

Sistem Pendukung Keputusan Untuk Deteksi Dini Pada Balita Stunting Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto

Ardilo Iqbal Brilyan¹, Dyah Mustikasari², Sugianti³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

¹ardilo@gmail.com, ²dyahmustika@umpo.ac.id, ³sugianti@umpo.ac.id

Abstract - Stunting is a serious health issue that affects the growth and development of toddlers in Indonesia, so early detection is needed to prevent long-term effects. This study aims to implement an early detection system for stunting in toddlers using the Fuzzy Inference System (FIS) method with the Tsukamoto approach. The problem addressed is how to design a decision support system that can efficiently analyze an infant's age, weight, and height to determine the risk level of stunting. The study was conducted using the waterfall method, starting from problem identification, data collection through literature review and interviews, system design, to implementation and testing using the black box method. The results of the study indicate that the system is capable of producing accurate diagnostic outputs consistent with manual calculations, and all system features function properly, making this system an effective tool for early and data-based detection of stunting risk.

Keywords— *Stunting, Infants, Early Detection, Fuzzy Tsukamoto, DSS, Child Health, Z-Score*

Abstrak - Stunting merupakan masalah kesehatan serius yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan balita di Indonesia, sehingga diperlukan deteksi dini untuk mencegah dampak jangka panjangnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem deteksi dini stunting pada balita menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) dengan pendekatan Tsukamoto. Permasalahan yang diangkat adalah bagaimana merancang sistem pendukung keputusan yang dapat menganalisis usia, berat badan, dan tinggi badan balita secara efisien untuk menghasilkan tingkat risiko stunting. Penelitian dilakukan dengan metode waterfall mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data melalui studi literatur dan wawancara, desain sistem, hingga implementasi dan pengujian menggunakan black box. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan output diagnosis yang akurat dan sesuai dengan perhitungan manual, serta seluruh fitur sistem berjalan baik, sehingga sistem ini dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam mendeteksi risiko stunting secara dini dan berbasis data.

Kata Kunci— *Stunting, Balita, Deteksi Dini, Fuzzy Tsukamoto, Kesehatan Anak, Z-Score*

I. PENDAHULUAN

Stunting, atau gangguan pertumbuhan, merupakan masalah kesehatan utama yang dihadapi anak-anak di seluruh dunia. Dampak dari kondisi stunting ini mencakup peningkatan risiko penyakit dan kematian pada anak-anak. Penelitian menunjukkan bahwa anak-anak yang mengalami stunting tidak akan mencapai tinggi badan ideal mereka dan rentan terhadap perkembangan kognitif yang terhambat, yang dapat berujung pada penurunan prestasi pendidikan, kapasitas intelektual yang terbatas, serta perkembangan motorik dan sosial-ekonomi yang kurang optimal[1]. Dampak serius dari kondisi stunting tidak hanya terbatas pada aspek fisik anak (tinggi badan rendah), melainkan juga memberikan konsekuensi yang mendalam terhadap perkembangan kognitif, kinerja pendidikan, kapasitas intelektual, serta kemampuan motorik dan sosioekonomi mereka. Oleh karena itu, penanganan permasalahan stunting pada anak-anak memerlukan solusi yang efektif dan terarah.

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah suatu sistem yang memberikan dukungan kepada individu atau kelompok manajer yang bekerja sebagai tim penyelesaian masalah (tim pengambil keputusan). Fungsinya adalah memberikan preferensi dan alternatif solusi atas permasalahan yang dihadapi oleh manajer organisasi. SPK juga bertujuan untuk menyederhanakan proses pengambilan keputusan dan memberikan solusi terhadap masalah yang dihadapi. SPK telah dirancang untuk mendukung seluruh langkah dalam pembuatan keputusan, dimulai dari mengidentifikasi masalah, memilih data yang relevan, menentukan pendekatan yang akan digunakan dalam proses pengambilan keputusan, hingga mengevaluasi alternatif-alternatif yang dipilih[2]. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan sebuah aplikasi yang memanfaatkan konsep-konsep kecerdasan buatan untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam situasi yang rumit.

Algoritma Fuzzy Tsukamoto, sebagai salah satu algoritma yang dipergunakan untuk menghadapi ketidakpastian dan kompleksitas data dengan mempertimbangkan nilai keanggotaan dan menghasilkan solusi berdasarkan aturan-aturan fuzzy.

Fuzzy, dalam konteks bahasa, merujuk pada ketidakjelasan atau kekurangpastian suatu informasi. Dalam konsep fuzzy, terdapat derajat keanggotaan yang berkisar antara 0 hingga 1, berbeda dengan himpunan konvensional yang memiliki nilai pasti 0 atau 1. Logika fuzzy merupakan pendekatan yang akurat untuk mengaitkan suatu ruang input dengan suatu ruang output, di mana nilainya bersifat kontinu. Oleh karena itu, suatu pernyataan dapat memiliki kebenaran sebagian dan ketidakbenaran sebagian pada saat yang sama[3]. Dalam metode fuzzy, terdapat suatu pendekatan yang dikenal dengan istilah Metode Tsukamoto. Dalam Metode Tsukamoto, setiap konsekuensi dalam bentuk aturan IF-Then harus direpresentasikan sebagai himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, hasil inferensi dari setiap aturan diberikan dalam bentuk yang pasti (crisp) berdasarkan α -predikat (fire strength).

Seperti penelitian yang dilakukan Kurniati dkk., (2019) yang menghasilkan, pengembangan sistem pakar autisme dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada orang tua tentang tanda-tanda awal autisme pada anak, memungkinkan para orang tua untuk melakukan tindakan intervensi yang tepat. Sistem ini juga membantu guru, psikiater, dan profesional kesehatan lainnya dalam melakukan evaluasi pasien autisme dengan lebih akurat dan mudah[4]. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Lestari (2022) dalam penelitian yang dilakukan Fuzzy Tsukamoto digunakan sebagai instrumen untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam pemberian kredit. Penerapan metode ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih efisien dan akurat. Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem berbasis prototipe, Hasil penelitian ini adalah pengembangan sistem pendukung keputusan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk proses penilaian dan persetujuan kredit[5].

Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Tri Susila selaku penanggung jawab bidang stunting di Dinas Terpadu Kabupaten Ponorogo, diketahui bahwa salah satu tantangan utama dalam pemantauan gizi adalah pencatatan data yang masih dilakukan secara manual. Meski telah tersedia aplikasi seperti ASIK (Aplikasi Sehat Indonesiaku) dan MSU-AI, penggunaannya masih terbatas hanya pada kader posyandu, serta mengalami berbagai kendala teknis seperti lambat, sering keluar sendiri, atau bahkan ter-reset. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan dalam memantau data secara real-time dan mempersulit proses evaluasi status gizi anak. Rata-rata jumlah anak di setiap posyandu berkisar antara 20–25 anak, dengan persentase balita yang mengalami masalah gizi (kurang gizi atau gizi buruk) kurang dari 10%, yang umumnya disebabkan oleh kebiasaan anak yang sulit makan serta faktor sosial ekonomi keluarga. Hal ini menimbulkan kesenjangan antara kebutuhan gizi dan pola konsumsi di rumah, yang berpotensi memicu berbagai gangguan kesehatan seperti kekurangan energi dan protein, defisiensi mikronutrien, hingga gizi buruk dan stunting. Stunting merupakan salah satu indikator masalah gizi kronis yang menjadi perhatian serius pemerintah Indonesia, di mana berdasarkan data Kementerian Kesehatan tahun 2022 prevalensi stunting nasional mencapai 21,6%, masih di atas ambang batas 20% yang ditetapkan WHO. Stunting didefinisikan sebagai kondisi tinggi badan anak yang berada di bawah standar usia akibat kekurangan gizi kronis dalam jangka panjang, yang berdampak pada perkembangan fisik dan kognitif anak.

Stunting merupakan permasalahan kesehatan masyarakat yang serius di Indonesia. Keberadaan kasus stunting pada balita memiliki potensi untuk menurunkan produktivitas serta kualitas sumber daya manusia Indonesia di masa depan. Kondisi pertumbuhan stunting pada anak-anak di Indonesia terjadi akibat dari kekurangan gizi kronis dan penyakit infeksi, dan mempengaruhi sekitar 30% dari anak-anak yang berusia di bawah lima tahun[6].

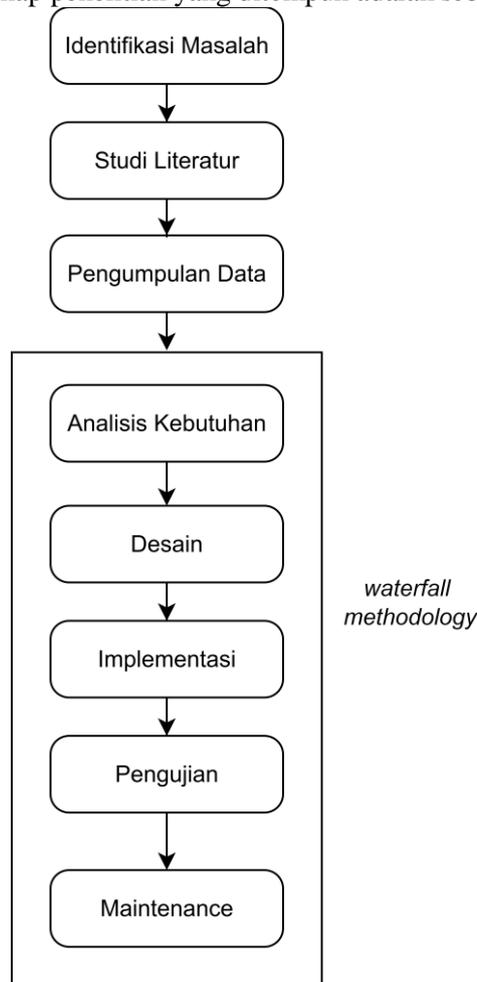
Sistem Pendukung Keputusan (SPK) untuk deteksi dini pada balita stunting dengan metode Fuzzy Tsukamoto merupakan solusi inovatif yang dapat mendeteksi lebih awal permasalahan stunting pada anak-anak di Indonesia. Dengan memanfaatkan teknologi dan pendekatan ilmiah, SPK ini mampu mengumpulkan data yang komprehensif, mengonversi data numerik menjadi variabel fuzzy yang mencerminkan ketidakpastian informasi, menyusun aturan fuzzy berdasarkan pengetahuan ahli kesehatan, serta melakukan inferensi dan defuzzifikasi untuk menurunkan tingkat risiko stunting pada balita. Keunggulan SPK ini meliputi deteksi dini risiko stunting, pengambilan keputusan berbasis data, optimalisasi sumber daya kesehatan, dan edukasi masyarakat. Dengan menerapkan SPK berbasis Fuzzy Tsukamoto, pencegahan stunting pada balita dapat dilakukan secara efisien dan efektif, meningkatkan kualitas hidup anak-anak Indonesia di masa depan.

Dalam menghadapi kompleksitas masalah stunting pada anak-anak, yang melibatkan faktor perkembangan fisik, kognitif, pendidikan, serta sosioekonomi, diperlukan pendekatan ilmiah yang cermat. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) muncul sebagai solusi untuk mengatasi tantangan ini dengan memberikan bantuan melalui analisis terhadap masalah yang bersifat semi terstruktur, menyajikan informasi yang spesifik dan relevan. SPK dirancang untuk mendukung seluruh tahap dalam proses pengambilan keputusan, mulai dari mengidentifikasi masalah, memilih data yang relevan, menentukan pendekatan yang tepat, hingga mengevaluasi berbagai alternatif yang mungkin ada.

II. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

Tahap penelitian yang ditempuh adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Tahap penelitian

3.1.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, dilakukan proses identifikasi masalah dengan mengumpulkan data dan informasi tentang kondisi balita stunting di Dinas Pengendalian Penduduk dan Keluarga Berencana Kabupaten Ponorogo. Data dan informasi tersebut akan digunakan untuk menganalisis kondisi balita stunting serta mencari solusi yang dapat diterapkan dalam pengembangan Sistem Pendukung Keputusan untuk deteksi dini pada balita stunting menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto.

3.1.2 Pengumpulan Data

- Studi Literatur: Pengumpulan referensi dari jurnal, buku, dan website yang relevan dengan sistem deteksi dini stunting serta penerapan metode Fuzzy Tsukamoto.
- Wawancara: Dilakukan dengan ahli bidang stunting, yaitu penanggung jawab bidang stunting di Dinas terkait, untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang permasalahan dan kebutuhannya di lapangan.

3.1.3 Analisis Kebutuhan Sistem

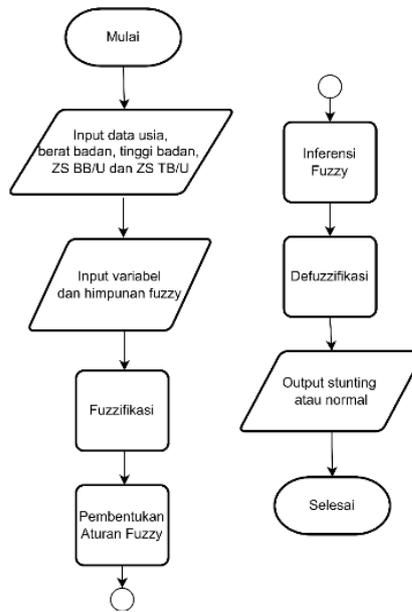
- Kebutuhan perangkat keras dan lunak: seperti Visual Studio Code, MySQL, dan laptop minimal RAM 8GB.

- b) Kebutuhan fungsional sistem yang akan mengelola input (usia, berat badan, tinggi badan, ZS BB/U, ZS TB/U) dan menghasilkan output berupa keputusan risiko stunting.

3.1.4 Desain Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan membuat:

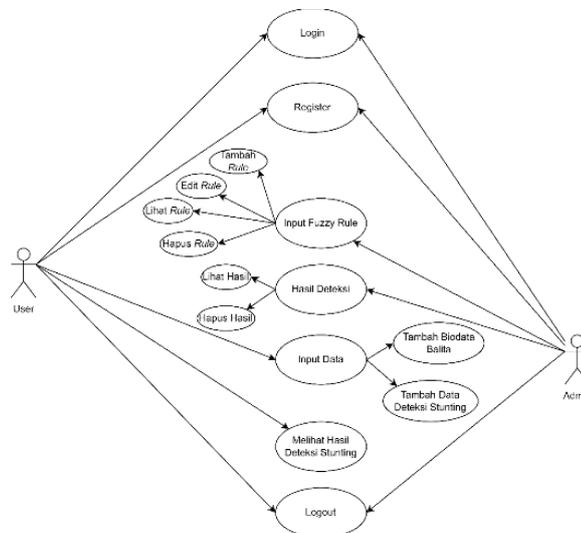
- a) Flowchart system



Gambar 2 Flowchart Sistem

Pada gambar 2 *flowchart* sistem yang menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto dimulai dengan masukan data usia, berat badan, dan tinggi badan kemudian input variabel dan himpunan fuzzy. Selanjutnya, data tersebut diproses yang disebut fuzzifikasi. Setelah itu, aturan fuzzy dibentuk berdasarkan himpunan fuzzy yang telah dibuat sebelumnya. Proses inferensi fuzzy mengaplikasikan aturan-aturan fuzzy yang telah dibentuk. Kemudian, dalam tahap defuzzifikasi himpunan fuzzy pada variabel keluaran diubah menjadi nilai konkret atau nilai *crisp*. Dan yang terakhir menghasilkan output berupa kategori seperti normal dan stunting.

- b) Use Case Diagram

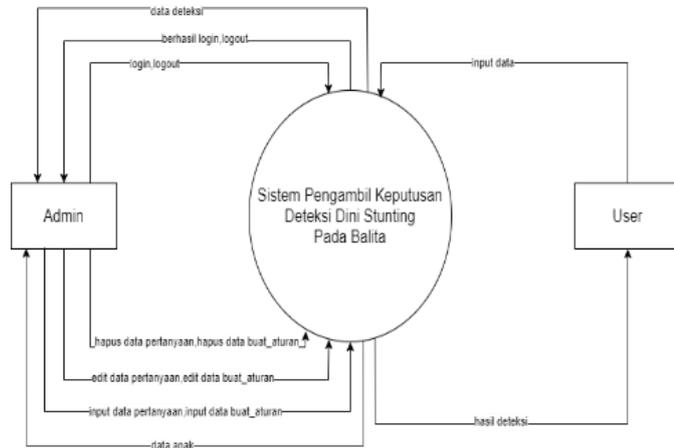


Gambar 3 Use Case Diagram

Gambar 3 menunjukkan Usecase Diagram sistem deteksi dini stunting menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dengan dua aktor utama: admin dan user. Admin mengelola aturan fuzzy, sedangkan user dari posyandu bertugas memasukkan data balita dan melihat hasil deteksi. Diagram ini menggambarkan pembagian tugas yang jelas antara pengelolaan sistem dan operasional lapangan.

c) DFD(Data Flow Diagram)

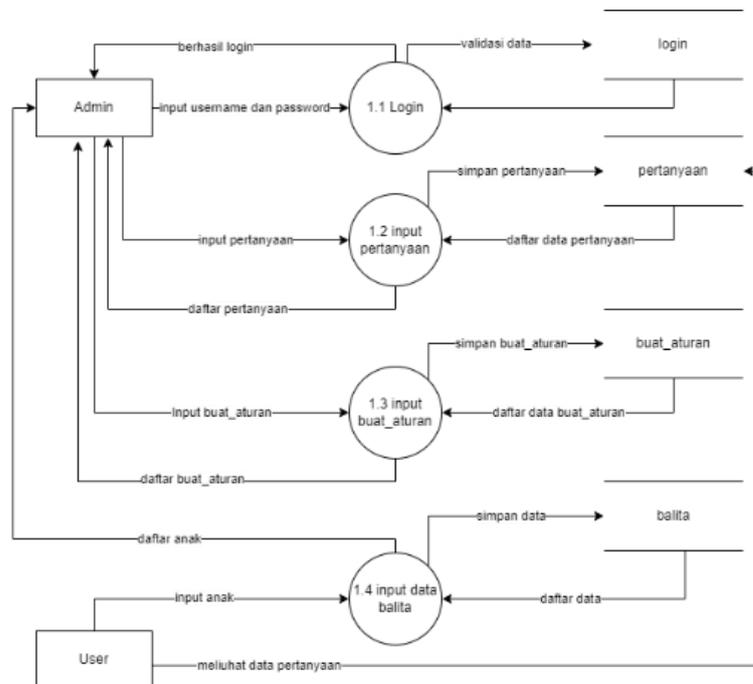
- DFD Level 0



Gambar 4 DFD Level 0

Gambar 4 menggambarkan interaksi antara user dan admin dalam sistem deteksi dini stunting. User memasukkan data dan variabel yang diperlukan untuk mendapatkan hasil deteksi, sementara admin dapat login, logout, mengelola data user, dan melihat hasil deteksi.

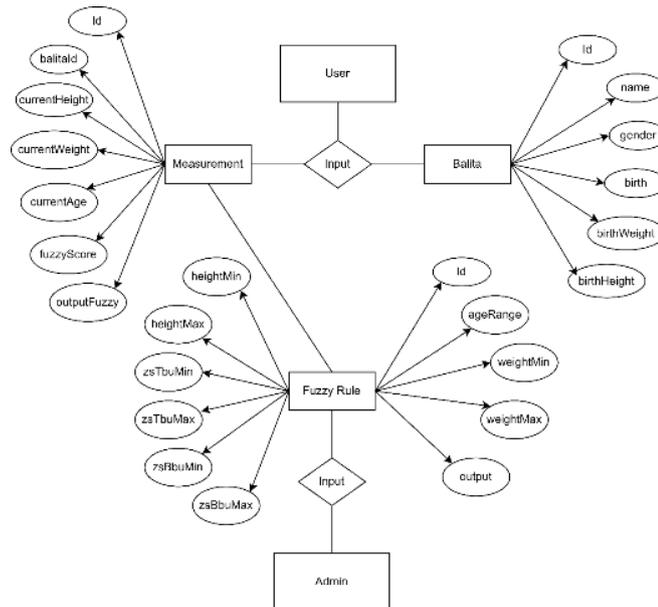
- DFD Level 1



Gambar 5 DFD Level 1

Gambar 5 menggambarkan Data Flow Diagram (DFD) level 1 menggambarkan alur data secara rinci dari sistem ke database, dengan proses utama meliputi: admin login ke sistem, memasukkan variabel dan aturan fuzzy, serta user menginput data balita.

d) Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 6 Entity Relationship Diagram (ERD)

Gambar 6 menunjukkan struktur dan atribut dalam sistem deteksi dini stunting, yang terdiri dari empat entitas utama: User, Balita, Measurement, dan Fuzzy Rule. User dan Admin adalah pengguna sistem, Balita menyimpan data pribadi anak, Measurement mencatat data pengukuran terkini, dan Fuzzy Rule berisi aturan logika fuzzy. Semua data diolah melalui proses input untuk evaluasi menggunakan metode fuzzy.

3.1.5 Implementasi

Pada tahap implementasi, variabel pada sistem deteksi dini stunting pada balita disajikan pada Tabel 3.1, yang memuat tiga variabel input sebagai penentu penilaian terhadap kondisi stunting pada balita, yaitu:

Tabel 1. Variabel

No.	Variabel	Kriteria	Himpunan Fuzzy
1.	Variabel <i>Input</i>	Usia	Muda Tua
		Berat Badan	Kurang Normal
		Tinggi Badan	Pendek Normal
		ZS BB/U	Kurang Normal
		ZS TB/U	Kurang Normal
			Normal
2.	Variabel <i>Output</i>	Keputusan	Stunting Normal

Pada tabel 1, menjelaskan variabel *input* dan variabel *output* yang digunakan beserta himpunan yang digunakan. Variabel *input* menggunakan tiga variabel *input* untuk menilai kondisi stunting pada balita, yaitu usia balita, berat badan, dan tinggi badan. Variabel usia balita dibagi menjadi dua himpunan fuzzy: muda, dan tua. Berat badan balita

dibagi menjadi dua himpunan fuzzy: kurang,dan normal. Tinggi badan balita dibagi menjadi dua himpunan fuzzy: kurang dan normal. ZS BB/u dibagi menjadi dua himpunan fuzzy: kurang dan normal. ZS TB/u dibagi menjadi dua himpunan fuzzy: kurang dan normal. Variabel *output* adalah keputusan stunting, yang terdiri dari dua himpunan fuzzy: Normal, dan stunting dengan batasan-batasan yang mempertimbangkan nilai usia, berat badan, dan tinggi badan balita.

Aturan Fuzzy Tsukamoto (*Rule Base*)

Dari pemaparan diatas, tercipta sembilan himpunan fuzzy yang meliputi “Usia Muda,” “Usia Tua,” “Berat Badan Kurang,” “Berat Badan Normal,” “Tinggi Badan Pendek,” “Tinggi Badan Normal,.” Berikut adalah *rule base* fuzzy Tsukamoto, di mana variabel inputnya adalah usia balita, berat badan(BB), dan tinggi badan(TB) dengan output berupa kategori stunting yang telah diubah ke dalam keputusan:

Tabel 1 Tabel *Rule Base*

Rule ke	IF	Input										THEN	Output
		Usia	Op	Berat Badan	Op	Tinggi Badan	Op	ZS BB/U	Op	ZS TB/U			
R1	IF	Muda	AND	Kurang	AND	Pendek	AND	Kurang	AND	Kurang	THEN	Stunting	
R2	IF	Muda	AND	Kurang	AND	Pendek	AND	Kurang	AND	Normal	THEN	Stunting	
R3	IF	Muda	AND	Kurang	AND	Normal	AND	Normal	AND	Normal	THEN	Normal	
R4	IF	Muda	AND	Normal	AND	Normal	AND	Normal	AND	Normal	THEN	Normal	
R5	IF	Tua	AND	Kurang	AND	Pendek	AND	Kurang	AND	Kurang	THEN	Stunting	
R6	IF	Tua	AND	Kurang	AND	Pendek	AND	Normal	AND	Normal	THEN	Stunting	
R7	IF	Tua	AND	Normal	AND	Normal	AND	Normal	AND	Normal	THEN	Normal	
R8	IF	Tua	AND	Normal	AND	Pendek	AND	Normal	AND	Kurang	THEN	Stunting	

Data Kayesa Anindhita Putri (24 bulan, 10.1 kg, 79.5 cm, ZS BB/U = -2, ZS TB/U = -2.4)

1) Usia:

$$\mu_{Muda}[x] = \frac{48-24}{48-12} = 0.67$$

$$\mu_{Tua}[x] = \frac{24-12}{48-12} = 0.33$$

2) Berat Badan:

$$\mu_{Kurang}[x] = \frac{16-10.1}{16-2} = 0.42$$

$$\mu_{Normal}[x] = \frac{10.1-2}{16-2} = 0.58$$

3) Tinggi Badan:

$$\mu_{\text{Pendek}}[x] = \frac{120 - 79.5}{120 - 40} = 0.51$$

$$\mu_{\text{Normal}}[x] = \frac{79.5 - 40}{120 - 40} = 0.49$$

4) ZS BB/U:

$$\mu_{\text{Kurang}}[x] = \frac{-3 - (-2)}{-3 - (-2)} = 1$$

$$\mu_{\text{Normal}}[x] = \frac{-2 - (-2)}{-3 - (-2)} = 0$$

5) ZS TB/U:

$$\mu_{\text{Kurang}}[x] = \frac{-3 - (-2.4)}{-3 - (-2)} = 0.60$$

$$\mu_{\text{Normal}}[x] = \frac{-2.4 - (-2)}{-3 - (-2)} = 0.40$$

6) Inferensi (Min Operator)

Rule 1: $\alpha_1 = \min(0.67, 0.42, 0.51, 1.0, 0.4) = 0.4 \rightarrow$ Stunting

Rule 2: $\alpha_2 = \min(0.67, 0.42, 0.51, 1.0, 0.60) = 0.42 \rightarrow$ Stunting

Rule 3: $\alpha_3 = \min(0.67, 0.58, 0.49, 0, 0.60) = 0 \rightarrow$ Normal

Rule 4: $\alpha_4 = \min(0.67, 0.58, 0.49, 0, 0.60) = 0 \rightarrow$ Normal

Rule 5: $\alpha_5 = \min(0.33, 0.42, 0.51, 1.0, 0.60) = 0.33 \rightarrow$ Stunting

Rule 6: $\alpha_6 = \min(0.33, 0.42, 0.51, 1.0, 0.40) = 0.33 \rightarrow$ Stunting

Rule 7: $\alpha_7 = \min(0.33, 0.58, 0.49, 0, 0.40) = 0.31 \rightarrow$ Normal

Rule 8: $\alpha_8 = \min(0.33, 0.58, 0.49, 0, 0.60) = 0.31 \rightarrow$ Stunting

7) Defuzzifikasi

$$z = \frac{(0.39 \times 40) + (0.42 \times 40) + (0.31 \times 60) + (0.31 \times 60) + (0.33 \times 40) + (0.33 \times 40) + (0.31 \times 60) + (0.31 \times 40)}{(0.39 + 0.42 + 0.31 + 0.31 + 0.33 + 0.33 + 0.31 + 0.31)}$$
$$z = 46.86$$

Karena hasil ini lebih dekat ke Normal (60) dibandingkan Stunting (20), maka keputusan akhirnya adalah Normal.

3.1.6 Pengujian

Setelah tahap implementasi, pengujian perangkat lunak pada sistem pendukung keputusan deteksi dini stunting pada balita dilakukan melalui metode *black box testing*. Metode ini memastikan bahwa sistem berperilaku sesuai dengan spesifikasi tanpa memerhatikan detail implementasi internal. Pengujian mencakup skenario penggunaan yang mencerminkan situasi nyata, termasuk pengujian *input*, fungsionalitas seperti *registrasi*, *login*, dan deteksi dini stunting, serta integrasi antarmuka sistem.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

```
DATABASE_URL="postgresql://postgres:210909@localhost:5432/stuntingdb?schema=public"

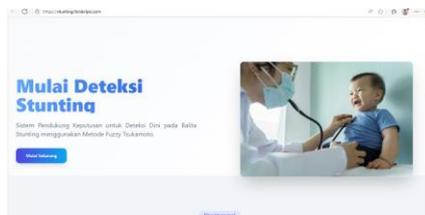
JWT_SECRET="mt9ZlDMYbP0WeWQak8bj73w6XR7XVFy4IJ0BwfeCfsE="
```

Gambar 13 Koneksi Database

Pada gambar 13 implementasi koneksi *database* menggunakan framework Nest Js ditunjukkan dengan beberapa konfigurasi penting dalam file `.env`, `DATABASE_URL` yang berisi jenis database yang digunakan, username dan password untuk koneksi database, port yang digunakan oleh server database (`5432`) dan nama database (`stuntingdb`). Konfigurasi ini mengatur bagaimana aplikasi Nest Js akan berkomunikasi dengan *database* PostgreSQL yang ada di *server* lokal, memastikan bahwa aplikasi dapat terhubung dan berinteraksi dengan *database* dengan benar.

4.2 User Interface

a) Beranda Sistem Deteksi Dini Stunting



Gambar 14. Beranda Sistem Deteksi Dini Stunting

Pada gambar 14 tampilan beranda Sistem Deteksi Dini Stunting menunjukkan antarmuka utama yang ramah pengguna. Halaman ini menampilkan judul "Sistem Pengambil Keputusan Deteksi Dini Gejala Stunting pada Balita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto" yang menginformasikan tujuan utama sistem. Terdapat tombol "Deteksi!" yang mengarahkan pengguna untuk memulai proses deteksi.

b) Data Aturan Fuzzy

Gambar 17 Aturan Fuzzy

Pada gambar 17 ditampilkan data aturan fuzzy dalam bentuk tabel yang mencakup beberapa kolom penting seperti usia, berat badan minimal, berat badan maksimal, tinggi badan minimal, tinggi badan maksimal dan *output*. Tabel ini juga dilengkapi dengan tombol aksi seperti "Edit" dan "Delete" untuk memodifikasi atau menghapus aturan yang ada, serta tombol "Tambah Aturan" untuk menambah aturan baru.

c) Data Hasil

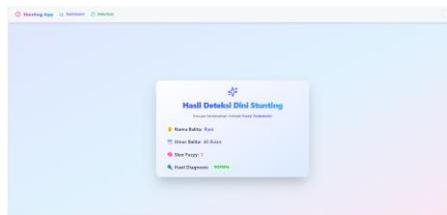


No	Nama	Usia	Jenis Kelamin	Skor Stunting	Hasil	Aksi
1	Andi	10 Tahun	LAKS LAKS	1	Normal	[Edit] [Delete]
2	Anisa	10 Tahun	LAKS LAKS	1	Normal	[Edit] [Delete]
3	Ali	10 Tahun	PEREMPUAN	1	Normal	[Edit] [Delete]
4	Bahar	10 Tahun	PEREMPUAN	1	Normal	[Edit] [Delete]
5	Anisa	10 Tahun	LAKS LAKS	1	Normal	[Edit] [Delete]

Gambar 18 Data hasil

Pada gambar 18 menunjukkan data hasil dalam sistem pendukung keputusan deteksi dini stunting, dengan tabel yang mencakup data nama, usia jenis kelamin skor stunting dan hasil apakah balita normal atau masuk dalam kategori stunting. Setiap entri dalam tabel juga memiliki tombol "Edit" dan "Delete" untuk modifikasi dan penghapusan data, sehingga memudahkan pengelolaan data fuzzy yang digunakan dalam proses deteksi stunting.

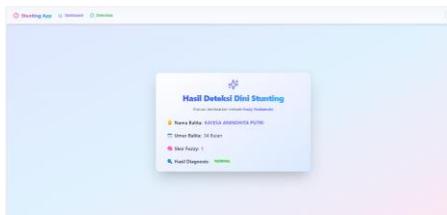
d) Hasil Deteksi Stunting



Gambar 24 Hasil Deteksi Stunting

Gambar 24 menampilkan hasil deteksi dini stunting menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Informasi yang disajikan meliputi nama balita Anto, umur balita 16 bulan, skor fuzzy sebesar 1, dan hasil diagnosis menunjukkan kondisi normal. Berdasarkan skor fuzzy tersebut, sistem mendiagnosis bahwa balita tidak mengalami gejala stunting.

e) Hasil Deteksi Dini Stunting



Gambar 25 Hasil Deteksi Dini Stunting

Berdasarkan hasil deteksi dini stunting dengan menggunakan sistem pada Gambar 25 ditunjukkan bahwa balita atas nama Kayesa Anindhita Putri yang berusia 33 bulan memperoleh skor fuzzy sebesar 1 melalui metode Fuzzy Tsukamoto. Skor tersebut mengindikasikan bahwa status kondisi balita berada dalam kategori NORMAL, sehingga tidak terindikasi mengalami stunting berdasarkan perhitungan sistem.

4.3 Pengujian Blackbox Testing

Tabel 3 Pengujian *Blackbox Testing*

No.	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Keterangan
1	Input data <i>login</i> yang benar, lalu klik tombol 'Masuk'.	<i>Username:admin</i> <i>Password: admin</i>	Sistem dapat melakukan verifikasi <i>password</i> dan <i>login</i> ke dalam sistem.	Berhasil
2	Menuju menu <i>dashboard</i> (administrator)	Melakukan <i>login</i> ke dalam sistem terlebih dahulu	Sistem mampu menampilkan <i>dashboard</i> admin sesuai dengan wewenang.	Berhasil
3	Menampilkan halaman daftar aturan	Mengakses menu 'Aturan'	Sistem mampu menampilkan halaman daftar aturan dengan benar.	Berhasil
4	Menambahkan, mengedit, serta menghapus data aturan	Mengklik tombol gambar pensil, tong sampah, dan tambah aturan	Sistem mampu melakukan aksi sesuai dengan fitur yang ada seperti <i>view</i> , <i>edit</i> , dan <i>Delete</i> .	Berhasil
5	Menampilkan halaman Fuzzy	Mengakses menu 'Fuzzy'	Sistem mampu menampilkan halaman Fuzzy dengan benar.	Berhasil
6	Menambahkan, mengedit, serta menghapus data Fuzzy	Mengklik tombol gambar pensil, tong sampah, dan tambah Fuzzy	Sistem mampu melakukan aksi sesuai dengan fitur yang ada seperti <i>view</i> , <i>edit</i> , dan <i>Delete</i> .	Berhasil
7	Menampilkan halaman pertanyaan	Mengakses menu 'Pertanyaan'	Sistem mampu menampilkan halaman pertanyaan dengan benar.	Berhasil
8	Menambahkan, mengedit, serta menghapus data pertanyaan	Mengklik tombol gambar pensil, tong sampah, dan tambah pertanyaan	Sistem mampu melakukan aksi sesuai dengan fitur yang ada seperti <i>view</i> , <i>edit</i> , dan <i>Delete</i> .	Berhasil
9	Menampilkan halaman skor stunting	Mengakses menu 'Skor Stunting'	Sistem mampu menampilkan halaman skor stunting dengan benar.	Berhasil
10	Menambahkan, mengedit, serta menghapus data skor stunting	Mengklik tombol gambar pensil, tong sampah, dan tambah skor stunting	Sistem mampu melakukan aksi sesuai dengan fitur yang ada seperti <i>view</i> , <i>edit</i> , dan <i>Delete</i> .	Berhasil
11	Menampilkan halaman variabel pendukung	Mengakses menu 'Variabel Pendukung'	Sistem mampu menampilkan halaman variabel pendukung dengan benar.	Berhasil
12	Menambahkan, mengedit, serta menghapus data variabel pendukung	Mengklik tombol gambar pensil, tong sampah, dan tambah variabel	Sistem mampu melakukan aksi sesuai dengan fitur yang ada seperti <i>view</i> , <i>edit</i> ,	Berhasil

13	Menampilkan deteksi	halaman	pendukung Mengakses 'Deteksi'	menu	Sistem mampu menampilkan halaman deteksi dengan benar.	Berhasil
14	Menampilkan deteksi	hasil	Melakukan deteksi menggunakan data yang tersedia		Sistem mampu menampilkan hasil deteksi dengan benar.	Berhasil
15	Logout		Mengklik menu 'Logout'		Sistem mampu melakukan logout dengan benar.	Berhasil

Berdasarkan tabel 3 pengujian blackbox menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan semua fungsi dengan baik, mulai dari login, tampilan dashboard, hingga pengelolaan data seperti aturan, pertanyaan, dan hasil deteksi. Sistem juga dapat menampilkan hasil deteksi secara akurat dan fitur logout berfungsi dengan baik. Hal ini membuktikan bahwa sistem lulus pengujian blackbox dengan hasil yang memuaskan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, sistem deteksi dini stunting berbasis Fuzzy Inference System (FIS) dengan metode Tsukamoto telah berhasil diterapkan dan berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi tingkat risiko stunting pada balita sedini mungkin dengan menganalisis variabel pendukung utama, yaitu usia, berat badan, dan tinggi badan. Dengan menerapkan aturan fuzzy yang telah ditetapkan, sistem ini mampu mengolah data masukan melalui tiga tahapan utama: fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada tahap fuzzifikasi, data numerik dari variabel pendukung dikonversi ke dalam himpunan fuzzy. Selanjutnya, pada tahap inferensi, aturan fuzzy yang telah dirancang digunakan untuk menentukan tingkat keanggotaan dari masing-masing variabel. Terakhir, pada tahap defuzzifikasi, sistem menghasilkan keluaran berupa tingkat risiko stunting yang dapat membantu pengguna dalam mengambil keputusan terkait kondisi balita.

Hasil perbandingan antara output sistem dengan perhitungan manual, keduanya menunjukkan hasil yang sama, yaitu diagnosis "NORMAL" untuk data balita yang diuji. Kesamaan hasil ini mengindikasikan bahwa sistem mampu meniru proses perhitungan manual secara akurat dan logis, sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap hasil yang ditampilkan oleh sistem. Setelah dilakukan pengujian dengan metode *black box*, diketahui bahwa seluruh fitur pada sistem berfungsi sebagaimana mestinya, termasuk proses login, navigasi halaman, input data, pengolahan aturan fuzzy, dan tampilan hasil deteksi. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa metode Tsukamoto dapat diterapkan secara optimal dalam sistem deteksi dini stunting dan dapat menjadi alat bantu yang berguna bagi tenaga medis maupun orang tua dalam mengidentifikasi risiko stunting secara lebih akurat dan sistematis.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Novendri, A. Saputra, dan C. E. Firman, "APLIKASI INVENTARIS BARANG PADA MTS NURUL ISLAM DUMAI MENGGUNAKAN PHP DAN MYSQL," vol. 10, 2019.
- [2] A. P. Putra, F. Andriyanto, dan T. D. M. Harti, "PENGUJIAN APLIKASI POINT OF SALE BERBASIS WEB MENGGUNAKAN BLACK BOX TESTING".
- [3] R. R. Az-Zahra, T. A. Ramadhani, R. A. Nuryadin, dan M. Reza, "Perancangan Sistem Informasi Geografis Pemetaan Layanan Kesehatan Kabupaten Ponorogo Berbasis Website 'E-Healthy,'" *J. Ris. Dan Apl. Mhs. Inform. JRAMI*, vol. 4, no. 04, hlm. 767–774, Okt 2023, doi: 10.30998/jrami.v4i04.8670.
- [4] A. Ernawati, "Gambaran Penyebab Balita Stunting di Desa Lokus Stunting Kabupaten Pati," *J. Litbang Media Inf. Penelit. Pengemb. Dan IPTEK*, vol. 16, no. 2, hlm. 77–94, Des 2020, doi: 10.33658/jl.v16i2.194.
- [5] E. Nugraha, A. P. Wibawa, M. L. Hakim, U. Kholifah, R. H. Dini, dan M. R. Irwanto, "Implementation of fuzzy tsukamoto method in decision support system of journal acceptance," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1280, no. 2, hlm. 022031, Nov 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1280/2/022031.
- [6] M. Syafi'ie, T. Tursina, dan Y. Yulianti, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Daerah Prioritas Penanganan Stunting pada Balita Menggunakan Metode TOPSIS (Studi Kasus : Kota Pontianak)," *J. Sist. Dan Teknol. Inf. JUSTIN*, vol. 7, no. 1, hlm. 33, Jan 2019, doi: 10.26418/justin.v7i1.27815.

- [7] Y. A. Adoe, K. Letelay, dan E. S. Y. Pandie, “PENERAPAN METODE FUZZY TSUKAMOTO DALAM PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI ROTI (STUDI KASUS: DWIJAYA BAKERY KUPANG),” *J. Difer.*, vol. 4, no. 1, hlm. 21–34, Apr 2022, doi: 10.35508/jd.v4i1.6790.
- [8] C. R. Titaley, I. Ariawan, D. Hapsari, A. Muasyaroh, dan M. J. Dibley, “Determinants of the Stunting of Children Under Two Years Old in Indonesia: A Multilevel Analysis of the 2013 Indonesia Basic Health Survey,” *Nutrients*, vol. 11, no. 5, hlm. 1106, Mei 2019, doi: 10.3390/nu11051106.
- [9] R. Rusliyawati dan A. Wantoro, “Decision support system model using FIS Mamdani for determining tire pressure,” *J. Teknol. Dan Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, hlm. 56–63, Jan 2021, doi: 10.14710/jtsiskom.2020.13776.
- [10] N. I. Kurniati, R. R. E. Akbar, dan P. Wijaksono, “Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Autisme Pada Anak,” *Innov. Res. Inform. Innov.*, vol. 1, no. 1, Mar 2019, doi: 10.37058/innovatics.v1i1.676.