

---

---

## OPTIMALISASI PENENTUAN PRIORITAS PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI DAERAH TERTINGGAL MENGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO

**Fadillah Aulia Rahma<sup>1</sup>, Azrai Sirait<sup>2</sup>**

**Universitas Asahan, Asahan**

e-mail: <sup>1</sup>fadillatanjung5@gmail.com, <sup>2</sup>azraimu3@gmail.com

**Abstract :** *This study aims to optimize the determination of infrastructure development priorities in underdeveloped areas using the Fuzzy Sugeno method. The inequality of development between regions remains a national strategic issue. By applying fuzzy logic, this research accommodates uncertainty in data related to accessibility, geographic characteristics, and infrastructure conditions. The Fuzzy Sugeno method is implemented to produce a decision support system capable of providing accurate priority recommendations. The results indicate that this method consistently produces valid outputs based on the specified input criteria. The designed system is expected to assist the government in determining development priorities objectively and efficiently.*

**Keywords:** *fuzzy sugeno; decision support system; infrastructure; underdeveloped areas.*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penentuan prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Permasalahan ketimpangan pembangunan antar wilayah masih menjadi isu strategis nasional. Dengan menerapkan pendekatan logika fuzzy, penelitian ini berusaha mengakomodasi ketidakpastian dalam data aksesibilitas, karakteristik geografis, serta sarana dan prasarana. Metode Fuzzy Sugeno diterapkan untuk menghasilkan sistem pendukung keputusan yang mampu memberikan rekomendasi prioritas secara akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan nilai output yang konsisten berdasarkan kriteria input yang ditentukan. Sistem yang dirancang diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menentukan prioritas pembangunan secara objektif dan efisien.

**Kata kunci:** fuzzy sugeno; sistem pendukung keputusan; infrastruktur; daerah tertinggal.

### PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur merupakan faktor penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Namun, di daerah tertinggal, pembangunan infrastruktur masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan akses, kurangnya perhatian pemerintah, serta minimnya data akurat mengenai kondisi wilayah. Hal ini menimbulkan kesenjangan pembangunan antarwilayah, di mana daerah maju berkembang lebih pesat dibandingkan daerah tertinggal, sehingga menghambat

pemerataan kesejahteraan dan keadilan sosial di Indonesia.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas keputusan untuk menentukan pembangunan infrastruktur menggunakan metode sugeno. Salah satu contohnya adalah penelitian oleh Ertina Sabarita Barus dan Niskarto Zandrato dari Universitas Prima Indonesia yang berjudul "Implementasi Fuzzy Logic untuk Menentukan Kelayakan Pembangunan Infrastruktur" dengan kriteria BC Ratio, Meningkatkan akses produktifitas ekonomi, Memudahkan hubungan sosial warga, Meningkatkan aksesibilitas masyarakat, Membuka

keterisolasian antar warga, Aspek Efektifitas, Manfaat penghematan, Manfaat peningkatan pendapatan, Manfaat pengguliran dana, Aspek Manfaat (Barus et al., 2021).

Selain itu, oleh hidayat siban yang berjudul "Algoritma Analytical Hierarchy Process Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Prioritas Intervensi Pembangunan Desa" dengan kriteria KE (Indeks Ketahanan Ekonomi); IKS (Indeks Ketahanan Sosial); IKL (Indeks Ketahanan Lingkungan) (Siban et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis logika fuzzy metode Sugeno untuk menentukan prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal. Sistem ini menilai tingkat kelayakan berdasarkan kriteria aksesibilitas, kondisi ekonomi, dan kebutuhan masyarakat. Diharapkan, sistem ini dapat membantu mempermudah pemerintah dan masyarakat melakukan perencanaan pembangunan yang lebih efisien, objektif, dan berkeadilan guna mewujudkan pemerataan kesejahteraan di seluruh wilayah Indonesia.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode rekayasa perangkat lunak yang berbasis logika fuzzy Sugeno untuk menentukan prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal Provinsi Sumatera Utara tepatnya di Kabupaten Asahan. Tujuan utama dari metode ini adalah memproses data pembangunan yang bersifat kompleks dan tidak pasti agar dapat menghasilkan keputusan yang objektif dan terukur.

Menurut Sitinjak et al. (2024), metode Fuzzy Sugeno merupakan salah satu teknik inferensi fuzzy yang mampu menangani data yang tidak pasti dengan menggunakan aturan berbasis

pengetahuan (knowledge-based rules). Keunggulan metode ini adalah output atau konsekuensi dari aturan fuzzy berbentuk persamaan linier atau konstanta (nilai tegas), bukan himpunan fuzzy.

Struktur dasar sistem fuzzy Sugeno dalam penelitian ini meliputi tahapan sebagai berikut:

### Fuzzyfikasi

Tahap fuzzyfikasi merupakan proses mengubah nilai tegas (crisp input) menjadi nilai derajat keanggotaan fuzzy (membership degree). Proses ini dilakukan dengan mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel input menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (triangular) dan trapesium (trapezoidal).

Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Variabel Input:

1. Aksesibilitas — terdiri dari himpunan fuzzy: *Sulit* (0–35), *Cukup* (25–75), *Mudah* (65–100)
2. Karakteristik Geografis — terdiri dari himpunan fuzzy: *Buruk* (0–30), *Cukup* (20–80), *Bagus* (70–100)
3. Sarana dan Prasarana — terdiri dari himpunan fuzzy: *Buruk* (0–30), *Cukup* (20–80), *Bagus* (70–100)

Variabel Output:

Prioritas Pembangunan Infrastruktur dengan tiga kategori:

Rendah (0–35)

Sedang (25–75)

Tinggi (65–100)

Fuzzyfikasi dilakukan untuk setiap data input pembangunan dari Badan Pusat Statistik (BPS), seperti kondisi akses jalan, ketersediaan fasilitas umum, dan tingkat sarana prasarana di daerah tertinggal. Nilai-nilai input numerik dikonversi menjadi derajat keanggotaan pada tiap kategori linguistik (Sulit, Cukup, Mudah, dan seterusnya).

### Aturan Dasar (Rule Base)

Aturan dasar (*rule based*) kontrol logika fuzzy adalah bentuk aturan relasional "IF- THEN" atau "jika-maka"

dengan rumus:

$$\text{if } x \text{ is } A \text{ then } y \text{ is } B$$

Dimana A dan B adalah nilai linguistik yang diinterpretasikan sebagai rentang variabel X dan Y. Pernyataan “x is A” disebut dengan premis atau alasan, Pernyataan “y is B” disebut konsekuensi atau kesimpulan. Dalam kasus ini Sebanyak 27 aturan IF-THEN disusun dari kombinasi tiga variabel input.

Contoh aturan:

IF Aksesibilitas Cukup AND Karakteristik Geografis Cukup AND Sarana & Prasarana Cukup THEN Prioritas Pembangunan Sedang

Aturan-aturan ini disusun berdasarkan hasil analisis data dan wawancara dengan semua pihak terkait di bidang pembangunan infrastruktur daerah.

### Implikasi

Implikasi adalah proses mendapatkan nilai output dari aturan IF-THEN dengan mencari nilai minimum (minimum value) dari aturan yang terbentuk. Karena pada tahap pembentukan rule base Sugeno menggunakan operator AND (Upu, 2023). Ini adalah rumus yang digunakan untuk mencari nilai minimum pada langkah implikasi:

Operator yang digunakan dalam proses ini adalah AND ( $\cap$ ), sebagaimana ditunjukkan oleh rumus:

$$\mu_A \cap B = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

### Agregasi

Agregasi merupakan tahapan setelah implikasi dalam proses sistem inferensi fuzzy Sugeno. Pada tahap ini, nilai-nilai  $\alpha$ -predikat (output dari implikasi) dari semua aturan yang memiliki konsekuensi sama akan digabungkan menjadi satu nilai akhir. Dalam metode Fuzzy Sugeno, proses agregasi dilakukan dengan menggunakan operator maximum (MAX) terhadap semua nilai  $\alpha$ -predikat yang memiliki kategori output yang sama (Rendah, Sedang dan Tinggi).

Dari hasil implikasi diperoleh:

$$\text{Rendah} = \max(0) = 0$$

$$\text{Sedang} = \max(0,5) = 0,5$$

$$\text{Tinggi} = \max(0) = 0$$

Nilai maksimum dari tiap kategori inilah yang akan digunakan dalam proses defuzzyfikasi.

### Defuzzyfikasi

Setelah setiap aturan yang relevan terpenuhi dan diperoleh nilai minimum yang disebut sebagai  $\alpha$ -predikat, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai rata-rata dengan menggunakan metode rata-rata berbobot (*weighted average*).

$$Z = \frac{a_1 * Z_1 + a_2 * Z_2 + \dots + a_n * Z_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

Keterangan:

( $\alpha_n$ ) = nilai yang dihasilkan dari proses implikasi

( $Z_n$ ) = nilai yang telah ditetapkan berdasarkan variabel output.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem penentuan prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal Provinsi Sumatera Utara tepatnya di kabupaten asahan menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Sistem ini dibangun dengan tiga variabel input Aksesibilitas, Karakteristik Geografis, dan Sarana Prasarana, dan satu variabel output yaitu prioritas pembangunan infrastruktur untuk membantu proses pengambilan keputusan oleh pemerintah daerah dalam menentukan wilayah yang mendapatkan prioritas pembangunan berdasarkan beberapa indikator utama. dilakukan studi kasus dengan input nilai aktual dari dataset serta perhitungan manual berdasarkan aturan fuzzy.

### Uji Coba Studi Kasus

Untuk menguji keakuratan dan validitas sistem, dilakukan pengujian menggunakan data contoh:

Aksesibilitas : 55

Karakteristik Geografis : 65

Sarana Prasarana :40

Data ini dipilih secara acak dari rentang nilai dalam dataset dan berada di antara dua atau lebih fungsi keanggotaan, sehingga cocok untuk menguji proses inferensi fuzzy.

#### Fuzzyfikasi

Langkah pertama adalah mengubah nilai input numerik ke dalam nilai fuzzy (derajat keanggotaan):

Aksesibilitas : 55

- Termasuk dalam himpunan fuzzy: Cukup
- $\mu_{\text{Cukup}} = 0.8$

Karakteristik Geografis : 65

- Termasuk dalam himpunan fuzzy: Cukup
- $\mu_{\text{Cukup}} = 0.5$

Sarana Prasarana : 40

- Termasuk dalam himpunan fuzzy: Cukup
- $\mu_{\text{Cukup}} = 0.67$

Hasil fuzzyfikasi menunjukkan bahwa nilai input derajat keanggotaan dalam studi kasus saya adalah sama dengan kategori (Cukup).

Inferensi (Pembentukan Aturan dan  $\alpha$ -predikat)

Sistem memiliki 27 aturan fuzzy IF-THEN, dan pada kasus ini, satu aturan yang aktif adalah:

[R14]

IF Aksesibilitas = Cukup AND Karakteristik Geografis = Cukup AND Sarana & Prasarana = Cukup THEN Prioritas Pembangunan Infrastruktur = Sedang

$$\rightarrow \alpha_1 = \min(0,8;0,5;0,67) = 0.5$$

Metode Sugeno menggunakan operator AND (minimum) dalam proses inferensinya (Upuy, 2023). Nilai  $\alpha$  (alpha) ini mewakili kekuatan aturan terhadap prediksi sistem.

#### Implikasi

Selanjutnya mendapatkan nilai MIN (terkecil) dari setiap rules yang dihasilkan dari proses *fuzzyfikasi*. [R14] = IF Aksesibilitas Cukup AND

Karakteristik Geografis Cukup AND Sarana & Prasarana Cukup THEN Prioritas Pembangunan Infrastruktur Sedang.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-pred}_1 &= \min(\mu_{\text{Cukup}}[55], \\ &\mu_{\text{Cukup}}[65], \mu_{\text{Cukup}}[40]) \\ &= \min(0.8 ; 0.5 ; 0.67) \\ &= \min 0.5 \end{aligned}$$

#### Agregasi

Berdasarkan hasil fuzzyfikasi dan implikasi yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh dua aturan (R13 dan R22) yang aktif, yaitu:

R14  $\rightarrow$  Tingkat Keparahan = *Sedang*, dengan  $\alpha$ -predikat = 0,5

Selanjutnya, dilakukan agregasi dengan mengambil nilai maksimum dari masing-masing kategori tingkat keparahan berdasarkan hasil  $\alpha$ -predikat. Hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Rendah} = \max(0) = 0$$

$$\text{Sedang} = \max(0,5) = 0,5$$

$$\text{Tinggi} = \max(0) = 0$$

#### Defuzzyfikasi

Setelah mendapatkan nilai  $\alpha$ -predikat dari aturan aktif, dilakukan perhitungan defuzzyfikasi menggunakan metode *Weighted Average (WA)*:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\alpha\text{pred}_1 * Z_1}{\alpha\text{pred}_1} \\ &= \frac{0.5(50)}{0.5} \\ &= \frac{25}{0.5} \\ &= 50 \end{aligned}$$

Nilai 50 merupakan nilai crisp yang ditentukan sebelumnya untuk kategori *Sedang*.

#### Interpretasi Hasil

Hasil akhir defuzzyfikasi menunjukkan nilai  $Z = 50$ , yang tepat berada di batas atas kategori Sedang (25–75). Ini menunjukkan bahwa sistem berhasil menggabungkan input numerik menjadi klasifikasi linguistik yang sesuai dan masuk akal.

#### Implementasi Sistem Berbasis Aplikasi

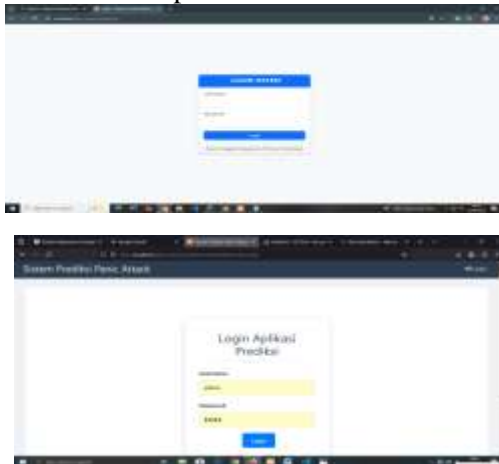
Untuk menyempurnakan semua

proses perhitungan prediksi, proses selanjutnya dilakukan secara otomatis melalui aplikasi yang telah dikembangkan. Sistem berbasis web ini dirancang untuk menjalankan seluruh tahapan secara terstruktur, mulai dari input data hingga visualisasi hasil.

Sistem ini terdiri dari beberapa antarmuka utama yang mempermudah pengguna dalam melakukan perhitungan prediksi tingkat Prioritas Pembangunan Infrastruktur :

### **Tampilan Menu Login**

Menu login merupakan menu yang akan muncul saat admin memilih menu login pada menu awal, selanjutnya input username dan password



**Gambar 1 Tampilan Login**

### **Tampilan Menu Manajemen User**

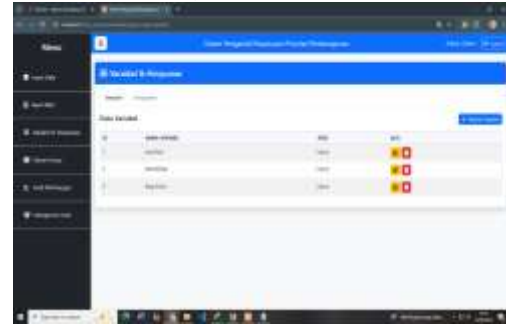
Menu manajemen user berfungsi untuk mengelola akun pengguna dalam sebuah sistem atau aplikasi, termasuk menambah, mengedit, menghapus pengguna, dan mengatur hak akses atau peran (role) pengguna terhadap fitur atau menu tertentu di dalam sistem.



**Gambar 2 Tampilan MenManajemen User**

### **Tampilan Menu Variabel**

Digunakan untuk menginput data alternatif (dalam konteks skripsi ini dapat berupa data variabel yang berdasarkan kriteria tertentu).



**Gambar 3 Tampilan Menu Variabel**

### **Tampilan Menu Data Kriteria**

Menu data kriteria yang digunakan dalam penentuan prioritas pembangunan, seperti aksesibilitas, karakteristik geografis dan sarana prasarana



**Gambar 4 Tampilan Data Kriteria**

### **Tampilan Menu Himpunan Fuzzy**

Setelah berada di menu kriteria selanjutnya input nilai himpunan untuk membuat grafik nilai batasan bawah dan atas.



**Gambar 5 Tampilan Himpunan Fuzzy**

### **Tampilan Menu Aturan Fuzzy**

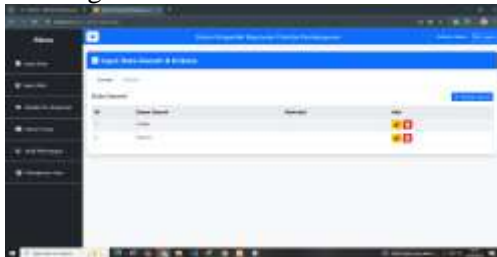
Menu aturan digunakan untuk melihat dan merubah aturan penilaian rule kecocokan nilai akhir.



Gambar 6 Tampilan Aturan Fuzzy

#### Tampilan Menu Input Data

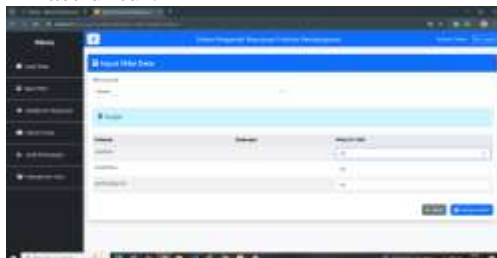
Menu nilai bobot digunakan untuk menginputkan nilai kriteria yang mau dihitung.



Gambar 7 Tampilan Menu Input Data

#### Tampilan Menu Input Nilai

Menu input nilai masing-masing kriteria yang dapat mempengaruhi tingkat prioritas pembangunan infrastruktur.



Gambar 8 Tampilan Menu Input Nilai

#### Tampilan Menu Hasil

Tampilan menu hasil menampilkan hasil output akhir berupa daftar prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal yang dihasilkan oleh sistem.



Gambar 9 Tampilan Menu Hasil

#### Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel data dari dataset, kemudian hasil keluaran sistem dibandingkan dengan hasil perhitungan manual menggunakan rumus pada metode sugeno.

Adapun aspek-aspek yang diperhatikan dalam proses evaluasi meliputi:

1. Konsistensi Hasil: Sistem mampu memberikan hasil keluaran yang seragam dan stabil ketika menerima input yang sama, baik melalui proses simulasi maupun perhitungan manual.
2. Ketepatan Pemilihan Aturan: Sistem dapat secara akurat mengidentifikasi aturan fuzzy yang relevan berdasarkan nilai derajat keanggotaan tertinggi.
3. Kecepatan Proses: Kecepatan sistem yang menunjukkan waktu pemrosesan yang sangat cepat, di mana hasil prediksi dapat diperoleh hanya dalam hitungan detik, sehingga cocok untuk implementasi secara real-time.
4. Kecocokan Keluaran Linguistik: Nilai hasil akhir (Z) selalu berada dalam kategori linguistik yang sesuai, seperti *Rendah*, *Sedang*, dan *Tinggi*, yang menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai prinsip logika fuzzy.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan prinsip kerja metode Fuzzy Sugeno.

#### Pembahasan

Menggambarkan efektivitas metode Sugeno dalam menangani data tidak pasti dan menghasilkan nilai keluaran tegas yang dapat digunakan langsung sebagai dasar pengambilan keputusan (Sitinjak, B. R., Panjaitan, B. A., Ram, A., & Andani, S. R. (2024).

Metode Fuzzy Sugeno dipilih karena kemampuannya dalam mengolah

data yang bersifat tidak pasti atau subjektif, serta menghasilkan keluaran dalam bentuk nilai tegas yang dapat langsung dijadikan dasar pengambilan keputusan (Maulana & Idrus, 2023).

Dibandingkan dengan metode Mamdani, pendekatan Sugeno lebih unggul ketika dibutuhkan hasil akhir berupa nilai numerik yang presisi dan mudah diinterpretasikan. Dalam konteks analisis gangguan psikologis seperti serangan panik, di mana variabel input sering kali bersifat samar dan tidak pasti, penerapan logika fuzzy menjadi sangat relevan. Sistem yang dikembangkan memiliki kemampuan untuk:

1. Menerima input dengan rentang nilai yang fleksibel,
2. Menggunakan fungsi keanggotaan untuk mengakomodasi ketidakpastian batas antar kategori,
3. Mengombinasikan aturan-aturan yang menyerupai proses penilaian manusia, dan
4. Menghasilkan output berupa skor numerik yang dapat langsung diklasifikasikan secara otomatis.

Sistem ini juga memiliki potensi untuk diterapkan secara praktis di lingkungan kampus sebagai alat bantu skrining awal. Mahasiswa, misalnya, dapat memasukkan data pribadi mereka dan segera memperoleh rekomendasi tingkat keparahan potensi serangan panik. Dengan demikian, sistem ini dapat mendukung upaya pencegahan serta intervensi dini terhadap gejala gangguan kecemasan (Widyastuti et al., 2021).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penentuan prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal Provinsi Sumatera Utara, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun dengan metode Fuzzy Sugeno berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini menggunakan tiga kriteria utama, yaitu Aksesibilitas,

Karakteristik Geografis, dan Sarana Prasarana sebagai variabel input untuk menentukan tingkat prioritas pembangunan. Melalui penerapan 27 aturan fuzzy IF-THEN, metode ini mampu mengolah data yang bersifat tidak pasti menjadi hasil keluaran yang tegas dan terukur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem menghasilkan output yang konsisten dengan kondisi input dan memiliki tingkat akurasi yang baik, sehingga metode Fuzzy Sugeno terbukti efektif dan bermanfaat sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam menentukan prioritas pembangunan infrastruktur di daerah tertinggal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dalimunthe, A. L. (2022). Sistem informasi E-Learning di SMA Negeri 1 Rantau Selatan berbasis web. In Program Studi Manajemen Informatika Universitas Labuhanbatu, *Journal of Student Development Informatics Management (JoSDIM)* (Vol. 1, Issue 1) [Journal-article].
- Suli, K. T., & Nirsal, N. (2023). RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI DESA BERBASIS WEBSITE (STUDI KASUS DESA WALENRANG). *D Computare Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 13(1), 24–32. <https://doi.org/10.30605/dcomputare.v13i1.57>
- Ahmadar, M., Perwito, P., & Taufik, C. (2021). PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENJUALAN BERBASIS WEB PADA RAHAYU PHOTO COPY DENGAN DATABASE MySQL. *Dharmakarya*, 10(4), 284. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v10i4.35873>
- Fadila, S. R. & Universitas Abdurrah. (2022). Aplikasi Ricezzy untuk menghitung irigasi tanaman padi

- 
- menggunakan metode Fuzzy Mamdani. In *JEKIN (Jurnal Teknik Informatika): Vol. Vol.2* (Issue No.1) [Journal-article].
- Kurniadi, D., Nuraeni, F., & Jaelani, D. (2022). Implementasi logika Fuzzy Mamdani pada sistem prediksi calon penerima Program Keluarga Harapan. In *Jurnal Algoritma & Institut Teknologi Garut, Jurnal Algoritma* (pp. 160–171). <https://jurnal.itg.ac.id/>
- Sitinjak, B. R., Panjaitan, B. A., Ram, A., & Andani, S. R. (2024). Penerapan metode Fuzzy Sugeno dalam penentuan jumlah produksi minyak goreng (Studi kasus : minyak goreng Fortune) [Journal-article]. *Jurnal JPILKOM*, 2(2), 61–66. <https://jpilkom.org>
- Asyari, M. R., Ramadhani, S., & Prodi Sistem Informasi Universitas Dharma Andalas. (2021). SISTEM INFORMASI ARSIP SURAT MENYURAT. *Jurnal Teknolog Dan Informasi Bisnis*, 175–176. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v3i1.172>