

KLASIFIKASI TINGKAT MASALAH GIZI BALITA 2024 MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI DI JAWA TENGAH

Dian Fitri Fransiska¹, Agus Maman Abadi², Gunawan³

^{1,2}Universitas Negeri Yogyakarta

³Universitas Islam Negeri Salatiga

dianfitri.2024@uny.student.ac.id¹, agusmaman@uny.ac.id²

gunawan.gnwn2000@gmail.com³

Received 13 February 2026; revised 23 May 2026; accepted 13 July 2026.

ABSTRAK

Masalah gizi balita masih menjadi tantangan serius di negara berkembang, termasuk Indonesia, khususnya Provinsi Jawa Tengah yang mencatat prevalensi *stunting*, *wasting*, dan *overweight* pada tingkat mengkhawatirkan. Kondisi ini berdampak pada perkembangan kognitif, fungsi otak, prestasi akademik, dan produktivitas anak di masa depan. Variasi indikator gizi antar kabupaten/kota menyebabkan analisis konvensional kurang mampu menggambarkan kondisi lokal secara akurat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi tingkat masalah gizi balita menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani berbantuan R studio. Model ini memanfaatkan tiga indikator utama sebagai input, yaitu *stunting*, *wasting*, dan *overweight* dari data SSGI 2024, dengan 27 aturan fuzzy (rule base), dan input berupa penkategorian tingkat masalah gizi balita yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Analisis dilakukan pada 35 kabupaten/kota di Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan 9 daerah (25.71%) berkategori rendah, 23 daerah (65.71%) sedang, 3 daerah (8.57%) tinggi, dan tidak ada daerah pada kategori sangat tinggi. Pendekatan *fuzzy* terbukti lebih fleksibel dan adaptif dibandingkan metode kategorikal tradisional serta berpotensi menjadi alat pendukung keputusan kebijakan intervensi gizi daerah.

Kata kunci: fuzzy mamdani, klasifikasi, tingkat masalah gizi balita jawa tengah

ABSTRACT

Child malnutrition remains a serious challenge in developing countries, including Indonesia, particularly in Central Java Province, which has recorded alarming prevalence rates of *stunting*, *wasting*, and *overweight*. This condition affects children's cognitive development, brain function, academic achievement, and future productivity. Variations in nutritional indicators across districts and municipalities render conventional analysis inadequate for accurately depicting local conditions. This study aims to develop a classification system for the level of under-five malnutrition using the

Mamdani Fuzzy Inference System (FIS) method assisted by RStudio software. The model utilizes three main indicators as inputs—stunting, wasting, and overweight—derived from the 2024 SSGI (Indonesian Nutritional Status Survey) data, with 27 fuzzy rules (rule base), and produces an output classifying the level of under-five malnutrition into four categories: low, moderate, high, and very high. The analysis was conducted on 35 districts/municipalities in Central Java. The results show that 9 regions (25.71%) fall into the low category, 23 regions (65.71%) into the moderate category, 3 regions (8.57%) into the high category, and none into the very high category. The fuzzy approach proved more flexible and adaptive than traditional categorical methods and shows potential as a decision-support tool for regional nutrition intervention policy.

Keywords: fuzzy mamdani, classification, level of under malnutrition in Central Java

PENDAHULUAN

Masalah gizi balita masih menjadi tantangan besar di berbagai negara berkembang, termasuk kawasan Asia Selatan dan Asia Tenggara (Parajuli & Oldewage-Theron, 2025; Tan et al., 2025). *stunting*, *wasting*, dan *underweight* masih banyak terjadi di negara-negara Asia Selatan dan Asia Tenggara serta tingkat kejadiannya berbeda-beda antar negara, bahkan antarwilayah dalam satu negara (R. F. Fernández et al., 2023). Perbedaan kemiskinan, kerentanan pangan, dan kualitas layanan kesehatan ibu-anak menjelaskan mengapa pola malnutrisi dapat sangat bervariasi bahkan dalam satu negara (Morrone & Glasier, 2020). Kondisi global ini juga tercermin di tingkat nasional dengan beban gizi serupa.

Di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Tengah, masalah gizi balita tetap menjadi isu kesehatan masyarakat pada aspek angka *stunting*, *wasting*, dan *underweight* (Latifah et al., 2024). Kondisi ini berkaitan dengan perkembangan kognitif anak dan produktivitasnya di masa depan. *Stunting* dan *underweight* khususnya berkaitan dengan penurunan fungsi kognitif dan prestasi akademik yang membatasi potensi anak (Kirolos et al., 2022). Malnutrisi juga dapat menimbulkan beban ganda ketika *stunting* dan *overweight* muncul bersamaan dalam satu populasi (Kiosia et al., 2024; Wells et al., 2020). WHO menyatakan bahwa prevalensi *stunting* rata-rata mencapai 23,2%, *wasting* 6,6%, dan *overweight* 5,5% (Baral & Nakazawa, 2026).

Ketiga indikator ini menggambarkan spektrum masalah gizi anak, dari kekurangan gizi kronis-akut hingga kelebihan gizi akibat perubahan pola konsumsi

dan lingkungan. *Stunting* umumnya berakar dari malnutrisi kronis di 1.000 hari pertama kehidupan, termasuk ASI eksklusif tidak adekuat, MP-ASI buruk, serta sanitasi dan lingkungan yang tidak mendukung (Mulyani et al., 2025). *Wasting* adalah *undernutrition* akut berupa kehilangan jaringan otot dan lemak tubuh, menandakan malnutrisi berat dengan risiko kematian tinggi (Mertens et al., 2023). Prevalensi *pooled overweight* anak dan remaja secara global sekitar 14,8%, berdasarkan cut-off BMI/standar pertumbuhan internasional (Zhang et al., 2024a). Ketiganya mencerminkan bentuk malnutrisi berbeda namun saling berkaitan, yang dipengaruhi pola makan, status kesehatan, dan lingkungan anak.

Stunting masih menjadi bentuk malnutrisi paling umum pada anak usia dini, sementara *overweight* dan *wasting* muncul sebagai beban gizi tambahan yang kadang terjadi bersamaan (Yani et al., 2023). Keragaman pola malnutrisi ini membuat ambang batas baku konvensional kurang fleksibel dan kurang mencerminkan kondisi lokal tiap wilayah. Pemodelan spasial tradisional memang dipakai untuk mengidentifikasi wilayah berisiko tinggi, namun sering mengabaikan dinamika temporal dan pola kewilayahan yang memengaruhi efektivitas intervensi (Aswi et al., 2025; Belayneh et al., 2021). Hal ini menimbulkan kebutuhan untuk metode analisis yang lebih cerdas dan adaptif.

Penerapan fuzzy pada gizi balita di Indonesia masih terbatas pada klasifikasi status gizi individu, seperti fuzzy Mamdani untuk status gizi siswa (Muslihah & Arifin, 2023) dan aplikasi mobile *fuzzy* Sugeno untuk status gizi balita per individu (Surhajito et al., 2017a). Penelitian tersebut belum menysasar level agregat kabupaten/kota. Sementara itu, penelitian tingkat wilayah yang ada di Indonesia, seperti pemetaan disparitas gizi di 514 kabupaten/kota (Ayuningtyas et al., 2022) dan pemodelan spasial *stunting-wasting-underweight* di Sulawesi Tenggara (Triyanto et al., 2016) yang masih mengandalkan ambang batas tegas, regresi, atau pengelompokan faktor penyebab, bukan sistem klasifikasi komposit yang menggabungkan tiga indikator gizi sekaligus. Kesenjangan inilah yang mendasari penelitian ini, yaitu mengintegrasikan *stunting*, *wasting*, dan *overweight* secara simultan melalui basis aturan *fuzzy* tingkat kabupaten/kota.

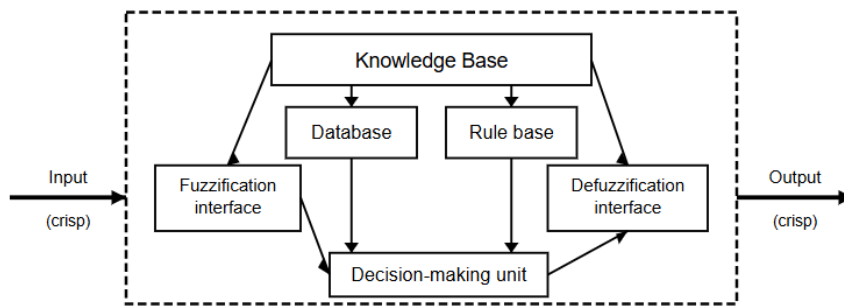
Logika *fuzzy*, khususnya *Fuzzy Inference System* (FIS), relevan karena mampu menangani data tidak pasti dan nilai ambigu. Pendekatan ini menawarkan

fleksibilitas menyusun aturan linguistik seperti "jika *stunting* tinggi dan *wasting* sedang, maka masalah gizi tinggi", mencerminkan pemikiran manusia dalam pengambilan keputusan (Hasan & Mohammad, 2023; Potdar et al., 2012). Tinjauan sistematis terbaru menegaskan metode kecerdasan buatan *termasuk fuzzy logic* luas digunakan dalam deteksi malnutrisi dan berpotensi meningkatkan akurasi skrining gizi anak (Janssen et al., 2024; Swastina et al., 2024; Zhang et al., 2024b). Sistem pendukung keputusan berbasis *fuzzy* Sugeno pada aplikasi mobile untuk menentukan status gizi balita dari data antropometri juga menunjukkan efektivitas logika *fuzzy* di lingkungan klinis dan komunitas (Surhajito et al., 2017b). Pemantauan dan analisis status gizi balita berdasarkan indikator-indikator tersebut sangat penting untuk mendukung kebijakan intervensi gizi yang tepat (Verma & Jang Bahadur Prasad, 2021).

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi tingkat masalah gizi balita di Jawa Tengah tahun 2024 menggunakan metode *fuzzy* Mamdani. Model ini diharapkan mampu menyederhanakan analisis data prevalensi *stunting*, *wasting*, dan *overweight*. per kabupaten/kota menjadi klasifikasi tingkat masalah gizi (misalnya rendah, sedang, tinggi), sehingga dapat membantu pemerintah daerah dan instansi kesehatan dalam merancang intervensi gizi yang lebih tepat sasaran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 oleh Kementerian Kesehatan BKKP (Abdullah et al., 2025). Input yang digunakan dalam kasus ini adalah *stunting*, *wasting*, & *overweight* sedangkan *output* dari sistem ini adalah tingkat masalah gizi balita. Metode penelitian ini menggunakan metode *fuzzy* Mamdani (Wang, 1997) dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) penentuan input output; (2) penentuan himpunan universal untuk setiap input dan output; (3) penentuan banyaknya himpunan fuzzy disetiap input dan output (4) pembentukan basis aturan fuzzy (5) penentuan inferensi Mamdani Max Min (6) penentuan defuzzifikasi.



Gambar 1. Research Flowchart

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penentuan Input Output

Penelitian ini menggunakan data *stunting*, *wasting*, & *overweight* di 35 kabupaten/kota pada Provinsi Jawa Tengah tahun 2024 yang tercantum pada Tabel 1 sebagai input serta output berupa penkategorian tingkat masalah gizi balita.

Tabel 1. Data *Stunting*, *Wasting*, *Overweight* Provinsi Jawa Tengah

No	Kabupaten/Kota	<i>Stunting</i>	<i>Wasting</i>	<i>Overweight</i>
1	Cilacap	15.6	4.7	2.0
2	Banyumas	19.6	4.9	2.8
3	Purbalingga	22.3	3.7	2.6
4	Banjarnegara	20.6	3.6	3.1
5	Kebumen	18.0	4.7	1.8
6	Purworejo	14.9	4.6	3.7
7	Wonosobo	23.9	4.1	2.8
8	Magelang	19.3	4.1	2.8
9	Boyolali	24.5	3.1	4.1
10	Klaten	20.8	4.5	1.9
11	Sukoharjo	16.8	6.7	4.3
12	Wonogiri	15.1	3.2	6.6
13	Karanganyar	17.4	4.7	4.2
14	Sragen	15.8	5.1	3.9
15	Grobogan	25.6	7.1	2.2
16	Blora	21.6	7.8	3.2
17	Rembang	15.8	5.4	2.5
18	Pati	16.5	8.8	3.1
19	Kudus	13.2	4.7	8.5
20	Jepara	15.6	5.6	2.7
21	Demak	10.0	7.7	2.9
22	Semarang	14.5	4.1	3.9
23	Temanggung	27.3	2.6	3.1
24	Kendal	19.2	6.7	4.0
25	Batang	20.7	5.4	2.9
26	Pekalongan	19.5	8.8	1.8
27	Pemalang	19.1	5.9	2.6

No	Kabupaten/Kota	<i>Stunting</i>	<i>Wasting</i>	<i>Overweight</i>
28	Tegal	15.9	9.6	2.1
29	Brebes	23.1	7.1	2.4
30	Kota Magelang	15.3	3.1	3.8
31	Kota Surakarta	16.2	6.5	4.0
32	Kota Salatiga	14.0	4.3	3.7
33	Kota Semarang	11.2	3.9	4.7
34	Kota Pekalongan	19.3	9.4	2.4
35	Kota Tegal	18.0	10.8	2.5

Penentuan Himpunan Universal & Banyaknya Himpunan Fuzzy disetiap

Input dan Output

Himpunan variabel fuzzy yang digunakan dalam kasus ini mencakup empat indikator status gizi balita, yaitu *stunting*, *wasting*, dan *overweight* sebagai variabel *input*, serta masalah gizi sebagai variabel *output*, yang masing-masing dibagi ke dalam beberapa kategori keanggotaan.

Penetapan batas pada setiap fungsi keanggotaan mengacu pada ambang prevalensi gizi WHO-UNICEF (De Onis et al., 2019), yaitu 10%, 20%, dan 30% untuk *stunting* serta 5%, 10%, dan 15% untuk *wasting*. Untuk *overweight* digunakan ambang 5% dan 10%, sedangkan rentangnya dibatasi hingga 12,5% menyesuaikan sebaran data prevalensi *overweight* balita di Jawa Tengah yang tergolong rendah. Nilai di sekitar batas antarahimpunan dapat masuk ke dua kategori sekaligus, sehingga penilaian lebih luwes dan mencerminkan kondisi nyata. Adapun himpunan variabel yang digunakan dalam kasus ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Himpunan Variabel Input & Output

<i>Function</i>	Variabel	<i>Fuzzy Set</i>	<i>Universe Set</i>	<i>Domain</i>
<i>Input</i>	<i>Stunting</i>	Rendah	[0, 40]	[0 0 10 20]
		Sedang		[15 22 30]
		Tinggi		[25 35 40 40]
	<i>Wasting</i>	Rendah	[0, 15]	[0 0 5 7]
		Sedang		[5 8 11]
		Tinggi		[9 11 15 15]
	<i>Overweight</i>	Rendah	[0, 12.5]	[0 0 5 7.5]
		Sedang		[5 7.5 10]
		Tinggi		[7.5 10 12.5 12.5]
<i>Output</i>	Masalah Gizi Balita	Rendah	[0, 50]	[0 0 5 10]
		Sedang		[5 15 20]
		Tinggi		[15 25 30]
		Sangat Tinggi		[25 40 50 50]

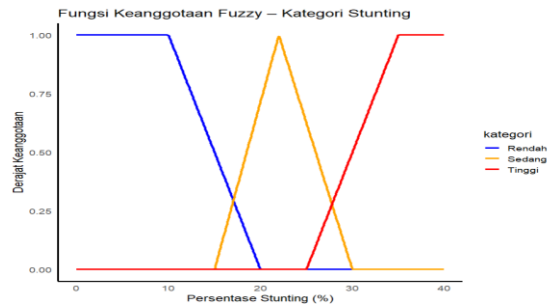
Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable *stunting* pada setiap kategori dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu_{St_{rendah}} = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ \frac{20-x}{10}, & 10 < x < 20 \\ 0, & x \geq 20 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{St_{sedang}} = \begin{cases} 0, & x \leq 15 \text{ dan } x \geq 30 \\ \frac{x-15}{7}, & 15 < x < 22 \\ \frac{30-x}{8}, & 22 \leq x < 30 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{St_{tinggi}} = \begin{cases} 0, & x \leq 25 \\ \frac{x-25}{10}, & 25 < x \leq 35 \\ 1, & x \geq 35 \end{cases} \quad (3)$$

Grafik fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable *stunting* ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* pada variabel *Stunting*

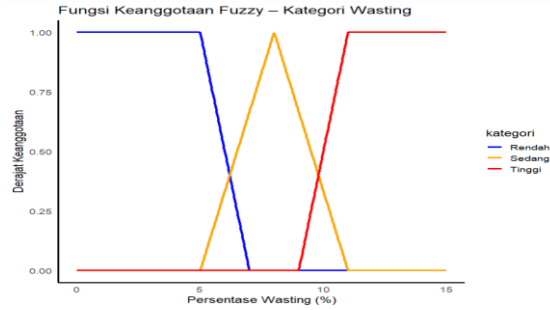
Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable *wasting* pada setiap kategori dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu_{Wt_{rendah}} = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{7-x}{2}, & 5 < x < 7 \\ 0, & x \geq 7 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Wt_{sedang}} = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 11 \\ \frac{x-5}{3}, & 5 < x < 8 \\ \frac{11-x}{3}, & 8 \leq x < 11 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Wt_{tinggi}} = \begin{cases} 0, & x \leq 9 \\ \frac{x-9}{2}, & 9 < x \leq 11 \\ 1, & x \geq 11 \end{cases} \quad (6)$$

Grafik fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable *wasting* ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* pada Variabel *Wasting*

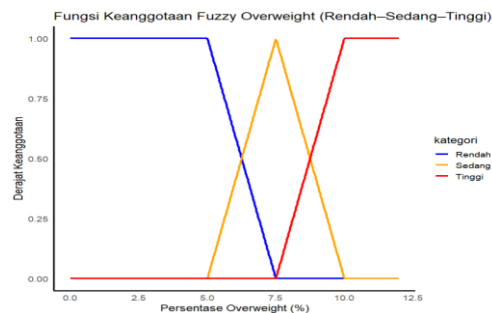
Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable *overweight* pada setiap kategori dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu_{Ow_{rendah}} = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{7,5-x}{2,5}, & 5 < x < 7.5 \\ 0, & x \geq 7.5 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Ow_{sedang}} = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 10 \\ \frac{x-5}{2,5}, & 5 < x < 7.5 \\ \frac{10-x}{2,5}, & 7.5 \leq x < 10 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{Ow_{tinggi}} = \begin{cases} 0, & x \leq 7.5 \\ \frac{x-7,5}{2,5}, & 7.5 < x \leq 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases} \quad (9)$$

Grafik fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable *overweight* ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* pada Variabel *Overweight*

Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variabel masalah gizi pada setiap kategori dirumuskan sebagai berikut.

$$\mu_{MG_{rendah}} = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{10-x}{5}, & 5 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{MG_{sedang}} = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 20 \\ \frac{x-5}{10}, & 5 < x < 15 \\ \frac{20-x}{5}, & 15 \leq x < 20 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{MG_{tinggi}} = \begin{cases} \frac{x-15}{10}, & 15 < x < 25 \\ \frac{30-x}{5}, & 25 < x < 30 \\ 0, & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{MG_{sangat tinggi}} = \begin{cases} 0, & x \leq 25 \\ \frac{x-25}{15}, & 25 < x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases} \quad (13)$$

Grafik fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variable masalah gizi balita ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* pada Variabel Masalah Gizi Balita

Pembentukan Basis Aturan Fuzzy

Setelah proses fuzzifikasi dilakukan, langkah berikutnya adalah menentukan *rule base*. *Rule base* yang digunakan berupa aturan fuzzy IF-THEN (Wang, 1997). Operator yang digunakan untuk menghubungkan antar input adalah operator AND kemudian seluruh hasilnya digabungkan dan selanjutnya melalui tahap defuzzifikasi (Parekh, 2015). Penyusunan aturan dilakukan dengan bantuan R Studio. Berdasarkan jumlah himpunan fuzzy pada variable *stunting*, *wasting*, dan *overweight* terdapat beberapa aturan Mamdani yang harus diperhatikan:

Tabel 3. Rule Base Fuzzy Mamdani Masalah Gizi Balita

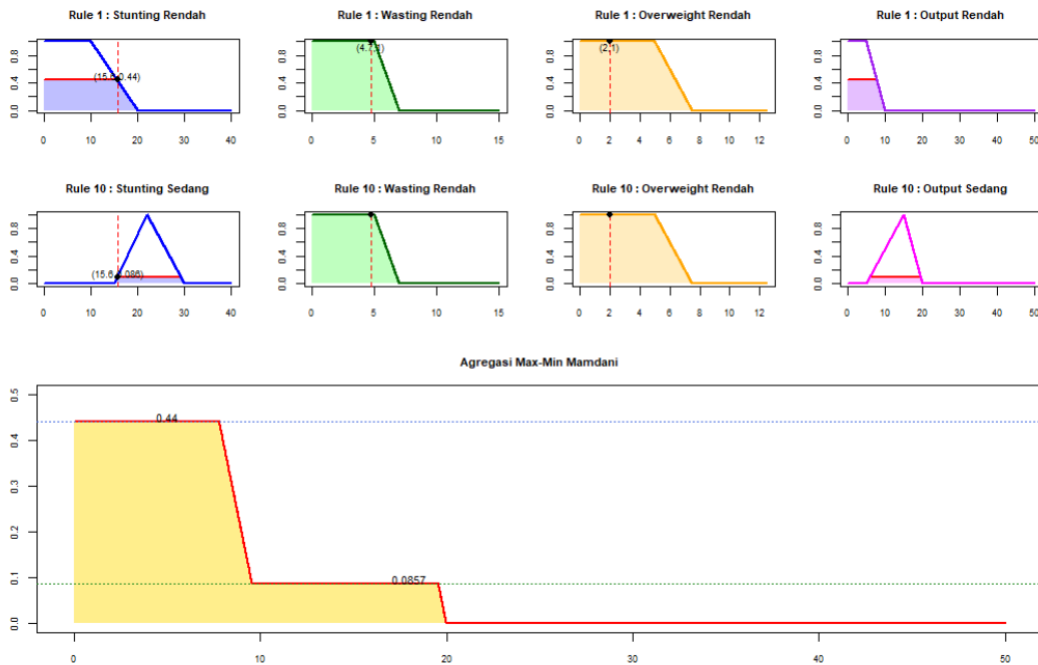
Rule	IF			THEN
	<i>Stunting</i>	<i>Wasting</i>	<i>Overweight</i>	
1	rendah	rendah	rendah	rendah
2	rendah	rendah	sedang	sedang
3	rendah	rendah	tinggi	sedang
4	rendah	sedang	rendah	sedang
5	rendah	sedang	sedang	sedang
6	rendah	sedang	tinggi	tinggi
7	rendah	tinggi	rendah	sedang
8	rendah	tinggi	sedang	tinggi
9	rendah	tinggi	tinggi	tinggi
10	sedang	rendah	rendah	sedang
11	sedang	rendah	sedang	sedang
12	sedang	rendah	tinggi	tinggi
13	sedang	sedang	rendah	sedang
14	sedang	sedang	sedang	tinggi
15	sedang	sedang	tinggi	tinggi
16	sedang	tinggi	rendah	tinggi
17	sedang	tinggi	sedang	tinggi
18	sedang	tinggi	tinggi	sangat tinggi
19	tinggi	rendah	rendah	sedang
20	tinggi	rendah	sedang	tinggi
21	tinggi	rendah	tinggi	tinggi
22	tinggi	sedang	rendah	tinggi
23	tinggi	sedang	sedang	tinggi
24	tinggi	sedang	tinggi	sangat tinggi
25	tinggi	tinggi	rendah	tinggi
26	tinggi	tinggi	sedang	sangat tinggi
27	tinggi	tinggi	tinggi	sangat tinggi

Penentuan Inferensi Mamdani Max Min

System inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah Metode Mamdani yang juga dikenal sebagai Metode Min-Max. Terdapat beberapa tahapan dalam system inferensi *fuzzy* yaitu: 1) Implikasi, yaitu proses penerapan aturan *fuzzy* dan pada penelitian ini digunakan metode Min sebagai metode implikasinya; dan 2) Agregasi yaitu proses menggabungkan seluruh keluaran aturan *fuzzy* yang telah diimplikasikan.

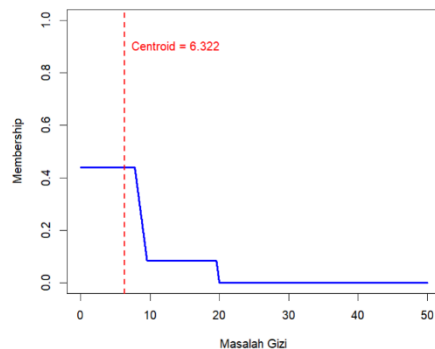
Sebagai contoh, Cilacap menggunakan dua aturan utama seperti pada Gambar 6. Rule 1 menunjukan (semua input rendah dan output rendah) dengan $\alpha_1 = \min(0.44; 1; 1) = 0.44$. Sedangkan rule 10 menunjukkan (*stunting* sedang, lainnya rendah dan output sedang) dengan $\alpha_{10} = \min(0.0857; 1; 1) = 0.0857$.

Kedua nilai ini memotong fungsi keanggotaan output masing-masing lalu digabungkan dengan agregasi Max menjadi satu daerah *fuzzy* gabungan berbentuk trapesium majemuk.



Gambar 6. Hasil Inferensi Mamdani Min-Max Kota Cilacap

Defuzzification



Gambar 7. Hasil Centroid Kota Cilacap

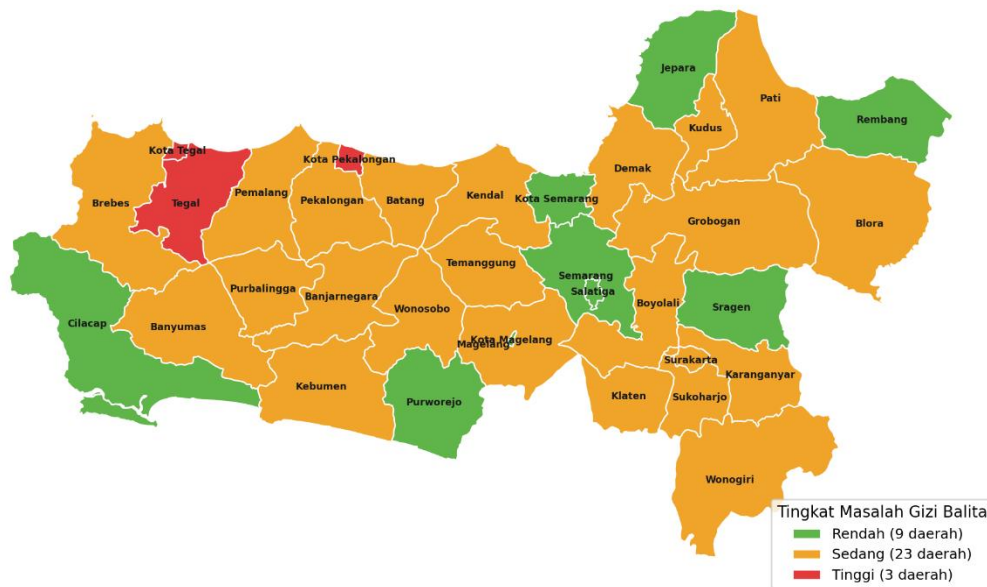
Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah himpunan *fuzzy* menjadi suatu bilangan real. Metode ini bertujuan untuk menemukan titik keseimbangan dari solusi *fuzzy* dengan cara menghitung rata-rata berbobot nilai keluaran dan luas area *fuzzy*. Metode ini merupakan yang paling dikenal dan paling banyak digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya (Voskoglou, 2016). Selain itu, metode centroid dapat menghasilkan output yang tegas dan konsisten ketika dipakai dalam

sistem kesehatan, untuk data gizi yang bersifat ambigu atau tidak pasti (Fajar et al., 2023; Furizal et al., 2024).

Sebagai contoh yaitu Cilacap, luas gabungan pada Gambar 7 dihitung *centroid*-nya pada rentang [0,50], menghasilkan nilai 6.322 pada kategori Rendah. Proses yang sama diterapkan pada seluruh 35 kabupaten/kota untuk memperoleh klasifikasi akhir pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Defuzzifikasi

No	Kabupaten/Kota	<i>Stunting</i>	<i>Wasting</i>	<i>Overweight</i>	Defuzzifikasi	Hasil
1	Cilacap	15.6	4.7	2.0	6.325	Rendah
2	Banyumas	19.6	4.9	2.8	12.865	Sedang
3	Purbalingga	22.3	3.7	2.6	13.331	Sedang
4	Banjarnegara	20.6	3.6	3.1	13.278	Sedang
5	Kebumen	18.0	4.7	1.8	11.075	Sedang
6	Purworejo	14.9	4.6	3.7	4.394	Rendah
7	Wonosobo	23.9	4.1	2.8	13.257	Sedang
8	Magelang	19.3	4.1	2.8	12.574	Sedang
9	Boyolali	24.5	3.1	4.1	13.209	Sedang
10	Klaten	20.8	4.5	1.9	13.292	Sedang
11	Sukoharjo	16.8	6.7	4.3	11.115	Sedang
12	Wonogiri	15.1	3.2	6.6	10.119	Sedang
13	Karanganyar	17.4	4.7	4.2	10.204	Sedang
14	Sragen	15.8	5.1	3.9	6.878	Rendah
15	Grobogan	25.6	7.1	2.2	14.172	Sedang
16	Blora	21.6	7.8	3.2	13.326	Sedang
17	Rembang	15.8	5.4	2.5	7.159	Rendah
18	Pati	16.5	8.8	3.1	12.907	Sedang
19	Kudus	13.2	4.7	8.5	13.143	Sedang
20	Jepara	15.6	5.6	2.7	7.863	Rendah
21	Demak	10.0	7.7	2.9	13.318	Sedang
22	Semarang	14.5	4.1	3.9	4.349	Rendah
23	Temanggung	27.3	2.6	3.1	12.893	Sedang
24	Kendal	19.2	6.7	4.0	12.426	Sedang
25	Batang	20.7	5.4	2.9	13.278	Sedang
26	Pekalongan	19.5	8.8	1.8	13.177	Sedang
27	Pemalang	19.1	5.9	2.6	12.315	Sedang
28	Tegal	15.9	9.6	2.1	15.407	Tinggi
29	Brebes	23.1	7.1	2.4	13.218	Sedang
30	Kota Magelang	15.3	3.1	3.8	5.418	Rendah
31	Kota Surakarta	16.2	6.5	4.0	10.467	Sedang
32	Kota Salatiga	14.0	4.3	3.7	4.294	Rendah
33	Kota Semarang	11.2	3.9	4.7	4.003	Rendah
34	Kota Pekalongan	19.3	9.4	2.4	15.988	Tinggi
35	Kota Tegal	18.0	10.8	2.5	19.587	Tinggi



Gambar 8. Peta Sebaran Tingkat Masalah Gizi Balita di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2024

Hasil defuzzifikasi *Center of Gravity* pada 35 kabupaten/kota Jawa Tengah menunjukkan 9 daerah (25.71%) rendah, 23 daerah (65.71%) sedang, dan 3 daerah (8.57%) tinggi, serta tidak ada yang sangat tinggi (0%). Tiga wilayah tertinggi yaitu Kota Tegal (19.587), Kota Pekalongan (15.988), dan Kabupaten Tegal (15.407) sama-sama memiliki *wasting* tinggi (9.6–10.8), sementara *stunting*-nya hanya sedang dan *overweight*-nya rendah. Ini konsisten dengan sifat *wasting* sebagai malnutrisi akut berisiko kematian tinggi meski berdiri sendiri (Mertens et al., 2023). Sebaliknya, wilayah dengan *stunting* sangat tinggi seperti Temanggung (27.3), Boyolali (24.5), dan Grobogan (25.6) tetap berkategori sedang karena *wasting* dan *overweight*-nya cukup aman yang menunjukkan sensitivitas model fuzzy terhadap interaksi antarindikator, bukan satu indikator saja (A. Fernández et al., 2021).

Menariknya, ketiga wilayah tinggi tersebut justru bukan yang termiskin. Kota Tegal, Kabupaten Tegal, dan Kota Pekalongan berada jauh di bawah rata-rata kemiskinan Jawa Tengah (10,47%) (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2025). Grobogan dan Brebes yang lebih miskin namun berkategori sedang. Ini menegaskan bahwa kemiskinan saja tidak cukup menjelaskan *wasting* tinggi; faktor pola asuh, sanitasi, dan lingkungan turut berperan (Akombi et al., 2017; Morroni & Glasier, 2020) termasuk kemungkinan transisi pola makan ke makanan olahan yang

lebih umum di wilayah urban seperti Kota Tegal dan Kota Pekalongan (Lowe et al., 2021).

Tidak adanya kategori sangat tinggi disebabkan tidak ada wilayah dengan *stunting*, *wasting*, dan *overweight* tinggi secara simultan. Kota Tegal sekalipun *overweight*-nya masih rendah (2.5), sehingga rule "sangat tinggi" tidak teraktivasi kuat. Hal ini juga sejalan dengan sifat centroid yang menarik nilai ke tengah, bukan ke titik ekstrem (Sudrajat & Agustiani, 2023). Pola berbeda terlihat pada Kendal yaitu *overweight* tertinggi (4) di provinsi dengan *wasting* cukup tinggi (6.7) meski *stunting* relatif rendah (19,2%) mencerminkan *double burden of malnutrition* akibat transisi pola makan di pedesaan Jawa Tengah (Lowe et al., 2021; Rachmi et al., 2016)

Secara praktis, hasil klasifikasi *fuzzy* ini dapat menjadi dasar dalam penentuan prioritas intervensi, penempatan sumber daya, serta evaluasi kebijakan gizi balita di tingkat daerah. Wilayah dengan kategori tinggi dapat diarahkan pada program intensif seperti suplementasi gizi, perbaikan layanan kesehatan ibu-anak, atau penguatan edukasi gizi keluarga. Sementara wilayah dalam kategori sedang dapat difokuskan pada pencegahan agar tidak meningkat menjadi kategori tinggi. Pada akhirnya, sistem *fuzzy* terbukti mampu menggambarkan kompleksitas kondisi gizi balita secara lebih realistis dan menghasilkan output yang mudah dipahami oleh pemangku kebijakan, sehingga mendukung perencanaan program gizi yang lebih tepat sasaran dan berbasis bukti.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Inference System Mamdani mampu mengatasi keragaman dan ketidakpastian data prevalensi *stunting*, *wasting*, dan *overweight* antar kabupaten/kota di Jawa Tengah. Melalui proses fuzzifikasi hingga defuzzifikasi berbasis metode centroid yang diimplementasikan pada R Studio, seluruh 35 wilayah berhasil diklasifikasikan ke dalam empat tingkat masalah gizi, yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil klasifikasi menunjukkan 9 daerah (25.71%) berkategori rendah, 23 daerah (65.71%) sedang, dan 3 daerah (8.57%) tinggi, sedangkan tidak satu pun wilayah (0%) yang masuk kategori sangat tinggi. Kondisi ini terjadi karena tidak ada

kabupaten/kota yang mengalami stunting, wasting, dan overweight tinggi secara bersamaan, sehingga aturan fuzzy untuk kategori tersebut tidak teraktivasi kuat; nilai defuzzifikasi tertinggi sekalipun (Tegal; 19.587) masih berada dalam rentang kategori tinggi. Temuan ini menegaskan logika fuzzy lebih adaptif dibanding metode kategorikal baku karena mampu menangkap interaksi antarindikator gizi secara simultan, sehingga hasilnya lebih realistis dibanding pendekatan ambang batas tunggal. Model ini dapat menjadi dasar penentuan prioritas intervensi gizi dan kebijakan kesehatan balita yang lebih tepat sasaran, khususnya bagi tiga daerah berkategori tinggi yang memerlukan perhatian lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, khususnya Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan (BKPK), atas ketersediaan data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 yang menjadi dasar dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan masukan, saran, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Puspasari, D., Thaha, R., Lipoeto, Witoelar, Syafiq, & Avenzora. (2025). *SURVEI STATUS GIZI INDONESIA 2024*. Kementerian Kesehatan RI.
- Akombi, B. J., Agho, K. E., Merom, D., Hall, J. J., & Renzaho, A. M. (2017). Multilevel analysis of factors associated with wasting and underweight among children under-five years in Nigeria. *Nutrients*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/nu9010044>
- Aswi, A., Rahardianto, S., Kurnia, A., Sartono, B., Handayani, D., & Nurwan, N. (2025). Bayesian spatio-temporal conditional autoregressive localized modeling techniques for socioeconomic factors and stunting in Indonesia. *MethodsX*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103464>
- Ayuningtyas, D., Hapsari, D., Rachmalina, R., Amir, V., Rachmawati, R., & Kusuma, D. (2022). Geographic and Socioeconomic Disparity in Child Undernutrition across 514 Districts in Indonesia. *Nutrients*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/nu14040843>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2025). *Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2025*.
- Baral, S., & Nakazawa, M. (2026). Analysis of Factors Affecting Child Nutrition in Nepal Using the Nepal Demographic and Health Survey 2022. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.102248>

- Belayneh, M., Loha, E., & Lindtjørn, B. (2021). Spatial variation of child stunting and maternal malnutrition after controlling for known risk factors in a drought-prone rural community in Southern Ethiopia. *Annals of Global Health*, 87(1). <https://doi.org/10.5334/aogh.3286>
- BPBD Kabupaten Blora. (2023). *BPBD Kab. Blora Mulai Droping Bantuan Air Bersih di Wilayah Terdampak Kekeringan*.
- Dassie, G. A., Chala Fantaye, T., Charkos, T. G., Sento Erba, M., & Balcha Tolosa, F. (2024). Factors influencing concurrent wasting, stunting, and underweight among children under five who suffered from severe acute malnutrition in low- and middle-income countries: a systematic review. In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 11). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1452963>
- De Onis, M., Borghi, E., Arimond, M., Webb, P., Croft, T., Saha, K., De-Regil, L. M., Thuita, F., Heidkamp, R., Krasevec, J., Hayashi, C., & Flores-Ayala, R. (2019). Prevalence thresholds for wasting, overweight and stunting in children under 5 years. *Public Health Nutrition*, 22(1), 175–179. <https://doi.org/10.1017/S1368980018002434>
- Dyah Muslihah, & Fatchul Arifin. (2023). Determining Students' Nutritional Status Using Mamdani Fuzzy Logic Method. *International Journal of Scientific Multidisciplinary Research*, 1(11), 1415–1426. <https://doi.org/10.55927/ijsmr.v1i11.7104>
- Fajar, R., Bern, R., Mendoza, D., & Kurnia, N. (2023). Comparative Study of Centroid Defuzzification and Maximum Defuzzifier Model Mean of Maxima Algorithm for Coronary Artery Disease Diagnosis. *Journal of Hypertension*. <https://doi.org/0.1097/01.hjh.0000939676.28056.09>
- Fernández, R. F., Soto, M. L. F., Garach, A. M., Vilchez, F. J., Cayón, M., Rey, S. G., Torres, F., & Almeida, J. M. G. (2023). Machine learning decision tree and ultrasound assessment variables (nutritional ultrasound) to predict mortality in patients with HNC cancer undergoing radiotherapy (Valor study). *Clinical Nutrition ESPEN*, 58, 427. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.09.014>
- Furizal, Ma'arif, A., Wijaya, S. A., Murni, & Suwarno, I. (2024). Analysis and Performance Comparison of Fuzzy Inference Systems in Handling Uncertainty: A Review. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 5(4), 1203–1215. <https://doi.org/10.18196/jrc.v5i4.22123>
- Hasan, H. A., & Mohammad, M. J. (2023a). Classification of Iraqi Children According to Their Nutritional Status Using Fuzzy Logic This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). In *Journal of Economics and Administrative Sciences* (Vol. 29, Number 138). <http://jeasiq.uobaghdad.edu.iq>
- Hasan, H. A., & Mohammad, M. J. (2023b). Classification of Iraqi Children According to Their Nutritional Status Using Fuzzy Logic This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). In *Journal of Economics and Administrative Sciences* (Vol. 29, Number 138). <http://jeasiq.uobaghdad.edu.iq>
- Janssen, S. M., Bouzembrak, Y., & Tekinerdogan, B. (2024). Artificial Intelligence in Malnutrition: A Systematic Literature Review. In *Advances in Nutrition* (Vol. 15, Number 9). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100264>

- Kartika, R., & Widyawati, R. F. (2025). *Efektivitas Penggunaan Dana Desa dalam Pemberian PMT Stunting di Desa Geneng*. 6, 3838.
- Kiosia, A., Dagbasi, A., Berkley, J. A., Wilding, J. P. H., Prendergast, A. J., Li, J. V., Swann, J., Mathers, J. C., Kerac, M., Morrison, D., Drake, L., Briend, A., Maitland, K., & Frost, G. (2024). The double burden of malnutrition in individuals: Identifying key challenges and re-thinking research focus. In *Nutrition Bulletin* (Vol. 49, Number 2, pp. 132–145). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/nbu.12670>
- Kirollos, A., Goyheneix, M., Kalmus Elias, M., Chisala, M., Lissauer, S., Gladstone, M., & Kerac, M. (2022). Neurodevelopmental, cognitive, behavioural and mental health impairments following childhood malnutrition: A systematic review. In *BMJ Global Health* (Vol. 7, Number 7). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2022-009330>
- Latifah, L., Riyadi, S., Sofianto, A., Susilowati, T., Febrian, L., Ambarwati, O. C., Najib, & Rachmadhani, A. (2024). Mengurai Simpul Masalah Stunting di Jawa Tengah. *Policy Paper*, 1(1).
- Lowe, C., Kelly, M., Sarma, H., Richardson, A., Kurscheid, J. M., Laksono, B., Amaral, S., Stewart, D., & Gray, D. J. (2021). The double burden of malnutrition and dietary patterns in rural Central Java, Indonesia. *The Lancet Regional Health - Western Pacific*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2021.100205>
- Melin, P., Castillo, O., & Kacprzyk, J. (2015). *Studies in Computational Intelligence 601 Design of Intelligent Systems Based on Fuzzy Logic, Neural Networks and Nature-Inspired Optimization*. Springer. <http://www.springer.com/series/7092>
- Mertens, A., Benjamin-Chung, J., Colford, J. M., Hubbard, A. E., van der Laan, M. J., Coyle, J., Sofrygin, O., Cai, W., Jilek, W., Rosete, S., Nguyen, A., Pokpongkiat, N. N., Djajadi, S., Seth, A., Jung, E., Chung, E. O., Malenica, I., Hejazi, N., Li, H., ... Yori, P. P. (2023). Child wasting and concurrent stunting in low- and middle-income countries. *Nature*, 621(7979), 558–567. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06480-z>
- Morroni, C., & Glasier, A. (2020). Increasing the use of effective postpartum contraception: urgent and possible. In *The Lancet Global Health* (Vol. 8, Number 3, pp. e316–e317). Elsevier Ltd. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30045-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30045-0)
- Mulyani, A. T., Khairinisa, M. A., Khatib, A., & Chaerunisaa, A. Y. (2025). Understanding Stunting: Impact, Causes, and Strategy to Accelerate Stunting Reduction—A Narrative Review. In *Nutrients* (Vol. 17, Number 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu17091493>
- Muslihah, D., & Arifin, F. (2023). Determining Students' Nutritional Status Using Mamdani Fuzzy Logic Method. *International Journal of Scientific Multidisciplinary Research*, 1(11), 1415–1426. <https://doi.org/10.55927/ijsmr.v1i11.7104>
- Parajuli, R., & Oldewage-Theron, W. (2025). A Growing Triple Burden of Malnutrition in South Asia Due to the Cumulative Effect of Double Burden of Malnutrition and Parasitic Infections in South Asian Low- and Middle-Income Countries: A Scoping Review. In *Nutrients* (Vol. 17, Number 21).

- Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu17213494>
- Parekh, F. (2015). Application of Mamdani Fuzzy Inference System for Runoff Prediction. In *International Journal of Science and Research* (Vol. 6). www.ijsr.net
- Potdar, R., Kowar, M., Biswas, A., & Amtey, M. (2012). Multi-Scale Domain Classification Based Heart Sound Compression. *International Journal of Soft Computing Engineering*, 2(2).
- Rachmi, C. N., Agho, K. E., Li, M., & Baur, L. A. (2016). Stunting coexisting with overweight in 2·0-4·9-year-old Indonesian children: Prevalence, trends and associated risk factors from repeated cross-sectional surveys. *Public Health Nutrition*, 19(15), 2698–2707. <https://doi.org/10.1017/S1368980016000926>
- Sudrajat, & Agustiani, S. (2023). Penerapan Fuzzy Logic Mamdani untuk Menentukan Prestasi Belajar Matematika Siswa SMP. *ELIPS: JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA*, 4(2). <http://journal.unpacti.ac.id/index.php/ELIPS>
- Surhajito, S., Jimmy, J., & Girsang, A. S. (2017a). Mobile decision support system to determine Toddler's nutrition using fuzzy sugeno. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3683–3691. <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3683-3691>
- Surhajito, S., Jimmy, J., & Girsang, A. S. (2017b). Mobile decision support system to determine Toddler's nutrition using fuzzy sugeno. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3683–3691. <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3683-3691>
- Swastina, L., Rahmatullah, B., Saad, A., & Khan, H. (2024). A systematic review on research trends, datasets, algorithms, and frameworks of children's nutritional status prediction. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 13(2), 1866–1875. <https://doi.org/10.11591/ijai.v13.i2.pp1868-1877>
- Tan, P. Y., Chan, C. L., Som, S. V., Dye, L., Moore, J. B., Caton, S., & Gong, Y. Y. (2025). Prevalence and key determinants of the triple burden of childhood malnutrition in Southeast Asian countries: a systematic review and meta-analysis within an adapted socio-ecological framework. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 65, Number 28, pp. 5683–5697). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2419539>
- Triyanto, Purnadi, Otok, B. W., & Purnami, S. W. (2016). Hypothesis testing of geographically weighted multivariate poisson regression. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 100(5), 747–762. <https://doi.org/10.17654/MS100050747>
- Verma, P., & Jang Bahadur Prasad. (2021). Stunting, wasting and underweight as indicators of under-nutrition in under five children from developing Countries: A systematic review. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 15(5). <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.102243>
- Voskoglou, M. G. (2016). Comparison of the COG Defuzzification Technique and Its Variations to the GPA Index. *American Journal of Computational and Applied Mathematics*, 6(5). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1612.00742>

- Wang, L.-X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control* (N. P. H. Upper Saddle River, Ed.).
- Wells, J. C., Sawaya, A. L., Wibaek, R., Mwangome, M., Poullas, M. S., Yajnik, C. S., & Demaio, A. (2020). The double burden of malnutrition: aetiological pathways and consequences for health. In *The Lancet* (Vol. 395, Number 10217, pp. 75–88). Lancet Publishing Group. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32472-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32472-9)
- Yani, D. I., Rahayuwati, L., Sari, C. W. M., Komariah, M., & Fauziah, S. R. (2023). Family Household Characteristics and Stunting: An Update Scoping Review. In *Nutrients* (Vol. 15, Number 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15010233>
- Zhang, X., Liu, J., Ni, Y., Yi, C., Fang, Y., Ning, Q., Shen, B., Zhang, K., Liu, Y., Yang, L., Li, K., Liu, Y., Huang, R., & Li, Z. (2024a). Global Prevalence of Overweight and Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Pediatrics*, 178(8), 800–813. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2024.1576>