

Klasifikasi Besar Potensi Kemunculan Batu Ginjal Menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Mamdani

Nadiya Azhar Mufid¹

¹ Universitas Negeri Yogyakarta; nadiyaazhar.2020@student.uny.ac.id

Abstrak: Fenomena modernisasi yang timbul dalam kehidupan masyarakat berdampak pada pola hidup yang tidak sehat. Hal tersebut menyebabkan prevalensi penyakit batu ginjal meningkat dalam beberapa dekade terakhir. Dalam penelitian ini akan dikembangkan suatu sistem inferensi fuzzy menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) metode Mamdani untuk klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal berdasarkan kondisi urin. Variabel input yang digunakan adalah pH urin, kandungan urea dalam urin, dan kandungan kalsium dalam urin, sedangkan variabel output yang digunakan adalah besar potensi kemunculan batu ginjal. Variabel-variabel yang telah dimasukkan dalam himpunan fuzzy dibentuk dengan kombinasi dari variabel satu dengan linguistiknya masing-masing kemudian himpunan fuzzy tersebut diproses dengan bantuan software Matlab sehingga menghasilkan suatu hasil klasifikasi berupa potensi kecil atau potensi besar. Hasil klasifikasi yang dihasilkan dari sistem inferensi fuzzy yang dikembangkan menghasilkan klasifikasi yang akurat bagi pengguna dengan tingkat akurasi sebesar 94%. Dengan demikian, secara umum sistem fuzzy ini dapat dipakai untuk membantu dalam mengklasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal sehingga jumlah penderita penyakit tersebut dapat ditekan semaksimal mungkin.

Keywords: modernisasi, *fuzzy inference system*, metode mamdani

DOI:

<https://doi.org/10.47134/ppm.v1i1.110>

*Correspondence: Nadiya Azhar Mufid

Email:

nadiyaazhar.2020@student.uny.ac.id

Received: 17-09-2023

Accepted: 19-10-2023

Published: 20-11-2023



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The phenomenon of modernization that arises in the lives of society has an impact on unhealthy lifestyles. This has led to an increased prevalence of kidney stone disease in recent decades. In this study, a fuzzy inference system will be developed using the Mamdani method for the classification of the large potential occurrence of kidney stones based on urine conditions. The input variables used are urine pH, urea content in urine, and calcium content in urine, while the output variable used is the magnitude of the potential occurrence of kidney stones. The variables included in the fuzzy set are formed by combinations of each variable with its respective linguistic terms. These fuzzy sets are then processed with the help of Matlab software to produce a classification result indicating small or large potential. The classification results from the developed fuzzy inference system provide accurate classifications for users with an accuracy level of 94%. Thus, in general, this fuzzy system can be used to assist in classifying the large potential occurrence of kidney stones, thereby minimizing the number of individuals suffering from this disease as much as possible.

Keywords: modernization, *fuzzy inference system*, mamdani method

Pendahuluan

Batu ginjal merupakan penyakit yang muncul karena terjadi pembentukan materi keras menyerupai batu yang berasal dari garam dan mineral di dalam ginjal. Siapa saja dapat berpotensi mengalami penyakit batu ginjal tanpa menandang umur maupun jenis kelamin (Jepri, 2019). Penelitian terbaru menyatakan bahwa prevalensi penyakit batu ginjal telah meningkat dalam beberapa dekade terakhir di negara maju dan negara berkembang (Alelign & Petros, 2018). Tren yang berkembang ini diyakini berhubungan dengan perubahan gaya hidup manusia yang semakin modern dan terjadinya pemanasan global (Alelign & Petros, 2018).

Kehidupan masyarakat yang semakin modern berdampak pada pola hidup yang tidak sehat, seperti merokok, jarang berolahraga, dan makan makanan yang tidak sehat. Makanan yang tidak sehat berdampak pada fungsi organ manusia sehingga dapat menyebabkan kelebihan ataupun kekurangan zat tertentu dalam tubuh. Urin yang normal memiliki pH yang normal serta kandungan zat kalsium dan urea yang tepat sesuai ambang batas normal. Akan tetapi, pola hidup yang tidak sehat dapat menyebabkan urin mempunyai pH yang terlalu asam ataupun terlalu basa serta kelebihan ataupun kekurangan kandungan zat kalsium dan urea. Hal tersebut jika tidak segera ditangani dengan baik dapat berpotensi membentuk suatu batu ginjal. Gejala tidak dapat dirasakan oleh penderita penyakit batu ginjal dengan ukuran kecil. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat dipakai dalam mengklasifikasi potensi urin ke dalam kategori potensi kecil atau potensi besar muncul batu ginjal secara cepat dan akurat menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) (Ilbahar, 2018; Jain, 2020; Karaboga, 2019; Li, 2018; Nazari, 2018; Pourjavad, 2018; Pujiharsono, 2023a, 2023b; Rejeesh, 2019; Saiful Anwar Ziani Said, 2023; Shihabudheen, 2018a, 2018b; Tito Prabowo Imam Machfud, 2022).

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan diagnosis penyakit ginjal telah dilakukan oleh Jepri (2019) dengan judul “Pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ginjal Kronik Menggunakan Metode FIS – Sugeno” (Jepri, 2019). Pada penelitian tersebut, diteliti diagnosis penyakit ginjal kronik dengan menggunakan enam parameter, yaitu Kreatinin, Ureum, Hb, pH darah, Albumin Urin, dan Asam Urat. Hasil dari penelitian tersebut, diagnosis penyakit ginjal kronik dibagi menjadi 3 kriteria, yaitu Negatif Ginjal Kronik, Pre Ginjal Kronik, dan Positif Ginjal Kronik. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah FIS Metode Sugeno dapat digunakan untuk diagnosis penyakit ginjal kronis dengan cepat dan akurat dengan akurasi 97%.

Dari paparan yang telah dijelaskan di atas, penulis mengusulkan penelitian yang berjudul “Klasifikasi Besar Potensi Kemunculan Batu Ginjal Menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Mamdani”. Pada penelitian ini, untuk menentukan besar potensi kemunculan batu ginjal menggunakan tiga parameter, terdiri dari pH urin, kandungan urea dalam urin, dan kandungan kalsium dalam urin. Metode *Fuzzy Inference System* (FIS)

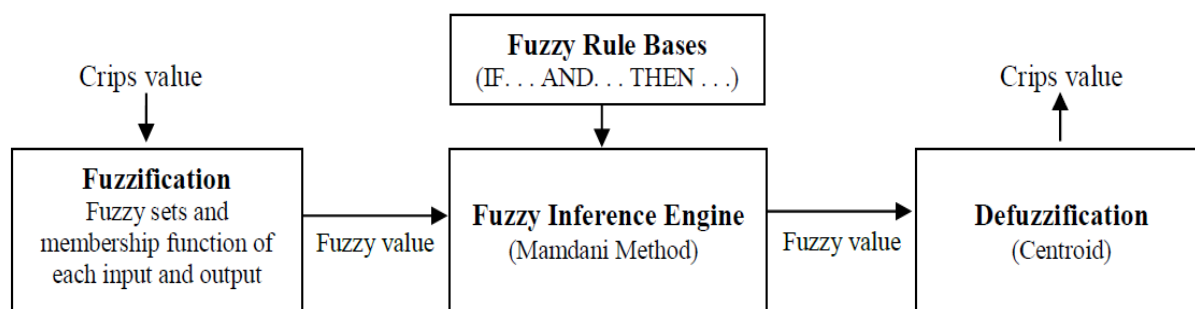
Mamdani digunakan untuk menentukan besar potensi kemunculan batu ginjal ke dalam dua kriteria, yaitu Potensi Kecil dan Potensi Besar.

Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari dasar teori dan sumber acuan tentang kondisi urin yang normal, pH urin, kandungan urea dan kalsium dalam urin, batu ginjal, FIS metode Mamdani, dan FIS dalam dunia medis.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diunduh pada tanggal 18 November 2023 dari website <https://vincentarelbundock.github.io/> yang merupakan hasil pengamatan dari Andrews dan Herzberg (2023). Pengamatan kasus kemunculan batu ginjal dilakukan dengan mendata indikator kemunculan batu ginjal, pH urin, dan kandungan zat yang ada di dalam urin. Data yang terkumpul sebanyak 79 data.

Analisis data yang dilakukan adalah dengan menggunakan 50 data pengamatan kasus kemunculan batu ginjal dengan menggunakan FIS metode Mamdani (Fointuna, 2021; Jamalnia, 2018; Lubis, 2019; Moedjiono, 2019; Santosa, 2018; Sinuk, 2020, 2023; Sunjana, 2019; Wawan, 2021; Zulfikar, 2018). Hasil pengamatan indikator kemunculan batu ginjal pada data kemudian akan dibandingkan dengan hasil klasifikasi dengan FIS metode Mamdani yang dikembangkan. Skema sistem inferensi fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini diadaptasi dari Wang (Wang, 1997) dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 1. Skema Sistem Inferensi FIS Metode Mamdani untuk Klasifikasi Besar Potensi Kemunculan Batu Ginjal

Berdasarkan Gambar 1, langkah-langkah inferensi fuzzy menggunakan metode Mamdani adalah sebagai berikut.

Langkah 1: Mendefinisikan himpunan universal setiap variabel input dan output. Pada penelitian ini, pH urin, kandungan urea dalam urin, dan kandungan kalsium dalam urin sebagai variabel input, sedangkan besar potensi kemunculan batu ginjal sebagai variabel output. Himpunan universal memuat semua nilai yang mungkin dari masing-masing variabel input dan output (Wang, 1997)(Wang, 1997).

Langkah 2: Mendefinisikan himpunan fuzzy setiap variabel input dan output. Sebuah himpunan fuzzy A pada universal U dicirikan dengan fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang

berada dalam interval $[0,1]$ (Wang, 1997). Dalam penelitian ini, beberapa istilah linguistik, seperti rendah, sedang, tinggi, kecil, dan besar, yang dirujuk sebagai himpunan fuzzy, diberikan pada masing-masing variabel input dan output.

Langkah 3: Menentukan aturan-aturan dasar fuzzy. Aturan-aturan dasar fuzzy terdiri dari himpunan implikasi JIKA-MAKA (Wang, 1997). Untuk menentukan aturan-aturan dasar fuzzy, proses fuzzifikasi harus dilakukan pada setiap pasangan data input dan output. Fuzzifikasi adalah proses membandingkan variabel input dengan fungsi keanggotaan pada bagian premis untuk mendapatkan derajat keanggotaan dari setiap himpunan fuzzy linguistik. Oleh karena itu, nilai crisp dari data input dan output dikonversi ke nilai fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan yang didefinisikan pada langkah 2. Untuk masing-masing variabel input dan output, ditentukan derajat keanggotaan tertingginya.

Langkah 4: Melakukan inferensi menggunakan metode Mamdani. Metode Mamdani juga dikenal dengan metode MAXMIN. Pada metode ini, nilai minimum dari setiap aturan dipilih menggunakan fuzzy min operator. Selanjutnya, dipilih nilai maksimum dari gabungan aturan tersebut.

Langkah 5: Melakukan defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Tujuan melakukan defuzzifikasi adalah untuk menghitung nilai crisp pada output. Proses defuzzifikasi dikenal sebagai kebalikan dari proses fuzzifikasi (Wang, 1997).

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah 50 data kondisi urin (Andrews & Herzberg, 2023).

Tabel 1. Tabel Data Hasil Pengamatan Kondisi Urin

o.	Data Pengamatan		
	pH	Urea	Kalsium
	4.91	443	2.45
	5.74	296	4.49
	7.2	101	2.36
	5.51	224	2.15
	6.52	91	1.16
	...	...	...
0	5.56	224	2.33

Berdasarkan Tabel 1, variabel inputnya adalah “pH” (P), “Urea” (U), dan “Kalsium” (K), sedangkan variabel outputnya adalah “Potensi” (B). Himpunan universal dari variabel input dan output tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel Himpunan Universal Setiap Variabel

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan Universal
Input	pH	[0,14]
	Urea	[0,600]
	Kalsium	[0,15]
Output	Potensi	[0,100]

Input pertama adalah pH. pH (P) dari 50 data kondisi urin dikelompokkan menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu asam (A_P), normal (N_P), dan basa (B_P) dengan universal [0,14]. Variabel pH dinyatakan dalam P dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

Tabel 3. Tabel Himpunan Fuzzy Variabel pH dan Fungsi Keanggotaannya

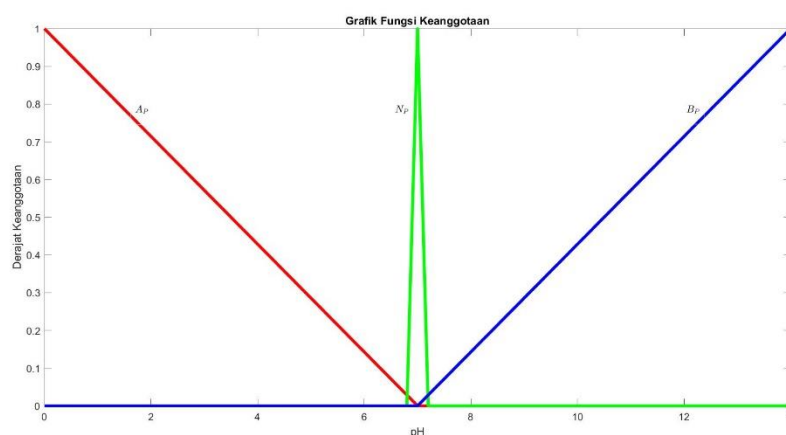
Variabel	Himpunan Fuzzy	Fungsi Keanggotaan
pH (P)	Asam (A_P)	[0 0 7]
	Normal (N_P)	[6.8 7 7.2]
	Basa (B_P)	[7 14 14]

$$\mu_{A_P} = \begin{cases} \frac{7-x}{7} & ; 0 \leq x \leq 7 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{N_P} = \begin{cases} \frac{x-6.8}{0.2} & ; 6.8 \leq x \leq 7 \\ \frac{7.2-x}{0.2} & ; 7 \leq x \leq 7.2 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{B_P} = \begin{cases} \frac{x-7}{7} & ; 7 \leq x \leq 14 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut.

**Gambar 2.** Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel pH

Input kedua adalah Urea. Urea (U) dari 50 data kondisi urin dicantumkan dalam satuan mg/L. Selanjutnya, urea (U) dikelompokkan menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah (R_U), normal (N_U), dan tinggi (T_U) dengan universal $[0,600]$. Variabel urea dinyatakan dalam U dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

Tabel 4. Tabel Himpunan Fuzzy Variabel Urea dan Fungsi Keanggotaannya

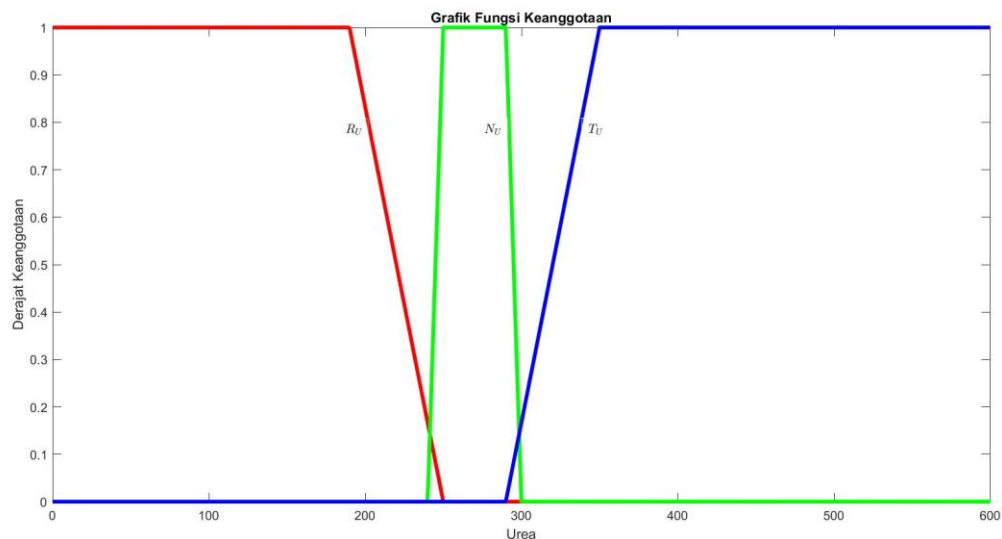
Variabel	Himpunan Fuzzy	Fungsi Keanggotaan
Urea (U)	Rendah (R_U)	$[0 \ 0 \ 190 \ 250]$
	Normal (N_U)	$[240 \ 250 \ 290 \ 300]$
	Tinggi (T_U)	$[290 \ 350 \ 600 \ 600]$

$$\mu_{R_U} = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 190 \\ \frac{250 - x}{60} & ; 190 \leq x \leq 250 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{N_U} = \begin{cases} \frac{x - 240}{10} & ; 240 \leq x \leq 250 \\ 1 & ; 250 \leq x \leq 290 \\ \frac{300 - x}{10} & ; 290 \leq x \leq 300 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{T_U} = \begin{cases} 0 & ; 0 \leq x \leq 290 \\ \frac{x - 290}{60} & ; 290 \leq x \leq 350 \\ 1 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel Urea

Input ketiga adalah Kalsium. Kalsium (K) dari 50 data kondisi urin dicantumkan dengan satuan mmol/L. selanjutnya, kalsium (K) dikelompokkan menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah (R_K), normal (N_K), dan tinggi (T_K) dengan universal $[0,15]$. Variabel kalsium dinyatakan dalam K dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

Tabel 5. Tabel Himpunan Fuzzy Variabel Kalsium dan Fungsi Keanggotaannya

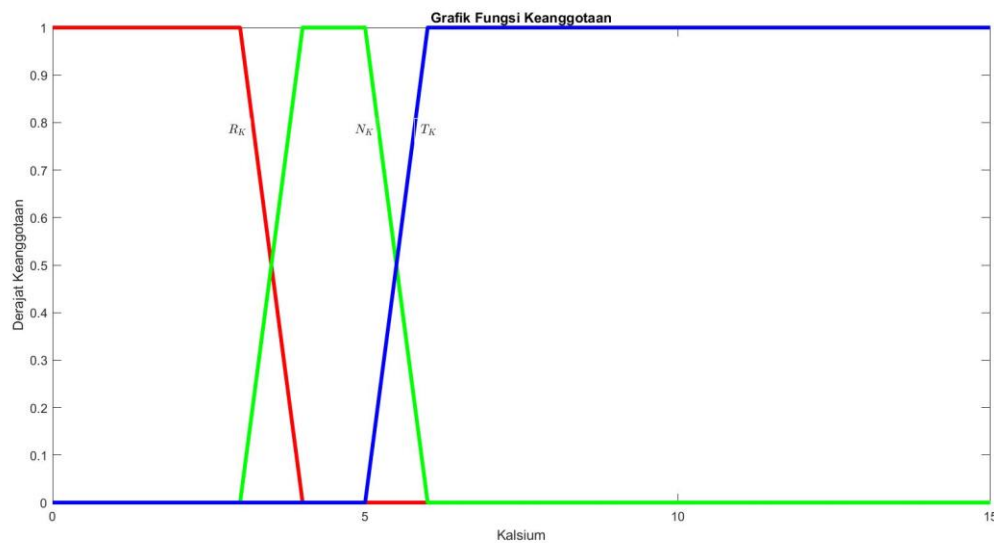
Variabel	Himpunan Fuzzy	Fungsi Keanggotaan
Kalsium (K)	Rendah (R_K)	[0 0 3 4]
	Normal (N_K)	[3 4 5 6]
	Tinggi (T_K)	[5 6 15 15]

$$\mu_{R_K} = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 3 \\ 4 - x & ; 3 \leq x \leq 4 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{N_K} = \begin{cases} x - 3 & ; 3 \leq x \leq 4 \\ 1 & ; 4 \leq x \leq 5 \\ 6 - x & ; 5 \leq x \leq 6 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{T_K} = \begin{cases} 0 & ; 0 \leq x \leq 5 \\ x - 5 & ; 5 \leq x \leq 6 \\ 1 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut.

**Gambar 4.** Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel Kalsium

Pada kasus klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal terdapat beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan. Beberapa pertimbangan tersebut antara lain pH urin, kandungan urea dalam urin, dan kandungan kalsium dalam urin. Oleh karena itu, output dari kasus di atas yaitu besar potensinya. Variabel potensi (B) dapat dinyatakan dalam universal $[0,100]$. Variabel potensi (B) dikelompokkan menjadi dua himpunan fuzzy, yaitu kecil (K_B) dan besar (B_B). Selanjutnya, variabel potensi dinyatakan dalam B dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

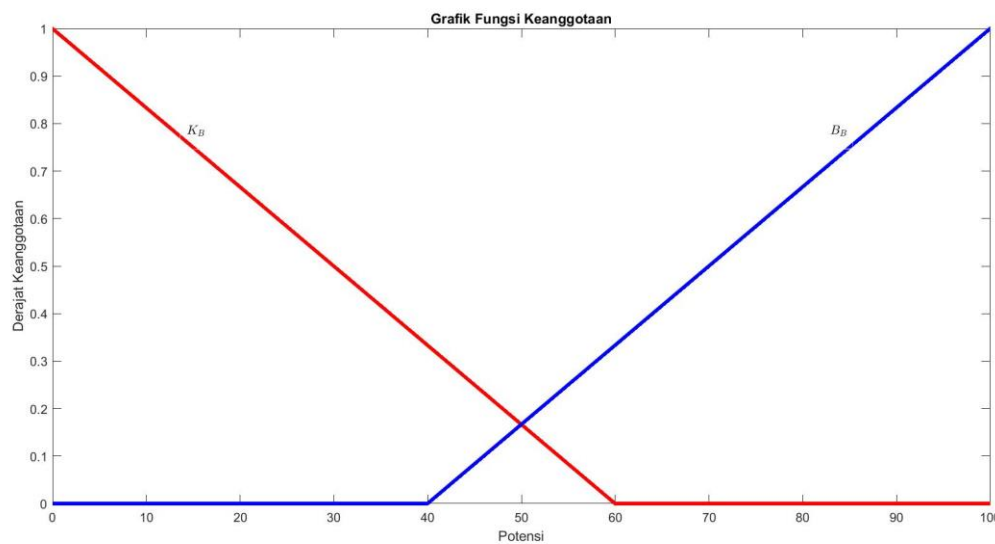
Tabel 6. Tabel Himpunan Fuzzy Variabel Potensi dan Fungsi Keanggotaannya

Variabel	Himpunan Fuzzy	Fungsi Keanggotaan
Potensi (P)	Kecil (K_B)	$[0 \ 0 \ 60]$
	Besar (B_B)	$[40 \ 100 \ 100]$

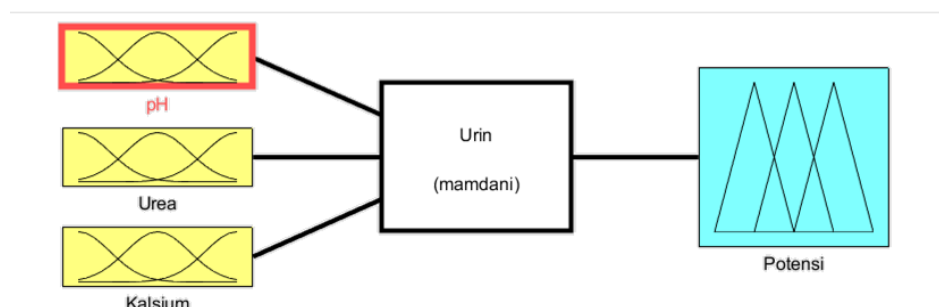
$$\mu_{K_B} = \begin{cases} \frac{60-x}{60} & ; 0 \leq x \leq 60 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{B_B} = \begin{cases} \frac{x-40}{60} & ; 40 \leq x \leq 100 \\ 0 & ; x \text{ lainnya} \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya adalah sebagai berikut.

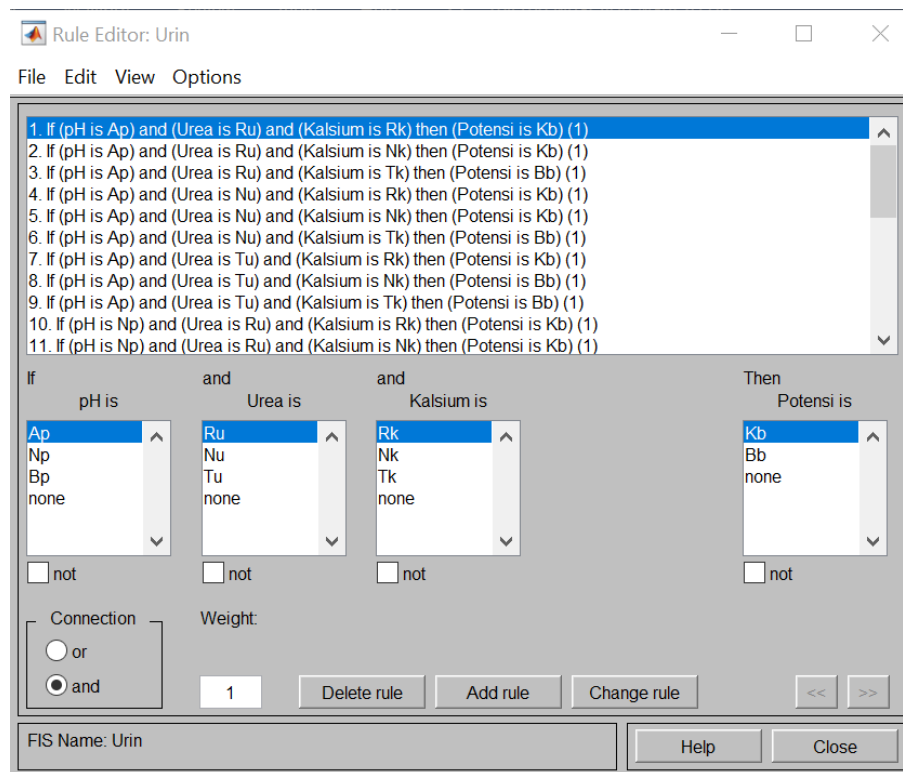
**Gambar 5.** Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel Potensi

Struktur dari FIS yang dikembangkan adalah sebagai berikut.

**Gambar 6.** Struktur dari FIS Metode Mamdani yang Dikembangkan

Setelah menentukan fungsi keanggotaan, langkah selanjutnya adalah menentukan aturan-aturan fuzzy. Aturan-aturan fuzzy dibuat untuk mengekspresikan hubungan antara variabel input dan output. Pemetaan antara input dan output adalah JIKA-MAKA dan operator yang digunakan untuk menghubungkan antara dua input adalah DAN (AND).

Aturan fuzzy yang terbentuk mengikuti banyaknya input dan output yang ditentukan. Jadi, aturan fuzzy yang terbentuk dalam penelitian ini ada sebanyak 27 karena ketiga input dikelompokkan menjadi tiga himpunan fuzzy. Aturan-aturan fuzzy yang terbentuk dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 7. Tampilan Rule Editor pada Matlab

- [R1] Jika (pH Asam) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
- [R2] Jika (pH Asam) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Kecil).
- [R3] Jika (pH Asam) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
- [R4] Jika (pH Asam) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
- [R5] Jika (pH Asam) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Kecil).
- [R6] Jika (pH Asam) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
- [R7] Jika (pH Asam) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
- [R8] Jika (pH Asam) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Besar).
- [R9] Jika (pH Asam) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
- [R10] Jika (pH Normal) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
- [R11] Jika (pH Normal) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Kecil).
- [R12] Jika (pH Normal) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Kecil).
- [R13] Jika (pH Normal) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
- [R14] Jika (pH Normal) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Kecil).
- [R15] Jika (pH Normal) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
- [R16] Jika (pH Normal) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
- [R17] Jika (pH Normal) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Besar).

- [R18] Jika (pH Normal) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
 [R19] Jika (pH Basa) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
 [R20] Jika (pH Basa) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Kecil).
 [R21] Jika (pH Basa) dan (Urea Rendah) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
 [R22] Jika (pH Basa) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Kecil).
 [R23] Jika (pH Basa) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Kecil).
 [R24] Jika (pH Basa) dan (Urea Normal) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).
 [R25] Jika (pH Basa) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Rendah) maka (Potensi Besar).
 [R26] Jika (pH Basa) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Normal) maka (Potensi Besar).
 [R27] Jika (pH Basa) dan (Urea Tinggi) dan (Kalsium Tinggi) maka (Potensi Besar).

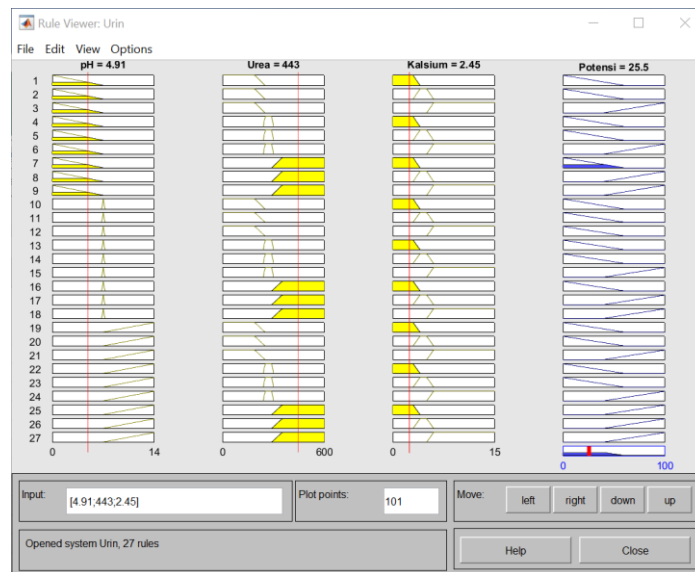
Setelah menentukan aturan-aturan fuzzy, langkah selanjutnya adalah melakukan fuzzifikasi. Penelitian ini menggunakan fuzzifikasi metode Mamdani dengan aturan MAXMIN yaitu mengambil nilai maksimum dari hasil implikasi min, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan operator ATAU (OR). Derajat validitas (α) untuk setiap aturan menurut aturan MAXMIN Mamdani ditunjukkan dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \min(\text{asam}(x_1), \text{rendah}(x_2), \text{rendah}(x_3)) \\ \alpha_2 &= \min(\text{asam}(x_1), \text{rendah}(x_2), \text{normal}(x_3)) \\ &\dots \\ \alpha_{26} &= \min(\text{basa}(x_1), \text{tinggi}(x_2), \text{normal}(x_3)) \\ \alpha_{27} &= \min(\text{basa}(x_1), \text{tinggi}(x_2), \text{tinggi}(x_3))\end{aligned}$$

Derajat validitas maksimum dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\alpha_{1,2,3,\dots,27} = \max(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{26}, \alpha_{27})$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan defuzzifikasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode centroid. Sebagai contoh, setelah dilakukan perhitungan pada data kondisi urin 1 diperoleh hasil defuzzifikasi adalah 25.5 yang masuk dalam interval [0,60] seperti pada gambar yang ditunjukkan di bawah.



Gambar 8. Hasil Defuzzifikasi pada Data Kondisi Urin 1

Dengan demikian, diperoleh besar potensi kemunculan batu ginjal pada data kondisi urin 1 adalah Potensi Kecil. Selanjutnya, akan ditentukan hasil defuzzifikasi pada data lainnya menggunakan Matlab R2020a. Berikut adalah hasil sistem fuzzy pada data kondisi urin berdasarkan hasil yang diperoleh dari sistem fuzzy yang telah dibangun. Dalam Tabel 7 dapat dilihat hasil perbandingan klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal berdasarkan data dan FIS Metode Mamdani.

Tabel 7. Tabel Perbandingan Hasil Klasifikasi berdasarkan Data dan FIS Metode Mamdani

No	Data Pengamatan				FIS Metode Mamdani	
	pH	Urea	Kalsium	Klasifikasi	Hasil Defuzzifikasi	Klasifikasi
1	4.91	443	2.45	Potensi Kecil	25.5	Potensi Kecil
2	5.74	296	4.49	Potensi Kecil	42.9	Potensi Kecil
3	7.2	101	2.36	Potensi Kecil	29.3	Potensi Kecil
4	5.51	224	2.15	Potensi Kecil	26.7	Potensi Kecil
5	6.52	91	1.16	Potensi Kecil	28.7	Potensi Kecil
6	5.27	252	3.34	Potensi Kecil	26.2	Potensi Kecil
7	5.62	195	1.4	Potensi Kecil	26.9	Potensi Kecil
8	5.41	170	1.16	Potensi Kecil	26.5	Potensi Kecil
9	6.13	382	2.21	Potensi Kecil	27.9	Potensi Kecil
10	6.19	152	1.93	Potensi Kecil	28	Potensi Kecil
11	5.53	448	1.27	Potensi Kecil	26.7	Potensi Kecil
12	7.12	64	1.03	Potensi Kecil	24.2	Potensi Kecil
13	5.35	147	1.47	Potensi Kecil	26.4	Potensi Kecil
14	5.21	161	1.53	Potensi Kecil	26.1	Potensi Kecil
15	4.9	284	5.09	Potensi Kecil	36.2	Potensi Kecil
16	6.63	133	1.05	Potensi Kecil	29	Potensi Kecil
17	6.81	395	2.03	Potensi Kecil	29	Potensi Kecil
18	6.88	95	7.68	Potensi Kecil	26.2	Potensi Kecil
19	6.14	214	1.45	Potensi Kecil	27.9	Potensi Kecil

No	Data Pengamatan				FIS Metode Mamdani	
	pH	Urea	Kalsium	Klasifikasi	Hasil Defuzzifikasi	Klasifikasi
20	5.47	199	0.81	Potensi Kecil	26.6	Potensi Kecil
21	7.38	87	1.32	Potensi Kecil	28.9	Potensi Kecil
22	5.96	422	1.55	Potensi Kecil	27.6	Potensi Kecil
23	5.68	239	1.52	Potensi Kecil	27.1	Potensi Kecil
24	6.76	270	0.77	Potensi Kecil	29.2	Potensi Kecil
25	7.61	75	2.17	Potensi Kecil	28.5	Potensi Kecil
26	7.9	301	9.04	Potensi Besar	72.1	Potensi Besar
27	6.9	396	4.18	Potensi Besar	76.9	Potensi Besar
28	5.4	394	7.82	Potensi Besar	73.5	Potensi Besar
29	6.81	255	12.2	Potensi Besar	71	Potensi Besar
30	6.03	178	9.39	Potensi Besar	72.3	Potensi Besar
31	5.94	325	6.96	Potensi Besar	72.5	Potensi Besar
32	5.77	354	13	Potensi Besar	72.8	Potensi Besar
33	5.6	360	5.54	Potensi Besar	73.1	Potensi Besar
34	5.53	302	6.19	Potensi Besar	73.1	Potensi Besar
35	5.36	364	7.31	Potensi Besar	73.6	Potensi Besar
36	5.16	301	14.34	Potensi Besar	72.9	Potensi Besar
37	6.21	398	4.18	Potensi Besar	71.9	Potensi Besar
38	7.94	212	6.81	Potensi Besar	72.2	Potensi Besar
39	6.28	486	8.28	Potensi Besar	71.8	Potensi Besar
40	5.71	385	7.18	Potensi Besar	72.9	Potensi Besar
41	6.19	473	5.67	Potensi Besar	72	Potensi Besar
42	5.24	620	12.68	Potensi Besar	73.8	Potensi Besar
43	5.58	430	8.94	Potensi Besar	73.2	Potensi Besar
44	6.29	457	4.45	Potensi Besar	71.7	Potensi Besar
45	5.4	395	7.64	Potensi Besar	73.5	Potensi Besar
46	5.14	272	6.63	Potensi Besar	74	Potensi Besar
47	5.09	418	8.53	Potensi Besar	74.1	Potensi Besar
48	4.81	195	0.58	Potensi Besar	25.3	Potensi Kecil
49	4.76	10	0.27	Potensi Besar	25.2	Potensi Kecil
50	5.56	224	2.33	Potensi Besar	26.8	Potensi Kecil

Berdasarkan Tabel 7, level akurasi *Fuzzy Inference System* (FIS) metode Mamdani yang diterapkan dalam proses klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{Total data yang benar}}{\text{Total data}} \times 100\% = \frac{(50 - 3)}{50} \times 100\% = 94\%$$

Jadi, level akurasi dari *Fuzzy Inference System* (FIS) metode Mamdani untuk klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal berdasarkan data konsisi urin adalah 94%.

Simpulan

Berdasarkan analisis dan hasil pengujian dari klasifikasi penentuan besar potensi kemunculan batu ginjal dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) metode Mamdani, kesimpulan yang didapatkan adalah bahwa klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal dengan FIS metode Mamdani dapat digunakan dalam menentukan klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal apakah termasuk dalam kriteria potensi kecil atau potensi besar. Berdasarkan hasil pengujian, dari 50 data kondisi urin yang diuji, diperoleh tingkat akurasi sebesar 94% sehingga terbukti adanya kesesuaian antara klasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal menggunakan FIS Metode Mamdani dengan klasifikasi pada data asli. Dengan demikian, aplikasi sistem logika fuzzy yang dikembangkan ini dapat digunakan untuk membantu pengguna dalam mengklasifikasi besar potensi kemunculan batu ginjal.

Adapun saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu variabel input yang digunakan dapat ditambah sehingga akurasi yang diperoleh bisa semakin baik. Selain itu, sistem fuzzy ini dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem yang dinamis sehingga dapat mengolah dan mengedit basis pengetahuan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Daftar Pustaka

- Andrews, D. F., & Herzberg. (n.d.). Urine Analysis Data. Retrieved November 18, 2023, from <https://vincentarelbundock.github.io/Rdatasets/doc/boot/urine.html>
- Fointuna, D. W. (2021). Applying Mamdani's method to categorize mathematical literacy of public middle school students in Kupang. *Journal of Physics: Conference Series*, 1957(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1957/1/012009>
- Ilbahar, E. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*, 103, 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.025>
- Jepri, J. (2019). Pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ginjal Kronik Menggunakan Metode FIS - Sugeno. *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, 3(3), 258. <https://doi.org/10.30998/string.v3i3.3583>
- Jain, N. (2020). Sustainable supplier selection under must-be criteria through Fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119275>
- Jamalinia, H. (2018). An innovative and improved mamdani inference (IMI) method. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*, 11288, 413–422. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04491-6_32

- Karaboga, D. (2019). Adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS) training approaches: a comprehensive survey. *Artificial Intelligence Review*, 52(4), 2263–2293. <https://doi.org/10.1007/s10462-017-9610-2>
- Wang, L. X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*.
- Li, C. (2018). Analysis and Design of Functionally Weighted Single-Input-Rule-Modules Connected Fuzzy Inference Systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(1), 56–71. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2016.2637369>
- Lubis, A. J. (2019). Pool Water Acidity Gauge Using Fuzzy Mamdani Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1361(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012083>
- Moedjiono, S. (2019). Critical Server Determination using Fuzzy Mamdani and Fuzzy Sugeno Methods. *Proceedings of 2019 4th International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICIC47613.2019.8985964>
- Nazari, S. (2018). A fuzzy inference- fuzzy analytic hierarchy process-based clinical decision support system for diagnosis of heart diseases. *Expert Systems with Applications*, 95, 261–271. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.11.001>
- Pourjavad, E. (2018). The Application of Mamdani Fuzzy Inference System in Evaluating Green Supply Chain Management Performance. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20(3), 901–912. <https://doi.org/10.1007/s40815-017-0378-y>
- Pujiharsono, H. (2023a). Implementation of fuzzy logic for students selection process of the MBKM program. *AIP Conference Proceedings*, 2480. <https://doi.org/10.1063/5.0103485>
- Pujiharsono, H. (2023b). Implementation of fuzzy logic for students selection process of the MBKM program. *AIP Conference Proceedings*, 2480. <https://doi.org/10.1063/5.0103485>
- Rejeesh, M. (2019). Interest point based face recognition using adaptive neuro fuzzy inference system. *Multimedia Tools and Applications*, 78(16), 22691–22710. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7577-5>
- Saiful Anwar Ziani Said, M. I. D. (2023). Fuzzy Technology Design for Early Detection of Diseases in Tobacco Plants. *International Journal of Health and Information System*, 1(1), 27–39. <https://doi.org/10.47134/ijhis.v1i1.8>
- Santosa, I. (2018). Expert System Diagnosis of Cataract Eyes Using Fuzzy Mamdani Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012138>
- Shihabudheen, K. V. (2018a). Recent advances in neuro-fuzzy system: A survey. *Knowledge-Based Systems*, 152, 136–162. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.04.014>

-
- Shihabudheen, K. V. (2018b). Recent advances in neuro-fuzzy system: A survey. *Knowledge-Based Systems*, 152, 136–162. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.04.014>
- Sinuk, V. G. (2020). Inference methods for mamdani-type systems based on fuzzy truth value. *CEUR Workshop Proceedings*, 2648, 169–180.
- Sinuk, V. G. (2023). The Inference Method for a Mamdani Type System with Nonsingleton Fuzzification. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 33(3), 506–510. <https://doi.org/10.1134/S1054661823030422>
- Sunjana. (2019). Prediction of production using the fuzzy mamdani inference method. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 28(6), 136–139.
- Alelign, T., & Petros, B. (2018). Kidney Stone Disease: An Update on Current Concepts. *Adv. Urol.*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3068365>
- Tito Prabowo Imam Machfud, D. L. (2022). Penerapan Fuzzy – Service Quality Terhadap Tingkat Kepuasan Pelayanan BPJS Ketenagakerjaan. *Journal Automation Computer Information System*, 2(1), 82–90. <https://doi.org/10.47134/jacis.v2i1.38>
- Wang, L. X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*.
- Wawan, W. (2021). Optimization of National Rice Production with Fuzzy Logic Using Mamdani Method. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 1(1), 36–43. <https://doi.org/10.47352/jmans.v1i1.3>
- Zulfikar, W. B. (2018). Implementation of Mamdani Fuzzy Method in Employee Promotion System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012147>