

IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA MODEL PENDUKUNG PENILAIAN KONDISI GIZI DAN PERTUMBUHAN BALITA

Aridhanyati Arifin¹ dan Rahadian Kurniawan²

^{1,2}Jurusan Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia,
Yogyakarta, Indonesia
E-mail: aridhanyati@uii.ac.id, rahadiankurniawan@uii.ac.id

Abstract

It is possible to predict nutrition issues and growth disorders in children as early as infancy, including the likelihood of stunting, wasting, and underweight. Posyandu is one of the divisions tasked with overseeing the growth and nutritional status of children within the Indonesian healthcare system. Posyandu Kelurahan Tirtorahayu's information technology is currently restricted to the process of digitizing documents by switching from manual to digital recording. Infant nutrition and development assessments should be supplemented by computer technology that integrates the anthropometric knowledge of the kid. Fuzzy logic is one of the AI methods used to model issues with infant development. In this research, the Fuzzy Inference System (FIS) method of Tsukamoto will be used to address the creation of decision-supporting models for the evaluation of nutritional circumstances and development of infants. The problem-identification, data gathering, knowledge extraction, modeling, and techniques of resolution, as well as model testing, are all parts of the research phase. Based on the findings of the tests, it can be said that the application of FIS Tsukamoto can result in a reliable decision-supporting model with accuracy ratings of 94% for determining the baby's nutritional status, 91% for determining growth conditions based on BB/U, and 91% for TB/U-based growth conditions.

Keywords: *Decision Support Model, FIS Tsukamoto, Toddler Nutritional Conditions, Toddler Growth*

Abstrak

Masalah gizi dan gangguan pertumbuhan seperti risiko *stunting*, *wasting* dan *underweight* pada anak dapat diantisipasi sejak dini. Sistem pelayanan kesehatan di Indonesia menjadikan Posyandu sebagai salah satu unit yang bertugas memantau pertumbuhan dan status gizi anak. Teknologi informasi yang dimiliki oleh Posyandu Kelurahan Tirtorahayu masih terbatas pada aktivitas digitalisasi dokumen dengan mengubah aktivitas pencatatan manual menjadi digital. Evaluasi terhadap status gizi dan perkembangan balita perlu didukung oleh suatu teknologi komputer yang menghimpun pengetahuan-pengetahuan terkait antropometri anak. Salah satu pendekatan AI untuk memodelkan masalah terkait perkembangan balita adalah logika *fuzzy*. Makalah ini akan membahas desain model pendukung keputusan untuk penilaian kondisi gizi dan perkembangan balita dengan menerapkan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto. Tahapan penelitian terdiri atas identifikasi masalah, pengumpulan data, ekstraksi pengetahuan, pemodelan dan metode pemecahan serta pengujian model. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penerapan FIS Tsukamoto dapat menghasilkan model pendukung keputusan yang akurat yakni memiliki akurasi sebesar 94% dalam menilai status gizi balita, akurasi 91% dalam menilai kondisi pertumbuhan

IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA MODEL PENDUKUNG PENILAIAN KONDISI GIZI DAN PERTUMBUHAN BALITA

berdasarkan BB/U dan akurasi 91% untuk kondisi pertumbuhan berdasar TB/U.

Kata Kunci: *Model Pendukung Keputusan, FIS Tsukamoto, Kondisi Nutrisi Balita, Pertumbuhan Balita*

1. Pendahuluan

Fakta menunjukkan lebih dari dua juta anak menderita gizi buruk dan lebih dari tujuh juta balita mengalami *stunting* [1]. Menurut Laporan Status Gizi Indonesia (SSGI) pada tahun 2021, satu dari empat balita di Indonesia mengalami *stunting* dengan prevalensi sebesar 24,4% [2]. Kasus *stunting* di Provinsi DIY berdasarkan data 2023 sebesar 16,4%, khususnya di kabupaten Kulon Progo, prevalensinya naik sebesar 15,8 % [3]

Masalah gizi dan gangguan pertumbuhan seperti risiko *stunting*, *wasting* dan *underweight* pada anak dapat diantisipasi sejak dini. Sistem pelayanan kesehatan di Indonesia menjadikan Posyandu sebagai salah satu unit yang mendukung pelayanan kesehatan ibu dan balita. Salah satu program Posyandu adalah pemeriksaan kesehatan bayi dan balita untuk memantau pertumbuhan dan status gizi anak. Posyandu menggunakan indeks antropometri yang ditetapkan pemerintah melalui Peraturan Menteri Kesehatan (PMK) RI no. 2 tahun 2020 [4] untuk menilai dan melakukan evaluasi terhadap status gizi dan pertumbuhan anak dengan interpretasi menggunakan standar deviasi unit atau Z-Score.

Kelurahan Tirtorahayu merupakan sebuah kelurahan yang terletak di Kapanewon Galur, Kabupaten Kulon Progo. Terdapat 14 posyandu yang berada dalam wilayah kerja Kelurahan Tirtorahayu. Posyandu yang berada di wilayah kerja Kelurahan Tirtorahayu berfokus dalam melakukan pengentasan masalah gizi anak dan pertumbuhannya. Prosedur yang berjalan selama ini, bayi/balita ditimbang berat badannya (BB) dan diukur panjang/tinggi (PB/TB) badannya. Selanjutnya, hasil pengukuran beserta interpretasinya dicatat ke dalam sebuah Sistem Informasi Posyandu yang dimiliki oleh kelurahan tersebut. Namun, teknologi informasi yang dimiliki oleh Kelurahan Tirtorahayu ini masih terbatas pada aktivitas digitalisasi dokumen dengan mengubah aktivitas pencatatan manual menjadi digital. Evaluasi terhadap status gizi dan perkembangan balita perlu didukung oleh suatu teknologi komputer yang menghimpun pengetahuan-pengetahuan terkait antropometri anak. Berdasarkan basis pengetahuan yang dimilikinya, teknologi tersebut dapat memberikan interpretasi penilaian terhadap status gizi dan kondisi pertumbuhan balita dengan memanfaatkan *Artificial Intelligence (AI)*.

Sebelum teknologi tersebut dibangun, diperlukan suatu kajian untuk mendesain model pendukung keputusan untuk penilaian kondisi gizi dan perkembangan balita berbasis AI. Salah satu pendekatan untuk memodelkan masalah berbasis AI adalah logika fuzzy. Pemodelan dengan logika fuzzy dipilih karena karakteristik data-data indeks gizi dan data-data perkembangan balita memiliki karakter nilai kabur (tidak memiliki batasan nilai yang tegas). Kategori status gizi yang terdapat dalam indikator antropometri yang digunakan pemerintah menggunakan interpretasi linguistik misalnya gizi buruk, gizi baik atau berat kurang, berat ideal, berat lebih dan seterusnya. Interpretasi linguistik tersebut memiliki karakter nilai kabur yang sesuai dengan karakter masalah yang dapat dimodelkan dengan logika fuzzy. Himpunan fuzzy memberikan dukungan terhadap interpretasi linguistik tersebut. Penilaian terhadap status gizi dan perkembangan balita dapat ditarik menggunakan kaedah-kaedah fuzzy.

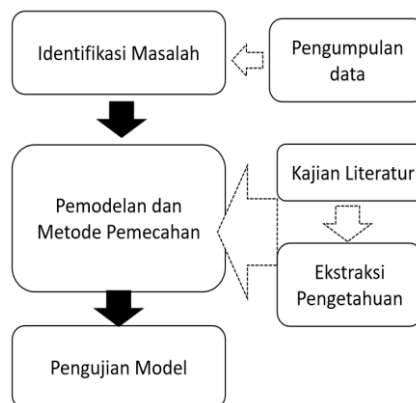
Selain itu, tren penelitian sejenis dalam rentang 5 tahun ini banyak menggunakan pendekatan Fuzzy dan terbukti dapat memberikan model keputusan dengan akurasi yang

tinggi. Berdasarkan kajian terhadap 18 penelitian terdahulu diketahui bahwa Logika Fuzzy memodelkan status gizi dengan akurasi 95% untuk 20 sampel data [5]. Penentuan status gizi pada usia anak di bawah tiga tahun (batita) dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno mencapai akurasi 40% untuk 30 sampel data [6] dan FIS Mamdani mencapai akurasi 81% [7]. Namun dalam penelitian lainnya FIS Tsukamoto memiliki hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan FIS Mamdani dalam menentukan status gizi batita (bawah tiga tahun) [8]. Untuk kasus anak bawah lima tahun (balita), beberapa metode FIS digunakan dalam penilaian status gizi seperti FIS Tsukamoto [9] dengan akurasi 82,75% [10] hingga 100% [11], FIS Mamdani [16] dan FIS Sugeno dengan akurasi 62,3% [12]. Selain itu penilaian kondisi gizi balita dengan Fuzzy Tahani memiliki akurasi 85,7% untuk 35 sampel data [13]. Beberapa metode FIS juga digunakan untuk memantau pertumbuhan balita, seperti metode Sugeno dengan akurasi 81,8% dari 80 sampel data [14] dan metode Tsukamoto [15]. Beberapa metode FIS juga memberikan hasil yang baik dalam mendiagnosa gizi buruk [17], malnutrisi [18], kebutuhan gizi bayi MPASI [19], kecukupan gizi [20] dan penanganan gizi balita [21].

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, FIS Tsukamoto dapat memberikan pemecahan model dengan akurasi yang paling tinggi diantara metode-metode Fuzzy lainnya. Oleh karena itu, metode pemecahan yang dipilih adalah metode Tsukamoto. Alasan lainnya adalah FIS Tsukamoto memiliki penalaran solusi yang sesuai dengan karakter masalah. Penelitian ini akan melengkapi penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggabungkan dua fokus permasalahan yakni penilaian status gizi dan evaluasi perkembangan balita. Makalah ini membahas terkait desain model pendukung keputusan untuk penilaian kondisi gizi dan perkembangan balita dengan menerapkan metode FIS Tsukamoto. Tujuannya adalah menguraikan penerapan FIS Tsukamoto sehingga dihasilkan model pendukung keputusan untuk menilai kondisi gizi dan pertumbuhan balita. Tujuan berikutnya adalah melihat seberapa besar akurasi dari model yang dihasilkan dalam memberikan rekomendasi keputusan. Selanjutnya, model keputusan ini akan dikembangkan menjadi sistem pendukung keputusan (SPK). Kehadiran teknologi tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas penilaian status gizi dan perkembangan balita serta membantu kinerja petugas Posyandu dalam memberikan arahan terhadap kondisi balita yang tidak ideal secara lebih efektif.

2. Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan pada 14 Posyandu di Kelurahan Tirtorahayu, Kapanewon Galur, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Yogyakarta, Indonesia. Penelitian dilakukan selama 4 bulan. Ringkasan tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA MODEL PENDUKUNG PENILAIAN KONDISI GIZI DAN PERTUMBUHAN BALITA

Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Proses identifikasi dilakukan dengan mendalami proses penetapan status gizi dan evaluasi pertumbuhan balita sesuai dengan mekanisme yang terjadi di seluruh Posyandu Kelurahan Tirtorahayu. Objek penelitian adalah anak usia 0 s/d 60 bulan dengan jumlah sampel sebanyak 32 data dengan rincian 11 anak perempuan dan 21 anak laki-laki. Ringkasan data anak dapat dilihat di Tabel 1.

Data-data yang dikumpulkan merupakan standar penilaian gizi anak berdasar standar antropometri merujuk pada PMK no 2 tahun 2020 [24]. Data-data tersebut diperoleh melalui teknik wawancara kepada petugas posyandu. Data-data berupa data sekunder meliputi : data berat badan (BB); panjang badan (PB) untuk anak usia 0 s/d 24 bulan; tinggi badan (TB) untuk anak usia di atas 24 bulan hingga 60 bulan; nilai Z-Score untuk BB/U (berat badan per usia), BB/TB (berat badan per tinggi badan) atau BB/PB (berat badan per panjang badan). Nilai Z-Score akan digunakan sebagai pembanding dalam proses pengujian akurasi model.

Tabel 1. Data Anak

Data ke	JK	Umur (Bln)	BB (kg)	PB-TB (cm)
1	L	1	3.9	52
2	L	1	3.9	52
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
26	L	26	14.3	91.5
28	L	31	10.3	89
29	L	36	10	82
30	L	49	29	110
31	P	60	13.4	92
32	P	60	13.8	99

2.2 Kajian Literatur

Kajian dilakukan dengan mencari sejumlah referensi sebagai landasan teori dan kajian terhadap penelitian terdahulu. Referensi yang menjadi landasan teori berkaitan dengan sistem fuzzy, Fuzzy Inference System (FIS), pemodelan keputusan, penilaian gizi dan perkembangan balita berdasarkan standar Antropometri yang telah ditetapkan pemerintah. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 2 tahun 2020, standar antropometri adalah standar yang digunakan untuk menilai status gizi dan tren pertumbuhan dengan mengumpulkan data tentang ukuran, proporsi, dan komposisi tubuh[24]. Standar ini bergantung pada berat badan dan tinggi badan terdiri atas 4 indeks yaitu (1) indeks berat badan menurut umur (BB/U), (2) indeks tinggi badan menurut umur (TB/U) atau panjang badan menurut umur (PB/U), (3) indeks berat badan menurut tinggi badan (BB/TB) atau berat badan menurut panjang badan (BB/PB) dan (4) indeks massa tubuh menurut umur (IMT/U). Hanya saja, penilaian status gizi hanya menggunakan indeks 1,2 dan 3 saja dianggap cukup menurut penjelasan penilaian status gizi pada

Peraturan Menteri Kesehatan tersebut [24]. Alat yang umumnya digunakan untuk mengukur antropometri anak adalah Z-Score. Pada Z-score, status gizi didasarkan pada nilai standar deviasi[25].

Penelitian terdahulu dilakukan dengan mencari sejumlah jurnal yang berkaitan dengan domain penelitian dalam rentang 7 tahun terakhir yang menggunakan bahasa Indonesia dan Inggris. Tujuannya untuk melihat fokus penelitian, model keputusan dan metode pemecahan. *Tools* pencarian menggunakan *Google Scholar* menggunakan kata kunci sebagai berikut: ‘FIS+status gizi balita’; ‘SPK+Status nutrisi’; ‘Sis Pakar +Status pertumbuhan’; ‘SPK+ FIS+status gizi balita’, ‘*Determining Nutritional Status of Toddlers*’. Hasil pencarian diperoleh 61 literatur. Lalu disaring menjadi 25 literatur yaitu 20 jurnal berbahasa Indonesia dan 5 jurnal berbahasa Inggris lalu disaring lagi menjadi 18 literatur yang fokus membahas metode-metode Fuzzy.

2.3 Ekstraksi Pengetahuan

Ekstraksi dilakukan dengan mengambil pengetahuan dari Peraturan Menteri Kesehatan No 2 tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak [4]. Menurut standar tersebut, penilaian atas status gizi anak dan pertumbuhannya diukur berdasarkan pada parameter berat badan menurut umur (BB/U); panjang/tinggi badan menurut umur (PB/U atau TB/U); berat badan menurut panjang/tinggi badan (BB/PB atau BB/TB) dengan mempertimbangkan jenis kelamin anak. Selain itu, ekstraksi pengetahuan terkait pemodelan keputusan berdasarkan disiplin ilmu informatika dengan berkonsultasi kepada pakar Informatika Medis.

2.4 Pemodelan dan Metode Pemecahan

Data-data yang memiliki karakteristik fuzzy akan dimodelkan ke dalam himpunan fuzzy yang menjadi input fuzzy. Tahap selanjutnya adalah perhitungan solusi menggunakan teknik-teknik penyelesaian dalam FIS Tsukamoto. Metode Tsukamoto digunakan untuk menilai kondisi gizi anak berdasarkan BB/TB dan keadaan pertumbuhan berdasarkan BB/U dan TB/U.

Tahapan pemecahan dalam FIS Tsukamoto yaitu [22]:

- Fuzzifikasi yaitu proses untuk membentuk himpunan fuzzy dengan cara mengubah data-data BB/U, TB/U dan BB/TB yang bernilai *crisp* menjadi variabel fuzzy menggunakan fungsi keanggotan.
- Pembentukan aturan fuzzy. Aturan FIS Tsukamoto mengikuti model IF (x is A) AND (y is B) THEN (z is C). Adapun A, B dan C adalah himpunan fuzzy. Sedangkan x,y, dan z adalah variabel fuzzy.
- Mesin inferensi, yaitu proses untuk mendapatkan nilai alfa predikat (α_{pred}) dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasi.
- Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai Z dengan mencari rata-rata terbobot menggunakan rumus (1).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_{pred_i} * z_j}{\sum_{i=1}^n \alpha_{pred_i}} \quad (1)$$

2.5 Pengujian Model

Pengujian model yaitu melakukan pengujian terhadap model pendukung keputusan menggunakan sejumlah data balita Posyandu dengan cara membandingkan hasil keluaran dari model dengan hasil perhitungan menggunakan standar z-score yang selama ini

IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA MODEL PENDUKUNG PENILAIAN KONDISI GIZI DAN PERTUMBUHAN BALITA

dilakukan. Tingkat validitas model ditentukan dengan menghitung *Overall Accuracy* [23] menggunakan persamaan (2).

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (2)$$

Diketahui:

- TP: True Positif, jika hasil pengujian cara konvensional dan menggunakan model SPK hasilnya sama-sama positif (status gizi baik, pertumbuhan BB atau TB ideal)
- TN: True Negatif, jika hasil pengujian dengan cara konvensional dan menggunakan model SPK hasilnya sama-sama negatif (status gizi tidak baik, pertumbuhan BB atau TB tidak ideal)
- FP: False Positif, jika pengujian dengan cara konvensional hasilnya negatif (status gizi tidak baik, pertumbuhan BB atau TB tidak ideal) tetapi menggunakan model SPK hasilnya positif (status gizi baik, pertumbuhan BB atau TB ideal)
- FN: False Negatif, jika pengujian dengan cara konvensional hasilnya positif (status gizi baik, pertumbuhan BB atau TB ideal) tetapi menggunakan model SPK hasilnya negatif (status gizi tidak baik, pertumbuhan BB atau TB tidak ideal)

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan diuraikan proses pemodelan fuzzy dan pengujian terhadap model.

3.1 Proses Pemodelan Fuzzy

Proses pemodelan fuzzy uraiannya sebagai berikut:

1) Pembentukan himpunan fuzzy

Variabel-variabel fuzzy untuk menentukan status gizi anak dan kondisi pertumbuhannya terdiri atas variabel input dan variabel output. Rinciannya dapat dilihat dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Variabel Input Fuzzy dan Himpunannya

Variabel Input	Himpunan	Range	Kurva Fungsi Keanggotaan
Usia	Bayi 1	{0; 6; 12}	Bahu kiri
	Bayi 2	{6; 12; 24}	Segitiga
	Baduta	{12; 24; 60}	Segitiga
	Balita	{24; 60; 66}	Bahu kanan
BB1-Lk	Rendah	{0; 2.7; 3.3}	Bahu kiri
	Sedang	{2.7; 3.3; 7.9}	Segitiga
	Lebih	{3.3; 7.9}	Bahu kanan
BB2-Lk	Rendah	{0; 6.7; 8.3}	Bahu kiri
	Sedang	{6.7; 8.3; 9.6}	Segitiga
	Lebih	{8.3; 9.6}	Bahu kanan
BB3-Lk	Rendah	{0; 8.6; 9.7}	Bahu kiri
	Sedang	{8.6; 9.7; 13.6}	Segitiga
	Lebih	{9.7; 13.6}	Bahu kanan
BB4-Lk	Rendah	{0; 8.8; 15.5}	Bahu kiri
	Sedang	{8.8; 15.5; 21}	Segitiga
	Lebih	{15.5; 21}	Bahu kanan
BB1-Pr	Rendah	{0; 2.6; 3.2}	Bahu kiri
	Sedang	{2.6; 3.2; 8}	Segitiga
	Lebih	{3.2; 8}	Bahu kanan

Variabel Input	Himpunan	Range	Kurva Fungsi Keanggotaan
BB2-Pr	Rendah	{0; 6; 6.8}	Bahu kiri
	Sedang	{6; 6.8; 10}	Segitiga
	Lebih	{6.8; 10}	Bahu kanan
BB3-Pr	Rendah	{0; 8.1; 9.5}	Bahu kiri
	Sedang	{8.1; 9.5; 13}	Segitiga
	Lebih	{9.5; 13}	Bahu kanan
BB4-Pr	Rendah	{0; 8.2; 11.5}	Bahu kiri
	Sedang	{8.2; 11.5; 21}	Segitiga
	Lebih	{11.5; 21}	Bahu kanan
PB1-Lk	Pendek	{0; 44; 50}	Segitiga
	Sedang	{44; 50; 74}	Bahu kanan
	Tinggi	{50; 74}	Segitiga
PB2-Lk	Pendek	{0; 61; 70}	Bahu kiri
	Sedang	{61; 70; 83}	Segitiga
	Tinggi	{70; 83}	Bahu kanan
TB3-Lk	Pendek	{0; 69.6; 72}	Bahu kiri
	Sedang	{69.6; 80; 97}	Segitiga
	Tinggi	{80; 97}	Bahu kanan
TB4-Lk	Pendek	{0; 78.5; 85}	Bahu kiri
	Sedang	{78.5; 85; 124}	Segitiga
	Tinggi	{85; 124}	Bahu kanan
PB1-Pr	Pendek	{0; 43.5; 49}	Bahu kiri
	Sedang	{43.5; 49; 72.6}	Segitiga
	Tinggi	{49; 72.6}	Bahu kanan
PB2-Pr	Pendek	{0; 60; 65}	Bahu kiri
	Sedang	{60; 65; 82}	Segitiga
	Tinggi	{65; 82}	Bahu kanan
TB3-Pr	Pendek	{0; 67; 68.9}	Bahu kiri
	Sedang	{67; 68.9; 96}	Segitiga
	Tinggi	{68.9; 96}	Bahu kanan
TB4-Pr	Pendek	{0; 76; 80}	Bahu kiri
	Sedang	{76; 80; 123}	Segitiga
	Tinggi	{80; 123}	Bahu kanan

Tabel 3. Variabel Output Fuzzy dan Himpunannya

Variabel Output	Himpunan	Range	Kurva Fungsi Keanggotaan
TumbuhBB1-Lk	<i>Underweight</i>	{0; 1.9; 7.1}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{1.9; 7.1; 10.9}	Segitiga
	<i>Overweight</i>	{7.1; 10.9}	Bahu Kanan
TumbuhBB2-Lk	<i>Underweight</i>	{0; 5.9; 6.7}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{5.9; 6.7; 7.7}	Segitiga
	<i>Overweight</i>	{6.7; 7.7; 13.3}	Bahu Kanan
TumbuhBB3-Lk	<i>Underweight</i>	{0; 7.1; 8.6}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{7.1; 8.6; 12.2}	Segitiga
	<i>Overweight</i>	{8.6; 12.2; 17.1}	Bahu Kanan
TumbuhBB4-Lk	<i>Underweight</i>	{0; 8.8; 11}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{8.8; 11; 24.2}	Segitiga
	<i>Overweight</i>	{11; 18.3; 28}	Bahu Kanan
TumbuhBB1-Pr	<i>Underweight</i>	{0; 1.9; 2.7}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{1.9; 2.7; 7}	Segitiga
	<i>Overweight</i>	{2.7; 7; 10.7}	Bahu Kanan
TumbuhBB2-Pr	<i>Underweight</i>	{0; 5.9; 6.1}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{5.9; 6.1; 7}	Segitiga
	<i>Overweight</i>	{6.1; 7; 13.3}	Bahu Kanan
TumbuhBB3-Pr	<i>Underweight</i>	{0; 7; 8.1}	Bahu kiri
	<i>Ideal</i>	{7; 8.1; 12}	Segitiga

**IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM
PADA MODEL PENDUKUNG PENILAIAN KONDISI GIZI DAN PERTUMBUHAN BALITA**

TumbuhBB4-Pr	Over Weight	{8.1; 12; 17.2}	Bahu Kanan
	<i>Underweight</i>	{0; 8; 11.5}	Bahu kiri
	Ideal	{8; 11.5; 18.2}	Segitiga
	Over Weight	{11.5; 18.2; 30}	Bahu Kanan
TumbuhPB1-lk	<i>Stunted</i>	{0; 44; 47}	Bahu kiri
	Ideal	{44; 47; 60.5}	Segitiga
	Tinggi	{47; 60.5; 74}	Bahu Kanan
TumbuhPB2-lk	<i>Stunted</i>	{0; 61; 64}	Bahu kiri
	Ideal	{61; 64; 78}	Segitiga
	Tinggi	{64; 78; 83}	Bahu Kanan
TumbuhTB3-lk	<i>Stunted</i>	{0; 69.6; 72.1}	Bahu kiri
	Ideal	{69.6; 72.1; 81.7}	Segitiga
	Tinggi	{72.1; 81.7; 110}	Bahu Kanan
TumbuhTB4-lk	<i>Stunted</i>	{0; 78.6; 81}	Bahu kiri
	Ideal	{78.6; 81; 100}	Segitiga
	Tinggi	{81; 100; 124}	Bahu Kanan
TumbuhPB1-Pr	<i>Stunted</i>	{0; 43; 46}	Bahu kiri
	Ideal	{43; 46; 60}	Segitiga
	Tinggi	{46; 60; 72.5}	Bahu Kanan
TumbuhPB2-Pr	<i>Stunted</i>	{0; 60; 62}	Bahu kiri
	Ideal	{60; 62; 74}	Segitiga
	Tinggi	{62; 74; 81.7}	Bahu Kanan
TumbuhTB3-Pr	<i>Stunted</i>	{0; 67; 69}	Bahu kiri
	Ideal	{67; 69; 75}	Segitiga
	Tinggi	{69; 75; 110}	Bahu Kanan
TumbuhTB4-Pr	<i>Stunted</i>	{0; 75; 79}	Bahu kiri
	Ideal	{75; 79; 99}	Segitiga
	Tinggi	{79; 99; 123}	Bahu Kanan
StatGizi1-Lk	<i>Wasted</i>	{0; 1.9; 7.9}	Bahu kiri
	Baik	{1.9; 7.9; 12}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{ 7.9; 12}	Bahu Kanan
StatGizi2-Lk	<i>Wasted</i>	{0; 5.9; 9}	Bahu kiri
	Baik	{5.9; 9; 14.3}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{9; 14.3}	Bahu Kanan
StatGizi3-Lk	<i>Wasted</i>	{0; 9.6; 17}	Bahu kiri
	Baik	{9.6; 17; 24}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{17; 24}	Bahu Kanan
StatGizi4-Lk	<i>Wasted</i>	{0; 5.9; 17}	Bahu kiri
	Baik	{5.9; 17; 30}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{17; 30}	Bahu Kanan
StatGizi1-Pr	<i>Wasted</i>	{0; 1.9; 7.3}	Bahu kiri
	Baik	{1.9; 7.3; 11.7}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{7.3; 11.7}	Bahu Kanan
StatGizi2-Pr	<i>Wasted</i>	{0; 5.3; 8.6}	Bahu kiri
	Baik	{5.3; 8.6; 13.2}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{8.6; 13.2}	Bahu kanan
StatGizi3-Pr	<i>Wasted</i>	{0; 7.1; 15}	Bahu kiri
	Baik	{7.1; 15; 24}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{15; 24}	Bahu kanan
StatGizi4-Pr	<i>Wasted</i>	{0; 5.6; 18}	Bahu kiri
	Baik	{5.6; 18; 31}	Segitiga
	<i>Obesitas</i>	{18; 31}	Bahu kanan

2) Pembentukan Aturan Fuzzy

Aturan penentuan status gizi berdasarkan BB/TB ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Aturan penentuan status gizi berdasarkan BB/TB

Stat					Stat				
R	Usia	BB	TB	BB/TB	R	Usia	BB	TB	Stat BB/TB
1	Bayi 1	Rendah	Pendek	<i>Wasted</i>	19	Baduta	Rendah	Pendek	<i>Wasted</i>
2	Bayi 1	Rendah	Sedang	<i>Wasted</i>	20	Baduta	Rendah	Baik	<i>Wasted</i>
3	Bayi 1	Rendah	Tinggi	Baik	21	Baduta	Rendah	Tinggi	Baik
4	Bayi 1	Sedang	Pendek	<i>Wasted</i>	22	Baduta	Sedang	Pendek	<i>Wasted</i>
5	Bayi 1	Sedang	Sedang	Baik	23	Baduta	Sedang	Sedang	Baik
6	Bayi 1	Sedang	Tinggi	Baik	24	Baduta	Sedang	Tinggi	Baik
Stat					Stat				
R	Usia	BB	TB	BB/TB	R	Usia	BB	TB	Stat BB/TB
7	Bayi 1	Lebih	Pendek	Obesitas	25	Baduta	Lebih	Pendek	Obesitas
8	Bayi 1	Lebih	Sedang	Obesitas	26	Baduta	Lebih	Sedang	Obesitas
9	Bayi 1	Lebih	Tinggi	Baik	27	Baduta	Lebih	Tinggi	Baik
10	Bayi 2	Rendah	Pendek	<i>Wasted</i>	28	Balita	Rendah	Pendek	<i>Wasted</i>
11	Bayi 2	Rendah	Sedang	<i>Wasted</i>	29	Balita	Rendah	Sedang	<i>Wasted</i>
12	Bayi 2	Rendah	Tinggi	Baik	30	Balita	Rendah	Tinggi	Baik
13	Bayi 2	Sedang	Pendek	<i>Wasted</i>	31	Balita	Sedang	Pendek	<i>Wasted</i>
14	Bayi 2	Sedang	Sedang	Baik	32	Balita	Sedang	Sedang	Baik
15	Bayi 2	Sedang	Tinggi	Baik	33	Balita	Sedang	Tinggi	Baik
16	Bayi 2	Lebih	Pendek	Obesitas	34	Balita	Lebih	Pendek	Obesitas
17	Bayi 2	Lebih	Sedang	Obesitas	35	Balita	Lebih	Sedang	Obesitas
18	Bayi 2	Lebih	Tinggi	Baik	36	Balita	Lebih	Tinggi	Baik

Aturan pertumbuhan balita berdasarkan tinggi badan per usia (TB/U) ditampilkan dalam Tabel 6 dan aturan pertumbuhan balita berdasarkan berat badan per usia (BB/U) ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Aturan Pertumbuhan berdasar BB/U

R	Usia	BB	BB/U	R	Usia	BB	BB/U
1	Bayi 1	Rendah	<i>Underweight</i>	7	Baduta	Rendah	<i>Underweight</i>
2	Bayi 1	Sedang	Ideal	8	Baduta	Sedang	Ideal
3	Bayi 1	Lebih	<i>Overweight</i>	9	Baduta	Lebih	<i>Overweight</i>
4	Bayi 2	Rendah	<i>Underweight</i>	10	Balita	Rendah	<i>Underweight</i>
5	Bayi 2	Sedang	Ideal	11	Balita	Sedang	Ideal
6	Bayi 2	Lebih	<i>Overweight</i>	12	Balita	Lebih	<i>Overweight</i>

Tabel 6. Aturan Pertumbuhan berdasar TB/U

Rule	Usia	PB	PB/U	Rule	Usia	PB	PB/U
1	Bayi 1	Pendek	<i>Stunted</i>	7	Baduta	Pendek	<i>Stunted</i>
2	Bayi 1	Sedang	Ideal	8	Baduta	Sedang	Ideal
3	Bayi 1	Tinggi	Tinggi	9	Baduta	Tinggi	Tinggi
4	Bayi 2	Pendek	<i>Stunted</i>	10	Balita	Pendek	<i>Stunted</i>
5	Bayi 2	Sedang	Ideal	11	Balita	Sedang	Ideal
6	Bayi 2	Tinggi	Tinggi	12	Balita	Tinggi	Tinggi

3.2 Pengujian Model

IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA MODEL PENDUKUNG PENILAIAN KONDISI GIZI DAN PERTUMBUHAN BALITA

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil penilaian status gizi dan perkembangan balita yang direkomendasikan oleh model pendukung keputusan dengan hasil status gizi dan perkembangan menurut antropometri yang digunakan oleh pakar. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat ditentukan tingkat akurasi dari model keputusan dengan menghitung nilai *Overall Accuracy*. Tabel 7 berisi hasil pengujian penilaian status gizi balita dengan membandingkan hasil prediksi model SPK FIS Tsukamoto dan nilai aktual dari perhitungan konvensional. Berdasarkan Tabel 7 pada penilaian status gizi balita berdasarkan BB/TB dapat diketahui nilai TP=24, TN=6, FP=2 dan FN=0.

Tabel 7. Hasil Pengujian Model SPK untuk Penilaian Status Gizi Balita

Data	Prediksi	Aktual	Outcome	Data	Prediksi	Aktual	Outcome
1	1	1	TP	17	1	1	TP
2	1	1	TP	18	1	1	TP
3	1	1	TP	19	1	1	TP
4	1	1	TP	20	1	1	TP
5	1	1	TP	21	1	1	TP
6	1	1	TP	22	1	1	TP
7	1	1	TP	23	1	1	TP
8	1	1	TP	24	1	1	TP
9	1	1	TP	25	1	1	TP
10	1	1	TP	26	1	1	TP
11	1	0	FP	27	1	1	TP
12	0	0	TN	28	0	1	FP
13	0	0	TN	29	0	0	TN
14	1	1	TP	30	0	0	TN
15	1	1	TP	31	0	0	TN
16	1	1	TP	32	0	0	TN

Tabel 8 dan Tabel 9 berisi hasil pengujian penilaian pertumbuhan balita berdasarkan BB/U dan TB U dengan cara membandingkan hasil prediksi model SPK FIS Tsukamoto dan nilai aktual dari perhitungan konvensional.

Tabel 8. Hasil Pengujian Model SPK untuk Penilaian Pertumbuhan Balita Berdasar BB/U

Data	Prediksi	Aktual	Outcome	Data	Prediksi	Aktual	Outcome
1	1	1	TP	17	1	1	TP
2	1	1	TP	18	1	1	TP
3	0	0	TN	19	0	0	TN
4	1	1	TP	20	1	1	TP
5	1	1	TP	21	1	0	FP
6	1	1	TP	22	1	0	FP
7	1	1	TP	23	1	1	TP
8	1	1	TP	24	0	1	FN
9	1	1	TP	25	1	1	TP

10	1	1	TP	26	1	1	TP
Data	Prediksi	Aktual	Outcome	Data	Prediksi	Aktual	Outcome
11	0	0	TN	27	1	1	TP
12	0	0	TN	28	0	0	TN
13	0	0	TN	29	0	0	TN
14	1	1	TP	30	0	0	TN
15	1	1	TP	31	1	1	TP
16	0	0	TN	32	1	1	TP

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui nilai TP =20, TN=9, FP=2 dan FN=1. Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui nilai TP =24, TN=5, FP=1 dan FN=2. Tabel 10 menunjukkan kesimpulan nilai akurasi dari model keputusan.

Tabel 9. Hasil Pengujian Model SPK untuk Penilaian Pertumbuhan Balita Berdasar TB/U

Data	Prediksi	Aktual	Outcome	Data	Prediksi	Aktual	Outcome
1	1	1	TP	1	1	TP	1
2	1	1	TP	1	1	TP	1
3	1	1	TP	1	1	TP	1
4	1	1	TP	1	1	TP	1
5	1	1	TP	1	1	TP	1
6	0	1	FN	1	1	TP	1
7	1	1	TP	1	1	TP	1
8	1	1	TP	1	1	TP	1
9	1	1	TP	1	0	FP	1
10	1	1	TP	1	1	TP	1
11	1	1	TP	1	1	TP	1
12	0	0	TN	0	1	FN	0
13	0	0	TN	0	0	TN	0
14	1	1	TP	1	1	TP	1
15	1	1	TP	0	0	TN	0
16	1	1	TP	0	0	TN	0

Tabel 10. Hasil Pengujian Akurasi

	Akurasi
Penilaian Status Gizi Balita	94%
Evaluasi Perkembangan berdasar BB/U	91%
Evaluasi Perkembangan berdasar TB/U	91%

Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penerapan FIS Tsukamoto dapat menghasilkan model pendukung keputusan yang valid, dengan tingkat akurasi yang baik dalam menilai status gizi dan perkembangan balita.

4. Kesimpulan

Pengembangan model keputusan untuk mengevaluasi status gizi dan perkembangan balita telah dilakukan. Model FIS Tsukamoto terbukti dapat membantu melakukan automasi penentuan status gizi dan perkembangan balita dengan baik. FIS Tsukamoto dapat menghasilkan model pendukung keputusan yang valid yakni memiliki akurasi sebesar 94% dalam menilai status gizi balita, akurasi 91% dalam menilai kondisi pertumbuhan berdasarkan BB/U dan akurasi 91 % untuk kondisi pertumbuhan berdasar TB/U. Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah menambah variabel lain seperti lingkaran kepala, lingkaran lengan dan lainnya yang relevan dalam penilaian status gizi balita.

Referensi

- [1] UNICEF, “Angka Masalah Gizi pada Anak di Indonesia Akibat Covid 19 Meningkat Tajam,” Accessed: Januari 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/indonesia/id/press-releases/angka-masalah-gizi-pada-anak-di-indonesia-akibat-covid-19-dapat-meningkat-tajam>
- [2] DISKOMINFO, “Angka Stunting Naik 15,8 Persen, Pemkab Kulon Progo Dorong Pemberdayaan Masyarakat Melalui Posyandu,” Accessed: Januari 31, 2024. [Online]. Available: <https://kominform.kulonprogo.go.id/detil/1968/angka-stunting-naik-158-persen-pemkab-kulon-progo-dorong-pemberdayaan-masyarakat-melalui-posyandu>
- [3] Kemenkes, “Cegah Stunting Itu Penting,” Accessed: Januari 31, 2024. [Online]. Available: <https://ayosehat.kemkes.go.id/cegah-stunting-itu-penting>
- [4] Permenkes, “Peraturan Menteri Kesehatan No 2 Tahun 2020 tentang standar antropometri anak.” Accessed: Jan. 10, 2023. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/152505/permenkes-no-2-tahun-2020>.
- [5] F. F. B Koreh, K. Rantelobo, S. Manu, and H. Artikel, “PENERAPAN METODE LOGIKA FUZZY DALAM PERHITUNGAN STATUS GIZI DAN POLA KONSUMSI IBU HAMIL PADA SMARTPHONE ANDROID Info Artikel ABSTRACT,” *Jurnal Media Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 75–89, Oct. 2020, doi: 10.35508/jme.v0i0.3174.
- [6] S. Surhajito, J. Jimmy, and A. S. Girsang, “Mobile decision support system to determine Toddler’s nutrition using fuzzy sugeno,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 7, no. 6, pp. 3683–3691, Dec. 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i6.pp3683-3691.
- [7] D. Gustian, B. Lestari, N. S. Rejeki and N. M. Zasmine, “Fuzzy Inference System in Determining Nutritional Status of Toddlers,” 2020 6th International Conference on Computing Engineering and Design (ICCED), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCED51276.2020.9415781.
- [8] D. A. N. Wulandari, T. Prihatin, A. Prasetyo and N. Merlina, “A Comparison Tsukamoto and Mamdani Methods in Fuzzy Inference System for Determining Nutritional Toddlers,” 2018 6th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Parapat, Indonesia, 2018, pp. 1-7, doi: 10.1109/CITSM.2018.8674248.
- [9] N. Wakhidah, I. Noor, and L. Sari, “DECISION SUPPORT SYSTEM FOR NUTRITION DETERMINATION OF USING FUZZY LOGIC TSUKAMOTO METHOD (CASE STUDY IN HEALTH DEPARTEMENT OF JEPARA REGENCY).” doi: 10.26623/jprt.v15i2.1644.
- [10] D. Ayu, N. Wulandari, and A. Prasetyo, “Sistem Penunjang Keputusan Untuk Menentukan Status Gizi Balita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *JURNAL INFORMATIKA*, vol. 5, no. 1, pp. 22–33, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i1.2440.
- [11] R. Nur Sasmi and T. Setiadi, “Sistem Pendukung Keputusan Status Gizi Balita untuk Membantu Kinerja Puskesmas dengan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 7, no. 3, pp. 11–19, 2019, doi: 10.12928/jstie.v7i3.12389.
- [12] A. Romansyah and A. Fikri Zulfikar, “PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM METODE MAMDANI DAN SUGENO UNTUK MENENTUKAN STATUS GIZI BALITA BERDASARKAN INDEKS ANTROPOMETRI DENGAN PENGUJIAN MATLAB,” *Teknologi Informasi ESIT*, vol. 16, no. 2, pp. 62–67, 2021, [Online]. Available: <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/ESIT/article/view/13744>
- [13] S. J. Susilo and Supatman, “Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Status Gizi Balita Dengan Metode Fuzzy Tahani (Menggunakan Standar Antropometri Anak),” *Informa*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.46808/informa.v7i1.192.

- [14] E.Agustina and A.S. Purnomo, “Sistem Pakar Untuk Menentukan Status Pertumbuhan Pada Anak Menggunakan Inferensi Fuzzy (Sugeno)”. *Informatics Journal*, Vol. 3 No. 2, pp.56-66, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19184/isj.v3i2.9991>
- [15] I. Angreini and Y.Yanti, “Sistem Pemantauan Pertumbuhan Batita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto”, *KOMPUTASI (Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika)* Vol. 17, No. 1, pp. 346 – 353, January 2020. DOI:10.33751/komputasi.v17i1.1749
- [16] G. Andriani, L. Mahfiroh, D.C. R. Novitasari, N. Ulinnuha, Y. Farida, “Aplikasi Fuzzy Inference System Dengan Metode Mamdani untuk Menentukan Status Gizi di Kota Surabaya”, *Mathvision: Jurnal Matematika*, Vol. 01, No. 01, pp. 1-6, 2019. DOI: Prefix 10.55719/mv
- [17] H. Fahmi, “Penerapan Sistem Pakar Untuk Diagnosa Gizi Buruk Pada Balita Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani”, *Jurnal Mantik Penusa* Vol. 1, No. 2, pp. 144-148, December 2017.
- [18] P.Simanjuntak and C.E Suharyanto, “Fuzzy Inference System Dalam Menentukan Status Malnutrition Pada Balita di Kota Batam”, *Jurnal Edik Informatika* Vol 1, pp. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.22202/ei.2019.v5i2.3265>
- [19] M. Mudrikatussalamah, C. Dewi, B. Rahayudi, “Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Menggunakan Algoritma Genetika Dalam Penentuan Kebutuhan Gizi Bayi MPASI”, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, No. 7, pp. 2706-2712, Juli 2018. URL:<http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [20] H.Yanto and R.Sovia, “Logika Fuzzy Inference System(Fis) Menentukan Kecukupan Status Gizi Pada Balita Menggunakan Metode Tsukamoto”, *JURNAL SAINS DAN INFORMATIKA*, Vol.5 No.2,pp.146-152, 2019. <http://doi.org/10.22216/jsi.v5i2.4475>
- [21] H.B. Kusumo, D. Remawati, Y.R.W. Utami, “Sistem Pendukung Keputusan Penanganan Gizi Balita Dengan Metode Fuzzy Mamdani”, *Jurnal Ilmiah SINUS*, Vol. 16 No. 1, pp.51-64, Januari 2018.
- [22] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta, Indonesia : Graha Ilmu. pp.33-38, 2004.
- [23] A.J Alberg, J.W.Park, B.W. Hager, M.V.Brock, and M.D.West. The Use of “Overall Accuracy” to Evaluate the Validity of Screening or Diagnostic Tests. *J Gen Intern Med*. 19(5 Pt 1): 460-465, May 2004. DOI: 10.1111/j.1525-1497.2004.30091.x
- [24] Menteri Kesehatan, 2020. *Peraturan Menteri Kesehatan tentang Standar Antropometri Anak*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- [25] N. Chamidah, B. Lestari, A.Y. Wulandari, and L. Muniroh. (2021). Z-Score Standard Growth Chart Design of Toddler Weight Using Least Square Spline Semiparametric Regression. *AIP Conference Proceedings*, 2329, 060031. DOI: 10.1063/5.0042285.