

Sistem Berbasis Logika Fuzzy Mamdani Untuk Klasifikasi Status Gizi Anak

Fransiskus Febrien¹, Vivi Aida Fitria²

^{1,2}Teknik Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Asia Malang

¹fransiskusfebrien123@gmail.com, ²viviaida@asia.ac.id*

Abstract

Malnutrition among children under five remains a critical public health challenge, particularly in primary healthcare settings where assessment is often conducted manually and relies on a single anthropometric index. This study proposes a Mamdani fuzzy logic-based classification system designed to assess children's nutritional status at Puskesmas Nanu by simultaneously incorporating four anthropometric parameters: age (months), height, weight, and mid-upper arm circumference (MUAC). Unlike previous studies that typically employ one or two indicators, this system constructs a comprehensive inference framework consisting of 135 IF-THEN rules derived from all possible combinations of fuzzy input sets. Triangular and trapezoidal membership functions are applied to each variable to capture the gradual transitions inherent in children's growth conditions. The inference engine employs the MIN operator for rule activation and MAX for aggregation, while centroid defuzzification converts the aggregated fuzzy output into a deterministic crisp value. The system was evaluated against 20 anthropometric records from the facility and compared with the conventional Z-score method used by healthcare workers. Results show that 15 out of 20 cases were classified consistently, yielding an accuracy rate of 75%. In a representative case of a 59-month-old child, the system produced a crisp output of -0.25 , corresponding to the normal nutritional status category. These findings demonstrate that the proposed system offers a more holistic and objective approach to nutritional assessment. Limitations include the relatively small sample size and membership function domains derived from local data rather than standardized WHO references. Future work should focus on expanding the dataset, aligning parameters with national anthropometric standards, and implementing the system as a web-based or mobile application integrated into primary healthcare information systems.

Keywords: fuzzy logic, mamdani method, nutritional status, anthropometry, decision support system, children

Abstrak

Masalah gizi pada anak balita masih merupakan tantangan serius bagi kesehatan masyarakat, terutama di fasilitas layanan kesehatan primer yang biasanya mengandalkan penilaian manual dengan menggunakan satu indeks antropometri. Penelitian ini menawarkan sistem klasifikasi status gizi anak yang menggunakan logika fuzzy Mamdani di Puskesmas Nanu, yang menggabungkan empat parameter antropometri secara bersamaan, yaitu usia dalam bulan, tinggi badan, berat badan, dan lingkaran lengan atas (LILA). Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang sering hanya memakai satu atau dua indikator, sistem ini membangun kerangka inferensi yang komprehensif dengan total 135 aturan IF-THEN berdasarkan semua kemungkinan kombinasi himpunan fuzzy dari variabel input. Fungsi keanggotaan berbentuk segitiga dan trapesium diterapkan pada setiap variabel untuk mengilustrasikan transisi bertahap dalam pertumbuhan anak. Proses inferensi menggunakan operator MIN untuk aktivasi aturan dan MAX untuk agregasi, sementara proses defuzzifikasi centroid menghasilkan nilai *crisp* yang merefleksikan status gizi akhir. Sistem ini diuji dengan 20 data antropometri anak dari fasilitas tersebut dan dibandingkan dengan metode Z-score yang biasa digunakan oleh tenaga kesehatan. Hasilnya menunjukkan bahwa 15 dari 20 data terklasifikasi dengan konsisten, memberikan tingkat akurasi sebesar 75%. Dalam kasus anak berusia 59 bulan yang representatif, sistem ini menghasilkan nilai *crisp* sebesar $-0,25$ yang termasuk dalam kategori gizi normal. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memberikan pendekatan penilaian gizi yang lebih holistik dan objektif. Keterbatasan dari penelitian ini mencakup ukuran sampel yang masih kecil dan domain fungsi keanggotaan yang didasarkan pada data lokal, bukan standar WHO. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mencakup perluasan dataset, pencocokan parameter dengan standar antropometri nasional, serta implementasi sistem dalam bentuk aplikasi berbasis web atau mobile yang terintegrasi dengan sistem informasi puskesmas.

Kata kunci: logika fuzzy, metode mamdani, status gizi, antropometri, sistem pendukung keputusan, anak

1. Pendahuluan

Status gizi merupakan kondisi yang menggambarkan keseimbangan antara kebutuhan energi tubuh dan asupan nutrisi yang diperoleh dari makanan, yang dapat dinilai secara objektif melalui indikator fisik [1],[2]. Pada anak usia balita, status gizi memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan fisik, perkembangan kognitif, serta ketahanan tubuh terhadap penyakit [3],[4]. Permasalahan gizi seperti kekurangan

maupun kelebihan gizi masih menjadi isu kesehatan masyarakat yang berdampak pada meningkatnya angka kesakitan, kematian, serta penurunan kualitas sumber daya manusia di masa depan [5],[6]. Oleh karena itu, pemantauan status gizi anak secara berkala menjadi hal yang sangat penting dalam layanan kesehatan primer [7].

Penentuan status gizi secara konvensional umumnya menggunakan indeks antropometri seperti berat badan

menurut umur (BB/U), tinggi badan menurut umur (TB/U), dan indeks massa tubuh (IMT/U) [8]. Meskipun metode ini telah banyak digunakan, pendekatan tersebut masih bersifat *crisp* dengan batas kategori yang tegas, sehingga kurang mampu merepresentasikan kondisi gizi yang bersifat tidak pasti atau berada pada area transisi antar kategori [9]. Selain itu, proses penilaian berbasis *Z-score* juga masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu lebih lama dan berpotensi menimbulkan perbedaan interpretasi [10].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem klasifikasi status gizi menggunakan logika fuzzy Mamdani karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian data dan menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel dibandingkan metode konvensional [11],[12]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada variabel antropometri dasar seperti berat badan dan tinggi badan. Hal ini menunjukkan adanya keterbatasan dalam menggambarkan kondisi gizi anak secara lebih komprehensif. Selain itu, pemanfaatan indikator lingkaran lengan atas (LILA) sebagai parameter tambahan masih jarang diterapkan, padahal variabel ini penting dalam deteksi dini risiko malnutrisi [13].

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem klasifikasi status gizi anak berbasis logika fuzzy Mamdani dengan mengintegrasikan empat variabel antropometri, yaitu usia, tinggi badan, berat badan, dan LILA. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan LILA sebagai variabel tambahan dalam sistem inferensi fuzzy yang lebih lengkap serta penyusunan aturan fuzzy yang lebih komprehensif untuk merepresentasikan kondisi gizi anak secara lebih nyata.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pendukung keputusan yang dapat membantu tenaga kesehatan di Puskesmas Nanu dalam menilai status gizi anak secara lebih cepat, akurat, dan konsisten dibandingkan metode manual berbasis *Z-score*, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pemantauan status gizi pada layanan kesehatan primer.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode komputasional berbasis logika fuzzy Mamdani untuk mengklasifikasikan status gizi anak. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengolahan data numerik hasil pengukuran antropometri yang kemudian dianalisis menggunakan model matematis untuk menghasilkan keputusan yang objektif. Logika fuzzy Mamdani digunakan karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan variasi data antropometri, sehingga lebih representatif dibandingkan metode klasifikasi berbasis batas tegas (*crisp*).

Penelitian dilakukan di Puskesmas Nanu dengan menggunakan data antropometri anak yang meliputi usia (bulan), tinggi badan (cm), berat badan (kg), dan

lingkar lengan atas (LILA) (cm). Data diperoleh melalui pengukuran langsung oleh tenaga kesehatan sehingga merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Dalam penelitian ini digunakan 20 data anak sebagai sampel yang disajikan dalam Tabel 1, yang berfungsi sebagai data uji utama.

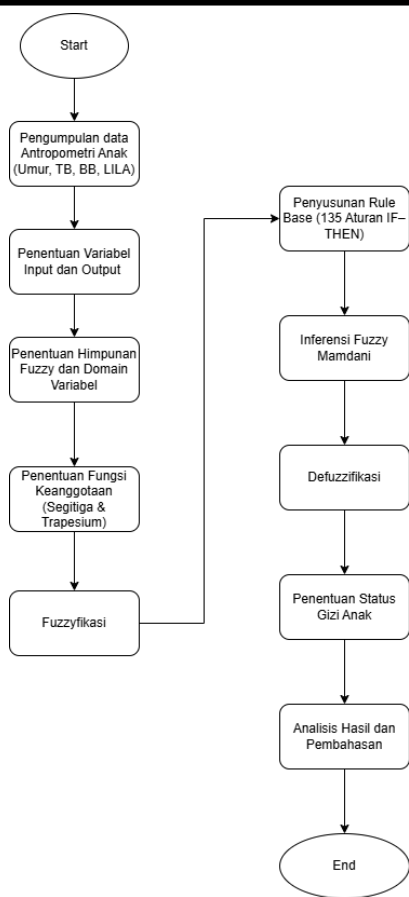
Tabel 1. Data Antropometri Anak di Puskesmas Nanu

No	Nama Anak	Usia (Bulan)	TB (Cm)	BB (Kg)	LILA	Status Gizi
1.	By Rosi	59	102	15.5	13.9	Lebih
2.	Stefanus	46	91.5	11.3	11	Kurang
3.	Maria	58	101	13.3	13.8	Normal
4.	Yonesia	54	98	14.3	13.6	Normal
5.	Carlita	49	99	17.4	15	Lebih
6.	Iksal	59	102	18	15.2	Lebih
7.	Novrino	44	97	16.5	14.9	Lebih
8.	Maria Wandut	33	83.5	9.1	11.9	Buruk
9.	Marsianus	45	99.6	14	13.5	Normal
10.	Kristian	18	78	12	13.8	Normal
11.	Jehadut	35	86.5	10	11	Buruk
12.	Filderensi	50	88	11.3	13.8	Normal
13.	Siprianus	27	82	11.7	15	Normal
14.	Leonora	24	85	9.2	11.8	Kurang
15.	Natalius	56	103	16.8	13.8	Lebih
16.	Julsilver	47	97.3	14.8	13.8	Lebih
17.	Kristiani	20	72.5	10	14.8	Kurang
18.	Andreas	49	98	12.5	11.3	Normal
19.	Elisabet	42	87	11	13.8	Kurang
20.	Fabiola	31	88	9.8	11.3	Buruk

Berdasarkan Tabel 1, data ini menunjukkan berbagai kondisi gizi, seperti gizi buruk, gizi kurang, dan gizi normal, gizi lebih, sehingga sistem dapat diuji dengan berbagai kombinasi ukuran tubuh. Variasi ini juga dimanfaatkan untuk menjamin bahwa sistem dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya di lapangan dan dapat dibandingkan dengan penilaian yang dilakukan oleh tenaga kesehatan untuk keperluan validasi.

Dalam perancangan sistem fuzzy Mamdani, variabel penelitian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu variabel input dan output [14]. Variabel input terdiri dari empat parameter antropometri, sedangkan variabel output adalah status gizi anak yang diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu gizi buruk, gizi kurang, gizi normal, dan gizi lebih. Setiap variabel input direpresentasikan menggunakan himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium yang disusun berdasarkan domain data antropometri anak.

Alur dari metode penelitian ini menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelompokan status gizi anak dengan menggunakan logika fuzzy Mamdani, seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, proses penelitian dimulai dari pengolahan data mentah menjadi data siap analisis. Selanjutnya dilakukan proses fuzzifikasi untuk mengubah nilai numerik menjadi derajat keanggotaan fuzzy. Tahap berikutnya adalah pembentukan basis aturan (*rule base*) yang terdiri atas 135 aturan IF-THEN, yang merepresentasikan berbagai kombinasi kondisi antropometri anak. Setelah itu, proses inferensi menggunakan metode Mamdani dilakukan dengan menerapkan operator MIN pada tahap implikasi dan operator MAX pada tahap agregasi untuk menggabungkan seluruh aturan yang aktif.

Hasil inferensi kemudian diproses melalui tahap defuzzifikasi menggunakan metode centroid untuk menghasilkan nilai *crisp* yang merepresentasikan status gizi akhir. Nilai ini kemudian dipetakan ke dalam kategori status gizi sesuai batasan sistem. Untuk meningkatkan kekuatan analisis, hasil sistem diuji menggunakan beberapa data sampel sehingga dapat dibandingkan konsistensi output pada berbagai kondisi antropometri anak, bukan hanya satu kasus tunggal [15]. Hasil akhir kemudian dianalisis untuk melihat tingkat keakuratan dan konsistensi sistem dalam mendukung pengambilan keputusan pada layanan kesehatan primer.

2.1. Penentuan Himpunan Fuzzy dan Domain Variabel

Tahap awal dalam perancangan sistem fuzzy Mamdani adalah penentuan himpunan fuzzy dan domain untuk setiap variabel input maupun output. Penentuan domain

pada penelitian ini tidak secara langsung mengacu pada standar baku seperti WHO, melainkan ditetapkan berdasarkan rentang data antropometri yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan serta kebutuhan sistem dalam merepresentasikan variasi kondisi gizi anak. Pendekatan ini digunakan agar model yang dibangun lebih adaptif terhadap karakteristik data pada lokasi penelitian.

Variabel yang digunakan terdiri dari empat variabel input, yaitu umur, tinggi badan, berat badan, dan lingkaran lengan atas (LILA), serta satu variabel output berupa status gizi. Untuk meningkatkan kejelasan interpretasi, label linguistik pada variabel umur tidak menggunakan penamaan umum seperti “Usia 1–5”, tetapi disesuaikan dengan tahapan perkembangan anak, sehingga lebih intuitif dan mudah dipahami. Himpunan fuzzy yang diterapkan dalam penelitian ini yang ditampilkan pada Tabel 2 :

Tabel 2. Himpunan Fuzzy

Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain	Fungsi Keanggotaan
Umur	Usia 1	0 - 12 Bulan	Bahu Kiri
	Usia 2	6 - 24 Bulan	Segitiga
	Usia 3	12 - 36 Bulan	Segitiga
	Usia 4	24 - 48 Bulan	Segitiga
	Usia 5	36 - 60 Bulan	Bahu Kanan
Tinggi Badan	Pendek	0 - 94 cm	Bahu Kiri
	Normal	90 - 105 cm	Segitiga
	Lebih	100 - 115 cm	Bahu Kanan
Berat Badan	Kurang	0 - 10 kg	Bahu Kiri
	Normal	6 - 14 kg	Segitiga
	Lebih	10 - 18 kg	Bahu Kanan
Lingkar Lengan	Kecil	0 - 12	Bahu Kiri
	Normal Besar	9 - 13.5 12 - 15	Segitiga Bahu Kanan
Status Gizi	Gizi Buruk	[-3 - -2]	Bahu Kiri
	Gizi Kurang	[-2.5 - -1]	Segitiga
	Gizi Normal	[-1.5 - 0]	Segitiga
	Gizi Lebih	[-0.5 - 1]	Bahu Kanan

Berdasarkan Tabel 2, setiap variabel direpresentasikan ke dalam beberapa himpunan fuzzy yang saling tumpang tindih (*overlap*) untuk mengakomodasi ketidakpastian nilai antropometri. Rentang domain ditentukan dari distribusi data yang diperoleh di lapangan serta disesuaikan agar mencakup seluruh kemungkinan nilai yang muncul pada objek penelitian. *Overlap* antar himpunan dirancang untuk menghindari perubahan nilai yang bersifat diskrit serta meningkatkan sensitivitas sistem dalam menangkap kondisi transisi antar kategori.

Dengan pendekatan ini, sistem fuzzy mampu merepresentasikan kondisi antropometri anak secara lebih fleksibel dibandingkan metode berbasis batas tegas. Hal ini memungkinkan proses klasifikasi status gizi menjadi lebih adaptif terhadap variasi data dan lebih sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

2.2. Penentuan Fungsi Keanggotaan

Setelah fuzzy set ditentukan, langkah berikutnya adalah menetapkan fungsi keanggotaan untuk setiap *fuzzy set* tersebut. Fungsi keanggotaan berfungsi untuk mengubah nilai numerik yang jelas ke dalam tingkat

keanggotaan dalam rentang [0–1] [16], yang mencerminkan sejauh mana suatu nilai termasuk dalam himpunan fuzzy tertentu [17].

Dalam penelitian ini, diterapkan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga dan trapesium (bahu kiri/kanan), karena kedua jenis fungsi ini dapat memberikan peralihan nilai yang halus di antara kategori, sehingga mampu menggambarkan keadaan pertumbuhan anak yang bersifat terus-menerus. Secara umum, fungsi keanggotaan segitiga dirumuskan sebagai pada persamaan 1.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \quad (1)$$

Sedangkan fungsi keanggotaan trapesium dirumuskan sebagai pada persamaan 2.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (2)$$

Nilai-nilai parameter a, b, c, d pada setiap himpunan fuzzy ditetapkan berdasarkan domain yang telah ditentukan pada Tabel 2. Sebagai contoh, untuk variabel tinggi badan: himpunan Pendek menggunakan a=0, b=90, c=94 (bahu kiri); himpunan Normal menggunakan a=90, b=97, c=105 (segitiga); dan himpunan Lebih menggunakan b=100, c=115 (bahu kanan). Nilai-nilai parameter untuk seluruh variabel ditetapkan secara analogis berdasarkan rentang domain pada Tabel 2.

Grafik fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel input disajikan pada Gambar 2 hingga Gambar 5 di bagian Hasil dan Pembahasan.

2.3. Penyusunan Aturan Fuzzy (Rule Base)

Tahap berikutnya dalam metode fuzzy Mamdani adalah penyusunan aturan (*rule base*) yang menjadi komponen utama dalam proses pengambilan keputusan sistem. Aturan-aturan ini dibentuk dalam format logika IF–THEN yang menggambarkan hubungan antara variabel input dan output [18]. Dalam penelitian ini, pembentukan aturan tidak dilakukan secara acak, melainkan menggunakan pendekatan kombinasi seluruh himpunan fuzzy pada setiap variabel input, sehingga seluruh kemungkinan kondisi antropometri pada anak dapat terakomodasi dalam sistem.

Jumlah aturan yang diperoleh ditentukan berdasarkan hasil kombinasi dari masing-masing himpunan fuzzy, yaitu 5 kategori umur, 3 kategori tinggi badan, 3 kategori berat badan, dan 3 kategori lingkaran lengan atas (LILA), sehingga total menghasilkan 135 aturan fuzzy. Aturan tersebut disusun secara sistematis untuk merepresentasikan seluruh kemungkinan kondisi yang dapat terjadi pada data input. Dari keseluruhan aturan

yang terbentuk, hanya beberapa aturan yang ditampilkan sebagai contoh representatif untuk mempermudah pemahaman, sedangkan keseluruhan *rule base* disajikan secara lengkap pada Tabel 4 di bagian Hasil dan Pembahasan.

Adapun beberapa contoh aturan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. IF Umur = Usia 5 AND Tinggi Badan = Pendek AND Berat Badan = Kurang AND LILA = Normal THEN Status Gizi = Gizi Buruk.
2. IF Umur = Usia 5 AND Tinggi Badan = Pendek AND Berat Badan = Lebih AND LILA = Kecil THEN Status Gizi = Gizi Kurang.
3. IF Umur = Usia 5 AND Tinggi Badan = Normal AND Berat Badan = Normal AND LILA = Normal THEN Status Gizi = Gizi Normal.
4. IF Umur = Usia 5 AND Tinggi Badan = Pendek AND Berat Badan = Lebih AND LILA = Besar THEN Status Gizi = Gizi Lebih.

Secara keseluruhan, aturan-aturan tersebut berperan sebagai dasar dalam proses inferensi fuzzy untuk menentukan status gizi anak berdasarkan kombinasi nilai pada setiap variabel input yang digunakan dalam sistem.

2.4. Inferensi Fuzzy Mamdani

Inferensi adalah metode yang diterapkan oleh sistem pakar untuk menciptakan informasi baru berdasarkan informasi yang sudah ada [19], [20]. Pada penelitian ini, inferensi dikerjakan dengan menggunakan pendekatan fuzzy Mamdani melalui operator implikasi MIN dan teknik agregasi MAX [21].

Pada tahap ini, setiap aturan akan menghasilkan nilai aktivasi yang disebut α -predicate (*firing strength*). Nilai α -predicate dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\alpha_i = \min(\mu_{Umur}, \mu_{TB}, \mu_{BB}, \mu_{LILA}) \quad (3)$$

Pada persamaan (3) nilai α -predicate diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan paling kecil dari seluruh variabel input yang terdapat dalam satu aturan, yaitu umur, tinggi badan (TB), berat badan (BB), dan lingkaran lengan atas (LILA). Prinsip ini menunjukkan bahwa suatu aturan hanya akan aktif sesuai dengan derajat keanggotaan terlemah dari seluruh kondisi yang harus dipenuhi.

Sebagai contoh, jika diketahui nilai derajat keanggotaan suatu aturan sebagai berikut:

1. $\mu_{Umur} = 0,7$
2. $\mu_{TB} = 0,6$
3. $\mu_{BB} = 0,3$
4. $\mu_{LILA} = 0,4$

Maka perhitungan α -predicate adalah:

$$\alpha_i = \min(0,7,0,6,0,3,0,4) = 0,3$$

Nilai $\alpha = 0,3$ tersebut menunjukkan tingkat aktivasi aturan yang kemudian digunakan sebagai bobot dalam proses agregasi. Seluruh nilai α dari setiap aturan selanjutnya digabungkan menggunakan operator MAX untuk membentuk himpunan fuzzy keluaran sebelum dilanjutkan ke tahap defuzzifikasi guna memperoleh hasil akhir sistem.

2.5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah langkah yang mengubah hasil fuzzy menjadi nilai yang jelas (*crisp*) sesuai dengan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan [22], [23]. Dalam penelitian ini, pendekatan defuzzifikasi yang diterapkan adalah metode centroid, karena pendekatan ini dapat menghasilkan output yang konsisten dan mewakili seluruh area keluaran fuzzy [24]. Metode centroid dirumuskan sebagai berikut pada rumus 4.

$$z = \frac{\sum(\alpha_i \cdot z_i)}{\sum \alpha_i} \tag{4}$$

Keterangan ;

Z = defuzzifikasi

α_i = alpha predikat

z_i = output inferens

Nilai z_i diperoleh dari hasil inferensi setiap aturan yang telah dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan output, sedangkan α_i menunjukkan tingkat kontribusi masing-masing aturan dalam proses perhitungan.

Untuk memperjelas proses perhitungan, berikut diberikan contoh sederhana. Misalkan terdapat tiga aturan dengan nilai sebagai berikut:

1. Aturan 1: $\alpha_1 = 0,3$ dan $z_1 = 30$
2. Aturan 2: $\alpha_2 = 0,7$ dan $z_2 = 50$
3. Aturan 3: $\alpha_3 = 0,5$ dan $z_3 = 80$

Maka perhitungan defuzzifikasi adalah:

$$z = \frac{(0,3 \times 30) + (0,7 \times 50) + (0,5 \times 80)}{0,3 + 0,7 + 0,5}$$

$$z = \frac{9 + 35 + 40}{1,5} = \frac{84}{1,5} = 56$$

Sehingga diperoleh nilai *crisp* output sebesar 56 yang kemudian dipetakan ke dalam kategori status gizi anak berdasarkan domain himpunan fuzzy output yang telah ditentukan. Nilai ini menjadi dasar dalam proses analisis hasil sistem pada tahap selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, sistem klasifikasi status gizi anak berbasis logika fuzzy Mamdani diimplementasikan dengan memanfaatkan empat parameter antropometri, yaitu umur (dalam bulan), berat badan, tinggi badan, dan lingkaran lengan atas (LILA). Seluruh variabel input difuzzifikasi ke dalam beberapa himpunan linguistik yang telah divalidasi mengacu pada standar pertumbuhan anak. Proses inferensi kemudian

memanfaatkan 135 rule fuzzy, yang disusun berdasarkan kombinasi seluruh kondisi input dan kategorisasi status gizi.

Untuk menguji performa sistem, dilakukan studi kasus menggunakan data seorang anak di Puskesmas Nanu dengan karakteristik sebagai berikut yang ditampilkan pada Tabel 3:

Tabel 3. Tabel Studi Kasus

Kategori	Domain
Umur	59 Bulan
Tinggi Badan	102 cm
Berat Badan	15.5 kg
LILA	13.9 cm

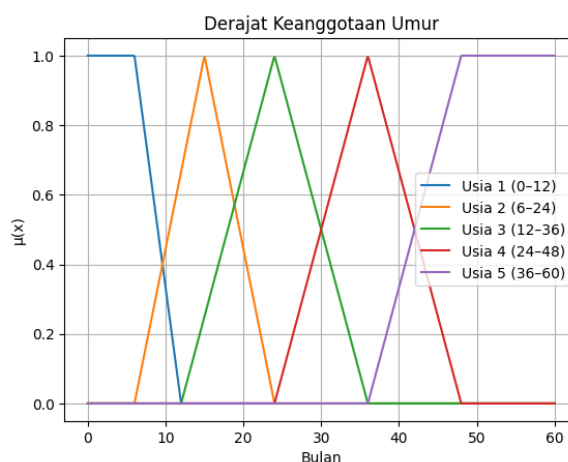
Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa data studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari seorang anak dengan umur 59 bulan, tinggi badan 102 cm, berat badan 15,5 kg, dan lingkaran lengan atas (LILA) sebesar 13,9 cm. Nilai-nilai tersebut merepresentasikan kondisi antropometri anak yang akan dijadikan sebagai input dalam sistem fuzzy Mamdani. Setiap parameter tersebut selanjutnya diproses melalui tahapan fuzzifikasi untuk menentukan derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan fuzzy, sehingga dapat digunakan dalam proses inferensi guna memperoleh klasifikasi status gizi anak secara tepat.

3.1. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi mengkonversi nilai input numerik menjadi derajat keanggotaan pada setiap himpunan fuzzy. Hasil fuzzifikasi untuk keempat variabel input disajikan berikut.

1. Derajat Keanggotaan Umur (x = 59 Bulan)

Berdasarkan fungsi keanggotaan bahu kanan Usia 5 dengan domain [36–60 bulan], nilai umur 59 bulan berada di ujung domain, sehingga $\mu_{Usia5}(59) = 1$, sedangkan seluruh himpunan lain bernilai 0. Grafik derajat keanggotaan umur ditunjukkan pada Gambar 2.



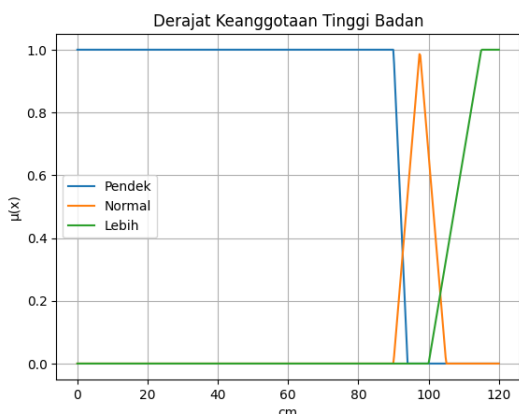
Gambar 2. Grafik Derajat Keanggotaan Umur

2. Derajat Keanggotaan Tinggi Badan (x = 102 cm)

Menggunakan parameter $a=90$, $b=97$, $c=105$ untuk Normal dan $b=100$, $c=115$ untuk Lebih, perhitungan menghasilkan:

1. *Pendek*(102) : 0
2. *Normal* (102) : $\frac{105-102}{10} = \frac{3}{10} = 0.3$
3. *Lebih* (102) : $\frac{102-100}{10} = \frac{2}{10} = 0.2$

Grafik derajat keanggotaan tinggi badan ditunjukkan pada Gambar 3.



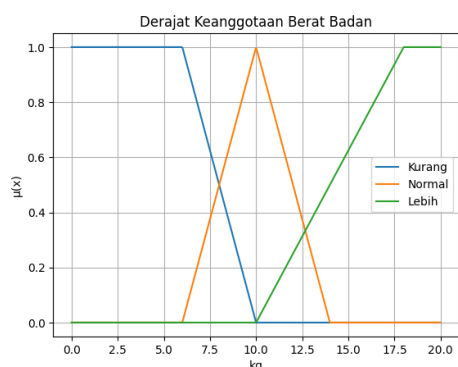
Gambar 3. Grafik Derajat Keanggotaan Tinggi Badan

3. Derajat Keanggotaan Berat Badan ($x = 15,5$ Kg)

Menggunakan parameter $a=6$, $b=10$, $c=18$ untuk Normal dan $b=10$, $c=18$ untuk Lebih:

1. *Kurang* (15.5) : 0
2. *Normal* (15.5) : $\frac{18-15.5}{5} = \frac{2.5}{5} = 0.5$
3. *Lebih* (15.5) : $\frac{15.5-12}{6} = \frac{3.5}{6} = 0.58$

Nilai derajat keanggotaan berat badan lebih besar pada Lebih (0,58) dibanding Normal (0,50), mengindikasikan kecenderungan berat badan anak berada pada kategori Lebih. Yang dapat dilihat pada grafik derajat keanggotaan Berat Badan, pada Gambar 4.



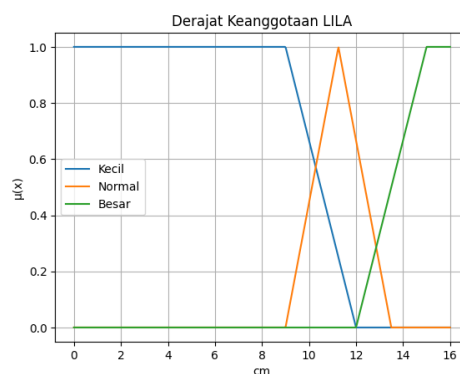
Gambar 4. Grafik Derajat Keanggotaan Berat Badan

4. Derajat Keanggotaan Lingkaran Lengan Atas ($x = 13,9$ cm)

Menggunakan parameter $a=9$, $b=11$, $c=13,5$ untuk Normal dan $b=12$, $c=15$ untuk Besar:

1. *Kecil* (13.9) : 0
2. *Normal* (13.9) : $\frac{15-13.9}{4.5} = \frac{1.5}{4.5} = 0.24$
3. *Besar* (13.9) : $\frac{13.9-12}{3} = \frac{1.9}{3} = 0.63$

Nilai LILA 13,9 cm dominan pada kategori Besar (0,63), mengindikasikan ukuran lingkaran lengan atas melebihi rata-rata normal. Grafik derajat keanggotaan LILA dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Derajat Keanggotaan Lingkaran Lengan Atas

3.2. Inferensi dan Perhitungan α -Predicate

Setelah diperoleh nilai derajat keanggotaan pada setiap variabel input, penentuan status gizi anak pada studi kasus ini dilakukan melalui proses inferensi menggunakan metode fuzzy Mamdani. Proses inferensi tersebut didasarkan pada aturan (*rule*) status gizi anak yang telah ditetapkan yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rule Fuzzy

Rule	Umur	Tinggi Badan	Berat Badan	LILA	Status Gizi
Rule 1	Umur 1	Pendek	Kurang	Kecil	Buruk
Rule 2	Umur 1	Pendek	Kurang	Normal	Buruk
Rule 3	Umur 1	Pendek	Kurang	Besar	Kurang
...
Rule 133	Umur 5	Lebih	Lebih	Kecil	Lebih
Rule 134	Umur 5	Lebih	Lebih	Normal	Lebih
Rule 135	Umur 5	Lebih	Lebih	Besar	Lebih

Dari hasil fuzzifikasi di atas, diketahui bahwa: $\mu_{Usia5} = 1$; $\mu_{TBNormal} = 0,30$; $\mu_{TBLebih} = 0,20$; $\mu_{BBNormal} = 0,50$; $\mu_{BBLebih} = 0,58$; $\mu_{LILANormal} = 0,24$; $\mu_{LILABesar} = 0,63$. Seluruh 135 aturan dievaluasi; aturan dengan salah satu derajat keanggotaan = 0 menghasilkan $\alpha = 0$ (tidak aktif). Aturan-aturan yang teraktivasi ($\alpha > 0$) adalah kombinasi dari Usia 5, {Normal/Lebih} untuk TB, {Normal/Lebih} untuk BB, dan {Normal/Besar} untuk LILA. Tabel 4 menampilkan seluruh rule fuzzy secara sistematis; aturan aktif yang relevan disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rule Aktif dan Nilai α -Predicate

Rule	Umu r	TB	BB	LILA	Status Gizi	α -Predicate
R-122	Usia 5	Normal	Normal	Normal	Gizi Normal	$\min(1;0,30;0,50;0,24)=0,24$
R-123	Usia 5	Normal	Normal	Besar	Gizi Normal	$\min(1;0,30;0,50;0,63)=0,30$
R-125	Usia 5	Normal	Lebih	Normal	Gizi Lebih	$\min(1;0,30;0,58;0,24)=0,24$
R-126	Usia 5	Normal	Lebih	Besar	Gizi Lebih	$\min(1;0,30;0,58;0,63)=0,30$
R-131	Usia 5	Lebih	Normal	Normal	Gizi Normal	$\min(1;0,20;0,50;0,24)=0,20$
R-132	Usia 5	Lebih	Normal	Besar	Gizi Lebih	$\min(1;0,20;0,50;0,63)=0,20$
R-134	Usia 5	Lebih	Lebih	Normal	Gizi Lebih	$\min(1;0,20;0,58;0,24)=0,20$
R-135	Usia 5	Lebih	Lebih	Besar	Gizi Lebih	$\min(1;0,20;0,58;0,63)=0,20$

Berdasarkan Tabel 5, nilai α maksimum untuk kategori Gizi Normal adalah $\max(0,24; 0,30; 0,20) = 0,30$, dan untuk kategori Gizi Lebih adalah $\max(0,24; 0,30; 0,20; 0,20; 0,20) = 0,30$.

3.3. Defuzzifikasi dan Hasil Akhir

Defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode centroid (Persamaan 4). Nilai representatif (z_i) diambil dari titik tengah domain setiap himpunan fuzzy output yang aktif: Gizi Normal memiliki domain $[-1,5; 0]$, sehingga $z_i = (-1,5 + 0)/2 = -0,75$; Gizi Lebih memiliki domain $[-0,5; 1]$, sehingga $z_i = (-0,5 + 1)/2 = 0,25$.

Perhitungan centroid:

$$z = \frac{(0,30 * -0,75) + (0,30 * 0,25)}{(0,3 + 0,3)}$$

$$z = \frac{-0,15}{0,6} = -0,25 \text{ (gizi normal)}$$

Nilai $z = -0,25$ berada dalam domain himpunan fuzzy Gizi Normal $[-1,5; 0]$, sehingga sistem mengklasifikasikan status gizi anak pada studi kasus ini sebagai Gizi Normal. Temuan ini konsisten dengan kondisi antropometri anak: meskipun berat badan dan LILA cenderung ke kategori Lebih, keseluruhan integrasi keempat parameter melalui 135 aturan fuzzy tetap menempatkan anak dalam rentang status gizi normal secara klinis.

Dibandingkan dengan metode *Z-score manual* yang hanya mempertimbangkan satu indeks antropometri sekaligus, sistem fuzzy Mamdani yang dikembangkan mampu mengintegrasikan keempat parameter secara simultan, sehingga menghasilkan keputusan yang lebih holistik dan tidak dipengaruhi secara ekstrem oleh satu variabel dominan. Hal ini merupakan keunggulan utama sistem yang diusulkan.

3.4. Evaluasi Kinerja Sistem melalui Perbandingan Metode *Z-Score* dan Fuzzy Mamdani

Bagian ini bertujuan untuk menilai kinerja sistem klasifikasi status gizi yang menggunakan logika fuzzy Mamdani dengan membandingkannya dengan metode standar yang diterapkan di Puskesmas Nanu, yaitu metode *Z-Score*. Penilaian dilakukan untuk mengukur tingkat kesesuaian hasil dari sistem dengan metode tradisional, serta untuk menjawab keterbatasan penelitian yang sebelumnya tidak menggunakan metode perbandingan. Data yang dianalisis melibatkan 20 sampel anak dengan parameter umur, tinggi badan (TB), berat badan (BB), dan lingkaran atas (LILA). Hasil penilaian sistem fuzzy mamdani terdapat pada Gambar 6.

Tanggal	Nama Anak	JK	Umur	TB	BB	LILA	Z	Status	Petugas
29-04-2026 12:08	Fabola	Perempuan	31,0	88,0	9,8	11,3	-1,7095	Gizi Buruk	febr
29-04-2026 12:07	Elisabet	Perempuan	42,0	87,0	11,0	13,7	-0,8175	Gizi Kurang	febr
29-04-2026 12:06	Andreas	Laki-laki	49,0	98,0	12,5	11,3	-0,3624	Gizi Normal	febr
29-04-2026 12:05	Kristiani	Perempuan	20,0	72,5	10,0	14,7	-0,6579	Gizi Kurang	febr
29-04-2026 12:04	Juliver	Perempuan	47,0	97,3	14,8	13,8	0,8314	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 12:03	Natalius	Laki-laki	56,0	102,9	16,8	13,8	0,5544	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 12:02	Leonora	Perempuan	24,0	85,0	9,2	11,8	-1,865	Gizi Buruk	febr
29-04-2026 12:01	Siprianus	Laki-laki	27,0	82,0	11,7	14,8	-0,2122	Gizi Normal	febr
29-04-2026 10:17	Fildereksi	Laki-laki	50,0	87,8	11,3	13,8	-0,6428	Gizi Kurang	febr
29-04-2026 10:16	Jehadut	Laki-laki	34,8	86,5	10,0	11,0	-1,6765	Gizi Buruk	febr
29-04-2026 10:14	Kristian	Laki-laki	18,0	77,8	12,0	13,7	-0,3556	Gizi Normal	febr
29-04-2026 10:12	Marsianus	Laki-laki	45,0	99,6	14,0	13,5	0,7211	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 10:10	Maria Wandut	Perempuan	33,0	83,5	9,1	11,9	-1,893	Gizi Buruk	febr
29-04-2026 10:05	Novrino	Laki-laki	43,8	97,0	16,5	14,8	1,0907	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 10:04	Iksal	Laki-laki	58,0	102,0	17,8	15,2	1,0755	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 10:03	Carlita	Perempuan	49,0	99,0	17,4	15,0	1,2058	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 10:02	Yonesia	Perempuan	54,0	98,0	14,3	13,5	0,7211	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 10:01	Maria	Perempuan	57,9	100,9	13,1	13,7	0,6913	Gizi Lebih	febr
29-04-2026 10:00	Stefanus	Laki-laki	45,8	91,5	11,2	11,0	-1,4832	Gizi Kurang	febr
29-04-2026 09:58	By Rosi	Perempuan	59,0	101,7	15,5	13,9	0,6334	Gizi Lebih	febr

Gambar 6. Hasil Penilaian Sitem Fuzzy Mamda

Berdasarkan Gambar 6, hasil penggolongan sistem status gizi dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani menunjukkan perubahan nilai keluaran yang menggambarkan keadaan gizi anak secara bertahap, tidak hanya terbatas pada kategori yang jelas. Nilai defuzzifikasi yang diperoleh dari sistem kemudian dikelompokkan ke dalam kategori status gizi, seperti gizi buruk, gizi kurang, gizi normal, dan gizi lebih, sesuai dengan fungsi keanggotaan keluaran yang telah ditetapkan

3.4.1 Perbandingan Hasil Klasifikasi

Tabel 6. Perbandingan Hasil Metode *Z-Score* Puskesmas dan Sistem Fuzzy Mamdani

No	Nama Anak	Z-Score (Puskesmas)	Sistem Fuzzy Mamdani	Kesesuaian
1.	By Rosi	Lebih	Lebih	Sesuai
2.	Stefanus	Kurang	Kurang	Sesuai
3.	Maria	Normal	Lebih	Tidak Sesuai
4.	Yonesia	Normal	Lebih	Tidak Sesuai
5.	Carlita	Lebih	Lebih	Sesuai
6.	Iksal	Lebih	Lebih	Sesuai
7.	Novrino	Lebih	Lebih	Sesuai
8.	Maria Wandut	Buruk	Buruk	Sesuai
9.	Marsianus	Normal	Lebih	Tidak Sesuai

10.	Kristian	Normal	Normal	Sesuai
11.	Jehadut	Buruk	Buruk	Sesuai
12.	Filderensi	Normal	Kurang	Tidak Sesuai
13.	Siprianus	Normal	Normal	Sesuai
14.	Leonora	Kurang	Buruk	Tidak Sesuai
15.	Natalius	Lebih	Lebih	Sesuai
16.	Julsilver	Lebih	Lebih	Sesuai
17.	Kristiani	Kurang	Kurang	Sesuai
18.	Andreas	Normal	Normal	Sesuai
19.	Elisabet	Kurang	Kurang	Sesuai
20.	Fabiola	Buruk	Buruk	Sesuai

Berdasarkan Tabel 6, ditampilkan hasil perbandingan antara status gizi yang diperoleh dari perhitungan Z-Score (data Puskesmas) dan hasil klasifikasi dari sistem fuzzy Mamdani. Setiap data kemudian diberi keterangan “sesuai” apabila kedua metode menghasilkan kategori yang sama, dan “tidak sesuai” apabila berbeda. Dari 20 data anak yang dianalisis, diperoleh

1. Data sesuai = 15 anak
2. Data tidak sesuai = 5 anak

Setelah itu dilakukan perbandingan, data hasil akan dilakukan perhitungan akurasi yang sesuai dengan persamaan 5.

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah data sesuai}}{\text{Total Data}} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana, hasil perbandiannya adalah:

$$Akurasi = \frac{15}{20} \times 100\% = 75\%$$

Dengan demikian, tingkat akurasi sistem fuzzy Mamdani dalam penelitian ini adalah sebesar 75%

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi status gizi anak berbasis logika fuzzy Mamdani di Puskesmas Nanu. Kontribusi utama penelitian terletak pada integrasi empat parameter antropometri, yaitu usia, tinggi badan, berat badan, dan LILA, ke dalam kerangka inferensi fuzzy dengan 135 aturan IF-THEN. Pengujian terhadap 20 data anak menghasilkan akurasi 75% dibandingkan metode Z-score, dengan nilai *crisp* -0,25 pada studi kasus representatif yang terklasifikasi sebagai gizi normal. Meskipun jumlah sampel masih terbatas dan domain keanggotaan belum mengacu standar WHO secara langsung, sistem ini terbukti mampu menghasilkan klasifikasi yang lebih holistik dibandingkan metode konvensional. Untuk penelitian lanjutan, disarankan perluasan sampel lintas fasilitas kesehatan, integrasi standar antropometri nasional, serta pengembangan antarmuka berbasis web atau aplikasi mobile agar sistem dapat dimanfaatkan secara praktis di layanan kesehatan primer.

Daftar Rujukan

- [1] P. Kanah Arieska, N. Herdiani, P. Studi, K. Masyarakat, and F. Kesehatan, “HUBUNGAN PENGETAHUAN DAN POLA KONSUMSI DENGAN STATUS GIZI PADA MAHASISWA KESEHATAN,” Sep. 2020. doi: 10.33086/mtphj.v4i2.1199.
- [2] Ninda Rizki Aulia, “Peran Pengetahuan Gizi Terhadap Asupan Energi, Status Gizi Dan Sikap Tentang Gizi Remaja,” *Jurnal Ilmiah Gizi dan Kesehatan (JIGK)*, vol. 02, pp. 31–35, 2021, doi: 10.46772/jigk.v2i02.454.
- [3] D. Lukitasari, O. Pratama, and I. Nurhidayah, “Hubungan Peran Ibu Dengan Status Gizi Balita Di Kelurahan Padasuka,” *HealthCaring: Jurnal Ilmiah Kesehatan*, vol. 4, pp. 14–24, Jan. 2025, doi: 10.47709/healthcaring.v4i1.6119.
- [4] E. Lusiana, R. Pratiwi, P. S. Studi, K. STIKES Panakkukang, P. D. Studi, and P. Studi Profesi Ners STIKES Panakkukang, “Deteksi Dini Stunting Melalui Pengukuran Antropometri Pada Anak Usia Balita.” doi: <https://doi.org/10.36908/akm.v4i1.862>.
- [5] A. U. Hasanah *et al.*, “Edukasi dan Evaluasi Kondisi Gizi Remaja di Tingkat SMA Negeri 11 Samarinda,” *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 2, pp. 402–411, May 2025, doi: 10.53299/bajpm.v5i2.1750.
- [6] R. Yuningsih and R. Kurniasari, “PENGARUH EDUKASI GIZI MELALUI MEDIA BERGAMBAR DAN PERMAINAN TERHADAP PENGETAHUAN GIZI SEIMBANG PADA ANAK SEKOLAH DASAR (SUATU PENDEKATAN STUDI LITERATURE REVIEW),” 2022. doi: 10.32832/hearty.v10i1.4786.
- [7] Y. Petrika *et al.*, “BALITA SECARA MANDIRI OLEH ORANG TUA Stunting Education Using A Focus Group Discussion (FGD) Approach And Training in Independent Monitoring of Toddler’s Growth by Parents,” *JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT KESEHATAN INDONESIA*, vol. 2, no. 2, pp. 257–263, 2023, doi: 10.34011/jpmki.v1i2.1775.
- [8] S. Permana Ratumanan and A. Feinisa Khairani, “SUPLEMEN Volume 15, Suplemen, 2023 https://myjurnal.poltekkes-kdi.ac.id/index.php/hijp_e704 HIJP: HEALTH INFORMATION JURNAL PENELITIAN Metode Antropometri Untuk Menilai Status Gizi : Sebuah Studi Literatur,” 2023. [Online]. Available: <https://myjurnal.poltekkes-kdi.ac.id/index.php/hijp>
- [9] P. FASTER, E. Adiprja, D. A. Sulisty, and I. Wahyuni, “PEMODELAN FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO UNTUK PREDIKSI KEJADIAN BANJIR DI KOTA MALANG,” vol. 7, no. 1, pp. 189–196, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071898.
- [10] F. R. Safal, “Prediksi Status Gizi Balita Menggunakan Logika Fuzzy Metode Sugeno Berdasarkan Pengukuran Antropometri,” *JAMASTIKA (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 3, pp. 28–33, Apr. 2024, doi: 10.35473/jamastika.v3i1.2459.
- [11] Yan Arie Strada Tuhehay, Intan Nur Farida, and Made Ayu Dusea Widyadara, “Penentuan Gizi Balita Kelurahan Bangsal Dengan Fuzzy Mamdani Berbasis Website,” *Prosiding SEMNAS INOTEK*, vol. 9, pp. 1141–1150, 2025, doi: 10.29407/n24nan53.
- [12] A. Fariza, R. Asmara, and G. N. Istiqomah, “Visualisasi Spasial Temporal Tingkat Risiko Stunting di Jawa Timur Menggunakan Metode Fuzzy Spatial Temporal Visualization of Stunting Risk Level in East Java Using Fuzzy Method,” *Jurnal Teknologi dan Informasi*, pp. 83–95, 2023, doi: 10.34010/jati.v13i1.
- [13] P. S. Indriani, “Asupan Nutrisi, Indeks Masa Tubuh (IMT) dan Lingkar Lengan Atas (LILA) Ibu Menyusui berhubungan dengan Status Gizi dan Pemberian ASI Eksklusif Bayi Usia 0-6 Bulan,” *Jurnal Interprofesi Kesehatan Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 192–202, Dec. 2022, doi: 10.53801/jipki.v2i1.39.
- [14] N. Berutu, “Deteksi Tingkat Depresi Kerja Pada Guru Sekolah Dasar Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani,” *JURNAL FASILKOM*, vol. 14, pp. 541–548, 2024, doi: 10.37859/jf.v14i2.7739.
- [15] Widya Ari Rizki, Raja Syahmuda Siregar, and Khairul Saleh, “Implementasi Metode Fuzzy Mamdani pada Sistem

- Penentuan Kelayakan Beasiswa,” *Repeater : Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan*, vol. 4, no. 1, pp. 18–30, Jan. 2026, doi: 10.62951/repeater.v4i1.773.
- [16] Mufidatul Islamiyah and Maisaroh, “Automatic Chicken Feeding Machine Using Fuzzy Inference System,” *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, pp. 61–69, 2025, doi: 10.21771/jrtppi.2025.v16.no1.p61-69.
- [17] Y. Adawiyah, S. Z. Sakinah, M. Fa’iq Asyam, A. Fadhilah Isnaini, M. Industri, and S. Vokasi, “Pengambilan Keputusan Penentuan Supplier Berbasis Pada Pengendalian Pasokan Akhir Menggunakan Logika Fuzzy Di IKM Kelana Roastery,” *JURNAL FASILKOM*, vol. 5, pp. 736–746, 2024, doi: 10.37859/jf.v14i3.8101.
- [18] B. Fatkhurozi and H. T. Setiawan, “Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Udara Ruang Pengereng Biji Kopi Berbasis Mikrokontroler,” *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, vol. 6, no. 1, pp. 50–59, Jan. 2024, doi: 10.20895/jtece.v6i1.1319.
- [19] T. Wijanarko Adi Putra, “Perancangan Sistem Pakar Untuk Mendekteksi Kerusakan Komputer Dengan Metode Certainty Factor,” vol. 13, no. 1, pp. 70–81, 2022, doi: 10.51903/jtikp.v13i1.307.
- [20] M. De, O. Amaral Barreto, and R. D. Indahsari, “Cattle Disease Diagnosis Expert System in Bades Village, Ainaro District,” 2021. doi: 10.21070/pels.v1i2.1009.
- [21] A. S. K. R. Nasution, Gunadi Widi Nurcahyo, and Agung Ramadhanu, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa,” *Jurnal KomtekInfo*, pp. 157–162, Sep. 2024, doi: 10.35134/komtekinfo.v11i3.567.
- [22] R. Pujiarso Nugroho, B. Darma Setiawan, and M. Tanzil Furqon, “Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Menentukan Harga Sewa Hotel (Studi Kasus: Gili Amor Boutique Resort, Dusun Gili Trawangan, Nusa Tenggara Barat),” 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [23] F. S. M. A. S. A. Samsul Arifin, “Fuzzy Logic Controller Design for Smart Watering System of Rose Cultivation,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology)*, vol. 15, pp. 102–108, 2023, doi: 10.18860/mat.v15i2.23876.
- [24] P. Subekti, T. D. Andini, and M. Islamiyah, “Sistem Penentuan Konsentrasi Jurusan Bagi Mahasiswa Informatika Menggunakan Metode K-Means Di Institut Asia Malang,” *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, vol. 12, no. 1, pp. 25–39, Mar. 2022, doi: 10.34010/jamika.v12i1.6452.