Contents lists available at JESA

Journal of Engineering and Science Application

journal homepage: https://jesa.aks.or.id/index.php/jesa/index

Implementasi Fuzzy Inference System Mamdani Berbasis Web untuk Pemilihan Bahan Baku Pada Percetakan Digital

Rangga Roris[a], Fifi Julfiati[b]

[a]*Fakultas Ilmu Komupter Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia*

Article Info

Keywords:

Decision Support System
Digital Printing
Fuzzy Inference System
Mamdani
Raw Materials

ABSTRACT

The accuracy of raw material selection is an essential factor for maintaining print quality, ensuring product durability, and improving production cost efficiency in the digital printing industry. Currently, the selection process often relies on subjective assessments and operator experience, leading to inconsistent decisions when evaluating multiple alternatives with similar characteristics. To overcome this problem, this study aims to design and implement a web-based Decision Support System (DSS) using the Mamdani Fuzzy Inference System (FIS) to provide highly objective raw material recommendations at Arvinonaufal Digital Print. The developed system evaluates raw materials based on five crucial criteria: material thickness, adhesive strength, ultraviolet (UV) resistance, outdoor durability, and price per meter. Research data were comprehensively collected through direct observation, interviews, and documentation. The research methodology encompassed requirements analysis, fuzzy model design utilizing triangular and trapezoidal membership functions with 20 base rules, system implementation using Python and Flask, and black-box system testing. The defuzzification process was calculated using the Centroid method to generate a precise crisp value for ranking. The empirical results show that the Mamdani FIS consistently processes all evaluation criteria, successfully identifying the Oracal 651 product as the top recommendation with a crisp score of 85.91. Furthermore, system testing demonstrates that the web application functions properly, is user-friendly, and significantly improves the consistency of decision-making. Therefore, the proposed system provides a much more objective, efficient, and easily accessible approach to optimizing raw material selection in modern digital printing workflows.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:

Rangga Roris
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Pamulang
Tangerang Selatan
Email: rangga.roris@gmail.com

1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi digital pada berbagai sektor industri, termasuk industri percetakan digital [1]. Pemanfaatan sistem berbasis web memungkinkan proses

pengelolaan data, penyimpanan informasi, serta pengambilan keputusan dilakukan secara lebih efektif, cepat, dan terintegrasi sehingga mampu meningkatkan efisiensi operasional perusahaan [2].

Arvinonaufal Digital Print merupakan usaha yang bergerak di bidang percetakan digital yang melayani pembuatan *cutting sticker*, *digital printing*, dan *banner*. Dalam proses produksinya, pemilihan bahan baku menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil cetak, ketahanan produk, serta efisiensi biaya produksi. Setiap jenis bahan memiliki karakteristik yang berbeda sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan kebutuhan produk yang akan dihasilkan [3]. Kondisi tersebut sesuai dengan permasalahan yang diidentifikasi pada objek penelitian ini, yaitu pentingnya menentukan bahan baku secara tepat agar kualitas produk tetap terjaga.

Proses pemilihan bahan baku yang masih mengandalkan pengalaman atau penilaian subjektif berpotensi menghasilkan keputusan yang tidak konsisten ketika dihadapkan pada banyak alternatif dengan karakteristik yang hampir serupa [4]. Perbedaan nilai ketebalan, daya rekat, ketahanan terhadap sinar ultraviolet, durabilitas penggunaan luar ruangan, dan harga menyebabkan proses penentuan bahan baku menjadi semakin kompleks. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengolah berbagai kriteria tersebut secara terstruktur untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih objektif [5].

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang adaptif dan fleksibel adalah *Fuzzy Inference System* (FIS) [6]. Metode ini mampu merepresentasikan pengetahuan pakar ke dalam bentuk aturan (rule base) sehingga dapat menangani data yang bersifat tidak pasti maupun *linguistik* [7].

Metode *Fuzzy Inference System* Mamdani dipilih karena memiliki mekanisme inferensi yang sederhana, mudah dipahami, serta mampu menghasilkan keputusan melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi. Karakteristik tersebut menjadikan metode Mamdani sesuai untuk diterapkan pada sistem pendukung keputusan yang melibatkan beberapa kriteria penilaian dalam satu proses pengambilan keputusan [8], [9].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan metode *Fuzzy Inference System* Mamdani pada sistem pendukung keputusan berbasis web untuk menentukan bahan baku terbaik di Arvinonaufal Digital Print. Sistem melakukan proses penilaian berdasarkan lima kriteria, yaitu ketebalan, daya rekat, ketahanan terhadap sinar ultraviolet, durabilitas penggunaan luar ruangan, dan harga. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu menghasilkan rekomendasi bahan baku yang lebih objektif, konsisten, dan mudah diakses sehingga dapat mendukung proses pengambilan keputusan pada kegiatan produksi [10].

2. RESEARCH METHOD

Penelitian ini menggunakan beberapa metode yang meliputi proses pengumpulan data, pengembangan sistem, dan perancangan metode perhitungan dalam membangun sistem pendukung keputusan berbasis web. Tahapan penelitian dirancang secara sistematis agar sistem yang dikembangkan mampu menghasilkan rekomendasi pemilihan bahan baku terbaik sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menerapkan pendekatan penelitian terapan (*applied research*) yang berfokus pada pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis web untuk membantu pemilihan bahan baku terbaik pada Arvinonaufal Digital Print [11]. Pendekatan ini digunakan karena penelitian tidak hanya menghasilkan konsep, tetapi juga menghasilkan implementasi sistem yang dapat digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan [12].

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Observasi dan wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai proses bisnis, kebutuhan sistem, serta kriteria penilaian bahan baku. Dokumentasi dimanfaatkan untuk mengumpulkan data spesifikasi bahan baku dan informasi pendukung lainnya, sedangkan studi literatur digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem dan penerapan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani [13].

2.2 Metode Perancangan Fuzzy

Metode perancangan perhitungan pada penelitian ini menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani untuk menentukan bahan baku terbaik berdasarkan beberapa kriteria penilaian. Sistem dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* sehingga proses pengembangan dapat dilakukan secara sistematis [14], [15]. Perancangan sistem dilakukan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) [16] , *Entity Relationship Diagram* (ERD) [17] , dan *Logical Record Structure* (LRS)[18] sebagai dasar implementasi aplikasi berbasis web [19].

Metode FIS Mamdani digunakan karena mampu mengolah beberapa variabel masukan menjadi satu nilai keluaran melalui proses fuzzifikasi, pembentukan aturan (*rule base*), inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi[20], [21] , [13]. Variabel *input* yang digunakan meliputi harga per meter, ketebalan, daya rekat, ketahanan UV, dan durabilitas *outdoor*, sedangkan variabel output berupa nilai kelayakan yang digunakan sebagai dasar dalam proses perangkingan.

Variabel yang digunakan sebagai masukan terdiri atas ketebalan, daya rekat, ketahanan UV, durabilitas *outdoor*, dan harga per meter, sedangkan variabel keluaran berupa nilai kelayakan yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan rekomendasi bahan baku terbaik. Seluruh variabel direpresentasikan ke dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium.

Tabel 1. Variabel dan Rentang Nilai

Variabel	Minimum	Maksimum	Satuan	Himpunan Fuzzy
Ketebalan	70	510	µm	Tipis, Sedang, Tebal
Daya Rekat	0,2	3	N/25 mm	Rendah, Sedang, Tinggi
Ketahanan UV	0,8	10	Tahun	Rendah, Sedang, Tinggi
Durabilitas Outdoor	1,4	10	Tahun	Rendah, Sedang, Tinggi
Harga per Meter	12.000	180.000	IDR	Murah, Sedang, Mahal

Fungsi keanggotaan digunakan untuk mengubah nilai *crisp* menjadi derajat keanggotaan (*membership degree*). Penelitian ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (triangular membership function) dan trapesium (*trapezoidal membership function*) yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing variabel.

- Fungsi Keanggotaan Segitiga:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, x \le a \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right), a < x \le b \\ \left(\frac{c-x}{c-b}\right), b < x < c \\ 0, x \ge c \end{cases}$$

dengan x merupakan nilai input, sedangkan a, b, dan c berturut-turut menyatakan batas bawah, titik puncak, dan batas atas fungsi keanggotaan.

- Fungsi Keanggotaan Trapesium:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, x \le a \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right), a < x \le b \\ 1, b < x \le c \\ \left(\frac{d-x}{d-c}\right), c < x < d \\ 0, x \ge d \end{cases}$$

dengan x merupakan nilai input, sedangkan a, b, c, dan d menyatakan parameter fungsi keanggotaan yang membentuk daerah naik, daerah dengan derajat keanggotaan penuh, dan daerah turun.

- Basis Aturan (*Rule Base*)
  Dirancang dalam bentuk aturan *IF–THEN* untuk menghubungkan setiap variabel *input* dengan *output* sistem. Aturan tersebut menjadi dasar proses inferensi dalam menentukan rekomendasi bahan baku menggunakan metode FIS Mamdani. Selanjutnya ditampilkan Tabel Aturan Fuzzy Bahan Baku yang terdiri dari 20 *rule*.

Tabel 2. Aturan Fuzzy Bahan Baku

No	Harga	Ketebalan	Daya Rekat	Ketahanan UV	Durabilitas	*Output*
1	Murah	-	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
2	Murah	-	Tinggi	Tinggi	-	Tinggi
3	Murah	-	Tinggi	-	Tinggi	Tinggi
4	Murah	-	-	Tinggi	Tinggi	Tinggi
5	Murah	-	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
6	Murah	-	Sedang	Sedang	-	Sedang
7	Murah	-	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
8	Murah	-	Sedang	-	Tinggi	Sedang
9	Sedang	-	Tinggi	Tinggi	-	Tinggi
10	Sedang	-	Tinggi	-	Tinggi	Sedang
11	Sedang	Tebal	Tinggi	-	-	Sedang
12	Sedang	-	Tinggi	Sedang	-	Sedang
13	Mahal	-	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

14	Mahal	-	Tinggi	Tinggi	-	Sedang
15	Mahal	-	Tinggi	-	Tinggi	Sedang
16	-	-	Rendah	Rendah	-	Rendah
17	-	-	-	Rendah	Rendah	Rendah
18	Mahal	-	Rendah	-	-	Rendah
19	Mahal	-	-	Rendah	-	Rendah
20	Mahal	-	-	-	Rendah	Rendah

- Inferensi (*MIN*)

$$\alpha_i = \min\big(\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x)\big)$$

dengan α_i merupakan nilai aktivasi (*fire strength*) pada aturan ke-i, sedangkan μ_1, μ_2,…, μ_n merupakan derajat keanggotaan dari setiap variabel masukan.

- Agregasi (*MAX*)

$$\mu_{output}(x) = \max\big(\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x)\big)$$

dengan $\mu_{output}(x)$ merupakan fungsi keanggotaan hasil agregasi, sedangkan μ_1, μ_2, μ_n merupakan nilai aktivasi dari setiap aturan.

- Defuzzifikasi (*Centroid*)

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

dengan z^* merupakan nilai *crisp*, z merupakan domain keluaran, dan $\mu(z)$ merupakan fungsi keanggotaan hasil agregasi.

3. RESULTS AND DISCUSSION

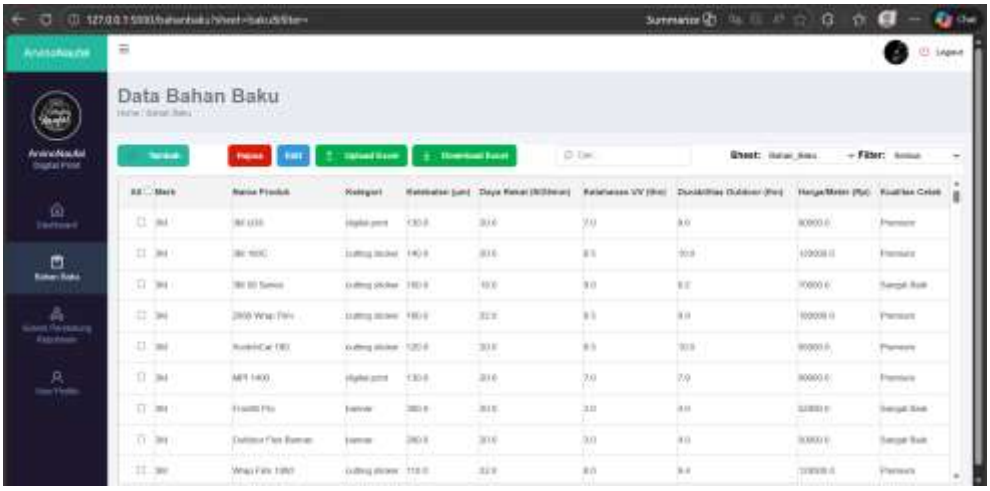
Implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan *framework* Flask serta basis data SQLite [22]. Sistem pendukung keputusan dikembangkan untuk membantu proses pemilihan bahan baku terbaik pada Arvinonaufal Digital Print menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani. Sistem menyediakan fitur pengelolaan data bahan baku, proses perhitungan SPK, dan penyajian hasil rekomendasi dalam bentuk nilai crisp dan peringkat alternatif.

Dashboard merupakan halaman utama yang menampilkan menu navigasi untuk mengakses seluruh fitur sistem. Melalui halaman ini, pengguna dapat mengelola data master dan menjalankan proses sistem pendukung keputusan.



Gambar 1. Implementasi Halaman Dashboard

Selanjutnya, pengguna dapat mengelola data bahan baku yang akan digunakan sebagai alternatif pada proses pengambilan keputusan. Data yang dikelola meliputi merek, kategori, ketebalan, daya rekat, ketahanan UV, durabilitas *outdoor*, harga per meter, dan kualitas cetak.



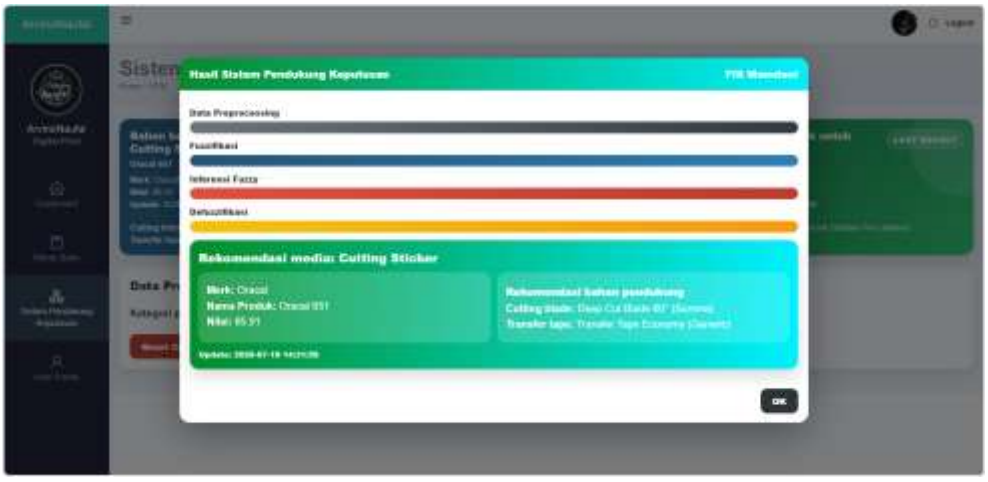
Gambar 2. Implementasi Halaman Bahan Baku

Proses penentuan rekomendasi dilakukan melalui halaman Sistem Pendukung Keputusan (SPK). Pada halaman ini, pengguna memilih kategori bahan baku yang akan dievaluasi, kemudian sistem melakukan proses fuzzifikasi, inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi secara otomatis berdasarkan basis aturan yang telah ditentukan.



Gambar 3. Implementasi Halaman SPK

Setelah proses perhitungan selesai, sistem menampilkan hasil rekomendasi berupa nilai *crisp* dan peringkat setiap alternatif. Hasil tersebut menjadi dasar dalam menentukan bahan baku terbaik sesuai kriteria yang digunakan sehingga membantu pengguna mengambil keputusan secara lebih objektif dan efisien [23], [24].



Gambar 4. Implementasi Hasil Rekomendasi

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menghasilkan rekomendasi bahan baku berdasarkan lima kriteria penilaian, yaitu ketebalan, daya rekat, ketahanan UV, durabilitas *outdoor*,

dan harga per meter. Setiap alternatif diproses menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani sehingga menghasilkan nilai *crisp* sebagai dasar penentuan peringkat. Penerapan metode FIS mampu memberikan proses penilaian yang lebih objektif melalui evaluasi setiap alternatif berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditetapkan [25]. metode Mamdani efektif digunakan dalam pengambilan keputusan multikriteria.



Gambar 4. Hasil Rekomendasi Aplikasi

Tabel 3. Data Pengujian Bahan Baku

Atribut	Produk
Merk	Oracal
Nama Produk	Oracal 651
Ketebalan	220
Daya Rekat	3
Ketahanan UV	9
Durabilitas *Outdoor*	9
Harga per Meter	18.000

Pengujian dilakukan menggunakan bahan baku Oracal 651 dari kategori *Cutting Sticker*. Sampel tersebut dipilih untuk menunjukkan penerapan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani dalam menghasilkan nilai *crisp* sebagai dasar rekomendasi bahan baku. Tahapan pengujian meliputi proses fuzzifikasi, inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi sesuai mekanisme FIS Mamdani.

Pada tahap fuzzifikasi, setiap nilai masukan diubah menjadi derajat keanggotaan berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Tahapan ini bertujuan mengubah nilai tegas (*crisp*) menjadi nilai fuzzy sebagai masukan proses inferensi.

Sebagai contoh, proses perhitungan dilakukan pada variabel ketebalan. Nilai ketebalan produk Oracal 651 adalah 220 sehingga derajat keanggotaannya dihitung terhadap himpunan fuzzy Tebal sebagai berikut.

$$\mu_{Tebal}(x) = \frac{x - 180}{220 - 180}$$

$$\mu_{Tebal}(220) = \frac{220 - 180}{220 - 180}$$

$$= \frac{40}{40}$$

$$= 1$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai ketebalan memiliki derajat keanggotaan sebesar 1 pada himpunan fuzzy Tebal, sedangkan pada himpunan Tipis dan Sedang bernilai 0. Perhitungan yang sama dilakukan pada variabel daya rekat, ketahanan UV, durabilitas *outdoor*, dan harga per meter, sehingga diperoleh nilai derajat keanggotaan masing-masing sebesar 1 pada himpunan fuzzy Tinggi, Tinggi, Tinggi, dan Murah.

Proses inferensi dilakukan dengan mengevaluasi derajat keanggotaan hasil fuzzifikasi menggunakan basis aturan (*rule base*) yang telah ditetapkan. Nilai α-predikat setiap aturan diperoleh menggunakan operator AND (*minimum*).

Sebagai contoh, pada Rule 1 berlaku aturan:

IF Harga Murah AND Daya Rekat Tinggi AND Ketahanan UV Tinggi AND Durabilitas *Outdoor* Tinggi THEN Kualitas Tinggi.

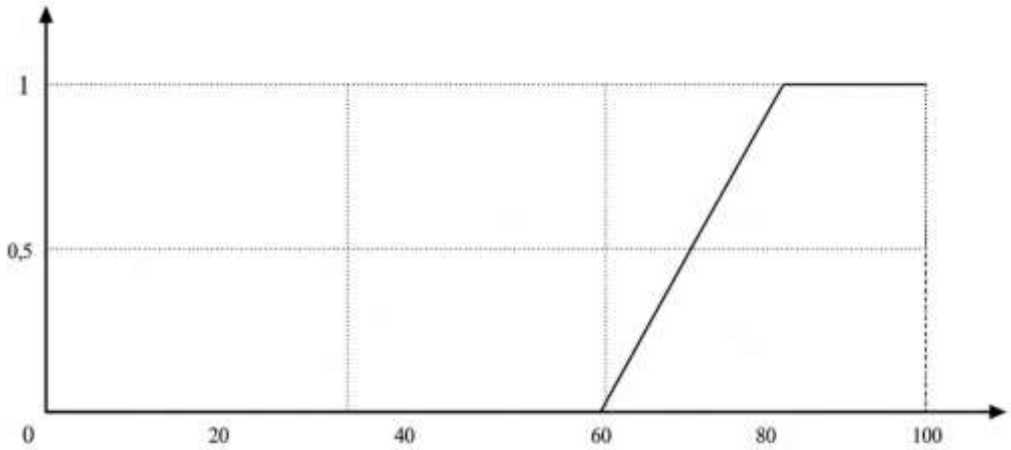
$$\alpha 1$$
$$= min(1, 1, 1, 1)$$
$$= 1$$

Karena konsekuen pada Rule 1 adalah Tinggi, maka nilai keluaran rule sebesar 1.

Proses yang sama dilakukan pada Rule 2, Rule 3, dan Rule 4 sehingga seluruh rule aktif menghasilkan nilai α-predikat sebesar 1 dengan keluaran Tinggi. Selanjutnya dilakukan proses agregasi menggunakan operator MAX sehingga diperoleh:

$$\mu Agregasi(Tinggi)$$
$$= max(1, 1, 1, 1)$$
$$= 1$$

Hasil agregasi tersebut kemudian digunakan sebagai masukan pada proses defuzzifikasi menggunakan metode Centroid.



Gambar 5. Kurva Agregasi

Proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode Centroid dengan menghitung luas daerah (*area*) dan momen (*moment*) dari hasil agregasi.

- Perhitungan Luas Daerah (*Area*)

$$A_1 = \int_{65}^{80} \frac{x - 65}{15} dx$$
$$A_1 = 7{,}5$$
$$A_2 = \int_{80}^{100} 1\, dx$$
$$A_2 = 20$$
$$= 7{,}5 + 20$$
$$= 27{,}5$$

- Perhitungan Momen (*Moment*)

$$M_1 = \int_{65}^{80} x\left(\frac{x - 65}{15}\right) dx$$
$$M_1 = 562{,}5$$
$$M_2 = \int_{80}^{100} x(1) dx$$
$$M_2 = 1800$$
$$M = M_1 + M_2$$
$$= 562{,}5 + 1800$$
$$= 2362{,}5$$

Proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode Centroid (*Center of Area*) untuk mengubah himpunan fuzzy hasil agregasi menjadi satu nilai tegas (*crisp value*). Pada implementasi aplikasi, proses ini dihitung menggunakan integrasi numerik *Trapezoidal Rule* melalui fungsi numpy.trapezoid, sehingga nilai *Moment* dan *Area* diperoleh secara otomatis dari kurva hasil agregasi.

Berdasarkan hasil perhitungan aplikasi diperoleh nilai Moment = 2362,5067 dan Area = 27,5000. Nilai crisp dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Crisp = \frac{Moment}{Area}$$
$$= \frac{2362{,}5067}{27{,}5000}$$
$$= 85{,}91$$

Tabel 4. Rangkuman Hasil Pengujian

Tahapan	Hasil
Produk	Oracal 651
Kategori	*Cutting Sticker*
Ketebalan	Tebal (μ = 1,00)
Daya Rekat	Tinggi (μ = 1,00)
Ketahanan UV	Tinggi (μ = 1,00)
Durabilitas *Outdoor*	Tinggi (μ = 1,00)
Harga per Meter	Murah (μ = 1,00)
Rule Aktif	R1, R2, R3, dan R4
Hasil Agregasi	Rendah = 0,00; Sedang = 0,00; Tinggi = 1,00
Total *Area*	27,5
Total *Moment*	2362,5
Nilai *Crisp*	85,91

Hasil defuzzifikasi menghasilkan nilai crisp sebesar 85,91, yang menunjukkan bahwa produk Oracal 651 memiliki tingkat kelayakan tertinggi berdasarkan aturan *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani. Kesesuaian antara hasil perhitungan manual dan hasil yang diperoleh aplikasi menunjukkan bahwa implementasi metode pada sistem telah dilakukan dengan benar.

4. CONCLUSION

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani pada sistem pendukung keputusan berbasis web untuk menentukan bahan baku terbaik di Arvinonaufal Digital Print berdasarkan lima kriteria, yaitu ketebalan, daya rekat, ketahanan terhadap sinar ultraviolet (UV), durabilitas penggunaan luar ruangan, dan harga per meter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa produk Oracal 651 memperoleh nilai crisp tertinggi sebesar 85,91, sehingga direkomendasikan sebagai bahan baku terbaik. Kesesuaian hasil perhitungan manual dengan hasil yang dihasilkan aplikasi menunjukkan bahwa implementasi metode FIS Mamdani pada sistem telah berjalan sesuai dengan proses perhitungan yang dirancang. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu memberikan rekomendasi yang objektif dan dapat membantu proses pengambilan keputusan dalam pemilihan bahan baku.

REFERENCES

[1] Y. B. Ha, J. Y. Park, and H. J. Kim, "Influence of the physical properties of digital printing paper on the printing quality," *Palpu Chongi Gisul/Journal of Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry*, vol. 51, no. 2, pp. 108–120, Mar. 2019, doi: 10.7584/JKTAPPI.2019.04.51.2.108.

[2] I. Ali, *Aplikasi Web*. 2024. [Online]. Available: www.penerbitwidina.com

[3] CrystalPoint, "Self-adhesive Vinyls," 2022. [Online]. Available: www.canon-europe.com/mediaguide

[4] M. Kholifaturrahman, S. Rachmatullah, and B. Said, "Decision Support System for Single Tuition Scholarship Awardees in Higher Education Using Mamdani Fuzzy Inference," *Journal of Information Technology and Cyber Security*, vol. 1, no. 2, pp. 85–97, Dec. 2023, doi: 10.30996/jitcs.10009.

[5] S. Pd. , M. K. Gede Surya Mahendra *et al.*, *Sistem Pendukung Keputusan*. 2023. [Online]. Available: www.sonpedia.com

[6] J. Kumar Dongre and A. R. Raundale, “Analyzing the Performance of the Fuzzy Inference System in Decision Making.” [Online]. Available: http://www.ijritcc.org
[7] S. S. Izquierdo and L. R. Izquierdo, “Mamdani Fuzzy Systems for Modelling and Simulation: A Critical Assessment,” 2018. doi: 10.18564/jasss.3444.
[8] C. Carrasco-Garrido, B. M. Moreno-Cabezali, and A. Martínez Raya, “New perspectives on university quality assessment: A Mamdani Fuzzy Inference System approach,” *PLoS One*, vol. 20, no. 5 May, May 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0321013.
[9] Furizal, A. Ma’arif, S. A. Wijaya, Murni, and I. Suwarno, “Analysis and Performance Comparison of Fuzzy Inference Systems in Handling Uncertainty: A Review,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 5, no. 4, pp. 1203–1215, 2024, doi: 10.18196/jrc.v5i4.22123.
[10] D. A. Mawadah, Nugraini Dewi Puspitasari, and Anggraini Puspita Sari*, “Decision Support System For Community Welfare Assessment Using Fuzzy Logic Mamdani In Ponorogo Regency,” *Jurnal Riset Informatika*, vol. 7, no. 4, pp. 340–350, Sep. 2025, doi: 10.34288/jri.v7i4.407.
[11] L. Bickman and D. J. Rog, “Applied Research Design A Practical Approach Planning Applied Social Research,” 2008. Accessed: Dec. 28, 2025. [Online]. Available: https://us.sagepub.com
[12] H. Wu and Z. S. Xu, “Fuzzy Logic in Decision Support: Methods, Applications and Future Trends,” *International Journal of Computers, Communications and Control*, vol. 16, no. 1, pp. 1–28, 2021, doi: 10.15837/ijccc.2021.1.4044.
[13] Ansar, R. Karim, Salim, and E. Khudriah, “Implementasi Fuzzy Inference System Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Optimalisasi Produksi Tahu,” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 276–285, Dec. 2023, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3650.
[14] Z. Niqotaini, *Rekayasa Perangkat Lunak*. PT Penamuda Media, 2023. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: www.penamuda.com
[15] S. Sallu, Y. Harsono, and O. Fajarianto, “Implementation of Waterfall Method in Model Development to Improve Learning Quality of Computer Network Courses,” vol. 25, no. 3, pp. 496–513, 2023, doi: 10.21009/JTP2001.6.
[16] Grady. Booch, James. Rumbaugh, and Ivar. Jacobson, *The unified modeling language user guide*. Addison-Wesley, 2005.
[17] S. M. Pulungan, R. Febrianti, T. Lestari, N. Gurning, and N. Fitriana, “Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram Dalam Perancangan Database,” *Februari*, vol. 02, no. 1, pp. 98–102, 2023, doi: 10.47233/jemb.v2i1.533.
[18] A. Andika Putra, S. Romadon, and L. Iryani, “Pengembangan Prototype Sistem Informasi Akademik Menggunakan Model Logical Record Structure (LRS),” *JSAI: Journal Scientific and Applied Informatics*, vol. 7, no. 2, 2024, doi: 10.36085.
[19] S. Narulita, A. Nugroho, and M. Abdillah, “Diagram Unified Modelling Language (UML) untuk Perancangan Sistem Informasi Manajemen Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (SIMLITABMAS),” *Bridge : Jurnal publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, vol. 2, pp. 244–256, Aug. 2024, doi: 10.62951/bridge.v2i3.174.
[20] R. Saatchi, “Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation,” *Information (Switzerland)*, vol. 15, no. 10, Oct. 2024, doi: 10.3390/info15100656.
[21] S. Saifullah and P. Korespondensi, “Fuzzy Inference System Mamdani Dalam Prediksi Produksi Kain Tenun Menggunakan Rule Berdasarkan Random Tree,” vol. 9, no. 3, pp. 443–452, 2022, doi: 10.25126/jtiik.202294212.
[22] Widodo, “Database Manajemen System Basic Consepts,” vol. 6, pp. 32–50, Jun. 2024.
[23] T. Shabrina and B. Sinaga, “Penerapan Metode MOORA pada Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Siswa Penerima Bantuan Miskin,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, vol. 12, no. 2a, pp. 161–172, Dec. 2021, doi: 10.47927/jikb.v12i2a.214.
[24] N. Novita, M. H. Firdaus, Y. Anisa, and N. Khairina, “Analisis Fuzzy Inference System Mamdani untuk Menilai Kelayakan Pemilihan Mobil Berdasarkan Kriteria Pengguna,” *JISTech (Journal of Islamic Science and Technology) JISTech*, vol. 10, no. 1, pp. 8–17, 2025, doi: 10.30829/jistech.v10i1.23109.
[25] D. Setiyawan, A. Arbansyah, and A. J. Latipah, “FUZZY INFERENCE SYSTEM METODE TSUKAMOTO UNTUK PENENTUAN PROGRAM STUDI FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR,” *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 7, no. 1, p. 23, Feb. 2023, doi: 10.26798/jiko.v7i1.657.