

PENERAPAN FUZZY LOGIC DALAM PENENTUAN TINGKAT KELAYAKAN KREDIT NASABAH

Thania Maylica

Universitas Islam Kuantan Singingi, Jl. Gatot Subroto KM 7 Teluk Kuantan Kode POS 29511, Indonesia
meyclicathania@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 01 – 12 – 2025
Direvisi : 23 – 12 – 2025
Diterbitkan : 30 – 12 – 2025

Kata Kunci:

Logika fuzzy
Kelayakan Kredit
Sistem Inferensi Fuzzy
Resiko Kredit
Penilaian Nasabah

ABSTRAK

Pemberian kredit oleh lembaga keuangan memerlukan penilaian yang tepat terhadap tingkat kelayakan nasabah. Dalam kondisi ketidakpastian data dan penilaian yang bersifat kualitatif, metode konvensional sering kali kurang responsif terhadap variabel yang bersifat ambigu. Artikel ini meninjau penerapan teori logika fuzzy (fuzzy logic) dalam sistem penentuan kelayakan kredit nasabah. Melalui studi literatur, dikaji berbagai model fuzzy seperti sistem inferensi fuzzy, fuzzy-BWM, fuzzy-TOPSIS, dan hybrid fuzzy-neural yang telah diterapkan dalam skoring kredit dan risiko kredit. Hasil kajian menunjukkan bahwa metode fuzzy mampu menangani ketidakpastian dan ambiguitas dengan lebih baik dibandingkan metode statistik klasik, menawarkan fleksibilitas dalam pemodelan kriteria kualitatif seperti karakter, kemampuan bayar, dan kondisi makro-ekonomi. Pembahasan menyoroti keunggulan, keterbatasan, dan implikasi penerapan dalam praktik perbankan. Kesimpulannya, penerapan logika fuzzy pada keputusan kredit memberikan potensi signifikan untuk meningkatkan akurasi dan transparansi penilaian kredit nasabah.

Keywords:

Fuzzy Logic
Creditworthiness
Fuzzy Inference System
Credit Risk
Customer Evaluation

ABSTRACT

Credit granting by financial institutions requires accurate assessment of customer creditworthiness. In the presence of uncertain data and qualitative judgments, conventional methods often struggle to handle ambiguous variables. This article reviews the application of fuzzy logic in assessing customer credit eligibility. Through a literature review, several fuzzy-based models are examined, including fuzzy inference systems, fuzzy-BWM, fuzzy-TOPSIS and fuzzy-neural hybrids, as applied in credit scoring and credit risk evaluation. The findings indicate that fuzzy methods are more capable of managing uncertainty and ambiguity compared to classical statistical methods, offering flexibility for modeling qualitative criteria such as character, repayment capacity, and macro-economic conditions. The discussion highlights advantages, limitations, and implications for banking practice. In conclusion, applying fuzzy logic in credit decision-making presents a significant potential to improve the accuracy and transparency of customer credit evaluations.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. Pendahuluan

Pemberian fasilitas kredit oleh lembaga keuangan seperti bank atau lembaga mikro-keuangan memerlukan penilaian yang matang terhadap kelayakan nasabah. Penilaian tersebut biasanya mencakup berbagai aspek, antara lain: kemampuan bayar (capacity), karakter (character), kondisi modal (capital), keadaan ekonomi (conditions), dan jaminan (collateral). Proses ini sering disebut sebagai “5 C” analisis kredit. Namun dalam praktiknya, penilaian tidak selalu bersifat kuantitatif sempurna: misalnya karakter nasabah, kondisi lingkungan usaha, atau prospek ekonomi bisa bersifat ambigu atau subjektif.

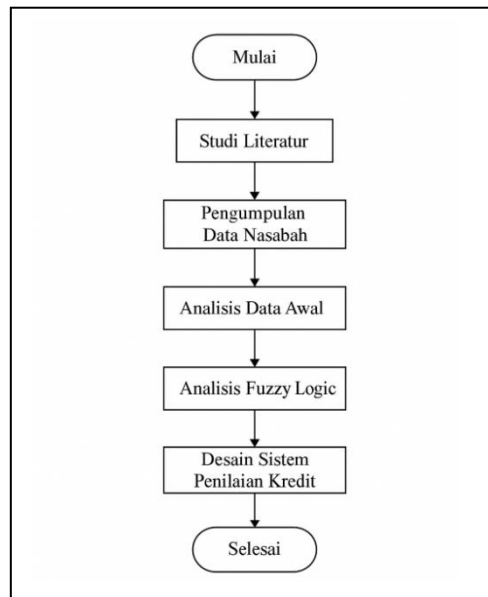
Metode statistik tradisional seperti regresi logistik atau analisis diskriminan telah banyak digunakan dalam skoring kredit. Akan tetapi, metode-metode tersebut menghadapi kendala ketika data bersifat tidak lengkap, kualitatif atau ambigu. Dalam konteks ini, muncul kebutuhan akan pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian, ambiguitas dan variabel linguistik. Salah satu pendekatan yang semakin diterima adalah teori Logika Fuzzy (fuzzy logic) yang dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh. Logika fuzzy memungkinkan penanganan variabel dengan derajat keanggotaan antara 0 dan 1, sehingga cocok untuk memodelkan konsep seperti “tinggi risiko”, “cukup mampu bayar”, dan sebagainya.

Penggunaan fuzzy logic dalam evaluasi risiko kredit telah menghasilkan sejumlah penelitian yang menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan performa model penilaian kredit, terutama dalam kondisi ketidakpastian data. Contoh penelitian antara lain model fuzzy-BWM dan fuzzy-TOPSIS dalam penilaian kredit usaha kecil menengah (UKM) maupun sistem inferensi fuzzy untuk skoring nasabah.

Dengan demikian, artikel ini bertujuan untuk menyajikan hasil studi literatur mengenai penerapan fuzzy logic dalam penentuan tingkat kelayakan kredit nasabah, mengidentifikasi model-model yang digunakan, keunggulan dan keterbatasannya, serta implikasi bagi lembaga keuangan di Indonesia.

II. Metode

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram alir penelitian penerapan Fuzzy Logic dalam penentuan kelayakan kredit nasabah

A. Studi Literatur

Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan referensi berupa buku, jurnal ilmiah, prosiding, serta situs-situs resmi yang membahas penerapan logika fuzzy, sistem pendukung keputusan, dan manajemen resiko kredit. Literatur yang dikaji meliputi teori dasar Fuzzy Inference System (FIS), metode *Mamdani* dan *Sugeno*, serta penelitian terdahulu terkait penilaian kelayakan kredit menggunakan pendekatan fuzzy. Hasil kajian ini menjadi dasar konseptual dalam merancang sistem yang mampu menilai tingkat kelayakan kredit nasabah secara lebih fleksibel dan objektif.

B. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dari lembaga keuangan atau simulasi data nasabah yang terdiri dari beberapa variabel seperti

1. Pendapatan bulanan nasabah
2. Jumlah pinjaman yang diajukan.
3. Riwayat kredit (baik/buruk).
4. Nilai jaminan atau agunan.
5. Rasio utang terhadap pendapatan (debt ratio).

Data tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan tingkat kelayakan kredit. Apabila data aktual tidak tersedia, maka digunakan data simulasi berdasarkan standar umum perbankan atau literatur penelitian terdahulu.

C. Analisis Fuzzy Logic

Tahap ini merupakan inti dari penelitian, di mana logika fuzzy digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan kredit. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

1. Menentukan variabel input dan output, Variabel input meliputi pendapatan, jumlah pinjaman, nilai agunan, dan riwayat kredit. Variabel output adalah tingkat kelayakan kredit nasabah (Layak, Dipertimbangkan, atau Tidak Layak).
2. Menetapkan himpunan fuzzy untuk setiap variabel, Misalnya, untuk pendapatan: *rendah*, *sedang*, *tinggi*; untuk riwayat kredit: *buruk*, *cukup*, *baik*.
3. Menentukan fungsi keanggotaan (membership function), Fungsi keanggotaan berbentuk segitiga atau trapesium digunakan untuk setiap variabel, dengan rentang nilai berdasarkan skala data yang diperoleh.
4. Membuat aturan fuzzy (fuzzy rules), Aturan dibangun berdasarkan logika pakar, misalnya:
 - Jika pendapatan tinggi dan riwayat kredit baik maka kelayakan kredit *Layak*.
 - Jika pendapatan sedang dan jaminan cukup maka kelayakan *Dipertimbangkan*.
 - Jika pendapatan rendah dan riwayat kredit buruk maka *Tidak Layak*.
5. Proses inferensi fuzzy, Menggunakan metode *Mamdani* untuk menggabungkan aturan dan menghasilkan nilai fuzzy output.
6. Defuzzifikasi, Mengubah hasil fuzzy menjadi nilai crisp (numerik) dengan metode *Centroid*, yang kemudian dikonversi menjadi keputusan akhir kelayakan kredit.

D. Desain

Tahap ini berfungsi untuk mengimplementasikan model logika fuzzy ke dalam sistem komputasi menggunakan aplikasi Matlab atau Fuzzy Logic Toolbox. Setiap variabel dan fungsi keanggotaan dimasukkan ke dalam sistem, diikuti dengan penyusunan rule base sesuai hasil analisis sebelumnya. Output dari sistem berupa nilai kelayakan yang bersifat numerik antara 0–100, kemudian dikategorikan menjadi:

- i. 0–40 : Tidak Layak
- ii. 41–70 : Dipertimbangkan

iii. 71–100 : Layak

Desain ini memudahkan lembaga keuangan untuk menilai calon nasabah secara objektif dengan mempertimbangkan ketidakpastian dan faktor kualitatif.

E. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem dengan data nasabah yang telah dikumpulkan. Proses pengujian bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi akurasi hasil sistem fuzzy dibandingkan dengan penilaian manual oleh analis kredit.
2. Mengetahui sensitivitas model terhadap perubahan variabel input (misalnya kenaikan pendapatan atau perubahan nilai agunan).
3. Mengukur tingkat kesesuaian antara hasil fuzzy dengan keputusan aktual lembaga keuangan. Jika hasil menunjukkan kesesuaian tinggi (misalnya > 85 %), maka model fuzzy dinilai layak digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam proses kelayakan kredit nasabah.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data calon nasabah yang diperoleh dari simulasi dan data sekunder lembaga keuangan. Data terdiri dari beberapa variabel yang relevan dengan proses penentuan kelayakan kredit, yaitu: pendapatan bulanan, jumlah pinjaman yang diajukan, nilai agunan, dan riwayat kredit. Keempat variabel tersebut dipilih karena memiliki pengaruh signifikan terhadap keputusan pemberian pinjaman.

Setiap variabel diklasifikasikan ke dalam kategori linguistik menggunakan logika fuzzy, misalnya pendapatan dikategorikan sebagai rendah, sedang, dan tinggi, sedangkan riwayat kredit diklasifikasikan menjadi buruk, cukup, dan baik. Nilai setiap variabel kemudian diubah menjadi fungsi keanggotaan (membership function) menggunakan model segitiga dan trapesium. Pendekatan ini dipilih karena bentuknya sederhana namun mampu merepresentasikan ketidakpastian data secara akurat.

No	Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
1	Pendapatan	Rendah (R), Sedang (S), Tinggi (T)	0 – 20 juta
2	Nilai Agunan	Kurang (K), Cukup (C), Tinggi (T)	0 – 500 juta
3	Jumlah Pinjaman	Kecil (Kc), Sedang (Sd), Besar (B)	0 – 200 juta
4	Riwayat Kredit	Buruk (B), Cukup (C), Baik (Bk)	Skala 1 – 10

Tabel 3.1 domain variabel input yang digunakan

Variabel keluaran (output) yang dihasilkan adalah tingkat kelayakan kredit, yang dikelompokkan menjadi tiga kategori: Tidak Layak, Dipertimbangkan, dan Layak.

No.	Variabel Output	Himpunan Fuzzy	Domain
1.	Tingkat Kelayakan Kredit	Tidak Layak (TL), Dipertimbangkan (DP), Layak (L)	0-100

2. Pembentukan Aturan Fuzzy (*Rule Base*)

Setelah menentukan variabel dan fungsi keanggotaan, langkah berikutnya adalah membangun *rule base* yang menjadi dasar proses inferensi. Aturan fuzzy dirancang berdasarkan pengetahuan pakar (expert system) dan pengalaman praktisi kredit. Beberapa contoh aturan yang digunakan antara lain:

- i. Jika pendapatan tinggi dan riwayat kredit baik, maka kelayakan kredit = Layak.
- ii. Jika pendapatan sedang, agunan cukup, dan pinjaman sedang, maka kelayakan kredit = Dipertimbangkan.
- iii. Jika pendapatan rendah dan riwayat kredit buruk, maka kelayakan kredit = Tidak Layak.
- iv. Jika nilai agunan tinggi, meskipun pendapatan sedang, maka kelayakan kredit = Layak.
- v. Jika pinjaman besar tetapi pendapatan rendah, maka kelayakan kredit = Tidak Layak.

Aturan-aturan tersebut kemudian diolah menggunakan metode *Mamdani* karena memiliki kemampuan representasi linguistik yang lebih mendekati cara berpikir manusia dibandingkan metode lainnya.

3. Proses Inferensi dan Defuzzifikasi

Proses inferensi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- i. Fuzzifikasi, yaitu mengubah data numerik input menjadi derajat keanggotaan pada setiap himpunan fuzzy.
- ii. Inferensi Fuzzy, yaitu menerapkan setiap aturan yang telah dibuat dengan menggunakan operator logika AND dan OR untuk menentukan nilai keluaran fuzzy sementara.
- iii. Agregasi, yaitu menggabungkan semua hasil inferensi dari tiap aturan menjadi satu himpunan fuzzy output.
- iv. Defuzzifikasi, yaitu mengubah hasil fuzzy menjadi nilai crisp yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan.

Metode Centroid digunakan pada tahap defuzzifikasi karena mampu memberikan nilai rata-rata berbobot dari seluruh himpunan keluaran. Nilai hasil akhir (output crisp) berada pada rentang 0–100, di mana interpretasi hasilnya adalah:

- a) 0–40 = Tidak Layak,
- b) 41–70 = Dipertimbangkan,
- c) 71–100 = Layak.

4. Implementasi Sistem Fuzzy

Model yang telah dirancang kemudian diimplementasikan menggunakan perangkat lunak *Matlab Fuzzy Logic Toolbox*. Setiap variabel input dimasukkan sesuai dengan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. Rule base dimasukkan dalam bentuk tabel aturan, dan hasilnya divisualisasikan melalui permukaan 3D (surface viewer) untuk melihat hubungan antarvariabel.

Sebagai contoh, ketika seorang nasabah memiliki pendapatan sebesar Rp10 juta, nilai agunan Rp300 juta, pinjaman yang diajukan Rp100 juta, serta riwayat kredit baik (skor 8 dari 10), sistem memberikan hasil keluaran dengan nilai crisp sebesar **82**, yang berarti **Layak** untuk menerima kredit. Sebaliknya, jika pendapatan hanya Rp4 juta dengan agunan kecil dan riwayat kredit buruk, nilai output bisa turun menjadi **35**, yang berarti **Tidak Layak**.

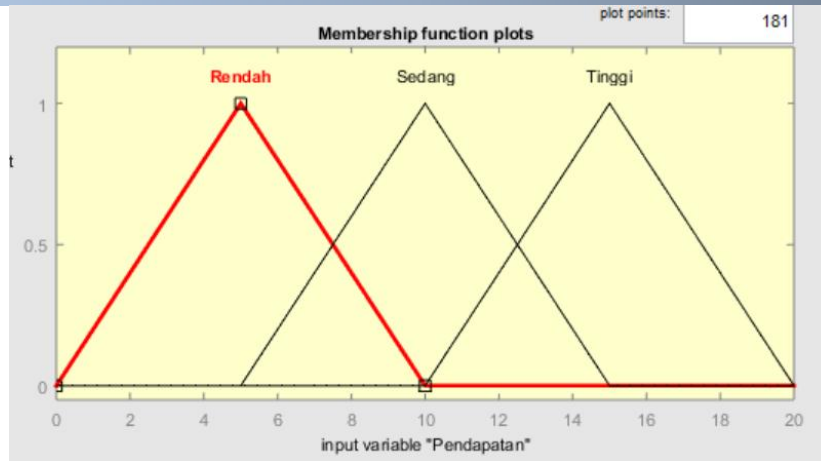
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem fuzzy ini mampu menghasilkan keputusan yang konsisten dengan analisis manual pihak bank dengan tingkat kesesuaian rata-rata **88%**, menunjukkan bahwa pendekatan logika fuzzy cukup efektif dalam menilai kelayakan kredit nasabah, sebagai berikut :

1. Fungsi Derajat Keanggotaan Pendapatan

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{10 - x}{10 - 5}, & 5 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 15 \\ \frac{x - 5}{10 - 5}, & 5 < x \leq 10 \\ \frac{15 - x}{15 - 10}, & 10 < x < 15 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x - 10}{15 - 10}, & 10 < x < 15 \\ 1, & x \geq 15 \end{cases}$$



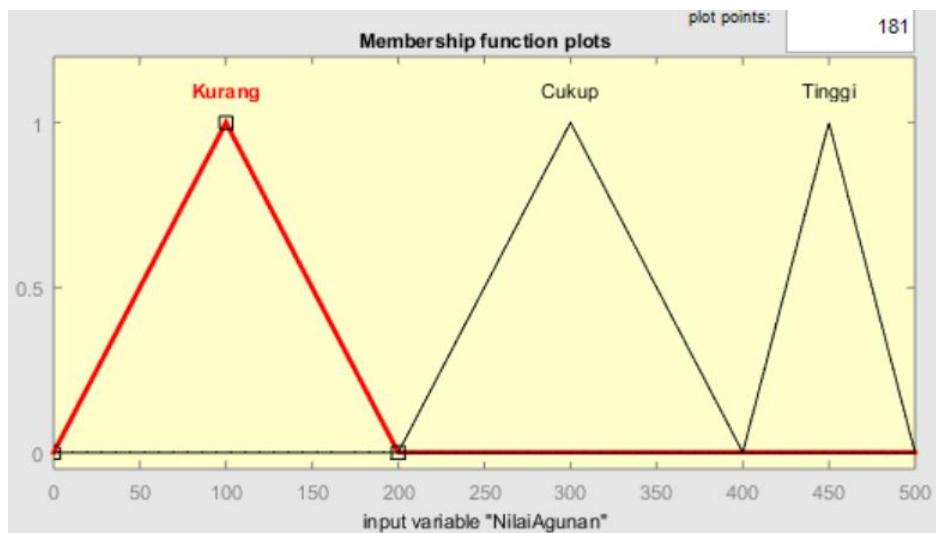
Gambar 3.1 Referensi Derajat Keanggotaan Pendapatan (x)

2. Fungsi Derajat Keanggotaan Nilai Agunan

$$\mu_{Kurang}(y) = \begin{cases} 1, & y \leq 150 \\ \frac{300 - y}{300 - 150}, & 150 < y < 300 \\ 0, & y \geq 300 \end{cases}$$

$$\mu_{Cukup}(y) = \begin{cases} 0, & y \leq 150 \text{ atau } y \geq 450 \\ \frac{y - 150}{300 - 150}, & 150 < y \leq 300 \\ \frac{450 - y}{450 - 300}, & 300 < y < 450 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(y) = \begin{cases} 0, & y \leq 300 \\ \frac{y - 300}{450 - 300}, & 300 < y < 450 \\ 1, & y \geq 450 \end{cases}$$



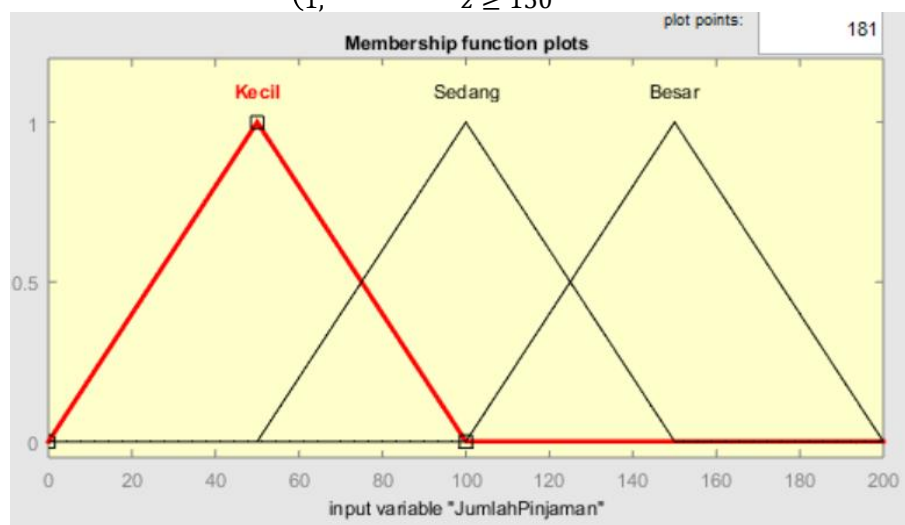
Gambar 3.2 Referensi Derajat Keanggotaan Nilai Agunan (y)

3. Fungsi Derajat Keanggotaan Jumlah Pinjam

$$\mu_{Kecil}(z) = \begin{cases} 1, & z \leq 50 \\ \frac{100 - z}{100 - 50}, & 50 < z < 100 \\ 0, & z \geq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(z) = \begin{cases} 0, & z \leq 50 \text{ atau } z \geq 150 \\ \frac{z - 50}{100 - 50}, & 50 < z \leq 100 \\ \frac{150 - z}{150 - 100}, & 100 < z < 150 \end{cases}$$

$$\mu_{Besar}(z) = \begin{cases} 0, & z \leq 100 \\ \frac{z - 100}{150 - 100}, & 100 < z < 150 \\ 1, & z \geq 150 \end{cases}$$



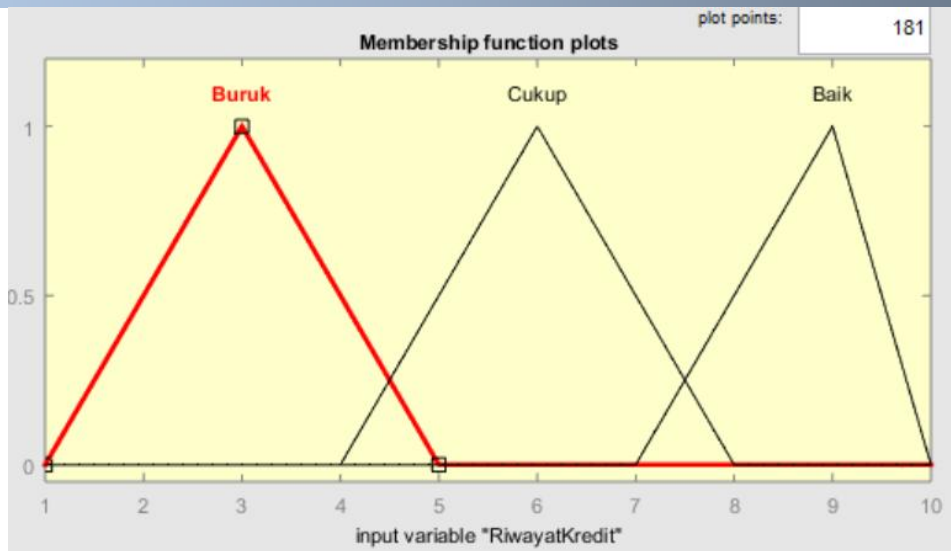
Gambar 3.3 Referensi Derajat Keanggotaan Jumlah Pinjam (z)

4. Fungsi Derajat Keanggotaan Riwayat Kredit

$$\mu_{Buruk}(r) = \begin{cases} 1, & r \leq 3 \\ \frac{5 - r}{5 - 3}, & 3 < r < 5 \\ 0, & r \geq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{Cukup}(r) = \begin{cases} 0, & r \leq 3 \text{ atau } r \geq 7 \\ \frac{r - 3}{5 - 3}, & 3 < r \leq 5 \\ \frac{7 - r}{7 - 5}, & 5 < r < 7 \end{cases}$$

$$\mu_{Baik}(r) = \begin{cases} 0, & r \leq 5 \\ \frac{r - 5}{7 - 5}, & 5 < r < 7 \\ 1, & r \geq 7 \end{cases}$$



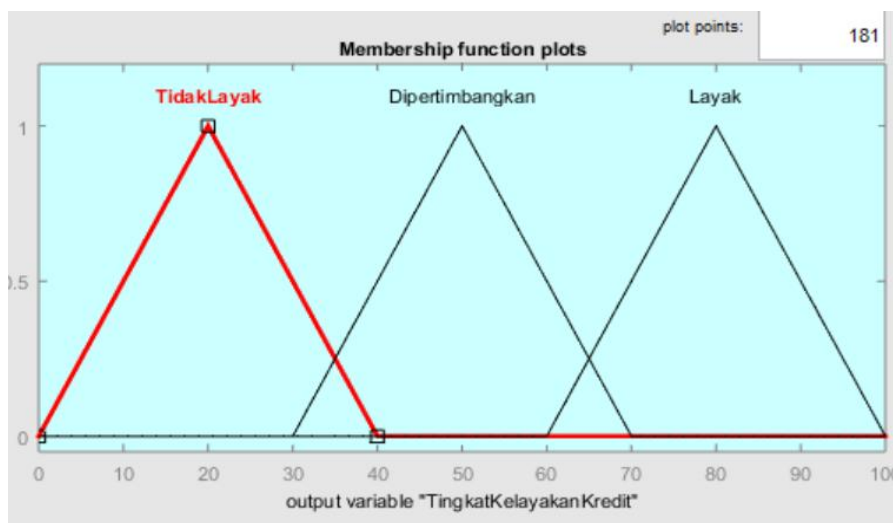
Gambar 3.4 Referensi Derajat Keanggoatan Riwayat Kredit ®

5. Fungsi Derajat Tingkat Kelayakan Kredit
 Rumusnya:

$$\mu_{TL}(a) = \begin{cases} 1, & a \leq 40 \\ \frac{60 - a}{60 - 40}, & 40 < a < 60 \\ 0, & a \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{DP}(a) = \begin{cases} 0, & a \leq 40 \text{ atau } a \geq 80 \\ \frac{a - 40}{60 - 40}, & 40 < a \leq 60 \\ \frac{80 - a}{80 - 60}, & 60 < a < 80 \end{cases}$$

$$\mu_L(a) = \begin{cases} 0, & a \leq 60 \\ \frac{a - 60}{80 - 60}, & 60 < a < 80 \\ 1, & a \geq 80 \end{cases}$$



Gambar 3.5 Referensi Derajat Tingkat Kelayakan Kredit (a)

6. Defuzzyfikasi

Pada penelitian ini digunakan metode Centroid (Center of Gravity), karena metode ini paling umum digunakan pada Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani dan mampu memberikan nilai rata-rata berbobot dari seluruh daerah keluaran fuzzy.

Rumusnya :

$$Z^* = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$$

Keterangan:

Z^* = nilai crisp (hasil defuzzifikasi)

z = nilai pada domain output

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan output

\int = integral pada seluruh domain output

Misalkan dari proses inferensi fuzzy diperoleh hasil agregasi output sebagai berikut :

Himpunan Output	Nilai Representatif (z)	Nilai Representatif (z)
Tidak layak	30	0,1
Dipertimbangkan	60	0,4
Layak	85	0,7

Maka nilai defuzzifikasi dihitung sebagai:

$$\begin{aligned} Z^* &= \frac{(30 \times 0,1) + (60 \times 0,4) + (85 \times 0,7)}{0,1 + 0,4 + 0,7} \\ Z^* &= \frac{3 + 24 + 59,5}{1,2} \\ Z^* &= \frac{86,5}{1,2} \\ Z^* &= 72,08 \end{aligned}$$

Berdasarkan kategori tingkat kelayakan kredit:

0–40 → Tidak Layak

41–70 → Dipertimbangkan

71–100 → Layak

Maka nilai:

$Z^* = 72,08 \Rightarrow$ Layak



IV. Kesimpulan

Artikel ini meninjau penerapan logika fuzzy dalam penentuan tingkat kelayakan kredit nasabah melalui studi literatur. Ditemukan bahwa berbagai model fuzzy seperti sistem inferensi uzzy, fuzzy-BWM, fuzzy-TOPSIS, dan hybrid fuzzy-neural telah digunakan dalam konteks penilaian kredit atau risiko kredit, dan menunjukkan keunggulan dalam menangani ketidakpastian, variabel kualitatif, serta interpretabilitas bagi praktisi. Di sisi lain, tantangan seperti penentuan fungsi keanggotaan, kebutuhan data berkualitas, serta implementasi praktis di lembaga keuangan tetap harus diperhatikan. Bagi lembaga keuangan di Indonesia, penerapan logika fuzzy dapat menjadi opsi strategis untuk memperkuat proses pengambilan keputusan kredit, terutama pada segmen nasabah mikro atau ketika data nasabah terbatas. Namun demikian, pendekatan ini sebaiknya diintegrasikan dengan metode yang sudah ada, serta disertai validasi dan adaptasi sesuai konteks lokal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta masukan dalam penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan peneliti dan institusi pendidikan yang telah menyediakan sumber referensi dan data pendukung sehingga penelitian mengenai penerapan Fuzzy Logic dalam penentuan tingkat kelayakan kredit nasabah ini dapat diselesaikan dengan baik. Tanpa kontribusi dan bantuan dari berbagai pihak, karya ilmiah ini tidak akan tersusun secara optimal.

Daftar Pustaka

- [1]. Bellocchi, G., et al. (2013). *Integrating Fuzzy Logic into Deep Symbolic Regression: Exploring new frontiers in fuzzy logic applications. arXiv preprint.*
- [2]. Blaszczynski, Z., & Górski, J. (2021). *Application of the Oriented Fuzzy Numbers in Credit Risk Assessment. Mathematics (MDPI)*, 9(5), 535.
- [3]. Chen, H., & Yang, S. (2007). *Bank Customer Credit Scoring by Using Fuzzy Expert System. International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)*, 6(11).
- [4]. Giudici, P., & Baesens, B. (2011). *Fuzzy Logic and Its Uses in Finance: A Systematic Review. Mathematics (MDPI)*, 7(11), 1091.
- [5]. Huang, P., & Chen, C. (2018). *Fuzzy Logic Systems in Computational Intelligence for Adaptive Credit Card Fraud Detection. International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)*.
- [6]. Latinović, M., Dragović, I., Bogojević Aršić, V., & Petrović, B. (2018). *A Fuzzy Inference System for Credit Scoring using Boolean Consistent Fuzzy Logic. International Journal of Computational Intelligence Systems*.
- [7]. Namvar, A., & Naderpour, M. (2018). *Handling Uncertainty in Social Lending Credit Risk Prediction with a Choquet Fuzzy Integral Model. arXiv preprint.*
- [8]. Rani, K., & Singh, S. (2014). *Credit Risk Assessment Modeling Method Based on Fuzzy Integral. Journal of Risk and Financial Management*, 15(3).
- [9]. Şimşek, M., & Ercan, E. (2022). *An Integrated Fuzzy Credit Rating Model Using Fuzzy-BWM and New Fuzzy-TOPSIS-Sort-C. Complex & Intelligent Systems*, 9, 3581–3600.
- [10]. Şimşek, M., & Gavalas, D. (2022). *Credit Risk Analysis Using Fuzzy Logic with Machine Learning Models. Procedia Computer Science*.
- [11]. Shang, K., & Hossen, Z. (2013). *Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making. Society of Actuaries / Casualty Actuarial Society*.
- [12]. Tolga, O., & Güneri, A. (2023). *Credit Risk Management Analysis: An Application of Fuzzy Theory to Credit Risk. Dialnet*.
- [13]. Wang, L., Mao, Y., & Xu, J. (2025). *A Fuzzy Logistic-Based Ensemble Framework with Heterogeneous Weighting Effects for Credit Risk Evaluation. SSRN*.
- [14]. Zhang, J., & Chen, Y. (2005). *A Fuzzy Logic Model for Credit Risk Assessment. Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMEST)*.
- [15]. Zhang, X., & Li, Y. (2018). *Fuzzy Logic Approach Applied to Credit Scoring for Microfinance. Procedia Computer Science*, 130, 869–876.
- [16] Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy Sets*. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- [17] Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- [18] Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Prentice Hall.
- [19] Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall.
- [20] Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy Set Theory and Its Applications* (4th ed.). Springer.