

Aplikasi Sistem Pakar Penentuan Status Gizi Balita Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*

Dani Sufianto¹, Anik Vega Vitianingsih², Slamet Kacung³, Anastasia Lidya Maukar⁴, Fitri Marisa⁵

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dr Soetomo, Surabaya, Indonesia

⁴Program Studi Teknik Industri, President University, Bekasi, Indonesia

⁵Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Malang, Indonesia

¹danisufianto5@gmail.com

²vega@unitomo.ac.id

³slamet@unitomo.ac.id

⁴almaukar@president.ac.id

⁵fitrimasrisa@widyagama.ac.id

Abstrak

Malnutrisi masih menjadi isu nasional yang mempengaruhi banyak wilayah di Indonesia. Penggunaan Kartu Menuju Sehat (KMS) dianggap kurang optimal karena sering terjadi kesalahan pencatatan akibat hilangnya kartu tersebut, sehingga tidak dapat dilakukan pemantauan status gizi balita dengan baik. Selain itu, masyarakat, khususnya orang tua, ingin mengetahui apakah pola makan balita mereka cukup atau tidak. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan sebuah aplikasi untuk menentukan status gizi balita. Pentingnya penelitian ini dilakukan adalah untuk membantu tenaga medis dalam memberikan penilaian status gizi balita yang dapat diandalkan akurasi melalui aplikasi sistem pakar. Tujuan dari penelitian ini ialah mengembangkan aplikasi sistem pakar yang memanfaatkan metode Fuzzy Mamdani untuk mengidentifikasi status gizi balita berdasarkan parameter berat badan, usia, tinggi badan, dan ukuran lingkaran lengan. Tahapan dalam penelitian ini meliputi identifikasi parameter yang mempengaruhi status gizi melalui sumber kepakaran dari Dokter, menentukan himpunan dan aturan dalam metode Fuzzy, implementasi sistem, evaluasi dan optimasi sistem. Hasil penelitian menyatakan bahwa metode Fuzzy Mamdani memiliki nilai akurasi 90,2% untuk mendeteksi status gizi balita. Uji penerimaan penilaian tampilan aplikasi menghasilkan 92,5%, kemudahan penggunaan aplikasi 85,83%, dan analisis sistem menghasilkan 90,83%.

Kata kunci: Aplikasi Sistem Pakar, Penentuan Status Gizi Balita, Metode Fuzzy, Fuzzy Mamdani.

Expert System Application for Determining Toddler Nutrition Status Using the Mamdani Fuzzy Method

Abstract

Malnutrition is still a national issue that affects many regions in Indonesia. The use of the Kartu Menuju Sehat (KMS) is considered less than optimal because of frequent recording errors due to the loss of the card, making it impossible to properly monitor the nutritional status of toddlers. In addition, people, especially parents, want to know whether their toddler's diet is adequate or not. Based on these problems, an application is needed to determine the nutritional status of toddlers. This research is important to assist medical personnel in assessing the nutritional status of toddlers and can be relied upon for accuracy through an expert system application. This research aims to develop an expert system application that utilizes the Fuzzy Mamdani method to identify the nutritional status of toddlers based on weight, age, height, and arm circumference parameters. The stages in this research include identifying parameters that affect nutritional status through sources of expertise from doctors, determining sets and rules in the fuzzy method, system implementation, system evaluation, and optimization. The results stated that the Fuzzy Mamdani method has an accuracy value of 90.2% in detecting the nutritional status of toddlers. The acceptance test of the application display assessment resulted in 92.5%, the ease of use of the application was 85.83%, and system analysis resulted in 90.83%.

Keywords: Expert System Application, Determination of Nutritional Status of Toddlers, Fuzzy Method, Fuzzy Mamdani.

I. PENDAHULUAN

Kekurangan nutrisi masih menjadi permasalahan nasional yang sering terjadi pada beberapa daerah di Indonesia. Dapat dilihat dari Studi Status Gizi Indonesia (SSGI) angka stunting balita di Indonesia sebesar 24,41% [1]. Masalah gizi yang tidak teratasi dapat menghambat perkembangan ekonomi suatu negara [2]. Pemantauan status gizi penting dilakukan untuk mengidentifikasi masalah pertumbuhan sejak dini [3]. Anak balita merupakan golongan usia yang kerap mengalami masalah gizi [4]. Malnutrisi pada balita menyebabkan berkurangnya kemampuan perkembangan tubuh, tubuh lebih kecil, dan ukuran otak lebih kecil. Kondisi ini mempengaruhi perkembangan intelektual otak. Asupan nutrisi yang baik berperan penting dalam optimalnya perkembangan tubuh dan otak [5]. Proses pemantauan status gizi pada balita membutuhkan ketelitian lebih. Petugas Puskesmas menggunakan Kartu Menuju Sehat (KMS) untuk mengetahui seberapa sehat balita. Namun, penggunaan Kartu Menuju Sehat ini dianggap kurang efektif karena hilangnya Kartu Menuju Sehat dapat menyebabkan kesahatan pencatatan yang membuat status gizi balita tidak dapat dipantau dengan tepat [6]. Hal inilah yang akan menyebabkan permasalahan gizi buruk apabila tidak dapat ditangani dengan cepat. Oleh karena itu, sebuah aplikasi yang dapat menentukan status gizi balita diperlukan. Metode pemantauan status gizi balita saat ini sebagian besar masih menggunakan pengukuran antropometri langsung [7]. Pengukuran tersebut meliputi berat badan, tinggi badan, dan pemanfaatan indeks massa tubuh (BMI) untuk mengetahui apakah balita mengalami gizi kurang, gizi baik, atau gizi berlebih secara keseluruhan [8]. Meskipun metode ini efisien, metode ini sering kali memerlukan analisis manual, yang dapat menyebabkan ketidakkonsistenan antar alat ukur dan rentan terhadap kesalahan subjektivitas. Berdasarkan hasil penelitian ini, maka solusi yang kami usulkan adalah dengan dibuatnya aplikasi sistem pakar yang memanfaatkan Metode Fuzzy Mamdani untuk mengetahui karakteristik gizi balita. Penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Mamdani karena kemampuannya dalam menangani subjektivitas dan ketidakpastian [9] dalam data penentuan status gizi balita. Agar pencatatan status gizi balita dapat dilakukan dengan baik, aplikasi seperti itu akan sangat dibutuhkan.

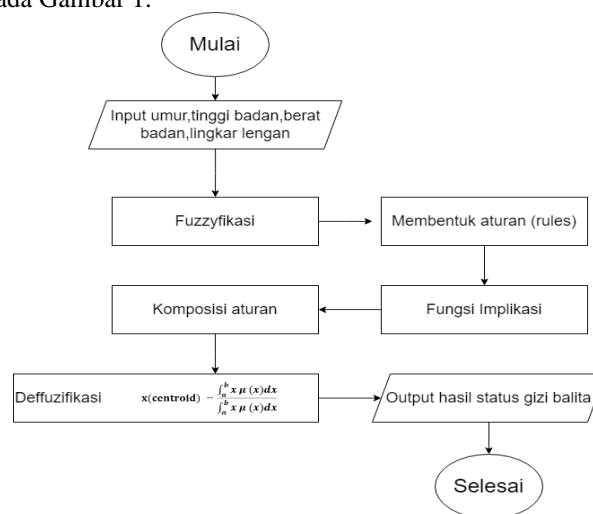
Penelitian sebelumnya menggunakan metode *Fuzzy Tahani* dengan parameter berat badan, tinggi badan dan umur berbasis Sistem Pendukung Keputusan. Hasil penelitian tersebut memiliki hasil 85.71% dari 35 data yang diujikan [10]. Sementara hasil penelitian yang menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dengan parameter berat badan, panjang badan, dan umur mempunyai hasil 90,333% [11]. Berdasarkan studi literature tersebut diatas, sudah banyak peneliti yang membahas mengenai status gizi balita. Akan tetapi pada penelitian ini ditambahkan parameter lingkaran guna penentuan status gizi balita. Tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi penentuan status gizi pada balita menerapkan metode *Fuzzy Mamdani*. Metode ini menerapkan model hubungan antara *input* dan *output* dengan menggunakan aturan *fuzzy* dan

fungsi keanggotaan yang lebih kompleks [12]. Ebrahim Mamdani pertama kali mengembangkan metode Mamdani pada tahun 1975. [13]. Parameter yang akan di gunakan yaitu umur, tinggi badan, berat badan, dan lingkaran lengan. Kemampuan dari aplikasi ini yaitu mampu menambahkan data balita ke dalam aplikasi, menghitung status gizi balita, melihat riwayat pengukuran dan perhitungan status gizi, mampu menampilkan grafik pertumbuhan, mampu menampilkan angka kecukupan gizi balita.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat aplikasi sistem pakar untuk penentuan status gizi balita berbasis website menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Hasil penelitian ini mampu memberikan penilaian yang lebih obyektif dan konsisten karena berbasis sistem dengan pengetahuan yang bersumber dari pakar (Dokter). Sistem ini akan menggabungkan parameter antropometri, diantaranya berat badan, usia, tinggi badan, dan ukuran lingkaran lengan untuk diterjemahkan dalam aturan fuzzy, sehingga memungkinkan penilaian status gizi lebih akurat dan dinamis. Pemberian saran yang cepat dan akurat berdasarkan masukan dari data balita yang dimasukkan ke dalam sistem memungkinkan sistem untuk dimanfaatkan oleh banyak Puskesmas atau oleh petugas kesehatan.

II. METODOLOGI

Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Step-1: Penentuan masalah penelitian sebagai basis data dalam input data melalui studi literature kepakaran yang bersumber dari Dokter Spesialis Gizi. Identifikasi masalah terkait dengan parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan status gizi balita yaitu berdasarkan umur, tinggi badan, berat badan, dan lingkaran lengan.

Step-2: Tahap perancangan system yaitu dengan membuat antarmuka sistem, basis pengetahuan yang bersumber dari dataset parameter, aturan-aturan yang digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani, dan proses inferensi.

- **Fuzzyfikasi:** Derajat keanggotaan masing-masing himpunan ditentukan dengan menggunakan metode fuzzyfikasi [14]. Representasi grafis yang menggambarkan transformasi titik-titik data input ke dalam derajat keanggotaan masing-masing disebut sebagai fungsi keanggotaan fuzzy [15].

- Membentuk Aturan (*Rules*): Pembentukan aturan (rule) dalam bentuk IF... THEN
- Fungsi Implikasi: Bentuk akhir *output fuzzy* ditentukan melalui Teknik implikasi [16]
- Komposisi Aturan: Fungsi MAX digunakan untuk mengatur aturan fungsi implikasi dengan mengambil nilai maksimum dari output aturan. Pada teknik MAX, alternatif himpunan fuzzy didapatkan dengan pengambilan guna mengubah rentang fuzzy, dan diterapkan pada keluaran. Setelah semua preposisi dievaluasi, keluarannya berisi himpunan fuzzy yang menunjukkan kontribusi setiap preposisi. [17]
- Defuzifikasi: Input proses ini ialah himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari susunan aturan *fuzzy*, dan keluarannya ialah bilangan dalam domain himpunan *fuzzy*. Yang termasuk teknik defuzifikasi ialah *composite moment* atau *centroid* [16] menggunakan Persamaan (1).

$$x(\text{centroid}) = \frac{\int_a^b x \mu(x) dx}{\int_a^b \mu(x) dx} \tag{1}$$

- *Output* hasil status gizi balita: Proses ini memberikan hasil mengenai status gizi balita: buruk, kurang, normal, baik, lebih, dan obesitas.

Step-3: Evaluasi Sistem melalui pengujian *Usability*. *Sistem Usability Scale* digunakan untuk mengevaluasi seberapa baik pengimplementasian sistem. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kuesioner berdasarkan sudut pandang pengguna. Dalam sepuluh item pernyataan, responden diharuskan untuk memberi nilai system dengan kategori yakni “sangat setuju” “setuju” “netral” “tidak setuju” dan “sangat tidak setuju” Variabel R1 hingga R10 dimiliki oleh setiap item pernyataan.[18]. Skor keseluruhan pada System Usability Scale (SUS) dihitung dengan mengambil rata-rata skor individu menggunakan Persamaan (2) [19].

$$SUS = (((R1-1) + (5-R2) + (R3-1) + (5-R4) + (R5-1) + (5-R6) + (R7-1) + (5-R8) + (R9-1) + (5-R10)) \times 2.5) \tag{2}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan status gizi balita digunakan empat parameter sebagai variable *input* dengan satu variable *output*. Variabel *input* tersebut diantaranya adalah umur, tinggi badan, berat badan, dan lingkaran lengan. Status gizi balita akan dijadikan variabel output yang akan diolah. Uji coba yang diterapkan dalam penelitian ini merujuk pada data pada Tabel I.

TABEL I
DATASET UJI

Jenis Kelamin	Perempuan
Umur	18 Bulan
Tinggi Badan	77 Cm
Berat Badan	10 Kg
Lingkar Lengan	18 Cm

Rincian data dapat diperiksa seperti aturan variabel input dan output pada Tabel II yang meliputi variabel input data yang terdiri dari data parameter umur, Tinggi Badan,

Berat Badan, dan Lingkar Lengan dengan variabel output yaitu status gizi berdasarkan penilaian himpunan fungsi keanggotaan.

TABEL II
VARIABEL INPUT DAN OUTPUT FUZZY

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan Fungsi Keanggotaan
Variabel Input Fuzzy	Umur	[0 - 60]
	Tinggi Badan	[0-124]
	Berat Badan	[0 - 28]
	Lingkar Lengan	[0 - 22]
Variabel Output Fuzzy	Status Gizi	[0 - 123]

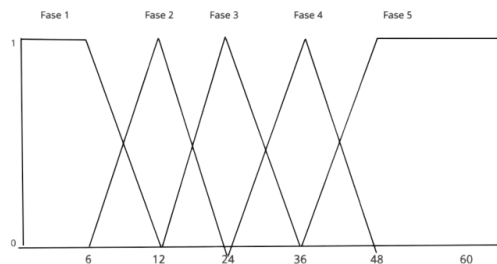
Tabel III merupakan nilai kurva segitiga, bahu, dan trapezium untuk menghitung derajat keanggotaan masing-masing variable yang terdiri dari himpunan fuzzy, domain dan fungsi keanggotaan.

TABEL III
HIMPUNAN FUZZY PENILAIAN STATUS GIZI

Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain	Fungsi Keanggotaan
Umur	“Fase 1”	[0 - 12]	Bahu Kiri
	“Fase 2”	[6 - 24]	Segitiga
	“Fase 3”	[12 - 36]	Segitiga
	“Fase 4”	[24 - 48]	Segitiga
	“Fase 5”	[36 - 60]	Bahu Kanan
Tinggi Badan	Pendek	[0-75]	Bahu Kiri
	Sedang	[49-101]	Segitiga
	Tinggi	[75-124]	Bahu Kanan
Berat Badan	Kurang	[0-13]	Bahu Kiri
	Sedang	[7-19]	Segitiga
	Lebih	[13-28]	Bahu Kanan
Lingkar Lengan	Kecil	[0-14]	Bahu Kiri
	Sedang	[10-18]	Segitiga
	Besar	[14-22]	Segitiga
Status Gizi	Gizi Buruk	[0-48]	Bahu Kiri
	Gizi Kurang	[43-53]	Segitiga
	Normal / Baik	[48-70]	Segitiga
	Gizi Lebih	[53-83]	“Segitiga”
	Obesitas	[70-123]	“Bahu Kanan”

Grafik representasi derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* penilaian status gizi balita ditunjukkan pada Gambar 2-6, yaitu:

- Grafik Representasi Derajat Keanggotaan Variabel Umur

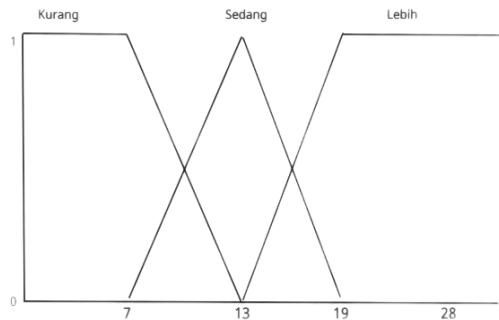


Gambar 2 Derajat Keanggotaan Umur

Dimana,

$$\begin{aligned} \mu_{fase1}(18) &= 0 \\ \mu_{fase2}(18) &= \frac{24 - 18}{24 - 12} = \frac{6}{12} = 0,5 \\ \mu_{fase3}(18) &= \frac{18 - 12}{24 - 12} = \frac{6}{12} = 0,5 \\ \mu_{fase4}(18) &= 0 \\ \mu_{fase5}(18) &= 0 \end{aligned}$$

- Grafik Representasi Derajat Keanggotaan Berat Badan

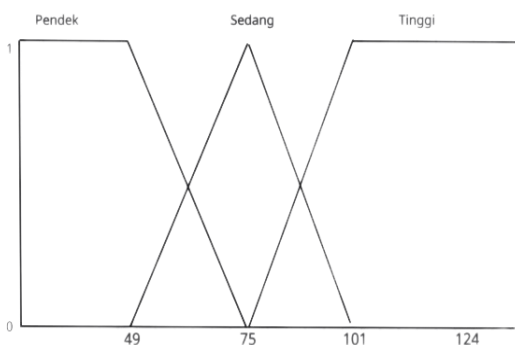


Gambar 3 Derajat Keanggotaan Umur

Dimana,

$$\begin{aligned} \mu_{fase1}(18) &= 0 \\ \mu_{fase2}(18) &= \frac{24 - 18}{24 - 12} = \frac{6}{12} = 0,5 \\ \mu_{fase3}(18) &= \frac{18 - 12}{24 - 12} = \frac{6}{12} = 0,5 \\ \mu_{fase4}(18) &= 0 \\ \mu_{fase5}(18) &= 0 \end{aligned}$$

- Grafik Representasi Keanggotaan Variabel Tinggi Badan

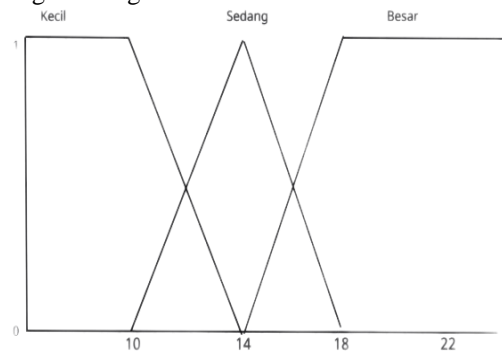


Gambar 4 Derajat Keanggotaan Tinggi Badan

Dimana,

$$\begin{aligned} \mu_{pendek}(77) &= 0 \\ \mu_{sedang}(77) &= \frac{101 - 77}{101 - 75} = \frac{24}{26} = 0,9321 \\ \mu_{tinggi}(77) &= \frac{77 - 75}{101 - 75} = \frac{2}{26} = 0,0769 \end{aligned}$$

- Grafik Representasi Keanggotaan Variabel Lingkaran Lengan

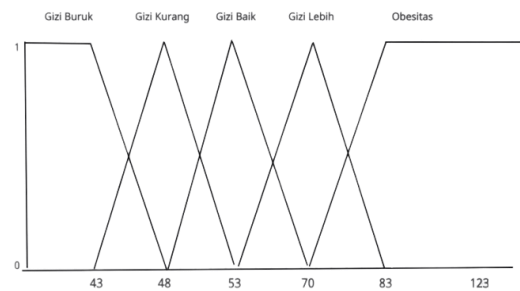


Gambar 5 Derajat Keanggotaan Lingkaran Lengan

Dimana,

$$\begin{aligned} \mu_{kecil}(18) &= 0 \\ \mu_{sedang}(18) &= 0 \\ \mu_{besar}(19) &= 1 \end{aligned}$$

- Grafik Representasi Keanggotaan Variabel Output Status Gizi



Gambar 6 Derajat Keanggotaan Output Status Gizi

Dimana,

$$\begin{aligned} \mu_{giziburuk}(z) &= \begin{cases} 1 & z \leq 43 \\ \frac{48 - z}{48 - 43} & 43 < z < 48 \\ 0 & z \geq 48 \end{cases} \\ \mu_{gizikurang}(z) &= \begin{cases} \frac{z - 43}{48 - 43} & 43 < z \leq 48 \\ \frac{53 - z}{53 - 48} & 48 < z < 53 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \mu_{gizibaik}(z) &= \begin{cases} \frac{z - 48}{53 - 48} & 48 < z \leq 53 \\ \frac{70 - z}{70 - 53} & 53 < z < 70 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \mu_{gizilebih}(z) &= \begin{cases} \frac{z - 53}{70 - 53} & 53 < z \leq 70 \\ \frac{83 - z}{83 - 70} & 70 < z < 83 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\mu_{giziobesitas}(z) = \begin{cases} \frac{z - 70}{83 - 70} & 70 < z \leq 83 \\ 1 & 83 < z \leq 123 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

Aturan yang relevan dengan penelitian ini dibuat setelah pembentukan variabel pada himpunan fuzzy. Fungsi implikasi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *Rule Base System* mengacu pada Tabel IV.

TABEL IV
RULE BASE SYSTEM

[R1]	If Umur : Fase 1 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik $\alpha_1 = \text{Min (Fase 1; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$
[R2]	If Umur : Fase 1 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang $\alpha_2 = \text{Min (Fase 1; Kurang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,0769; 1)}$ $= 0$
[R3]	If Umur : Fase 1 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Lebih $\alpha_3 = \text{Min (Fase 1; Sedang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$
[R4]	If Umur : Fase 1 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Lebih $\alpha_4 = \text{Min (Fase 1; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0, 9321; 1)}$ $= 0$
[R5]	If Umur : Fase 2 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang. $\alpha_5 = \text{Min (Fase 2; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0, 9321; 1)}$ $= 0,5$
[R6]	If Umur : Fase 2 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang. $\alpha_6 = \text{Min (Fase 2; Kurang; Tinggi ; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0,0769; 1)}$ $= 0, 0769$
[R7]	If Umur : Fase 2 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik $\alpha_7 = \text{Min (Fase 2; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0,5$
[R8]	“If Umur” : Fase 2 “And Berat Badan” : Sedang “And Tinggi Badan” : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik $\alpha_8 = \text{Min (Fase 2 ; Kurang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0, 0769; 1)}$ $= 0, 0769$
[R9]	If Umur : Fase 3 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang $\alpha_9 = \text{Min (Fase 3; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0,5$
[R10]	If Umur : Fase 3 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang $\alpha_{10} = \text{Min (Fase 3; Kurang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0, 0769; 1)}$ $= 0, 0769$

[R11]	If Umur : Fase 3 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik $\alpha_{11} = \text{Min (Fase 3; Sedang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0,5$
[R12]	If Umur : Fase 3 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik. $\alpha_{12} = \text{Min (Fase 3; Sedang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0,5; 0,5; 0, 0769; 1)}$ $= 0,0769$
[R13]	If Umur : Fase 4 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang. $\alpha_{13} = \text{Min (Fase 4; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$
[R14]	If Umur : Fase 4 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang. $\alpha_{14} = \text{Min (Fase 4; Kurang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0, 0769; 1)}$ $= 0$
[R15]	If Umur : Fase 4 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik. $\alpha_{15} = \text{Min (Fase 4; Sedang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$
[R16]	If Umur : Fase 4 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik $\alpha_{16} = \text{Min (Fase 4; Sedang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0, 0769; 1)}$ $= 0, 0769$
[R17]	“If Umur” : Fase 5 “And Berat Badan” : Kurang “And Tinggi Badan” : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Buruk. $\alpha_{17} = \text{Min (Fase 5 ; Kurang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$
[R18]	If Umur : Fase 5 And Berat Badan : Kurang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Buruk. $\alpha_{18} = \text{Min (Fase 5 ; Kurang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0, 0769; 1)}$ $= 0$
[R19]	If Umur : Fase 5 And Berat Badan : Sedang And Tinggi Badan : Sedang And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Kurang $\alpha_{19} = \text{Min (Fase 5 ; Sedang; Sedang; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$
[R20]	If Umur : “Fase 5” And “Berat Badan : “Sedang And Tinggi Badan : Tinggi And Lingkar Lengan : Besar Then Gizi Baik $\alpha_{20} = \text{Min (Fase 5 ; Sedang; Tinggi; Besar)}$ $= \text{Min (0; 0,5; 0,9321; 1)}$ $= 0$

Penentuan komposisi aturan pada penelitian ini digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan, dimana,

$$\mu_{gizibaik}(x) = \max(\alpha - \text{predikat}_1; \alpha - \text{predikat}_7; \alpha - \text{predikat}_9; \alpha - \text{predikat}_{11} - \text{predikat}_{12} - \text{predikat}_{15} - \text{predikat}_{16} - \text{predikat}_{20})$$

$$\mu_{gizinaik}(x) = \max(0; 0,5; 0,0769; 0,5; 0,0769; 0; 0,0769; 0)$$

$$\mu_{gizihnik}(x) = 0,5$$

$$\mu_{gizikurang}(x) = \max(\alpha - predikat_2; \alpha - predikat_5; \alpha - predikat_6; \alpha - predikat_9; \alpha - predikat_{10} - predikat_{13} - predikat_{14} - predikat_{19})$$

$$\mu_{gizikurang}(x) = \max(0; 0,5; 0,0769; 0,5; 0,0769; 0; 0; 0)$$

$$\mu_{gizikurang}(x) = 0.5$$

Penentuan Defuzzyfikasi yaitu dengan menghitung nilai Z-Score, yaitu:

$$Z = \frac{(308 * 0.5) + (290 * 0.5)}{(0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5) + (0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5)}$$

$$Z = \frac{299}{5}$$

Pengujian Akurasi Berdasarkan 400 data yang diuji dengan skor 90,2% hal ini menunjukkan bahwa system ini dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan z-score perhitungan Puskesmas.

Proses pengujian program terhadap kesesuaian dengan kebutuhan system berdasarkan hasil pada Tabel V. Keseluruhan tahapan berhasil dilakukan melalui perhitungan usability testing menunjukkan hasil akhir 88,75. Berdasarkan evaluasi usability yang telah dilakukan pada Aplikasi Penentuan Status Gizi Balita dengan metode system usability scale didapatkan skor SUS sebesar 88,75. Untuk adjective rating termasuk kategori Excellent, dengan grade scale B, dan termasuk kategori marginal high untuk acceptability ranges dimana aplikasi sudah dapat diterima .

TABEL V
PENGUJIAN BLACK BOX

Tujuan	Tahapan	Output yang Diharapkan	Output Sistem
Masuk Ke Aplikasi	Masukkan email dan password	Tampil menu dashboard	Berhasil
Menampilkan pesan jika akun belum di buat	Masukkan Email dan password	Tampil pesan email belum terdaftar	Berhasil
Daftar Akun	Memasukkan inputan yang di perlukan	Registrasi Berhasil	Berhasil
Menampilkan pesan jika salah satu inputan tidak terisi	Memasukkan inputan yang di perlukan	Tampil pesan bahwa inputan harus di isi	Berhasil
Edit Rules	Klik tombol edit	Menuju halaman edit rules	Berhasil
Delete Rules	Klik tombol delete	Rules terhapus	Berhasil
Menambahkan Rule	Memasukkan inputan yang di perlukan	Tampil pesan bahwa tambah rule berhasil	Berhasil
Kembali ke Halaman List Rules	Klik tombol kembali	Menuju halaman List Rules	Berhasil
Menambahkan data balita	Memasukkan inputan yang di perlukan	Tampil pesan bahwa tambah data balita berhasil	Berhasil

Tujuan	Tahapan	Output yang Diharapkan	Output Sistem
Kembali ke halaman list balita	Klik tombol kembali	Menuju halaman list balita	Berhasil
Merubah data balita	Merubah inputan yang di perlukan	Tampil pesan bahwa data balita berubah	Berhasil
Kembali ke halaman list balita	Klik tombol kembali	Menuju halaman list balita	Berhasil
Check status gizi	Memilih balita dalam select option	Menuju halaman list hasil	Berhasil
Menghapus hasil	Klik tombol hapus	Data hasil terhapus	Berhasil
Menampilkan Grafik	Pilih balita	Grafik di tampilkan	Berhasil
Menentukan kebutuhan gizi balita	Pilih balita	Menampilkan kebutuhan gizi balita	Berhasil

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dibahas dalam bagian sebelumnya, maka disimpulkan bahwa aplikasi penentuan status gizi balita untuk menampilkan informasi balita beserta status gizi nya, mampu menentukan status gizi dari beberapa jenis kategori yaitu kategori gizi buruk, gizi kurang, gizi baik, gizi lebih, dan obesitas. Penelitian ini melibatkan penggunaan lima variabel. Dari lima variabel tersebut, empat di antaranya merupakan variabel input, yaitu umur, berat badan, tinggi badan, dan lingkaran lengan atas. Sementara itu, satu variabel merupakan variabel output, yaitu status gizi balita. Penerapan logika fuzzy Mamdani dapat aplikasi ini telah mampu memberikan informasi status gizi balita. Hasil perhitungan dengan metode Fuzzy Mamdani mampu memberikan nilai akurasi sebesar 90,2%, precision 27,43% dan recall 34,34%.

Implikasi hasil dari penelitian ini adalah aplikasi suster pakar untuk pemantauan dan penilaian status gizi balita menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Aplikasi ini mengambil data yang secara historis yang dikumpulkan melalui pengukuran fisik kondisi balita, selanjutnya mengubah menjadi data digital sebagai mesin inferensi agar mudah diakses. Aplikasi ini menunjukkan efektivitas pengukuran status gizi dengan tingkat akurasi 90,2%. Hal ini memungkinkan integritas yang cepat dan terfokus, sehingga dapat membantu mencegah masalah gizi buruk pada balita. Kelemahan yang signifikan dari penelitian ini adalah adanya ketidakseimbangan antara tingkat akurasi seperti nilai presisi dan recall yang relatif rendah, yaitu masing-masing 27,43% dan 34,34%. Meskipun penerapan ini bermanfaat pada sebagian besar situasi, namun tetap terdapat risiko kesalahan dalam mengidentifikasi status gizi yang tepat, sehingga perlu untuk memasukkan parameter tambahan yang lebih representatif untuk mencapai temuan yang lebih konsisten dan mengurangi jumlah kesalahan klasifikasi. Penelitian lebih lanjut dapat menggunakan gabungan parameter riwayat anggota keluarga agar dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi gizi balita diantaranya parameter pola makan, riwayat kesehatan keluarga, dan faktor genetik.

REFERENCES

- [1] Badan Pusat Statistik, *Profil Kesehatan Ibu dan Anak 2022*. 2022.
- [2] S. Winiarti, H. Yuliansyah, and A. A. Purnama, "Identification of Toddlers' nutritional status using data mining approach," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 9, no. 1, pp. 164–169, 2018.
- [3] D. R. Putri and E. Sudarmilah, "Monitoring Status Gizi Balita Secara Online," *JUITA J. Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 101, 2020.
- [4] P. D. Kartini, "Klasifikasi Status Gizi Balita Berdasarkan Indeks Anthropometri Bb/U Menggunakan Metode KNN (K-Nearest Neighbor)," *Univ. Nisant. PGRI Kediri*, vol. 01, no. 11, pp. 1–6, 2017.
- [5] M. A. Fauzan, Y. Nurmalasari, and A. Anggunan, "Hubungan Status Gizi dengan Prestasi Belajar," *J. Ilm. Kesehat. Sandi Husada*, vol. 10, no. 1, pp. 105–111, 2021.
- [6] D. Ayu, N. Wulandari, and A. Prasetyo, "Sistem Penunjang Keputusan Untuk Menentukan Status Gizi Balita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *J. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 22–33, 2018.
- [7] R. M. Kusuma and R. A. Hasanah, "Antropometri Pengukuran status gizi anak usia 24-60 bulan di Kelurahan Bener Kota Yogyakarta," *Med. Respati J. Ilm. Kesehat.*, vol. 13, no. 4, pp. 36–42, 2018.
- [8] C. N. Adha, T. N. Prastia, and W. Rachmania, "Gambaran Status Gizi Berdasarkan Lingkar Lengan Atas Dan Indeks Massa Tubuh Pada Mahasiswi Fikes Uika Bogor Tahun 2019," *Promotor*, vol. 2, no. 5, pp. 340–350, 2019.
- [9] I. G. I. Sudipa *et al.*, *MULTI CRITERIA DECISION MAKING: Teori & Penerapan Metode Pengambilan Keputusan dengan MCDM*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [10] S. J. Susilo, S. Supatman, and S. Supatman, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Status Gizi Balita Dengan Metode Fuzzy Tahani (Menggunakan Standar Antropometri Anak)," *J. Inf. J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, Jun. 2021.
- [11] S. Informatika and A. Polinema, "Pengembangan Website Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Gizi Balita Di Kota Kediri Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *SIAP*, p. 2020.
- [12] A. Gustiani, M. D. Apriansyah, and P. Rosyani, "Analisis LogikaFuzzy Mamdani dalam Pengenalan Rambu Lalu Lintas pada Sistem Gambar," vol. 01, no. 01, pp. 1–7, 2023.
- [13] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Infoman's*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2017.
- [14] N. A. T. Wahyuni, A. C. Fauzan, and H. Harliana, "Implementasi Algoritma Fuzzy Tsukamoto Untuk Penilaian Kinerja Pegawai Universitas Nahdlatul Ulama Blitar," *J. Autom. Comput. Inf. Syst.*, vol. 1, no. 2, pp. 75–88, 2021.
- [15] M. H. Uchyana and H. Mustafidah, "Penilaian Kepuasan Konsumen Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Produk Knalpot Di R1 Racing Exhaust Sokaraja," *Sainteks*, vol. 17, no. 1, p. 83, 2020.
- [16] Y. Yudihartanti, "Analisis Komparasi Metode Fuzzy Mamdani Dan Sugeno DALAM PENJADWALAN MATA KULIAH," *Progresif*, vol. 7, no. 2, pp. 731–780, 2011.
- [17] M. Martin and L. Nilawati, "Model Fuzzy Mamdani Untuk Penilaian Tingkat Kepuasan Pelayanan Pengaduan Masyarakat," *J. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 237–247, 2018.
- [18] E. Febriyanto, U. Rahardja, A. Faturahman, and N. Lutfiani, "Sistem Verifikasi Sertifikat Menggunakan Qrcode pada Central Event Information," *Techno.Com*, vol. 18, no. 1, pp. 50–63, 2019.
- [19] D. A. Mawsally and E. Sudarmilah, "A Virtual-Reality Edu-Game: Save The Environment from the Dangers of Pollution," *Khazanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 140–145, 2019.