

PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM METODE TSUKAMOTO UNTUK PENGUKURAN TINGKAT INFLASI SUATU NEGARA

Ricky Anggari^{1*}, Muhammad Ifandi², Nanda Arianto³, Anindita Septiarini⁴, Masna Wati⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

¹rickyanggari04@gmail.com, ²mifandi68@gmail.com, ³nandaarianto58@gmail.com,

⁴anindita@unmul.ac.id, ⁵masnawati@fkti.unmul.ac.id

Received: 28-05- 2025

Revised: 03-06-2025

Approved: 07-06-2023

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengukuran tingkat inflasi suatu negara menggunakan pendekatan Fuzzy Inference System (FIS) metode Tsukamoto. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan ketidaklinieran data ekonomi makro. Sistem dirancang berdasarkan tiga parameter utama: nilai tukar mata uang, Produk Domestik Bruto (GDP), dan suku bunga, dengan data diperoleh dari World DataBank tahun 2022. Fungsi keanggotaan berbentuk segitiga dan bahu digunakan untuk merepresentasikan input linguistik, dan aturan fuzzy berbasis IF-THEN dikembangkan untuk proses inferensi. Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mayoritas negara (90,41%) berada dalam kategori inflasi "Sedang", sementara sebagian kecil dikategorikan "Rendah" dan "Tinggi". Sistem ini terbukti fleksibel dalam menghadapi variasi data ekonomi, namun masih memiliki keterbatasan dalam menangani data yang tidak lengkap. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode Tsukamoto efektif untuk klasifikasi inflasi negara dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi dengan metode hibrida guna meningkatkan akurasi dan ketepatan hasil.

Keywords: Fuzzy Inference System, Tsukamoto, inflasi, suku bunga, GDP, nilai tukar

PENDAHULUAN

Inflasi merupakan salah satu indikator penting yang merepresentasikan kondisi perekonomian suatu negara [1], [2]. Ketika inflasi berada pada tingkat yang terkendali, stabilitas ekonomi dapat terjaga [1]. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, banyak negara, termasuk Indonesia, mengalami fluktuasi tingkat inflasi yang cukup signifikan akibat dinamika global, krisis ekonomi, dan ketidakpastian pasar [3]. Kondisi ini menyulitkan pemerintah dan lembaga keuangan dalam mengklasifikasikan kondisi inflasi secara tepat sebagai dasar penyusunan kebijakan. Di sisi lain, metode konvensional yang selama ini digunakan dalam mengukur kategori inflasi masih memiliki keterbatasan dalam menangkap kompleksitas hubungan antar variabel ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih adaptif dan mampu menangani ketidakpastian data ekonomi, seperti metode logika fuzzy, untuk meningkatkan akurasi dalam pengukuran tingkat inflasi [4].

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengukur dan mengkategorikan inflasi. Pendekatan tradisional sering menggunakan kategorisasi sederhana berdasarkan nilai ambang batas tertentu, namun pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam mengakomodasi ketidakpastian dan zona abu-abu dalam data ekonomi [5]. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, metode berbasis kecerdasan buatan seperti Fuzzy Logic, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), dan Jaringan Saraf Tiruan mulai banyak digunakan [6], [7], [8].

Penelitian Resianta et al. (2020) mengembangkan sistem prediksi inflasi menggunakan Fuzzy Inference System metode Tsukamoto dan menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan akurasi hingga 94,4% pada data inflasi Provinsi

Sumatera Utara [9]. Sementara itu, Nadia et al. (2022) menerapkan pendekatan TSK fuzzy logic untuk peramalan inflasi nasional dan menekankan pentingnya penggunaan metode fuzzy dalam menangani variabel ekonomi yang bersifat nonlinier dan tidak pasti [10]. Studi lain oleh Adriyendi (2018) juga mendemonstrasikan efektivitas metode Tsukamoto dalam prediksi berbasis fuzzy, di mana output crisp pada setiap aturan menghasilkan hasil pengambilan keputusan yang lebih halus dan dapat diandalkan [11].

Metode Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto telah terbukti efektif dan relevan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam sistem yang memerlukan pengambilan keputusan berbasis data tidak pasti seperti pengkategorian dan pengukuran. Berbeda dengan metode Mamdani atau Takagi-Sugeno-Kang (TSK), metode Tsukamoto menghasilkan output crisp pada setiap aturan fuzzy, yang kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan output akhir. Ciri khas ini menjadikan metode Tsukamoto lebih fleksibel dalam menangani variabel linguistik dengan nilai-nilai fuzzy yang tumpang tindih, serta mampu menghasilkan output yang lebih halus dalam sistem yang kompleks dan dinamis seperti pengukuran tingkat inflasi [12].

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan sistem pengukuran tingkat inflasi menggunakan metode Fuzzy Inference System Tsukamoto dengan mempertimbangkan tiga input utama, yaitu nilai tukar mata uang, pertumbuhan Gross Domestic Product (GDP), dan tingkat suku bunga. Ketiga parameter ini dipilih berdasarkan relevansinya yang tinggi terhadap laju inflasi suatu negara sebagaimana disampaikan dalam berbagai penelitian terdahulu [13], [14], [15]. Nilai tukar berperan dalam mempengaruhi harga barang impor, pertumbuhan GDP mencerminkan aktivitas ekonomi nasional, sementara suku bunga merupakan alat utama dalam kebijakan moneter.

Melalui pendekatan ini, diharapkan model pengukuran inflasi yang dikembangkan mampu memberikan estimasi yang lebih representatif terhadap kondisi ekonomi makro. Selain itu, hasil dari sistem ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah, pelaku pasar, maupun akademisi sebagai salah satu rujukan dalam pengambilan keputusan yang berbasis data dan logika. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengisi kekosongan dalam literatur terkait penerapan metode Tsukamoto dalam pengukuran ekonomi makro, khususnya inflasi, yang selama ini lebih didominasi oleh metode fuzzy lain seperti TSK dan ANFIS.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengukuran tingkat inflasi suatu negara dengan menggunakan pendekatan Fuzzy Inference System (FIS) metode Tsukamoto. Pada bab ini dijelaskan tahapan-tahapan penelitian secara sistematis, mulai dari analisis data, perancangan sistem fuzzy, implementasi model. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan ketidaklinieran data ekonomi, serta memberikan hasil yang presisi dalam bentuk nilai crisp.

Desain Penelitian

Tahapan dimulai dengan identifikasi masalah, di mana isu utama yang terkait dengan pengukuran inflasi menggunakan data yang meliputi nilai tukar mata uang, pertumbuhan produk domestik bruto (GDP), dan tingkat suku bunga, yang dikumpulkan dari sumber resmi World DataBank. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data yang melibatkan pemilihan dan pengumpulan data ekonomi dari berbagai negara dengan menggunakan platform World DataBank. Setelah data terkumpul, dilakukan perancangan sistem, sistem FIS dirancang berdasarkan tiga parameter utama tersebut.

Sistem ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan bahu, serta aturan-aturan fuzzy berbasis IF-THEN yang menyaring ketidakpastian dalam data ekonomi. Kemudian, pada tahap implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk mengolah data yang telah dikumpulkan dan diterapkan dalam sistem FIS yang telah dirancang. Penelitian ini di akhiri dengan penulisan laporan penelitian, yang menyajikan keseluruhan hasil, analisis, dan evaluasi dari sistem yang telah dikembangkan. Diagram alur yang menggambarkan tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat dari Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Alur Tahapan Penelitian

Data dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data ekonomi makro dari berbagai negara yang diperoleh melalui situs World DataBank (<https://databank.worldbank.org/>), platform resmi dari World Bank untuk akses data global. Data yang dikumpulkan mencakup periode tahun 2022 dan terdiri dari beberapa variabel ekonomi seperti nilai tukar mata uang, pertumbuhan Produk Domestik Bruto (GDP), dan tingkat suku bunga. Pemilihan ketiga variabel tersebut didasarkan pada relevansi dan kontribusinya yang signifikan terhadap pembentukan tingkat inflasi. Fitriyati et al. [16] dan Rutkowska & Szyszko [17] menekankan bahwa faktor-faktor ini sering digunakan dalam model prediktif inflasi karena sensitivitasnya terhadap dinamika ekonomi global. Rincian data mentah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Data Mentah Indikator Ekonomi Negara-Negara di Dunia Tahun 2022

Country Name	Country Code	Series Name	Series Code	2022 [YR2022]
Afghanistan	AFG	GDP (current US\$)	NY.GDP.MKTP.C	14497243872
Afghanistan	AFG	Official exchange rate (LCU per US\$, period average)	PA.NUS.FCRF	..
Afghanistan	AFG	Real interest rate (%)	FR.INR.RINR	..
Albania	ALB	GDP (current US\$)	NY.GDP.MKTP.C	19017242586
Albania	ALB	Official exchange rate (LCU per US\$, period average)	PA.NUS.FCRF	113.0416667
Albania	ALB	Real interest rate (%)	FR.INR.RINR	-3.053758799
Algeria	DZA	GDP (current US\$)	NY.GDP.MKTP.C	2.25638E+11
Algeria	DZA	Official exchange rate (LCU per US\$, period average)	PA.NUS.FCRF	141.994975
Algeria	DZA	Real interest rate (%)	FR.INR.RINR	-12.16031645
American Samoa	ASM	GDP (current US\$)	NY.GDP.MKTP.C	871000000
American Samoa	ASM	Official exchange rate (LCU per US\$, period average)	PA.NUS.FCRF	1
American Samoa	ASM	Real interest rate (%)	FR.INR.RINR	..
Andorra	AND	GDP (current US\$)	NY.GDP.MKTP.C	3380612573
Andorra	AND	Official exchange rate (LCU per US\$, period average)	PA.NUS.FCRF	0.950915534
Andorra	AND	Real interest rate (%)	FR.INR.RINR	..

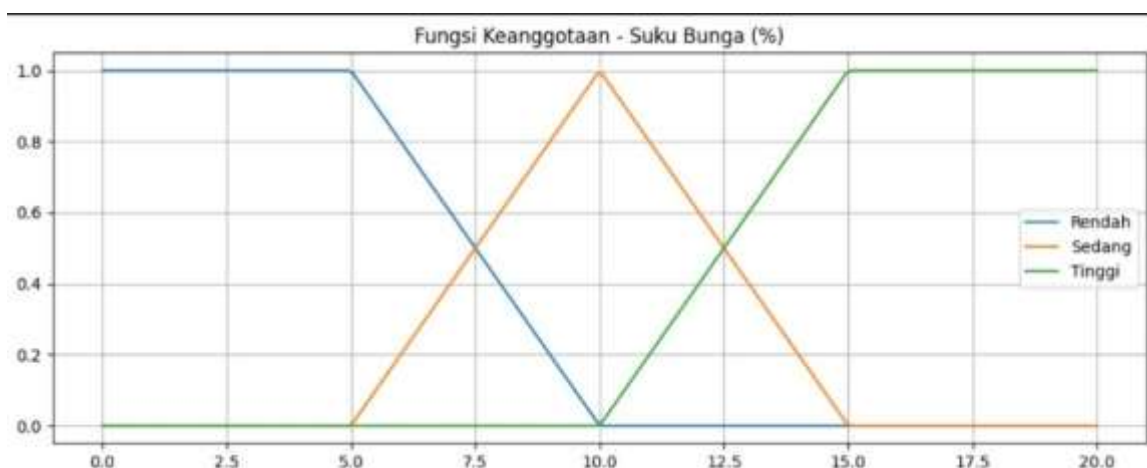
Preprocessing Data

Sebelum diterapkan ke sistem inferensi fuzzy (FIS), data diproses melalui beberapa tahap preprocessing, yaitu:

- Menghapus data duplikat agar setiap negara hanya memiliki satu indikator yang unik.
- Melakukan pivoting data agar setiap negara hanya memiliki satu baris, dengan masing-masing indikator (GDP, nilai tukar, dan suku bunga) sebagai kolom.
- Mengonversi nilai “.” yang ditemukan dalam dataset langsung diganti dengan nilai median kolom tersebut agar data sudah siap digunakan tanpa missing value.
- Menghapus kolom tanpa nama (Unnamed) dan kolom “NaN” yang muncul setelah pivoting untuk memastikan struktur data bersih dan konsisten.
- Mengonversi semua kolom numerik ke tipe data float agar dapat diproses oleh sistem dengan benar.
- Melakukan normalisasi data menggunakan metode Min-Max Scaling agar setiap variabel memiliki skala yang seragam dan setara dalam pemrosesan fuzzy.

Perancangan Sistem Fuzzy

Sistem Fuzzy Inference System (FIS) metode Tsukamoto dirancang untuk mengukur tingkat inflasi suatu negara berdasarkan tiga parameter utama: nilai tukar mata uang, pertumbuhan Produk Domestik Bruto (GDP), dan tingkat suku bunga. Setiap parameter ini diklasifikasikan ke dalam kategori linguistik seperti "Rendah", "Sedang", dan "Tinggi" dengan menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga dan bahu. Pemilihan fungsi keanggotaan ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kombinasi fungsi keanggotaan segitiga dengan FIS Tsukamoto dapat menghasilkan akurasi tinggi dalam prediksi inflasi [18]. Diagram fungsi keanggotaan untuk masing-masing parameter dapat dilihat pada Gambar 2.2 sampai 2.4.



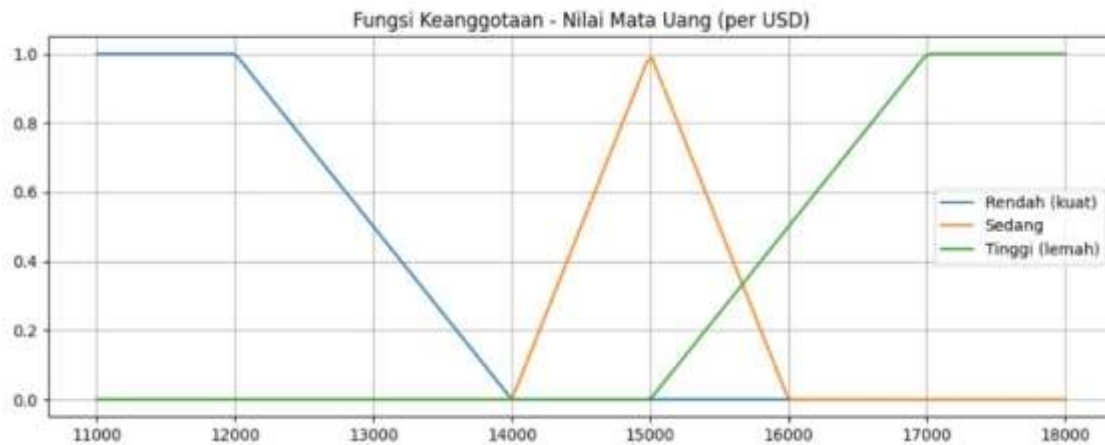
Gambar 2. 2 Fungsi Keanggotaan Suku Bunga (Segitiga dan Bahu)

Berikut adalah persamaan untuk suku bunga rendah, sedang, tinggi dapat dilihat pada persamaan (1), (2), (3) :

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

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 15 \\ \frac{10-x}{5}, & 5 < x < 10 \\ 0, & 10 \leq x < 15 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{5}, & 10 < x < 15 \\ 1, & x \geq 15 \end{cases} \quad (3)$$



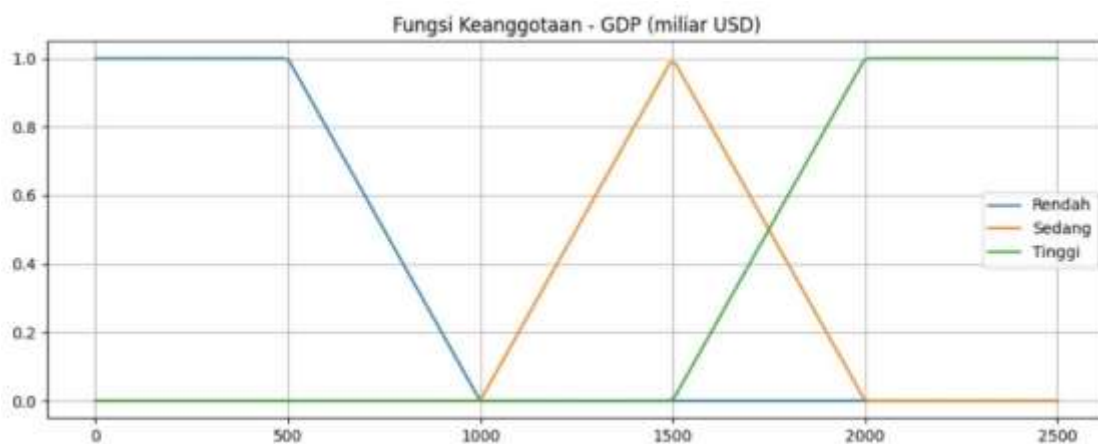
Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan Nilai Tukar Mata Uang (Segitiga dan Bahu)

Berikut adalah persamaan untuk nilai tukar mata uang rendah, sedang, tinggi dapat dilihat pada persamaan (4), (5), (6) :

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 12000 \\ \frac{14000-x}{2000}, & 12000 < x < 14000 \\ 0, & x \geq 14000 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 14000 \text{ atau } x \geq 16000 \\ \frac{x-14000}{1000}, & 14000 < x < 15000 \\ \frac{16000-x}{1000}, & 15000 \leq x < 16000 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 15000 \\ \frac{x-15000}{2000}, & 15000 < x < 17000 \\ 1, & x \geq 17000 \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 2.4 Fungsi Keanggotaan GDP (Segitiga dan Bahu)

Berikut adalah persamaan untuk GDP rendah, sedang, tinggi dapat dilihat pada persamaan (7), (8), (9) :

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 500 \\ \frac{1000-x}{500}, & 500 < x < 1000 \\ 0, & x \geq 1000 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1000 \text{ atau } x \geq 2000 \\ \frac{x-1000}{500}, & 1000 < x < 1500 \\ \frac{2000-x}{500}, & 1500 \leq x < 2000 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1500 \\ \frac{x-1500}{500}, & 1500 < x < 2000 \\ 1, & x \geq 2000 \end{cases} \quad (9)$$

Setelah itu, disusun **aturan fuzzy** berbasis IF-THEN. Contohnya:

- Jika suku bunga = Tinggi dan nilai tukar = Tinggi dan GDP = Rendah maka inflasi = Tinggi
- Jika suku bunga = Sedang dan nilai tukar = Sedang dan GDP = Sedang maka inflasi = Sedang
- Jika suku bunga = Rendah dan nilai tukar = Rendah dan GDP = Tinggi maka inflasi = Rendah
- Jika suku bunga = Tinggi dan nilai tukar = Rendah dan GDP = Tinggi maka inflasi = Sedang
- Jika suku bunga = Rendah dan nilai tukar = Tinggi dan GDP = Rendah maka inflasi = Tinggi

Proses inferensi dalam metode Tsukamoto melibatkan pembuatan aturan-aturan fuzzy berbentuk IF-THEN, di mana setiap aturan menghasilkan output crisp berdasarkan derajat keanggotaan input. Output akhir diperoleh melalui proses defuzzifikasi dengan menggunakan metode rata-rata terbobot dari output crisp setiap aturan. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam data ekonomi makro secara fleksibel dan presisi, sebagaimana ditunjukkan oleh Rutkowska & Szyszko [17] dalam penerapan sistem fuzzy untuk memodelkan ekspektasi inflasi yang dinamis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi Fuzzy Inference System dengan metode Tsukamoto untuk mengukur tingkat inflasi suatu negara, lengkap dengan pembahasannya. Pengukuran dilakukan berdasarkan data ekonomi yang telah diproses menggunakan pendekatan fuzzy. Hasil preprocessing data ditampilkan pada Tabel 3.1, yang kemudian diikuti oleh tahapan fuzzifikasi, inferensi dengan metode Tsukamoto, proses defuzzifikasi, analisis terhadap hasil pengukuran, serta distribusi kategori inflasi.

Tabel 3. 1 Hasil Praprocessing

Country Name	Country Code	GDP	Exchange Rate	Interest Rate
Afghanistan	AFG	14497243872	9.864208972115335	0.9192318952719404
Albania	ALB	19017242586	113.0416667	-3.053758799
Algeria	DZA	2.26E+11	141.994975	-12.16031645
American Samoa	ASM	871000000	1	0.9192318952719404
Andorra	AND	3380612573	0.950915534	0.9192318952719404

Fuzzifikasi


Fuzzifikasi merupakan tahap awal dalam sistem inferensi fuzzy yang bertujuan untuk mengubah data input crisp (tegas) menjadi derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy [19]. Pada penelitian ini, variabel input yang digunakan meliputi suku bunga, nilai mata uang terhadap USD, dan Produk Domestik Bruto (GDP), yang masing-masing diklasifikasikan ke dalam tiga kategori linguistik: rendah, sedang, dan tinggi. Setiap kategori linguistik direpresentasikan menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk linear naik (linear ascending), linear turun (linear descending), dan segitiga (triangular), yang disusun berdasarkan nilai ambang (threshold) empiris maupun referensi dari literatur ekonomi. Sebagai contoh, fungsi keanggotaan suku bunga rendah diberikan nilai keanggotaan penuh ($\mu = 1$) untuk nilai suku bunga $\leq 5\%$, dan mengecil secara linear hingga nol pada nilai 10%. Nilai mata uang dikategorikan berdasarkan kekuatannya terhadap USD, sedangkan GDP diklasifikasikan menurut besar kecilnya nilai output ekonomi. Melalui proses ini, masing-masing input akan menghasilkan tiga nilai keanggotaan fuzzy yang menggambarkan sejauh mana nilai input termasuk dalam kategori rendah, sedang, atau tinggi, dan nilai-nilai fuzzy tersebut kemudian digunakan dalam tahap inferensi untuk menentukan tingkat inflasi suatu negara. Sebagai contoh hasil fuzzifikasi dari negara Madagascar dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Hasil Fuzzifikasi Negara Madagascar

Country Name	Real Interest Rate (%)			Exchange Rate (LCU per USD)			GDP (current US\$)		
	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi
Madagascar	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

FIS dengan Metode Tsukamoto

Inferensi fuzzy dengan metode Tsukamoto merupakan proses pengambilan keputusan dalam sistem fuzzy yang menghasilkan output berupa nilai crisp berdasarkan aturan fuzzy dan derajat keanggotaan input. Pada metode ini, setiap aturan fuzzy memiliki fungsi keanggotaan output yang bersifat monoton, sehingga nilai output untuk setiap aturan dapat ditentukan secara langsung dengan menggunakan nilai derajat keanggotaan terkecil (minimum) dari input yang memenuhi aturan tersebut. Sebagai contoh, hasil inferensi fuzzy metode Tsukamoto untuk negara Madagascar dapat dilihat pada Gambar 3.1.

 Hasil Inferensi Fuzzy Tsukamoto untuk Madagascar (α per aturan):
 Aturan 1 (SB: Tinggi, MU: Tinggi, GDP: Rendah) $\rightarrow \alpha_1 = 0.0000$
 Aturan 2 (SB: Sedang, MU: Sedang, GDP: Sedang) $\rightarrow \alpha_2 = 0.0000$
 Aturan 3 (SB: Rendah, MU: Rendah, GDP: Tinggi) $\rightarrow \alpha_3 = 0.0000$
 Aturan 4 (SB: Tinggi, MU: Rendah, GDP: Tinggi) $\rightarrow \alpha_4 = 1.0000$
 Aturan 5 (SB: Rendah, MU: Tinggi, GDP: Rendah) $\rightarrow \alpha_5 = 0.0000$

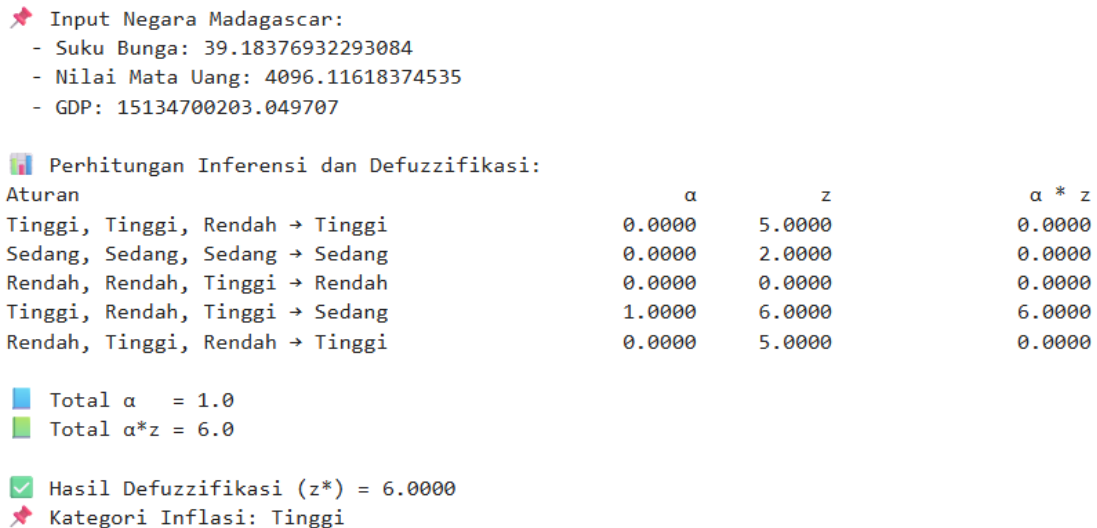
Gambar 3. 1 Hasil Inferensi Fuzzy Negara Madagascar

Setelah menerapkan inferensi fuzzy metode Tsukamoto, diperoleh hasil bahwa kondisi Madagascar sesuai dengan aturan fuzzy ke-4, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah hasil keluaran fuzzy (berupa himpunan nilai dengan derajat keanggotaan) menjadi satu nilai pasti (crisp). Dalam

metode Tsukamoto, defuzzifikasi dilakukan dengan cara menghitung rata-rata tertimbang dari nilai output yang dihasilkan oleh setiap aturan, berdasarkan kekuatan (derajat kebenaran) masing-masing aturan. Sebagai contoh dalam kasus negara Madagascar yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Hasil Proses Defuzzifikasi Negara Madagascar

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa hasil perhitungan defuzzifikasi untuk negara Madagascar masuk dalam kategori inflasi tinggi. Adapun rumus yang digunakan dalam proses defuzzifikasi ditunjukkan pada Persamaan (10):

$$z^* = \frac{\sum(\alpha_i \cdot z_i)}{\sum \alpha_i} \tag{10}$$

Mengacu pada Persamaan (10), proses perhitungan defuzzifikasi untuk negara Madagascar dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3.

$$z^* = \frac{(0.0 \cdot 5.0) + (0.0 \cdot 2.0) + (0.0 \cdot 0.0) + (1.0 \cdot 6.0) + (0.0 \cdot 5.0)}{0.0 + 0.0 + 0.0 + 1.0 + 0.0}$$

$$z^* = \frac{6.0}{1.0} = 6.0000$$

Gambar 3. 3 Hasil Perhitungan Defuzzifikasi Negara Madagascar

Sampel Hasil Pengukuran Tingkat Inflasi

Tabel 3.1 menampilkan sampel hasil pengukuran tingkat inflasi untuk tujuh negara beserta nilai-nilai variabel input yang digunakan dalam perhitungan:

Tabel 3. 3 Sampel Hasil Pengukuran Tingkat Inflasi

Country Name	GDP (current US\$)	Exchange Rate (LCU per USD)	Real Interest Rate (%)	Inflasi (%)	Kategori Inflasi
Afghanistan	14,497,240,000	9.864209	0.919232	3.00	Sedang
Albania	19,017,240,000	113.041667	-3.053759	3.00	Sedang
Algeria	225,638,500,000	141.994975	-12.160316	3.00	Sedang
Madagascar	15,134,700,000	4,096.116184	39.183769	6.00	Tinggi

Country Name	GDP (current US\$)	Exchange Rate (LCU per USD)	Real Interest Rate (%)	Inflasi (%)	Kategori Inflasi
Andorra	3,380,613,000	0.950916	0.919232	3.00	Sedang
Angola	104,399,700,000	460.567512	5.634143	2.62	Rendah
Argentina	632,790,100,000	130.616550	-10.288039	3.00	Sedang

Hasil pengukuran tingkat inflasi menggunakan Fuzzy Inference System metode Tsukamoto menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan tingkat inflasi negara berdasarkan tiga variabel input utama: suku bunga, nilai tukar mata uang, dan GDP. Dari sampel negara yang dianalisis, tampak bahwa sistem cukup fleksibel dalam menghadapi variasi ekonomi, seperti pada Albania, Algeria, dan Argentina yang meskipun memiliki suku bunga negatif, tetap dikategorikan dalam inflasi "Sedang" karena dipengaruhi oleh kombinasi faktor lainnya. Madagascar, dengan suku bunga sangat tinggi (39,18%) dan nilai tukar lemah, diklasifikasikan secara tepat dalam kategori "Tinggi", sesuai dengan teori ekonomi bahwa suku bunga tinggi sering digunakan sebagai respons terhadap inflasi tinggi [20]. Angola dikategorikan dalam inflasi "Rendah", menunjukkan adanya interaksi kompleks antar variabel meski suku bunganya cukup tinggi. Andorra dan Afghanistan, meskipun berbeda dalam GDP dan nilai tukar, namun memiliki suku bunga yang sama dan masuk kategori inflasi yang serupa, mengindikasikan bahwa suku bunga dapat menjadi faktor dominan dalam proses inferensi fuzzy ini.

Distribusi Kategori Inflasi

Dari hasil pengolahan data menggunakan metode Fuzzy Inference System Tsukamoto, berikut disajikan tabel distribusi kategori inflasi dari negara-negara yang dianalisis dapat dilihat Tabel 3.4:

Tabel 3. 4 Distribusi Kategori Inflasi Negara

Kategori Inflasi	Jumlah Negara	Persentase (%)
Rendah	15	6,85%
Sedang	198	90,41%
Tinggi	2	0,91%
Tidak Diketahui	4	1,83%
TOTAL	219	100%

Dari Tabel 3.4 dapat diamati bahwa sebagian besar negara (90.41%) memiliki tingkat inflasi dalam kategori "Sedang", sedangkan 6,85% negara memiliki tingkat inflasi "Rendah", dan 0,91% negara masuk dalam kategori inflasi "Tinggi". Terdapat 1,83% negara yang tidak dapat ditentukan kategori inflasinya karena keterbatasan data pada salah satu atau beberapa variabel input yang diperlukan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi Fuzzy Inference System metode Tsukamoto mampu mengkategorikan tingkat inflasi negara-negara di dunia secara efektif berdasarkan tiga variabel utama: suku bunga, nilai tukar mata uang, dan GDP. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar negara tergolong dalam kategori inflasi "Sedang", dengan sistem yang cukup fleksibel menghadapi variasi ekonomi seperti suku bunga negatif atau nilai tukar ekstrem. Keunggulan utama model ini terletak pada kemampuannya menangani data dengan ketidakpastian dan

menghasilkan klasifikasi yang logis sesuai teori ekonomi. Namun, keterbatasannya terletak pada ketergantungan terhadap kelengkapan dan kualitas data input, serta tidak mempertimbangkan faktor eksternal seperti kebijakan fiskal atau inflasi aktual historis. Ke depan, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan variabel tambahan atau melibatkan pendekatan hibrida seperti fuzzy-neural atau fuzzy-regression untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan prediktifnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Musliha, “Pengaruh Nilai Tukar Dan Tingkat Suku Bunga Terhadap Inflasi Di Indonesia Periode 2000 – 2022,” *Jurnal Ekuilnomi*, vol. 5, no. 2, pp. 322–331, Nov. 2023, doi: 10.36985/ekuilnomi.v5i2.787.
- [2] R. A. Maulana, S. N. Sarfiah, and P. K. Prasetyanto, “PENGARUH EKSPOR, SUKU BUNGA DAN NILAI TUKAR TERHADAP INFLASI DI INDONESIA,” *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, vol. 2, no. 3, pp. 675–684.
- [3] M. A. Abadi and A. Muhson, “PEMODELAN TINGKAT INFLASI DI INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM FUZZY,” pp. 113–121.
- [4] M. A. Abadi and A. Muhson, “PEMODELAN TINGKAT INFLASI DI INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM FUZZY,” pp. 113–121.
- [5] D. A. Rezaldi and Sugiman, “PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika Peramalan Metode ARIMA Data Saham PT. Telekomunikasi Indonesia,” *Peramalan Metode ARIMA Data Saham PT. Telekomunikasi Indonesia. PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, vol. 4, pp. 611–620, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- [6] N. R. Sari, W. F. Mahmudy, and A. P. Wibawa, “Mengukur Performa Model TSK Fuzzy Logic Menggunakan Faktor Eksternal untuk Peramalan Laju Inflasi,” *MATICS*, vol. 9, no. 1, p. 27, Mar. 2017, doi: 10.18860/mat.v9i1.3932.
- [7] A. Akhirson and B. Heruseto, “PENDEKATAN ADAPTIVE NEURO FUZZY SEBAGAI ALTERNATIF BAGI BANK INDONESIA DALAM MENENTUKAN TINGKAT INFLASI DI INDONESIA,” vol. 19, no. 2, pp. 309–321, Aug. 2016.
- [8] E. P. Madani, M. T. Furqon, and N. Hidayat, “Peramalan Indeks Harga Konsumen Indonesia menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 9, pp. 2801–2809, Sep. 2020, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] R. Perangin-Angin, I. K. Jaya, and B. Rumahorbo, “Kombinasi Time Series Dengan Fuzzy Inferency System Untuk Model Prediksi Inflasi Dengan Akurasi Tinggi,” *JURNAL TIMES*, vol. 2, pp. 25–33, Dec. 2020, [Online]. Available: <http://sumut.bps.go.id>.
- [10] N. R. Sari, W. F. Mahmudy, A. P. Wibawa, and E. Sonalitha, “Enabling external factors for inflation rate forecasting using fuzzy neural system,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 7, no. 5, pp. 2746–2756, Oct. 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i5.pp2746-2756.
- [11] Adriyendi, “Fuzzy logic using Tsukamoto model and Sugeno model on prediction cost,” *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, vol. 10, no. 6, pp. 13–21, Jun. 2018, doi: 10.5815/ijisa.2018.06.02.
- [12] C. A. Stephani, A. Suharsono, and Suhartono, “Peramalan Inflasi Nasional Berdasarkan Faktor Ekonomi Makro Menggunakan Pendekatan Time Series Klasik dan ANFIS,” *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 67–72, 2015.
- [13] H. Kartini, Y. Ramdani, and Y. Permanasari, “Prediksi Harga Bahan Pangan dengan Metode Fuzzy Time Series Chen dan Markov Chain,” *Bandung Conference Series: Mathematics*, vol. 2, no. 2, pp. 113–122, Aug. 2022, doi: 10.29313/bcsm.v2i2.4764.
- [14] J. Hendra Prasetyo, A. W. Widodo, and B. Rahayudi, “Implementasi Gabungan Metode Multi-Factors High Order Fuzzy Time Series dengan Fuzzy C-Means untuk Peramalan Tingkat Inflasi di Indonesia,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 7, pp. 2569–2577, Jul. 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

- [15] A. N. Paradhita, “Prediksi Inflasi di Indonesia Menggunakan Algoritma Fuzzy dengan Bahasa Pemrograman Phyton,” *Jurnal Penelitian Inovatif*, vol. 4, no. 2, pp. 457–464, Apr. 2024, doi: 10.54082/jupin.339.
- [16] N. Fitriyati and M. Yunita Wijaya, “Forecasting Indonesian inflation using a hybrid ARIMA-ANFIS,” *Desimal: Jurnal Matematika*, vol. 5, pp. 289–304, 2022, doi: 10.24042/djm.
- [17] A. Rutkowska and M. Szyszko, “Inflation expectations quantification with fuzzy control system,” *Soft comput*, vol. 25, no. 12, pp. 7803–7812, Jun. 2021, doi: 10.1007/s00500-021-05616-5.
- [18] R. Perangin-Angin, I. K. Jaya, and B. Rumahorbo, “Kombinasi Time Series Dengan Fuzzy Inferency System Untuk Model Prediksi Inflasi Dengan Akurasi Tinggi,” *JURNAL TIMES*, vol. 2, pp. 25–33, Dec. 2020, [Online]. Available: <http://sumut.bps.go.id>.
- [19] U. Athiyah, A. P. Handayani, M. Y. Aldean, N. P. Putra, and R. Ramadhani, “Sistem Inferensi Fuzzy : Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya,” *JOURNAL OF DINDA Kelompok Keahlian Rekayasa Data Institut Teknologi Telkom Purwokerto*, vol. 1, no. 2, pp. 78–86, 2021, doi: 10.31940/matrix.v10i2.1841.
- [20] J. R. Andrianady, N. R. Rajaonarison, A. R. Josué, and R. Njakanasandratra, “Monetary Inflation Relationship in Madagscar: a DSGE Model Analysis,” *Munic Personal RePEc Archive*, pp. 1–8, May 2023.