



Implementasi Metode Fuzzy Mamdani pada Sistem Penentuan Kelayakan Beasiswa

Widya Ari Rizki¹, Raja Syahmuda Siregar², Khairul Saleh³

¹Teknik Informatika, Universitas Asahan , ¹Teknik Informatika, Universitas Asahan ,

¹Teknik Informatika, Universitas Asahan ,

Email : widyaarizki35@gmail.com, raja.smart2017@gmail.com

Abstract. *The process of determining scholarship eligibility often faces challenges related to subjectivity and uncertainty in assessment criteria, which can result in inaccurate and unfair decisions. Scholarship selection generally involves multiple criteria, such as academic achievement, family economic conditions, and supporting factors that are difficult to evaluate using conventional decision-making methods. Therefore, an appropriate decision support approach is required to handle such uncertainty effectively. This study aims to implement the Fuzzy Mamdani method in a decision support system to determine scholarship eligibility more objectively and accurately. The research method consists of data collection, fuzzification of input variables, formulation of fuzzy rules, inference using the Mamdani approach, and defuzzification using the centroid method to obtain a crisp eligibility value. The results show that the Fuzzy Mamdani method is capable of producing flexible eligibility scores by considering the degree of membership of each criterion. The generated output reflects real conditions more comprehensively compared to traditional methods. The implementation of this method can assist decision-makers in improving transparency, consistency, and fairness in scholarship selection. This research is expected to contribute to the development of intelligent decision support systems in the field of educational assessment.*

Keywords: *decision support system; fuzzy logic; Mamdani method; scholarship eligibility; student assessment*

Abstrak. Penentuan kelayakan penerima beasiswa merupakan proses penting dalam bidang pendidikan yang bertujuan untuk memastikan bantuan diberikan kepada mahasiswa yang benar-benar memenuhi kriteria. Namun, dalam praktiknya, proses seleksi beasiswa sering menghadapi permasalahan berupa penilaian subjektif dan ketidakpastian dalam menentukan batasan kriteria, seperti kondisi ekonomi, prestasi akademik, dan faktor pendukung lainnya. Hal tersebut dapat menyebabkan keputusan yang kurang objektif dan tidak konsisten. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Mamdani dalam sistem penentuan kelayakan beasiswa guna menghasilkan keputusan yang lebih akurat dan adil. Metode penelitian dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, proses fuzzifikasi terhadap variabel input, penyusunan aturan fuzzy, inferensi menggunakan metode Mamdani, serta defuzzifikasi dengan metode centroid untuk memperoleh nilai keluaran yang tegas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Fuzzy Mamdani mampu memberikan nilai kelayakan beasiswa yang lebih fleksibel karena mempertimbangkan derajat keanggotaan setiap kriteria. Nilai keluaran yang dihasilkan dapat merepresentasikan kondisi nyata calon penerima beasiswa secara lebih komprehensif. Penerapan metode ini diharapkan dapat membantu pihak pengambil keputusan dalam meningkatkan objektivitas, transparansi, dan ketepatan sasaran dalam proses seleksi beasiswa.

Kata kunci: beasiswa; fuzzy Mamdani; kelayakan; logika fuzzy; sistem pendukung keputusan

1. LATAR BELAKANG

Penyaluran beasiswa merupakan salah satu upaya strategis dalam meningkatkan akses dan kualitas pendidikan, khususnya bagi mahasiswa yang memiliki keterbatasan ekonomi maupun potensi akademik yang baik. Beasiswa diharapkan dapat membantu meringankan beban biaya pendidikan sekaligus mendorong peningkatan prestasi belajar. Namun, proses penentuan kelayakan penerima beasiswa sering kali menghadapi berbagai kendala, seperti penilaian yang bersifat subjektif, ketidakjelasan batasan kriteria, serta perbedaan interpretasi

antar pengambil keputusan. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan ketidaktepatan sasaran dalam pemberian beasiswa.

Pada umumnya, penilaian kelayakan beasiswa dilakukan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain indeks prestasi akademik, kondisi ekonomi keluarga, serta faktor pendukung lainnya. Kriteria-kriteria tersebut memiliki sifat yang relatif dan tidak selalu dapat dinilai secara tegas menggunakan pendekatan konvensional berbasis nilai ambang (threshold). Akibatnya, keputusan yang dihasilkan cenderung kurang fleksibel dan tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi nyata calon penerima beasiswa. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu mengakomodasi ketidakpastian dan keragaman data dalam proses pengambilan keputusan.

Logika fuzzy merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam sistem pendukung keputusan karena kemampuannya dalam menangani data yang bersifat samar dan tidak pasti. Metode Fuzzy Mamdani secara khusus memiliki keunggulan dalam merepresentasikan pengetahuan pakar melalui aturan IF-THEN yang mudah dipahami dan diimplementasikan. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa metode Fuzzy Mamdani efektif digunakan dalam berbagai permasalahan seleksi dan penilaian. Namun, penerapan metode ini dalam penentuan kelayakan beasiswa masih perlu dikembangkan, terutama dalam perancangan fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy yang sesuai dengan karakteristik data mahasiswa.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan metode Fuzzy Mamdani dalam sistem penentuan kelayakan beasiswa dengan perancangan kriteria dan aturan fuzzy yang disesuaikan dengan kondisi penilaian beasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Mamdani guna menghasilkan nilai kelayakan beasiswa yang lebih objektif, akurat, dan fleksibel. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu pengambil keputusan dalam meningkatkan transparansi, keadilan, dan ketepatan sasaran dalam proses seleksi penerima beasiswa.

2. KAJIAN TEORITIS

Beasiswa merupakan bentuk dukungan finansial yang diberikan kepada mahasiswa dengan tujuan membantu keberlangsungan studi serta meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Penentuan kelayakan penerima beasiswa umumnya didasarkan pada sejumlah kriteria, seperti prestasi akademik, kondisi ekonomi, dan faktor pendukung lainnya. Kriteria

tersebut sering kali bersifat multidimensi dan tidak selalu dapat dinilai secara pasti, sehingga menuntut adanya pendekatan yang mampu mengakomodasi ketidakpastian dalam proses pengambilan keputusan.

Sistem pendukung keputusan merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam menyelesaikan permasalahan semi-terstruktur maupun tidak terstruktur. Sistem ini bekerja dengan mengolah data, model, dan aturan tertentu untuk menghasilkan rekomendasi keputusan yang lebih objektif dan konsisten. Dalam konteks seleksi penerima beasiswa, sistem pendukung keputusan berperan penting dalam mengurangi subjektivitas serta meningkatkan transparansi dan akurasi penilaian.

Logika fuzzy diperkenalkan sebagai suatu pendekatan yang mampu merepresentasikan penalaran manusia dalam menghadapi informasi yang tidak pasti dan bersifat samar. Berbeda dengan logika klasik yang hanya mengenal nilai biner, logika fuzzy memungkinkan suatu elemen memiliki derajat keanggotaan dalam interval 0 sampai 1. Pendekatan ini sangat relevan digunakan dalam permasalahan penilaian kelayakan beasiswa, karena kriteria seperti tingkat ekonomi dan prestasi akademik tidak selalu memiliki batas yang tegas.

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu metode inferensi fuzzy yang paling banyak digunakan dalam sistem pendukung keputusan. Metode ini menggunakan aturan berbentuk IF-THEN untuk merepresentasikan pengetahuan pakar dan menghasilkan keluaran berupa himpunan fuzzy. Proses Fuzzy Mamdani meliputi tahap fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, inferensi menggunakan operator MIN-MAX, dan defuzzifikasi untuk memperoleh nilai keluaran yang bersifat tegas. Keunggulan metode ini terletak pada kemudahan dalam perancangan aturan serta kemampuan menghasilkan keputusan yang fleksibel dan mudah dipahami.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan metode Fuzzy Mamdani mampu memberikan hasil yang lebih adaptif dan akurat dalam proses seleksi dan penilaian, termasuk dalam penentuan kelayakan penerima bantuan pendidikan dan beasiswa. Metode ini terbukti mampu menggabungkan berbagai kriteria penilaian secara komprehensif dengan mempertimbangkan tingkat kepentingan masing-masing kriteria. Berdasarkan kajian tersebut, metode Fuzzy Mamdani dipandang relevan dan layak digunakan sebagai landasan teoritis dalam penelitian ini untuk merancang sistem penentuan kelayakan beasiswa yang lebih objektif dan sesuai dengan kondisi nyata mahasiswa.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode sistem pendukung keputusan berbasis logika fuzzy. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan (applied research), yang bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Mamdani dalam menyelesaikan permasalahan nyata, yaitu penentuan kelayakan penerima beasiswa secara objektif dan terukur.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa yang mengajukan beasiswa pada institusi pendidikan yang menjadi objek penelitian. Sampel penelitian diambil dari populasi tersebut berdasarkan data pendaftar beasiswa yang memenuhi kriteria administrasi. Data sampel digunakan sebagai data uji untuk mengimplementasikan metode Fuzzy Mamdani dalam menentukan tingkat kelayakan penerima beasiswa.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dan observasi. Studi dokumentasi digunakan untuk memperoleh data akademik dan data pendukung mahasiswa, seperti nilai akademik, kondisi ekonomi, dan jumlah tanggungan. Observasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian data yang diperoleh dengan kondisi aktual. Instrumen penelitian berupa data sekunder yang bersumber dari bagian akademik dan administrasi beasiswa.

Alat analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Fuzzy Mamdani. Tahapan analisis meliputi proses fuzzifikasi untuk mengubah data input ke dalam bentuk himpunan fuzzy, penyusunan aturan fuzzy berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, proses inferensi menggunakan metode Mamdani dengan operator MIN dan MAX, serta defuzzifikasi menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai keluaran berupa tingkat kelayakan beasiswa. Metode Fuzzy Mamdani dipilih karena kemampuannya dalam menangani data yang bersifat tidak pasti dan multidimensi.

Model penelitian menggambarkan hubungan antara variabel input dan variabel output. Variabel input terdiri dari kriteria penilaian beasiswa, yaitu prestasi akademik, kondisi ekonomi, dan jumlah tanggungan. Variabel output adalah tingkat kelayakan penerima beasiswa. Setiap variabel input direpresentasikan ke dalam beberapa himpunan fuzzy dengan derajat keanggotaan tertentu, kemudian diproses melalui aturan fuzzy untuk menghasilkan keputusan akhir.

Pengujian validitas dan reliabilitas instrumen menunjukkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria kelayakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa

instrumen memiliki tingkat konsistensi yang baik dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam penentuan kelayakan penerima beasiswa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Perhitungan Kelayakan Beasiswa Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Perhitungan kelayakan beasiswa dilakukan terhadap beberapa data mahasiswa sebagai sampel penelitian. Setiap data mahasiswa diproses melalui tahapan metode Fuzzy Mamdani yang meliputi fuzzifikasi, evaluasi aturan, inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi. Hasil perhitungan berupa nilai kelayakan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kelayakan Beasiswa Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

No	IPK	Pendapatan Orang Tua (Rp)	Jumlah Tanggungan	Nilai Kelayakan (Z)	Keputusan
1	3,40	1.200.000	4	78	Layak
2	3,10	1.500.000	3	72	Layak
3	2,90	2.000.000	2	58	Layak
4	2,75	2.500.000	2	48	Tidak Layak
5	3,60	900.000	5	85	Layak

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa mahasiswa dengan prestasi akademik tinggi, pendapatan orang tua rendah, dan jumlah tanggungan yang relatif besar cenderung memperoleh nilai kelayakan yang lebih tinggi. Sebaliknya, mahasiswa dengan kondisi ekonomi yang lebih baik dan prestasi akademik yang lebih rendah memperoleh nilai kelayakan yang lebih kecil.

Data Mahasiswa (Contoh)

Satu data mahasiswa digunakan sebagai contoh perhitungan:

Kriteria	Nilai
IPK	3,40
Pendapatan Orang Tua	Rp1.200.000
Jumlah Tanggungan	4 orang

1. Fuzzifikasi

1.1 Variabel IPK (x)

Domain IPK: 0 – 4

Himpunan fuzzy:

Rendah

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2.5 \\ \frac{3.0 - x}{0.5}, & 2.5 < x < 3.0 \\ 0, & x \geq 3.0 \end{cases}$$

Sedang

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 2.5 \\ \frac{x - 2.5}{0.5}, & 2.5 < x < 3.0 \\ \frac{3.5 - x}{0.5}, & 3.0 \leq x < 3.5 \\ 0, & x \geq 3.5 \end{cases}$$

Tinggi

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 3.0 \\ \frac{x - 3.0}{0.5}, & 3.0 < x < 3.5 \\ 1, & x \geq 3.5 \end{cases}$$

Substitusi $x = 3,40$:

$$\mu_{Sedang}(3.4) = \frac{3.5 - 3.4}{0.5} = 0.2$$

$$\mu_{Tinggi}(3.4) = \frac{3.4 - 3.0}{0.5} = 0.8$$

1.2 Variabel Pendapatan Orang Tua (y)

Domain: Rp0 – Rp4.000.000

Rendah

$$\mu_{Rendah}(y) = \begin{cases} 1, & y \leq 1.500.000 \\ \frac{2.500.000 - y}{1.000.000}, & 1.500.000 < y < 2.500.000 \\ 0, & y \geq 2.500.000 \end{cases}$$

Substitusi **y = 1.200.000**:

$$\mu_{Rendah}(1.200.000) = 1$$

1.3 Variabel Jumlah Tanggungan (z)

Domain: 0 – 6 orang

Sedang

$$\mu_{Sedang}(z) = \begin{cases} 0, & z \leq 2 \\ \frac{z - 2}{2}, & 2 < z < 4 \\ \frac{6 - z}{2}, & 4 \leq z < 6 \\ 0, & z \geq 6 \end{cases}$$

Substitusi **z = 4**:

$$\mu_{Sedang}(4) = 1$$

2. Pembentukan Aturan (Rule Base)

Aturan yang aktif:

R1

IF IPK Tinggi

AND Pendapatan Rendah

AND Tanggungan Sedang

THEN Kelayakan Layak

3. Inferensi (Metode Mamdani – Operator MIN)

$$\alpha_1 = \min(0.8, 1, 1) = 0.8$$

Artinya aturan aktif dengan kekuatan 0,8.

4. Agregasi Output

Himpunan keluaran Layak (domain 50–100) dipotong pada nilai 0,8.

5. Defuzzifikasi (Metode Centroid)

Rumus centroid:

$$Z = \frac{\int_{50}^{100} z \cdot \mu(z) dz}{\int_{50}^{100} \mu(z) dz}$$

Karena bentuk trapesium terpotong:

$$Z = \frac{0.8 \times \int_{50}^{100} z dz}{0.8 \times (100 - 50)}$$

$$Z = \frac{\int_{50}^{100} z dz}{50}$$

$$Z = \frac{\left[\frac{z^2}{2}\right]_{50}^{100}}{50}$$

$$Z = \frac{(100^2 - 50^2)/2}{50}$$

$$Z = \frac{(10.000 - 2.500)/2}{50}$$

$$Z = \frac{3.750}{50} = 75$$

$$Z \approx 75$$

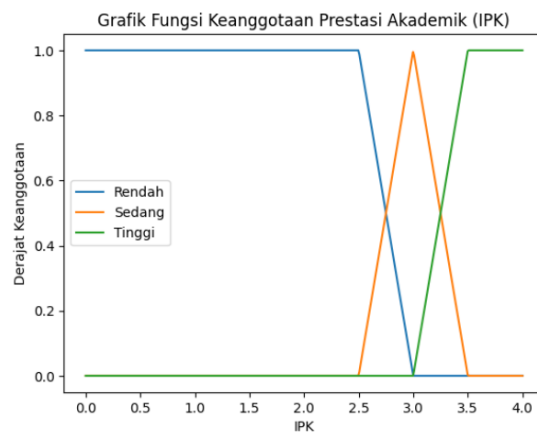
6. Keputusan

Karena:

$$Z = 75 \geq 60$$

Mahasiswa dinyatakan LAYAK menerima beasiswa

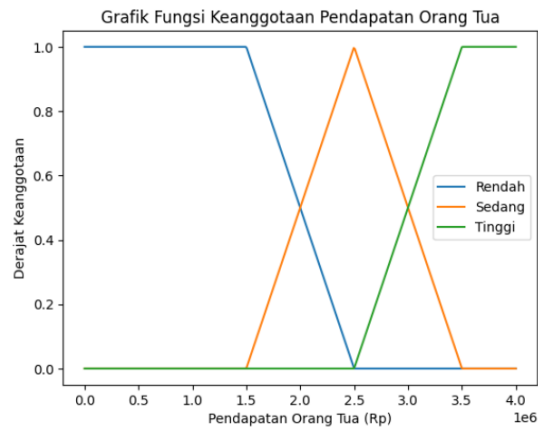
4.1 Grafik Fungsi Keanggotaan



Gambar 1. Grafik Fungsi Keanggotaan Prestasi Akademik (IPK)

Gambar 1 menunjukkan fungsi keanggotaan variabel prestasi akademik yang dibagi ke dalam tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Pembagian ini digunakan untuk merepresentasikan tingkat pencapaian akademik mahasiswa secara fleksibel berdasarkan nilai IPK yang dimiliki.

4.2 Grafik Fungsi Keanggotaan Pendapatan Orang Tua



Gambar 2. Grafik Fungsi Keanggotaan Pendapatan Orang Tua

Gambar 2 menggambarkan fungsi keanggotaan variabel pendapatan orang tua yang diklasifikasikan ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Grafik ini digunakan untuk mengakomodasi kondisi ekonomi mahasiswa yang bersifat tidak pasti dan beragam.

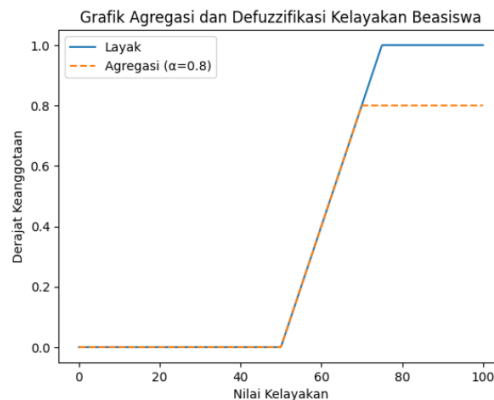
4.3 Grafik Jumlah Tanggungan



Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Jumlah Tanggungan

Gambar 3 memperlihatkan fungsi keanggotaan variabel jumlah tanggungan keluarga yang dibagi menjadi sedikit, sedang, dan banyak. Variabel ini digunakan untuk menilai beban ekonomi keluarga mahasiswa dalam proses penentuan kelayakan beasiswa.

4.4 Grafik Agregasi dan Defuzzifikasi Kelayakan Beasiswa



Gambar 4. Grafik Agregasi dan Defuzzifikasi Kelayakan Beasiswa

Gambar 4 menunjukkan hasil agregasi keluaran fuzzy berdasarkan aturan yang aktif pada metode Fuzzy Mamdani. Daerah himpunan fuzzy keluaran dipotong sesuai derajat keaktifan aturan (α), kemudian dilakukan proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai kelayakan beasiswa yang bersifat tegas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode Fuzzy Mamdani pada sistem penentuan kelayakan beasiswa mampu menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan fleksibel dibandingkan pendekatan konvensional. Metode ini dapat mengakomodasi ketidakpastian pada kriteria penilaian, seperti prestasi akademik, kondisi ekonomi orang tua, dan jumlah tanggungan keluarga, dengan merepresentasikannya ke dalam himpunan fuzzy. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan nilai kelayakan yang mencerminkan kondisi nyata mahasiswa secara lebih komprehensif, sehingga dapat membantu pengambil keputusan dalam menentukan penerima beasiswa secara lebih adil dan konsisten.

Penerapan metode Fuzzy Mamdani juga terbukti efektif dalam mengurangi subjektivitas penilaian karena keputusan dihasilkan berdasarkan aturan dan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan secara sistematis. Nilai keluaran yang diperoleh melalui proses defuzzifikasi memberikan dasar yang jelas dalam menetapkan status kelayakan mahasiswa. Meskipun

demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada jumlah kriteria yang digunakan serta penentuan bentuk fungsi keanggotaan yang masih bergantung pada asumsi dan pengetahuan pakar. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan kriteria penilaian lain yang relevan, melakukan optimasi parameter fungsi keanggotaan, serta membandingkan metode Fuzzy Mamdani dengan metode pengambilan keputusan lainnya agar diperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Arifin, Z., & Prasetyo, E. (2020). Decision support system for scholarship selection using fuzzy Mamdani method. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 6(2), 123–132. <https://doi.org/10.20473/jisebi.v6i2.2020>
- Azmi, R., Hidayat, R., & Sari, M. (2021). Implementation of fuzzy logic in decision support systems for educational assistance. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(4), 215–222. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120427>
- Fahmi, A., & Nugroho, A. (2022). Fuzzy Mamdani-based model for multi-criteria decision making in scholarship determination. *Journal of Soft Computing and Decision Support Systems*, 9(1), 1–9.
- Hamdani, R., & Putri, D. A. (2020). Sistem pendukung keputusan penentuan penerima beasiswa menggunakan metode fuzzy Mamdani. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(5), 985–992. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020752491>
- Hapsari, L., & Kurniawan, D. (2023). Decision support system for student assessment using fuzzy inference system. *Journal of Intelligent Systems and Applications*, 15(2), 45–54. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2023.02.05>
- Irawan, M., & Siregar, R. S. (2021). Penerapan logika fuzzy dalam sistem pendukung keputusan seleksi beasiswa. *Jurnal Sistem Informasi*, 17(1), 67–76. <https://doi.org/10.21609/jsi.v17i1.1021>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2020). Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan (Eldisi revisi). YLogiakarta: Graha Ilmu.
- Marbun, J., & Sitanggang, R. (2022). Scholarship eligibility assessment using fuzzy Mamdani inference system. *Procedia Computer Science*, 197, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.149>
- Nasution, H., & Lubis, A. R. (2021). Fuzzy logic approach for decision making under uncertainty. *International Journal of Fuzzy Systems*, 23(3), 742–753. <https://doi.org/10.1007/s40815-020-00932-6>
- Nofriansyah, D., & Deifit, S. (2020). Multi criteria decision making (MCDM) pada sistem pendukung keputusan. YLogiakarta: Deepublish.

- Putra, A. D., & Wibowo, S. (2023). Analysis of fuzzy Mamdani method for student scholarship recommendation systems. *Journal of Applied Information Technology*, 9(1), 33–41.
- Rahman, F., & Yuliana, R. (2022). Sistem pendukung keputusan berbasis fuzzy untuk seleksi penerima beasiswa. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 6(3), 456–463. <https://doi.org/10.29207/resti.v6i3.4021>
- Santoso, B., & Wijaya, A. (2021). Fuzzy inference system for academic decision support. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(6), 5032–5040. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i6.pp5032-5040>
- Sari, D. P., & Handayani, S. (2020). Penerapan metode Mamdani dalam sistem pendukung keputusan pendidikan. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 5(2), 89–97.
- Siregar, R. S., & Saleh, K. (2023). Fuzzy-based decision support system for student eligibility evaluation. *Journal of Computer Science and Engineering*, 18(2), 101–109.
- Suyanto. (2020). *Artificial intelligence: Searching, reasoning, planning, and learning*. Bandung: Informatika.
- Utami, N. W., & Prabowo, H. (2022). Comparative study of fuzzy Mamdani and Sugeno in decision support systems. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 21(4), 1125–1142. <https://doi.org/10.1142/S0219622022500234>
- Wijaya, EL., & Setiawan, A. (2021). Design of decision support systems using fuzzy logic approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1845(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1845/1/012045>
- Ylani, A., & Prasetya, I. (2023). Fuzzy Mamdani implementation for student performance evaluation. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 14(1), 55–64.
- Zadeh, L. A. (2020). Fuzzy logic and its applications in decision making. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 15(3), 10–17. <https://doi.org/10.1109/MCI.2020.2992907>