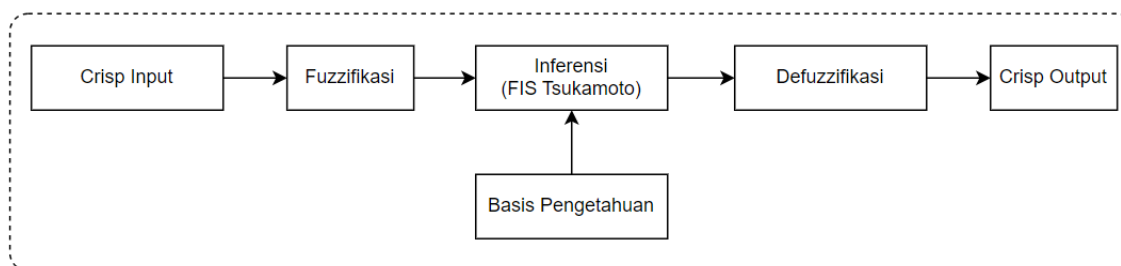
Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan yang lebih sistematis dan terukur dalam menilai kelayakan pemberian pinjaman. Pendekatan yang lebih terukur memungkinkan lembaga keuangan dapat menetapkan kriteria yang lebih jelas dan objektif dalam menilai kelayakan pinjaman. Pendekatan ini akan mengurangi ketidakpastian terkait penilaian kelayakan pinjaman. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan logika fuzzy untuk memprediksi kelayakan pemberian pinjaman. Logika fuzzy banyak digunakan dalam sistem karena fleksibel dan dapat beradaptasi terhadap setiap perubahan dan ketidakpastian permasalahan [1]. Metode inferensi yang digunakan yaitu *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto. Metode Tsukamoto dipilih karena kemampuannya dalam mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas kriteria yang digunakan dalam penilaian kelayakan pinjaman. Melalui metode FIS Tsukamoto, penilaian kelayakan pinjaman akan lebih terukur dan objektif serta memperkecil kemungkinan adanya penilaian subjektif yang dapat timbul apabila menggunakan penilaian manual.

Logika fuzzy adalah bidang keilmuan yang berhubungan dengan ketidakpastian. Logika fuzzy diyakini mampu mengubah *input* menjadi *output* dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang ada. Logika fuzzy merupakan salah satu elemen dari *soft computing* [2]. *Fuzzy Inference System* (FIS) atau sistem inferensi fuzzy adalah sebuah sistem yang memproses pemetaan dari *input* yang diterima menjadi *output* dengan memanfaatkan logika fuzzy [3].

Pada penelitian yang dilakukan oleh [4], menghasilkan sistem pendukung keputusan pemberian kredit mobil dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Sistem ini mempertimbangkan beberapa variabel yaitu pendapatan, pengeluaran, jarak, dan usia, dengan tujuan membantu Analisis Kredit dalam memberikan rekomendasi terkait keputusan penerimaan kredit mobil dan mengurangi risiko kredit macet pada perusahaan *leasing*. Sedangkan, pada penelitian yang dilakukan oleh [5], metode Fuzzy Tsukamoto dimanfaatkan untuk menilai kelayakan kredit calon debitur. Penelitian ini melibatkan variabel ketenagakerjaan, Debt Service Ratio (DSR), dan kolektabilitas. Himpunan fuzzy pada variabel ketenagakerjaan terdiri dari kategori kurang baik, cukup baik, dan sangat baik, sedangkan DSR dan kolektabilitas juga mempunyai himpunan fuzzy yang perlu ditentukan. Hasil analisis ini akan menentukan apakah kredit tersebut layak atau tidak, yang diharapkan dapat memudahkan analisis dalam proses pengambilan keputusan mengenai kredit calon debitur bank. Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian yang sebelumnya telah disebutkan, yaitu dalam penelitian ini akan dibahas analisis penentuan kelayakan pemberian pinjaman menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto.

2. Metode Penelitian

Metode fuzzy digunakan pada penelitian ini untuk memprediksi kelayakan pemberian pinjaman. Tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan perhitungan fuzzy, yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi [6]. Hasil dari perhitungan akan menghasilkan persen kelayakan yang digunakan untuk menentukan kelayakan pemberian pinjaman. Alur logika fuzzy yang dilakukan terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Logika Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy menerima *input* dalam bentuk *crisp*. *Input* kemudian diproses melalui basis pengetahuan yang berisi sejumlah aturan fuzzy dalam format *IF-THEN*. Setiap aturan akan dihitung nilai *fire strength*-nya. Jika terdapat lebih dari satu aturan, proses agregasi akan dilakukan untuk menggabungkan semua aturan tersebut. Setelah itu, hasil agregasi akan melalui tahap defuzzifikasi untuk menghasilkan *output* dalam bentuk *crisp* [7].

Logika fuzzy diperlukan dalam situasi di mana satu-satunya jawaban adalah “ya” atau “tidak”. Logika fuzzy disebabkan oleh ketidakpastian data atau informasi. Logika fuzzy merupakan perpanjangan dari logika Boolean dan umumnya dirancang untuk menangani nilai kebenaran parsial antara “sepenuhnya benar” dan “sepenuhnya salah” [8]. Himpunan fuzzy merupakan kumpulan keadaan yang menggambarkan suatu variabel. Domain yang ada pada himpunan fuzzy dibatasi oleh atribut numerik dan linguistik [9].

Fungsi keanggotaan adalah sebuah kurva yang merepresentasikan nilai keanggotaan suatu titik *input* dengan interval 0 sampai 1. Salah satu cara untuk memperoleh nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsional [8]. Terdapat beberapa fungsi yang dapat digunakan, yaitu [10]:

1. Representasi Linear Naik
2. Representasi Linear Turun
3. Representasi Kurva Segitiga
4. Representasi Kurva Trapesium

Fuzzy Inference System (FIS) atau sistem inferensi fuzzy adalah sebuah sistem yang memproses pemetaan *input* yang diterima menjadi *output* dengan memanfaatkan logika fuzzy. [3]. Dalam teori fuzzy, terdapat metode yang dikenal sebagai metode Tsukamoto. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen yang terdapat pada aturan IF-THEN harus direpresentasikan oleh himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* inferensi dari setiap aturan dihasilkan sebagai nilai tegas (*crisp*) yang didasarkan pada α -predikat (*fire strength*). Selanjutnya, hasil akhir diperoleh melalui perhitungan rata-rata berbobot [8]. Model diuji dengan membandingkan antara hasil analisis sistem dan keputusan yang diambil secara manual. Dari hasil perbandingan tersebut, akan terlihat jumlah penilaian yang tidak sesuai antara sistem dan manual. Jumlah kasus yang sesuai akan dibagi dengan jumlah kasus yang diuji untuk mendapatkan akurasi sistem.

3. Hasil

Penelitian ini menggunakan 3 variabel *input* yang digunakan untuk perhitungan kelayakan, yaitu pendapatan, jaminan, dan karakteristik. Variabel kelayakan digunakan sebagai variabel *output* pada penelitian ini. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Tabel 1.

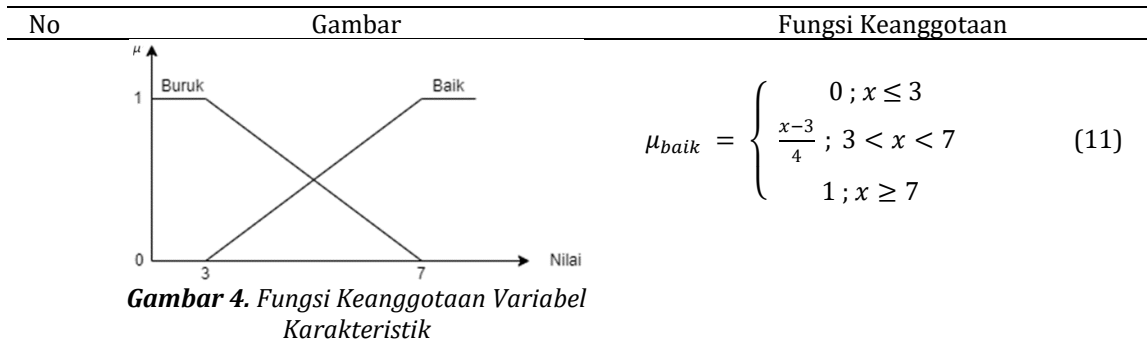
Tabel 1. Variabel Perhitungan Fuzzy

No	Jenis	Variabel	Himpunan Fuzzy	Keterangan
1	Input	Pendapatan	Sedikit Banyak	Variabel pendapatan disajikan dalam satuan juta rupiah.
2	Input	Jaminan	Kecil Sedang Besar	Variabel jaminan dinyatakan dalam satuan % (persen). Persen tersebut menunjukkan perbandingan antara nilai jaminan dan jumlah pengajuan.
3	Input	Karakteristik	Baik Buruk	Variabel karakter menunjukkan karakter calon peminjam dalam skala 1-10. Nilai 1 menunjukkan nilai minimal karakter. Nilai 10 menunjukkan nilai maksimal variabel karakter.
4	Output	Kelayakan	Layak Dipertimbangkan Tidak layak	Syarat agar pengajuan diterima adalah memperoleh persen kelayakan setidaknya sebesar 50%.

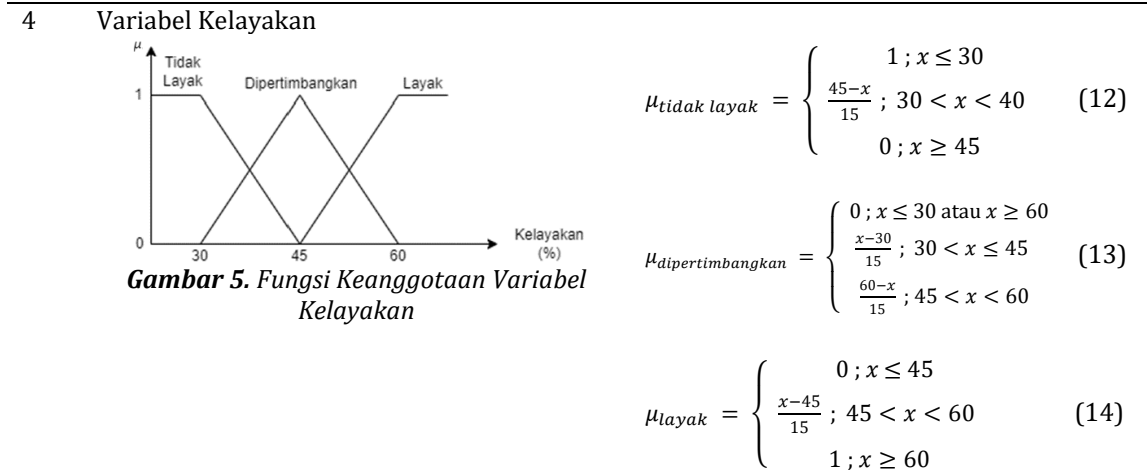
Fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Keanggotaan Variabel

No	Gambar	Fungsi Keanggotaan
1	<p>Variabel Pendapatan</p> <p>Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Variabel Pendapatan</p>	$\mu_{sedikit} = \begin{cases} 1; x \leq 1 \\ \frac{6-x}{5}; 1 < x < 6 \\ 0; x \geq 6 \end{cases} \quad (5)$ $\mu_{banyak} = \begin{cases} 0; x \leq 1 \\ \frac{x-1}{5}; 1 < x < 6 \\ 1; x \geq 6 \end{cases} \quad (6)$
2	<p>Variabel Jaminan</p> <p>Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Jaminan</p>	$\mu_{kecil} = \begin{cases} 1; x \leq 30 \\ \frac{30-x}{20}; 10 < x < 30 \\ 0; x \geq 30 \end{cases} \quad (7)$ $\mu_{sedang} = \begin{cases} 0; x \leq 10 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x-10}{20}; 10 < x \leq 30 \\ \frac{50-x}{20}; 30 < x < 50 \end{cases} \quad (8)$ $\mu_{besar} = \begin{cases} 0; x \leq 30 \\ \frac{x-30}{20}; 30 < x < 50 \\ 1; x \geq 50 \end{cases} \quad (9)$
3	<p>Variabel Karakteristik</p>	$\mu_{buruk} = \begin{cases} 1; x \leq 3 \\ \frac{7-x}{4}; 3 < x < 7 \\ 0; x \geq 7 \end{cases} \quad (10)$



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Karakteristik



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Variabel Kelayakan

Fungsi keanggotaan tersebut dirumuskan melalui analisis data peminjam. Dari data tersebut dapat diketahui interval nilai yang akan digunakan dalam perumusan fungsi keanggotaan. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan data peminjam Gapoktan Makmur Sejahtera periode Januari-Februari 2024. Setelah merumuskan fungsi keanggotaan, dilanjutkan dengan menyusun rule/aturan fuzzy. Sebagaimana merumuskan fungsi keanggotaan, rule/aturan juga disusun berdasarkan kebijakan yang digunakan di Gapoktan Makmur Sejahtera. Aturan fuzzy dibentuk untuk menggambarkan hubungan antara input dan output. Input dikombinasikan menggunakan operator AND, sementara hubungan antara input dan output dinyatakan dalam format IF-THEN [11]. Aturan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rule/Aturan Fuzzy

No	Rule/Aturan
R1	IF Pendapatan “Banyak” AND Jaminan “Kecil” AND Karakteristik “Baik” THEN LAYAK
R2	IF Pendapatan “Banyak” AND Jaminan “Kecil” AND Karakteristik “Buruk” THEN DIPERTIMBANGKAN
R3	IF Pendapatan “Banyak” AND Jaminan “Sedang” AND Karakteristik “Baik” THEN LAYAK
R4	IF Pendapatan “Banyak” AND Jaminan “Sedang” AND Karakteristik “Buruk” THEN DIPERTIMBANGKAN
R5	IF Pendapatan “Banyak” AND Jaminan “Besar” AND Karakteristik “Baik” THEN LAYAK
R6	IF Pendapatan “Banyak” AND Jaminan “Besar” AND Karakteristik “Buruk” THEN DIPERTIMBANGKAN
R7	IF Pendapatan “Sedikit” AND Jaminan “Kecil” AND Karakteristik “Baik” THEN DIPERTIMBANGKAN
R8	IF Pendapatan “Sedikit” AND Jaminan “Kecil” AND Karakteristik “Buruk” THEN TIDAK LAYAK
R9	IF Pendapatan “Sedikit” AND Jaminan “Sedang” AND Karakteristik “Baik” THEN DIPERTIMBANGKAN
R10	IF Pendapatan “Sedikit” AND Jaminan “Sedang” AND Karakteristik “Buruk” THEN TIDAK LAYAK

No	Rule/Aturan
R11	IF Pendapatan “Sedikit” AND Jaminan “Besar” AND Karakteristik “Baik” THEN LAYAK
R12	IF Pendapatan “Sedikit” AND Jaminan “Besar” AND Karakteristik “Buruk” THEN DIPERTIMBANGKAN

Langkah terakhir dalam pemrosesan logika fuzzy adalah defuzzifikasi [12]. Defuzzifikasi dapat diartikan sebagai proses yang digunakan untuk mengkonversi variabel fuzzy dari hasil inferensi menjadi nilai numerik yang jelas dan dapat diaplikasikan secara praktis [13]. Persamaan yang digunakan untuk proses defuzzifikasi terdapat pada Persamaan 15.

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\sum \alpha_i}, i = 1,2,3 \dots \tag{15}$$

Keterangan:

Z = rata-rata terbobot

x_i = nilai konsekuen aturan ke- i

α_i = nilai α -predikat aturan ke- i

Selanjutnya, diberikan data calon peminjam sebagai berikut.

Pengajuan : Rp5.000.000,-
 Pendapatan : Rp3.000.000,-
 Nilai Jaminan : Rp12.000.000,-
 Karakter : 6

Data tersebut akan dilakukan perhitungan fuzzy Tsukamoto sebagai berikut.

Fuzzifikasi

Pada fase ini data masukan diterima dan sistem menentukan nilai fungsi keanggotaan dan mengubah variabel numerik (variabel non fuzzy) menjadi variabel linguistik (variabel fuzzy) [14].

Nilai keanggotaan variabel pendapatan

Sebelum mencari nilai keanggotaan, nilai pendapatan dibagi terlebih dahulu dengan angka 1.000.000 karena pendapatan dalam fungsi keanggotaan dalam satuan juta.

$$\text{Pendapatan} = \frac{3.000.000}{1.000.000} = 3$$

$$\mu_{pdp\text{SEDIKIT}}(3) = \frac{6-3}{5} = 0,6$$

$$\mu_{pdp\text{BANYAK}}(3) = \frac{3-1}{5} = 0,4$$

Nilai keanggotaan variabel jaminan

Sebelum mencari nilai keanggotaan, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan karena jaminan dalam fungsi keanggotaan dalam satuan persen.

$$\text{Jaminan} = 100 - \left(\frac{\text{pengajuan}}{\text{nilai jaminan}} \times 100\% \right)$$

$$= 100 - \left(\frac{5.000.000}{12.000.000} \times 100\% \right) = 58,33\% \rightarrow \text{Dibulatkan ke } 58$$

$$\mu_{jmn\text{KECIL}}(58) = 0$$

$$\mu_{jmn\text{SEDANG}}(58) = 0$$

$$\mu_{jmn\text{BESAR}}(58) = 1$$

Nilai keanggotaan variabel karakter

$$\mu_{krk\text{BURUK}}(6) = \frac{7-6}{4} = 0,25$$

$$\mu_{krkBAIK}(6) = \frac{6-3}{4} = 0,75$$

Inference

Pada proses ini dicari nilai min dari setiap rule dilanjutkan dengan menghitung α -predikat nya. Perhitungan lengkap disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan α -predikat

Rule	α -predikat	Rule	α -predikat
R1	[R1] = $\min(0,4;0;0,75) = 0$ α -predikat ₁ = $45 + (0 \times (60 - 45)) = 45$	R7	[R7] = $\min(0,6;0;0,75) = 0$ α -predikat _{7.1} = $30 + (0 \times (45 - 30)) = 30$ α -predikat _{7.2} = $60 - (0 \times (60 - 45)) = 60$ α -predikat ₇ = $(30 + 60) : 2 = 45$
R2	[R2] = $\min(0,4;0;0,25) = 0$ α -predikat _{2.1} = $30 + (0 \times (45 - 30)) = 30$ α -predikat _{2.2} = $60 - (0 \times (60 - 45)) = 60$ α -predikat ₂ = $(30 + 60) : 2 = 45$	R8	[R8] = $\min(0,6;0;0,25) = 0$ α -predikat ₈ = $45 - (0 \times (45 - 30)) = 45$
R3	[R3] = $\min(0,4;0;0,75) = 0$ α -predikat ₃ = $45 + (0 \times (60 - 45)) = 45$	R9	[R9] = $\min(0,6;0;0,75) = 0$ α -predikat _{9.1} = $30 + (0 \times (45 - 30)) = 30$ α -predikat _{9.2} = $60 - (0 \times (60 - 45)) = 60$ α -predikat ₉ = $(30 + 60) : 2 = 45$
R4	[R4] = $\min(0,4;0;0,25) = 0$ α -predikat _{4.1} = $30 + (0 \times (45 - 30)) = 30$ α -predikat _{4.2} = $60 - (0 \times (60 - 45)) = 60$ α -predikat ₄ = $(30 + 60) : 2 = 45$	R10	[R10] = $\min(0,6;0;0,25) = 0$ α -predikat ₁₀ = $45 - (0 \times (45 - 30)) = 45$
R5	[R5] = $\min(0,4;1;0,75) = 0,4$ α -predikat ₅ = $45 + (0,4 \times (60 - 45)) = 51$	R11	[R11] = $\min(0,6;1;0,75) = 0,6$ α -predikat ₁₁ = $45 + (0,6 \times (60 - 45)) = 54$
R6	[R6] = $\min(0,4;1;0,25) = 0,25$ α -predikat _{6.1} = $30 + (0,25 \times (45 - 30)) = 33,75$ α -predikat _{6.2} = $60 - (0,25 \times (60 - 45)) = 56,25$ α -predikat ₆ = $(33,75 + 56,25) : 2 = 45$	R12	[R12] = $\min(0,6;1;0,25) = 0,25$ α -predikat _{12.1} = $30 + (0,25 \times (45 - 30)) = 33,75$ α -predikat _{12.2} = $60 - (0,25 \times (60 - 45)) = 56,25$ α -predikat ₁₂ = $(33,75 + 56,25) : 2 = 45$

Defuzzifikasi

Untuk mengubah bilangan fuzzy menjadi *output* bilangan *crisp* dapat dihitung menggunakan rata-rata terbobot.

$$Z = \frac{(0 \times 45) + (0 \times 45) + (0 \times 45) + (0 \times 45) + (0,4 \times 51) + (0,25 \times 45) + (0 \times 45) + (0 \times 45) + (0 \times 45) + (0 \times 45) + (0,6 \times 54) + (0,25 \times 45)}{0+0+0+0+0,4+0,25+0+0+0+0+0,6+0,25}$$

$$Z = \frac{75,3}{1,5}$$

$$Z = 50,2$$

4. Pembahasan

Dari perhitungan defuzzifikasi tersebut, didapat nilai Z yaitu 50,2. Nilai tersebut merupakan persen kelayakan pemberian pinjaman calon peminjam. Calon peminjam dinyatakan layak mendapat pinjaman karena persen kelayakan melebihi 50%.

Gambar 7. Halaman Hasil Cek Calon Nasabah

Hasil perhitungan manual dan di web menunjukkan hasil yang sama, yaitu persen kelayakannya sebesar 50,2%. Pengujian terhadap model fuzzy dilakukan melalui confusion matrix. Perbandingan hasil keputusan melalui web dan keputusan langsung di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Keputusan

Pengajuan (Rp)	Pendapatan (Rp)	Jaminan (Rp)	Karakteristik	Persen Kelayakan	Keputusan (Web)	Keputusan (Lapangan)
2.000.000	1.700.000	3.800.000	7	53,93%	Diterima	Ditolak
6.000.000	2.000.000	120.000.000	5	48,11%	Ditolak	Ditolak
15.000.000	3.200.000	80.000.000	8	52,61%	Diterima	Diterima
9.800.000	2.200.000	12.000.000	7	46,17%	Ditolak	Ditolak
30.000.000	4.500.000	65.000.000	8	53,70%	Diterima	Diterima
3.600.000	1.300.000	50.000.000	6	52,58%	Diterima	Diterima
1.500.000	1.600.000	7.000.000	7	56,83%	Diterima	Diterima
11.500.000	4.000.000	22.000.000	7	51,62%	Diterima	Diterima
4.600.000	2.500.000	6.000.000	6	45,32%	Ditolak	Ditolak
2.500.000	3.000.000	9.000.000	9	52,80%	Diterima	Diterima

		Prediksi	
		Diterima	Ditolak
Aktual	Diterima	6	1
	Ditolak	0	3

Gambar 8. Confusion Matrix

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} = \frac{6 + 3}{6 + 3 + 1 + 0} = \frac{9}{10} = 0,9$$

Rata-rata persen kelayakan calon nasabah yang diterima yaitu sebesar 53,44%. Sedangkan, untuk rata-rata persen kelayakan calon nasabah yang ditolak yaitu sebesar 46,53%. Berdasarkan hasil perbandingan yang telah diuraikan, sistem Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto untuk menentukan kelayakan pinjaman menunjukkan akurasi sebesar 90% dengan 9 dari 10 keputusan sesuai antara sistem dan hasil lapangan. Hanya terdapat satu kasus yang hasilnya tidak sesuai,

yaitu sistem menolak pinjaman sementara keputusan lapangan menerimanya. Hal tersebut dapat terjadi karena penilaian manual dilakukan secara subjektif dan tidak ada perhitungan terukur. Secara keseluruhan, sistem ini cukup andal, tetapi perlu evaluasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi pada kasus tertentu. Salah satu cara untuk meningkatkan akurasi sistem dapat dilakukan dengan menambahkan data yang dianalisis agar fungsi keanggotaan yang dibentuk dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks. Setelah menggunakan sistem ini, proses penentuan kelayakan pemberian pinjaman di Gapoktan Makmur Sejahtera dapat dilakukan dengan lebih cepat dan terukur.

5. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang dapat diambil yaitu *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dapat dimanfaatkan sebagai metode dalam menentukan kelayakan pemberian pinjaman. Variabel *input* yang digunakan, yaitu pendapatan, jaminan, dan karakteristik berhasil memetakan kelayakan calon nasabah dengan baik sehingga menghasilkan persen kelayakan yang dapat digunakan sebagai pertimbangan pemberian pinjaman. Sistem yang dihasilkan dapat diadopsi lebih luas oleh lembaga keuangan lain dengan menyesuaikan variabel *input* dan *output* sesuai kebutuhan lembaga tersebut. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu menambah data yang dianalisis untuk membentuk fungsi keanggotaan yang lebih optimal.

Referensi

- [1] R. Setiawan and Y. Arvita, "Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Monitoring Serta Kelembapan pada Kumbung Jamur Tiram Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [2] M. D. D. Haque and S. Sriani, "Penerapan Logika Fuzzy Mamdani Untuk Optimasi Persediaan Stok Makanan Hewan," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 427–437, 2023.
- [3] A. S. Mugirahayu, L. Linawati, and A. Setiawan, "Penentuan status kewaspadaan COVID-19 pada suatu wilayah menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani," *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, vol. 4, no. 1, pp. 28–39, 2021.
- [4] D. P. Tarigan, A. Wantoro, and S. Setiawansyah, "Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Kredit Mobil Dengan Fuzzy Tsukamoto (Studi Kasus: Pt Clipan Finance)," *TELEFORTECH: Journal of Telematics and Information Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2020.
- [5] E. Patriya, E. Sutanty, H. Handayani, M. B. Siregar, and E. Setiyaningsih, "ANALISIS KREDIT CALON DEBITUR MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 27, no. 1, pp. 64–78, 2022.
- [6] M. N. Asamukti, S. Andryana, and I. D. Sholihati, "Otomatisasi Pemberi Pakan Kura-Kura Menggunakan Fuzzy Logic Dan Base64 User Password Security Berbasis Esp8266," *SMATIKA JURNAL: STIKI Informatika Jurnal*, vol. 13, no. 02, pp. 176–186, 2023.
- [7] N. Ajeng, B. W. Sari, and D. Prabowo, "Prediksi Pemberian Kelayakan Pinjaman Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto," *Information System Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 19–24, 2020.
- [8] J. Salendah, P. Kalele, A. Tulenan, and J. S. R. Joshua, "Penentuan Beasiswa Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web Scholarship Determination Using Web Based Fuzzy Tsukamoto Method," in *Seminar Nasional Ilmu Komputer (SNASIKOM)*, 2022, pp. 81–90.
- [9] R. Firliana, J. Jatmiko, E. K. Dewi, and A. Ristyawan, "Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Aplikasi Sistem Estimasi Stok Barang," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 111–115, 2017.
- [10] E. W. Saputra, "Optimasi fungsi keanggotaan fuzzy Mamdani menggunakan algoritma genetika untuk penentuan penerima beasiswa," *Jurnal SIMADA (Sistem Informasi dan Manajemen Basis Data)*, vol. 2, no. 2, pp. 160–175, 2019.
- [11] A. Suherman and D. Widyaningrum, "Implementasi Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Internet of Things Budidaya Tanaman Bayam," *SMATIKA JURNAL: STIKI Informatika Jurnal*, vol. 14, no. 01, pp. 195–204, 2024.

- [12] Z. U. Rosyidin, D. K. Argeshwara, A. P. Wibawa, A. N. Handayani, and M. S. Hadi, "Pemodelan Sistem Deteksi Kadar Unsur Hara Tanah Berdasarkan Nilai NPK Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *Jurnal Sains dan Informatika*, pp. 77–88, 2023.
- [13] I. D. Antoni and Y. Findawati, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Tsukamoto," *SMATIKA JURNAL: STIKI Informatika Jurnal*, vol. 14, no. 01, pp. 61–70, 2024.
- [14] D. Prabowo and B. W. Sari, "Fuzzy Tsukamoto Dan Mamdani Untuk Penentuan Bonus Gaji Pegawai PT. Indonesia IT," *INFOS Journal-Information System Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 25–31, 2019.