

Penerapan Fuzzy Logic Dan Case-Based Reasoning Pada Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Gizi Balita di Puskesmas Banyak Payed

Novianda¹, Rizalul Akram², Dela Fitria³

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Informatika

Universitas Samudra

novianda_tif@unsam.ac.id

Abstrak

Status gizi balita berdampak signifikan terhadap kesehatan dan perkembangan mereka, dengan gizi buruk sebagai salah satu penyebab utama kematian balita. Deteksi dini penyakit gizi menjadi kunci untuk meningkatkan kualitas pertumbuhan dan perkembangan anak. Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic dan Case-Based Reasoning (CBR) untuk mendiagnosis tujuh penyakit gizi pada balita, termasuk defisiensi vitamin A, kekurangan yodium, anemia, stunting, marasmus, kwashiorkor, dan obesitas, dengan mempertimbangkan 47 gejala. Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan studi literatur di Puskesmas Banyak Payed. Sistem dikembangkan menggunakan PHP untuk logika aplikasi, MySQL untuk basis data, dan dirancang menggunakan diagram ERD. Fuzzy Logic digunakan untuk menentukan tingkat keparahan gejala (rendah, sedang, tinggi), sedangkan CBR menilai kemiripan kasus baru dengan data sebelumnya. Hasil pengujian menggunakan 20 data kasus menunjukkan akurasi diagnosis sebesar 100%, dengan tingkat keparahan dan relevansi masing-masing 85%. Penerapan Fuzzy Logic dan Case-Based Reasoning (CBR) dalam sistem pakar ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan relevansi diagnosis penyakit gizi pada balita. Sistem ini efektif dalam mendukung deteksi dini penyakit gizi dan membantu tenaga kesehatan memberikan intervensi yang lebih cepat dan tepat, sehingga dapat meningkatkan kesehatan serta kualitas hidup balita.

Kata kunci: balita; case-based reasoning; fuzzy logic; penyakit gizi; sistem pakar.

Abstract

The nutritional status of toddlers significantly impacts their health and development, with malnutrition being one of the leading causes of toddler mortality. Early detection of nutritional diseases is crucial to improving children's growth and development. This research developed an expert system based on Fuzzy Logic and Case-Based Reasoning (CBR) to diagnose seven nutritional diseases in toddlers, including vitamin A deficiency, iodine deficiency, anemia, stunting, marasmus, kwashiorkor, and obesity, considering 47 symptoms. Data was collected through interviews, observations, and literature studies at Puskesmas Banyak Payed. The system was developed using PHP for application logic, MySQL for the database, and designed using an ERD diagram. Fuzzy Logic was used to determine the severity of symptoms (low, moderate, high), while CBR assessed the similarity between new cases and previous data. Testing results using 20 case data showed a diagnosis accuracy of 100%, with severity and relevance each reaching 85%. The implementation of Fuzzy Logic and Case-Based Reasoning (CBR) in this expert system has proven effective in improving the accuracy and relevance of

diagnosing nutritional diseases in toddlers. This system is effective in supporting the early detection of nutritional diseases and assisting healthcare providers in delivering faster and more accurate interventions, thereby improving the health and quality of life of toddlers.

Keywords: *case-based reasoning; expert system; fuzzy logic; nutritional diseases; toddler.*

PENDAHULUAN

Masalah gizi pada balita merupakan tantangan serius di Indonesia, karena berdampak langsung pada kesehatan dan perkembangan anak, serta kualitas sumber daya manusia di masa depan. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, angka stunting di Indonesia pada tahun 2023 masih mencapai 21,6%, sementara prevalensi gizi kurang dan obesitas pada balita masing-masing sebesar 17,1% dan 3,5% [1]. Fenomena ini menunjukkan bahwa Indonesia menghadapi masalah gizi ganda, di mana kasus kekurangan gizi dan kelebihan gizi terjadi secara bersamaan.

Orang tua sering kali hanya menilai status gizi anak berdasarkan berat badan, tanpa mempertimbangkan gejala lain yang dapat mengarah pada penyakit gizi, seperti defisiensi vitamin A, anemia, kekurangan yodium, marasmus, kwashiorkor, dan obesitas. Akibatnya, banyak kasus terlambat terdeteksi, sehingga penanganan menjadi kurang optimal [2].

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem pakar berbasis Fuzzy Logic dan Case-Based Reasoning (CBR) telah banyak digunakan dalam diagnosis medis untuk mengatasi ketidakpastian dalam data gejala dan meningkatkan akurasi keputusan [3]. Fuzzy Logic mampu menentukan tingkat keparahan gejala berdasarkan nilai bobot tertentu, sementara CBR digunakan untuk mencocokkan kasus baru dengan data historis guna memberikan rekomendasi diagnosis yang lebih akurat [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis Fuzzy Logic dan CBR untuk diagnosis penyakit gizi pada balita di Puskesmas Manyak Payed. Sistem ini diharapkan dapat membantu tenaga kesehatan dalam mendeteksi penyakit gizi lebih awal, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih cepat dan tepat guna.

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa permasalahan yang perlu diidentifikasi dan dianalisis untuk mencapai tujuan penelitian. Rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem pakar dapat membantu mendiagnosis penyakit gizi pada balita secara akurat dan cepat?
2. Apakah metode *Fuzzy Logic* dan *Case-Based Reasoning* efektif dalam meningkatkan akurasi diagnosis penyakit gizi pada balita?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pakar dan evaluasi metode yang digunakan. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit gizi pada balita menggunakan metode *Fuzzy Logic* dan *Case-Based Reasoning*.
2. Mengevaluasi efektivitas metode *Fuzzy Logic* dan *Case-Based Reasoning* dalam meningkatkan akurasi diagnosis penyakit gizi.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan baik untuk individu maupun masyarakat, terutama dalam bidang kesehatan anak. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu orang tua dan tenaga kesehatan mendeteksi dini penyakit gizi pada balita.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan sistem pakar berbasis kecerdasan buatan di bidang kesehatan.
3. Mendukung program kesehatan nasional dalam menurunkan angka masalah gizi pada balita.

Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai sistem pakar diagnosis penyakit gizi pada balita telah dilakukan dengan menggunakan berbagai metode. Salah satunya adalah penggunaan metode *Naïve Bayes* yang mampu mendiagnosis tiga jenis penyakit gizi buruk, yaitu Kwashiorkor, Marasmus, dan Marasmik Kwashiorkor berdasarkan 22 gejala yang diinputkan oleh pengguna, dengan akurasi mencapai 80%. Namun, metode ini memiliki kelemahan dalam menangani hubungan antar-gejala yang saling terkait, yang dapat mengurangi akurasi diagnosis, terutama pada dataset yang terbatas atau gejala yang kompleks [5].

Selain itu, terdapat penelitian yang mengembangkan sistem pakar berbasis metode *Dempster Shafer* untuk diagnosis penyakit gizi pada balita. Metode ini digunakan untuk mengukur ketidakpastian dan tingkat kepercayaan pakar dalam mengidentifikasi dan mendeteksi gizi buruk. Hasil pengujian sistem

menunjukkan akurasi 84%, dengan nilai presisi 81,83% dan recall 80%. Pendekatan ini dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan akurasi diagnosis penyakit gizi pada balita [6].

Penelitian lainnya mengusulkan penggunaan metode *Fuzzy Case-Based Reasoning* (CBR) untuk diagnosa penyakit tanaman padi, yang dapat diaplikasikan untuk penyakit gizi pada balita. Dalam sistem ini, metode Fuzzy digunakan untuk menentukan bobot pada penyakit padi dengan tiga kriteria: rendah, sedang, dan tinggi. Sementara itu, CBR digunakan untuk menentukan nilai kemiripan antara kasus lama dan kasus baru dengan membandingkan gejala-gejala yang ada. Pendekatan ini dapat membantu dalam menangani gejala yang saling terkait, yang penting untuk pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit gizi pada balita [3].

Ketiga penelitian ini menunjukkan pentingnya pengembangan sistem pakar yang mampu menangani kompleksitas gejala dan hubungan antar-gejala dalam diagnosis penyakit, baik pada balita maupun tanaman padi. Pendekatan seperti *Naïve Bayes*, *Dempster Shafer*, dan *Fuzzy CBR* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga pemilihan metode yang tepat harus disesuaikan dengan karakteristik data dan tujuan diagnosis yang ingin dicapai.

LANDASAN TEORI

Sistem Pakar merupakan sistem yang dirancang untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu dengan meniru cara kerja para ahli dalam memberikan solusi atau diagnosis [7]. Dalam konteks penelitian ini, sistem pakar digunakan untuk mendiagnosis penyakit gizi pada balita

berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna, dengan menggunakan basis pengetahuan yang sudah ada.

Ilmu gizi sendiri berasal dari kata bahasa Arab "Ghidza" yang berarti makanan. Ilmu gizi berkaitan erat dengan tubuh manusia dan kesehatan, serta memiliki hubungan penting dengan potensi ekonomi seseorang, seperti perkembangan otak, kemampuan belajar, dan produktivitas kerja. Memahami ilmu gizi juga membantu seseorang untuk lebih memahami fungsi setiap zat gizi dalam metabolisme tubuh [8]. Hal ini sangat penting untuk mengatasi masalah gizi pada balita dan mendukung tumbuh kembang anak secara optimal.

Masa tumbuh kembang pada balita dikenal dengan sebutan golden age atau masa keemasan. Pada masa ini, perkembangan fisik dan otak anak berlangsung dengan sangat cepat, sehingga sangat penting untuk memastikan kecukupan gizi selama periode ini [9]. Meskipun begitu, perhatian terhadap gizi tetap perlu dijaga setelah balita melewati usia dua tahun, karena mereka tetap rentan terhadap masalah gizi yang dapat memengaruhi kesehatan jangka panjang mereka [10].

Dalam sistem pakar, Fuzzy Logic digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam data gejala. Metode ini mengklasifikasikan tingkat keparahan gejala ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi, dengan menggunakan nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan sebagai ciri utama [11]. Hal ini memungkinkan sistem untuk memberikan diagnosis yang lebih fleksibel dan realistis, mengingat ketidakpastian yang sering terjadi dalam gejala penyakit gizi.

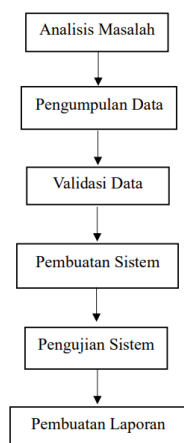
Case-Based Reasoning (CBR) adalah metode yang digunakan dalam sistem pakar

untuk membandingkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna dengan kasus yang ada dalam basis data. Sistem ini mencari kemiripan antara kasus baru dan kasus lama, dan memberikan diagnosis berdasarkan pengalaman kasus sebelumnya [12]. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memberikan diagnosis yang lebih akurat dan relevan dengan kondisi balita.

Sistem pakar ini berbasis web, yang memungkinkan akses informasi secara cepat dan efisien melalui web server yang tersebar di berbagai benua, termasuk Indonesia. Data yang digunakan dalam sistem pakar ini disimpan dalam database, dan MySQL adalah salah satu jenis database yang digunakan untuk mengorganisasi data secara efektif [13][14]. Flowchart digunakan untuk menggambarkan alur proses dalam sistem pakar, dengan simbol-simbol yang mewakili setiap proses yang ada, dan garis penghubung untuk menunjukkan hubungan antar proses [15].

METODE PENELITIAN

Beberapa tahapan yang akan dilakukan oleh peneliti untuk mengembangkan aplikasi sistem pakar diagnosis penyakit gizi pada balita menggunakan metode Fuzzy Logic dan Case-Based Reasoning (CBR) dapat dilihat pada Gambar 1. Tahapan penelitian dimulai dengan analisis masalah, dilanjutkan dengan pengumpulan dan validasi data. Setelah itu, dilakukan pembuatan sistem, diikuti dengan pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem, dan diakhiri dengan penyusunan laporan untuk mendokumentasikan seluruh proses penelitian.

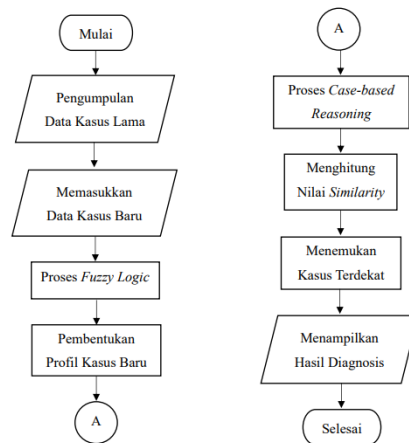


Gambar 1. Tahapan penelitian

1. Analisis Masalah: Mengidentifikasi masalah pentingnya pemantauan status gizi balita untuk merumuskan tujuan sistem pakar diagnosis penyakit gizi.
2. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data melalui studi literatur dan wawancara dengan ahli gizi di Puskesmas Manyak Payed.
3. Validasi Data: Memvalidasi data dengan pakar gizi untuk memastikan keakuratan dan relevansi.
4. Perancangan dan Pembuatan Sistem: Merancang dan mengembangkan aplikasi sistem pakar berbasis website untuk diagnosis penyakit gizi pada balita.
5. Pengujian Sistem: Menguji aplikasi dengan pengguna dan memperbaiki sistem berdasarkan feedback yang diterima.
6. Pembuatan Laporan: Menyusun laporan penelitian berdasarkan hasil pengujian dan kesimpulan yang diperoleh.

ANALISIS DAN PERANCANGAN

Flowchart dari sistem pakar diagnosis penyakit gizi pada balita menggunakan metode Fuzzy Logic dan Case-based Reasoning dapat dilihat pada Gambar 2.



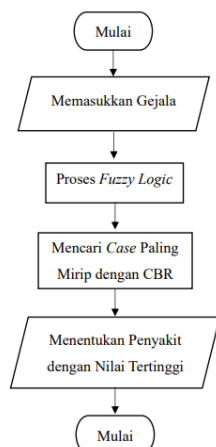
Gambar 2. Flowchart metode *Fuzzy Logic* dan *Case-based Reasoning*

Penjelasan Flowchart:

1. Mulai
2. Pengumpulan Data Kasus Lama: Data gejala dan diagnosis penyakit gizi balita dari kasus lama dikumpulkan dari database yang ada.
3. Memasukkan Data Kasus Baru: Data gejala balita yang baru dimasukkan ke dalam sistem, berasal dari pengamatan orang tua atau pemeriksaan medis.
4. Proses Fuzzy Logic: Fuzzy Logic digunakan untuk menentukan bobot dan tingkat keparahan gejala, mengklasifikasikan gejala ke dalam kategori seperti rendah, sedang, atau tinggi.
5. Pembentukan Profil Kasus Baru: Menggabungkan bobot gejala untuk membentuk profil numerik dari kondisi kesehatan balita.
6. Proses Case-Based Reasoning (CBR): Profil kasus baru dibandingkan dengan kasus lama dalam database menggunakan metode CBR untuk menemukan kasus yang serupa.
7. Menghitung Nilai Similarity: Sistem menghitung kemiripan antara kasus baru dan lama berdasarkan gejala yang ada.

8. Menemukan Kasus Terdekat: Kasus lama dengan nilai similarity tertinggi digunakan sebagai dasar diagnosis.
9. Menampilkan Hasil Diagnosis: Sistem memberikan diagnosis penyakit gizi berdasarkan kasus terdekat yang ditemukan.
10. Selesai.

Selanjutnya adalah flowchart untuk pengguna atau user dapat dilihat pada Gambar 3, yang menunjukkan langkah-langkah yang harus dilakukan oleh pengguna dalam menggunakan sistem ini. Flowchart pengguna berfokus pada interaksi pengguna dengan sistem, dimulai dari proses memasukkan data gejala hingga mendapatkan hasil diagnosis.



Gambar 3. Flowchart pengguna

Penjelasan Flowchart:

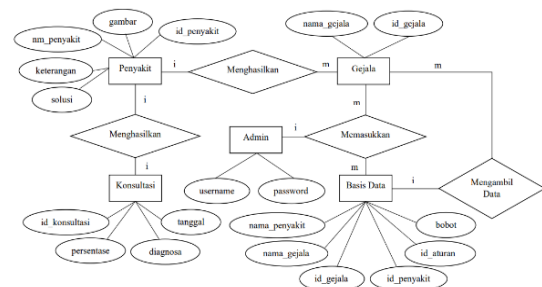
1. Mulai
2. Memasukkan Gejala: Pengguna memasukkan gejala yang dialami balita, yang menjadi dasar untuk analisis sistem.
3. Proses Fuzzy Logic: Sistem mengubah gejala yang bersifat subyektif menjadi nilai numerik menggunakan Fuzzy Logic, dengan memberikan bobot berdasarkan tingkat keparahan gejala.
4. Mencari Case Paling Mirip dengan CBR: Sistem menggunakan Case-Based Reasoning (CBR) untuk membandingkan profil kasus baru

dengan kasus lama di database, mencari yang paling mirip.

5. Menentukan Penyakit dengan Nilai Tertinggi: Sistem memberikan diagnosis penyakit gizi pada balita berdasarkan kasus lama yang paling mirip.

6. Selesai.

Dalam merancang sistem pakar untuk diagnosis penyakit gizi pada balita, penting untuk memiliki struktur basis data yang solid dan efisien. Entity-Relationship Diagram (ERD) adalah alat yang sangat berguna untuk merancang dan menggambarkan struktur basis data ini, dapat dilihat pada Gambar 4. ERD menyediakan representasi visual dari entitas-entitas utama dalam basis data, hubungan antara entitas, dan atribut-atribut yang relevan untuk setiap entitas. Dalam konteks sistem pakar ini, ERD membantu menggambarkan bagaimana data terkait dengan diagnosis penyakit gizi pada balita diorganisir dan disimpan.



Gambar 4. ERD sistem

Gejala penyakit gizi dikumpulkan dan dianalisis menggunakan *Fuzzy Logic* untuk menentukan bobot, yang kemudian digunakan dalam CBR untuk menemukan kasus yang paling mirip dan memberikan diagnosis. Hasil diagnosis menunjukkan jenis masalah gizi yang dialami balita dan diharapkan membantu deteksi dini serta intervensi yang cepat untuk mencegah komplikasi. Temuan ini juga dapat membantu tenaga kesehatan dalam merencanakan intervensi gizi yang tepat.

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui wawancara dengan pakar gizi di Puskesmas Manyak Payed dan studi literatur untuk memperoleh informasi mengenai penyakit gizi pada balita. Data tersebut divalidasi oleh pakar gizi untuk memastikan kesesuaian dan akurasinya. Penelitian ini mengidentifikasi tujuh penyakit gizi pada balita: Defisiensi Vitamin A, Kekurangan Yodium, Anemia, Stunting, Marasmus, Kwashiorkor, dan Obesitas.

2. Basis Pengetahuan

Masalah gizi pada balita melibatkan kondisi yang memengaruhi kesehatan dan perkembangan anak. Dalam sistem pakar, gejala yang dimasukkan oleh pengguna dibandingkan dengan basis pengetahuan yang telah dikumpulkan untuk menentukan diagnosis penyakit gizi yang tepat. Perbandingan ini menghasilkan tingkat kemiripan yang memungkinkan diagnosis cepat dan akurat untuk tindakan intervensi. Tabel 1 menunjukkan beberapa penyakit gizi pada balita dan solusinya.

Tabel 1. Penyakit gizi pada balita beserta solusi penanganannya

Kode Penyakit	Nama Penyakit	Solusi Penanganan
P1	Defisiensi Vitamin A	1. Berikan suplemen vitamin A dosis tinggi (100.000–200.000 IU) sesuai jadwal dari petugas kesehatan. 2. Tambahkan asupan makanan kaya vitamin A, seperti wortel, ubi, bayam, hati, dan telur, dalam menu harian anak. 3. Rutin cek status gizi anak di posyandu atau fasilitas kesehatan untuk mencegah kekurangan yang lebih lanjut.

P2	Kekurangan Yodium	1. Gunakan garam beriodium dalam makan-an sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan yodium anak. 2. Tambahkan makanan sumber yodium, seperti ikan, susu, dan telur, dalam asupan harian. 3. Pertimbangkan pemberian suplemen yodium jika disarankan oleh petugas kesehatan.
P3	Anemia	1. Berikan suplemen zat besi sesuai arahan petugas kesehatan untuk meningkatkan kadar hemoglobin. 2. Tingkatkan konsumsi makanan kaya zat besi, seperti daging, hati, bayam, dan kacang-kacangan. 3. Konsumsi makanan tinggi vitamin C untuk membantu penyerapan zat besi.
P4	Stunting	1. Berikan makanan bergizi seimbang yang kaya protein dan zat besi untuk mendukung pertumbuhan anak. 2. Jika usia anak masih dalam periode ASI eksklusif, lanjutkan pemberian ASI hingga 6 bulan, diikuti dengan MP-ASI bergizi seimbang. 3. Lakukan pemantauan rutin di posyandu untuk melihat perkembangan pertumbuhan anak.
P5	Marasmus	1. Berikan makanan tinggi kalori secara bertahap, mulai dari makanan cair atau lunak. 2. Tambahkan makanan bergizi dengan kandungan protein dan karbohidrat tinggi secara bertahap. 3. Jika anak masih dalam periode ASI, lanjutkan pemberian ASI sebagai nutrisi tambahan.

P6	Kwashiorkor	1. Tambahkan asupan protein tinggi seperti telur, ikan, tahu, tempe, dan daging pada menu sehari-hari anak. 2. Berikan makanan yang juga mengandung kalori tinggi secara bertahap untuk menambah energi. 3. Pemantauan ketat oleh tenaga medis atau ahli gizi diperlukan untuk penanganan yang tepat.
P7	Obesitas	1. Batasi makanan tinggi gula dan lemak, serta ganti dengan sayuran, buah, dan sumber serat lainnya. 2. Ajak anak beraktivitas fisik sesuai dengan usianya untuk menjaga berat badan ideal. 3. Pantau berat badan secara berkala di posyandu untuk memastikan anak tetap dalam rentang sehat.

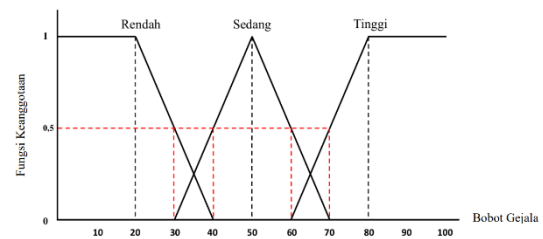
Himpunan fuzzy adalah konsep dalam logika fuzzy yang digunakan untuk menggambarkan derajat keanggotaan suatu nilai dalam satu set. Dalam konteks penyakit gizi pada balita, himpunan fuzzy memiliki tiga nilai utama: rendah, sedang, dan tinggi, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi keanggotaan

Keanggotaan	Nilai
Rendah	0, 20, 40
Sedang	30, 50, 70
Tinggi	60, 80, 100

Nilai rendah menunjukkan bahwa gejala penyakit berada pada tingkat keparahan minimal, dengan kurva keanggotaan yang naik dari 0 ke 1 dan turun kembali ke 0 dalam rentang nilai rendah. Nilai sedang menandakan gejala berada di tengah rentang keparahan, dengan kurva keanggotaan berbentuk segitiga atau trapesium yang memuncak di tengah. Nilai tinggi menunjukkan gejala berada pada tingkat keparahan maksimal, dengan kurva

keanggotaan yang naik dari 0 ke 1 lalu turun kembali ke 0 dalam rentang nilai tinggi.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan

Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk tiga kategori: Rendah, Sedang, dan Tinggi. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing fungsi keanggotaan:

1. Fungsi Keanggotaan Rendah

$$\text{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 20 \\ \frac{40-x}{20} & 20 < x \leq 40 \\ 0 & x > 40 \end{cases}$$

2. Fungsi Keanggotaan Sedang

$$\text{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & 30 \geq x \geq 70 \\ \frac{x-30}{20} & 30 < x \leq 50 \\ \frac{70-x}{20} & 50 < x < 70 \end{cases}$$

3. Fungsi Keanggotaan Tinggi

$$\text{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 60 \\ \frac{x-60}{20} & 60 < x \leq 80 \\ 1 & x > 80 \end{cases}$$

3. Penentuan Bobot Gejala Penyakit

Dapat dilihat pada Tabel 3, dalam penelitian ini terdapat 47 gejala penyakit gizi yang telah diidentifikasi dan diberi bobot melalui tahapan berikut:

1. Konsultasi dengan Pakar Gizi

Wawancara dilakukan dengan pakar gizi di Puskesmas Manyak Payed untuk menentukan tingkat kepentingan setiap gejala dalam mendiagnosis penyakit gizi pada balita.

2. Analisis Literatur

Informasi dari jurnal, buku, dan artikel ilmiah dikumpulkan untuk mengkalibrasi bobot gejala berdasarkan penelitian sebelumnya.

3. Validasi dan Penyesuaian

Bobot yang diperoleh dari konsultasi dan literatur divalidasi kembali oleh

pakar gizi untuk memastikan keakuratan dan relevansinya di lapangan.

4. Penggunaan Teknik Fuzzy

Teknik Fuzzy Logic digunakan untuk memberikan bobot yang fleksibel dan akurat, dengan derajat keanggotaan dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi, mencerminkan kondisi yang realistis untuk analisis lanjutan.

Tabel 3. Gejala penyakit dan bobot

No.	Kode Penyakit	Kode Gejala	Nama Gejala	Bobot
1	P1	G1	Mata kering	70
2	P1	G2	Kulit kering	20
3	P1	G3	Sulit melihat di malam hari	80
4	P1	G4	Kebutaan	90
5	P1	G5	Bintik putih di mata	70
6	P1	G6	Infeksi	40
7	P1	G7	Gangguan Pertumbuhan	30
8	P1	G8	Ulkus kornea (luka pada mata)	80
9	P2	G9	Benjolan di leher	90
10	P2	G10	Rambut rontok	30
11	P2	G11	Peningkatan berat badan tanpa penyebab yang jelas	30
12	P2	G12	Tubuh terasa lelah dan lemah	40
13	P2	G13	Merasa kedinginan	30
14	P2	G14	Gangguan irama jantung	40
15	P2	G15	Penurunan daya ingat dan kemampuan berpikir	50
16	P3	G16	Terlihat pucat	50
17	P3	G17	Mudah lelah	60
18	P3	G18	Kerap merasa pusing	50
19	P3	G19	Napas terasa lebih berat	40
20	P3	G20	Jantung berdetak lebih cepat	40
21	P4	G21	Tinggi badan anak lebih pendek daripada tinggi badan anak seusianya	90
22	P4	G22	Berat badan tidak meningkat secara konsisten	70
23	P4	G23	Tahap perkembangan yang terlambat dibandingkan anak seusianya	80
24	P4	G24	Mudah terserang penyakit, terutama infeksi	50
25	P5	G25	Tubuh terasa lelah dan lemah	30
26	P5	G26	Diare kronis	70
27	P5	G27	Infeksi saluran pernapasan	60
28	P5	G28	Gangguan emosional pada anak atau tidak menunjukkan ekspresi emosi	40
29	P5	G29	Pernapasan melambat	50
30	P5	G30	Kulit kering dan kasar	30
31	P5	G31	Kebotakan (rambut gampang rontok)	30
32	P6	G32	Perut membesar	70
33	P6	G33	Kulit berwarna kemerahan, kering, bersisik, atau terkelupas	60
34	P6	G34	Rambut menjadi kering, rapuh, mudah patah, bahkan berubah warna menjadi kuning kemerahan seperti rambut jagung	80
35	P6	G35	Gangguan tumbuh kembang	50
36	P6	G36	Penyakit infeksi yang terjadi dalam jangka panjang atau sulit sembuh	50
37	P6	G37	Tubuh terasa lelah dan lemah	20
38	P6	G38	Lebih rewel dan sering menangis	20
39	P7	G39	Penumpukan lemak di tubuh, terutama di sekitar pinggang	20
40	P7	G40	Mudah berkeringat	10
41	P7	G41	Susah tidur	10
42	P7	G42	Mudah lelah	10
43	P7	G43	Bagian lipatan kulit lembap karena keringat	30
44	P7	G44	Nyeri di persendian atau punggung	40
45	P7	G45	Nyeri dada	20
46	P7	G46	Tekanan darah tinggi	50
47	P7	G47	Gula darah tinggi	80

4. Proses Fuzzyfikasi

Setelah pembobotan gejala penyakit gizi, tahap berikutnya adalah fuzzyfikasi, di mana nilai tegas setiap gejala dikonversi

menjadi derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy, dapat dilihat pada Tabel 4. Proses ini menggunakan fungsi keanggotaan untuk memetakan nilai tegas ke dalam kategori seperti rendah, sedang, dan tinggi.

Tabel 4. Nilai fungsi keanggotaan

No.	Kode Penyakit	Kode Gejala	Bobot	Nilai Keanggotaan		
				Rendah	Sedang	Tinggi
1	P1	G1	70	0	0	0,5
2	P1	G2	20	1	0	0
3	P1	G3	80	0	0	1
4	P1	G4	90	0	0	1
5	P1	G5	70	0	0	0,5
6	P1	G6	40	0	0,5	0
7	P1	G7	30	0,5	0	0
8	P1	G8	80	0	0	1
9	P2	G9	90	0	0	1
10	P2	G10	30	0,5	0	0
11	P2	G11	30	0,5	0	0
12	P2	G12	40	0	0,5	0
13	P2	G13	30	0,5	0	0
14	P2	G14	40	0	0,5	0
15	P2	G15	50	0	1	0
16	P3	G16	50	0	1	0
17	P3	G17	60	0	0,5	0
18	P3	G18	50	0	1	0
19	P3	G19	40	0	0,5	0
20	P3	G20	40	0	0,5	0
21	P4	G21	90	0	0	1
22	P4	G22	70	0	0	0,5
23	P4	G23	80	0	0	1
24	P4	G24	50	0	1	0
25	P5	G25	30	0,5	0	0
26	P5	G26	70	0	0	0,5
27	P5	G27	60	0	0,5	0
28	P5	G28	40	0	0,5	0
29	P5	G29	50	0	1	0
30	P5	G30	30	0,5	0	0
31	P5	G31	30	0,5	0	0
32	P6	G32	70	0	0	0,5
33	P6	G33	60	0	0,5	0
34	P6	G34	80	0	0	1
35	P6	G35	50	0	1	0
36	P6	G36	50	0	1	0
37	P6	G37	20	1	0	0
38	P6	G38	20	1	0	0
39	P7	G39	20	1	0	0
40	P7	G40	10	1	0	0
41	P7	G41	10	1	0	0
42	P7	G42	10	1	0	0
43	P7	G43	30	0,5	0	0
44	P7	G44	40	0	0,5	0
45	P7	G45	20	1	0	0
46	P7	G46	50	0	1	0
47	P7	G47	80	0	0	1

Dengan derajat keanggotaan yang diperoleh pada tahap sebelumnya, hasil akhir yang diambil adalah nilai yang paling dominan dalam kategori tersebut. Ini berarti bahwa jika sebuah gejala memiliki derajat keanggotaan tertinggi dalam kategori tertentu, nilai tersebut akan dianggap sebagai representasi utama dari gejala tersebut, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Dominasi nilai gejala

No.	Kode Penyakit	Kode Gejala	Bobot	Nilai Keanggotaan			Keterangan
				Rendah	Sedang	Tinggi	
1	P1	G1	70	0	0	0,5	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori tinggi
2	P1	G2	20	1	0	0	
3	P1	G3	80	0	0	1	
4	P1	G4	90	0	0	1	
5	P1	G5	70	0	0	0,5	
6	P1	G6	40	0	0,5	0	
7	P1	G7	30	0,5	0	0	
8	P1	G8	80	0	0	1	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori sedang
9	P2	G9	90	0	0	1	
10	P2	G10	30	0,5	0	0	
11	P2	G11	30	0,5	0	0	
12	P2	G12	40	0	0,5	0	
13	P2	G13	30	0,5	0	0	
14	P2	G14	40	0	0,5	0	
15	P2	G15	50	0	1	0	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori sedang
16	P3	G16	50	0	1	0	
17	P3	G17	60	0	0,5	0	
18	P3	G18	50	0	1	0	
19	P3	G19	40	0	0,5	0	
20	P3	G20	40	0	0,5	0	
21	P4	G21	90	0	0	1	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori tinggi
22	P4	G22	70	0	0	0,5	
23	P4	G23	80	0	0	1	
24	P4	G24	50	0	1	0	
25	P5	G25	30	0,5	0	0	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori sedang
26	P5	G26	70	0	0	0,5	
27	P5	G27	60	0	0,5	0	
28	P5	G28	40	0	0,5	0	
29	P5	G29	50	0	1	0	
30	P5	G30	30	0,5	0	0	
31	P5	G31	30	0,5	0	0	
32	P6	G32	70	0	0	0,5	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori sedang
33	P6	G33	60	0	0,5	0	
34	P6	G34	80	0	0	1	
35	P6	G35	50	0	1	0	
36	P6	G36	50	0	1	0	
37	P6	G37	20	1	0	0	
38	P6	G38	20	1	0	0	
39	P7	G39	20	1	0	0	Berdasarkan perhitungan, gejala yang dialami masuk dalam kategori rendah
40	P7	G40	10	1	0	0	
41	P7	G41	10	1	0	0	
42	P7	G42	10	1	0	0	
43	P7	G43	30	0,5	0	0	
44	P7	G44	40	0	0,5	0	
45	P7	G45	20	1	0	0	
46	P7	G46	50	0	1	0	
47	P7	G47	80	0	0	1	

5. Menentukan Hasil Akhir

Setelah nilai dominan dari setiap gejala telah ditentukan, langkah berikutnya adalah menghitung kesamaan (*similarity*) antara kasus baru dengan kasus-kasus yang ada dalam basis data menggunakan rumus *similarity*. Dalam proses ini, setiap gejala yang relevan dengan kasus baru akan diberi nilai berdasarkan apakah gejala tersebut dipilih atau tidak. Gejala yang dipilih, yaitu gejala yang ada dalam kasus baru, akan diberi nilai 1, sementara gejala yang tidak dipilih akan diberi nilai 0.

Berdasarkan hasil pengujian sistem dengan 2 gejala, yaitu:

1. Tinggi badan anak lebih pendek.
2. Berat badan tidak meningkat secara konsisten.

Untuk mendapatkan nilai *similarity* dengan perhitungan manual, digunakan rumus berikut:

$$Similarity = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + \dots (s_n \times w_n)}{w_1 + w_2 + \dots w_n}$$

Di mana:

s_i = nilai *similarity* untuk gejala ke- i

w_i = bobot untuk gejala ke- i

n = jumlah total gejala yang dipertimbangkan

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Penyakit Defisiensi Vitamin A

$$P1 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4) + (s_5 \times w_5) + (s_6 \times w_6) + (s_7 \times w_7) + (s_8 \times w_8)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8}$$

$$P1 = \frac{(0 \times 70) + (0 \times 20) + (0 \times 80) + (0 \times 90) + (0 \times 70) + (0 \times 40) + (0 \times 30) + (0 \times 80)}{70 + 20 + 80 + 90 + 70 + 40 + 30 + 80}$$

$$P1 = \frac{0}{480}$$

$$P1 = 0 \times 100 = 0 \%$$

2. Penyakit Kekurangan Yodium

$$P2 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4) + (s_5 \times w_5) + (s_6 \times w_6) + (s_7 \times w_7)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7}$$

$$P2 = \frac{(0 \times 90) + (0 \times 30) + (0 \times 30) + (0 \times 40) + (0 \times 30) + (0 \times 40) + (0 \times 50)}{90 + 30 + 30 + 40 + 30 + 40 + 50}$$

$$P2 = \frac{0}{310}$$

$$P2 = 0 \times 100 = 0 \%$$

3. Penyakit Anemia

$$P3 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4) + (s_5 \times w_5)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5}$$

$$P3 = \frac{(0 \times 50) + (0 \times 60) + (0 \times 50) + (0 \times 40) + (0 \times 40)}{50 + 60 + 50 + 40 + 40}$$

$$P3 = \frac{0}{240}$$

$$P3 = 0 \times 100 = 0 \%$$

4. Penyakit Stunting

$$P4 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4}$$

$$P4 = \frac{(1 \times 90) + (1 \times 70) + (0 \times 80) + (0 \times 50)}{90 + 70 + 80 + 50}$$

$$P4 = \frac{160}{290}$$

$$P4 = 0,5517 \times 100 = 55,17 \%$$

5. Penyakit Marasmus

$$P5 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4) + (s_5 \times w_5) + (s_6 \times w_6) + (s_7 \times w_7)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7}$$

$$P5 = \frac{(0 \times 30) + (0 \times 70) + (0 \times 60) + (0 \times 40) + (0 \times 50) + (0 \times 30) + (0 \times 30)}{30 + 70 + 60 + 40 + 50 + 30 + 30}$$

$$P5 = \frac{0}{310}$$

$$P5 = 0 \times 100 = 0 \%$$

6. Penyakit Kwashiorkor

$$P6 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4) + (s_5 \times w_5) + (s_6 \times w_6) + (s_7 \times w_7)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7}$$

$$P6 = \frac{(0 \times 70) + (0 \times 60) + (0 \times 80) + (0 \times 50) + (0 \times 50) + (0 \times 20) + (0 \times 20)}{70 + 60 + 80 + 50 + 50 + 20 + 20}$$

$$P6 = \frac{0}{350}$$

$$P6 = 0 \times 100 = 0 \%$$

7. Penyakit Obesitas

$$P7 = \frac{(s_1 \times w_1) + (s_2 \times w_2) + (s_3 \times w_3) + (s_4 \times w_4) + (s_5 \times w_5) + (s_6 \times w_6) + (s_7 \times w_7) + (s_8 \times w_8) + (s_9 \times w_9)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8}$$

$$P7 = \frac{(0 \times 20) + (0 \times 10) + (0 \times 10) + (0 \times 10) + (0 \times 30) + (0 \times 40) + (0 \times 20) + (0 \times 50) + (0 \times 80)}{20 + 10 + 10 + 10 + 30 + 40 + 20 + 50 + 80}$$

$$P7 = \frac{0}{270}$$

$$P7 = 0 \times 100 = 0 \%$$

Penyakit yang memiliki nilai *similarity* terbesar adalah penyakit yang paling mirip dengan gejala yang dimasukkan oleh pengguna, dan merupakan diagnosis yang paling mungkin. Semakin tinggi nilai *similarity*, semakin besar kemungkinan bahwa penyakit tersebut sesuai dengan kondisi yang dialami oleh pengguna. Oleh karena itu, penyakit yang memiliki nilai *similarity* terbesar dianggap sebagai diagnosis yang paling akurat dan relevan berdasarkan input gejala yang diberikan oleh pengguna.

IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Pada tahap implementasi, aplikasi sistem pakar ini terdiri dari alur input yang sangat sederhana dan langsung menghasilkan output berupa hasil diagnosis. Berikut adalah penjelasan setiap langkah:

1. Pilih Gejala

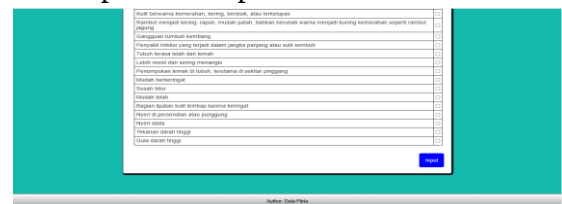
Pada layar pertama dapat dilihat pada Gambar 6, pengguna (petugas atau operator) diminta untuk memilih gejala yang dialami oleh balita dengan cara mencentang *checkbox* yang tersedia. Setiap gejala yang relevan akan dipilih berdasarkan kondisi balita yang sedang diperiksa.



Gambar 6. Halaman Konsultasi

2. Input

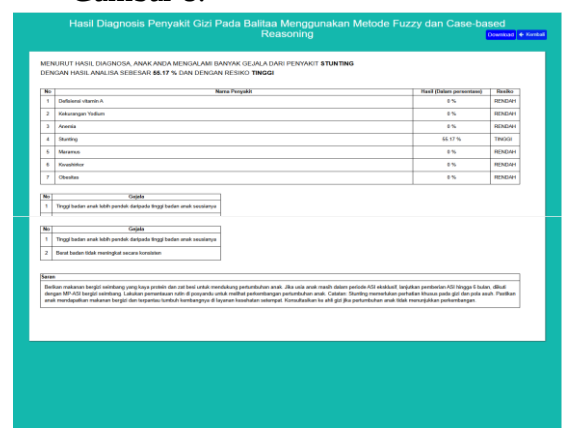
Setelah memilih gejala-gejala yang sesuai, pengguna hanya perlu mengklik tombol "Input" untuk mengirimkan data tersebut ke sistem, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Input Gejala

3. Output (Hasil Diagnosa)

Setelah klik "Input", sistem akan langsung memproses data yang diberikan dan menampilkan hasil diagnosis penyakit gizi yang dialami balita, beserta tingkat keparahan (rendah, sedang, atau tinggi) serta rekomendasi penanganan yang sesuai. Hasil diagnosa dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Diagnosa

Tabel 6 menunjukkan hasil diagnosis sistem dan diagnosis pakar yang diukur berdasarkan 20 data kasus yang digunakan dalam pengujian sistem. Dalam

hal ini, pengujian sistem dilakukan dengan 20 kasus yang hanya mencakup informasi gejala, dan sistem akan mendiagnosis penyakit berdasarkan data tersebut. Setiap kasus mencakup gejala yang relevan, dan sistem akan mendiagnosis penyakit berdasarkan data tersebut.

Tabel 6. Hasil diagnosis sistem dan diagnosis pakar

No.	Kasus	Gejala	Diagnosis Sistem	Diagnosis Pakar
1	1	- Tinggi badan lebih pendek. - Berat badan tidak meningkat secara konsisten.	Stunting, Resiko Tinggi	Stunting, Resiko Tinggi
2	2	- Tahap perkembangan terlambat. - Mudah terserang penyakit. - Gangguan pertumbuhan.	Stunting, Resiko Sedang	Stunting, Resiko Sedang
3	3	- Berat badan tidak meningkat. - Gangguan pertumbuhan. - Mudah lelah.	Stunting, Resiko Tinggi	Stunting, Resiko Tinggi
4	4	- Terlihat pucat. - Gangguan pertumbuhan. - Mudah terserang penyakit.	Stunting, Resiko Tinggi	Stunting, Resiko Sedang
5	5	- Tinggi badan lebih pendek. - Mudah terserang penyakit. - Gangguan tumbuh kembang.	Stunting, Resiko Tinggi	Stunting, Resiko Tinggi
6	6	- Tahap perkembangan terlambat. - Mudah lelah. - Mudah terserang penyakit.	Stunting, Resiko Tinggi	Stunting, Resiko Sedang
7	7	- Penumpukan lemak di perut. - Mudah berkerengat.	Obesitas, Resiko Tinggi	Obesitas, Resiko Tinggi
8	8	- Peningkatan berat badan tanpa penyebab yang jelas. - Tubuh terasa lelah. - Perut membesar.	Obesitas, Resiko Sedang	Obesitas, Resiko Sedang
9	9	- Perut membesar. - Susah tidur. - Penumpukan lemak di tubuh.	Obesitas, Resiko Tinggi	Obesitas, Resiko Sedang
10	10	- Penumpukan lemak di tubuh. - Mudah lelah. - Nyeri di persendian atau punggung.	Obesitas, Resiko Sedang	Obesitas, Resiko Sedang
11	11	- Mata kering. - Sulit melihat di malam hari.	Defisiensi Vitamin A, Resiko Tinggi	Defisiensi Vitamin A, Resiko Tinggi
12	12	- Bintik putih di mata. - Kulit kering dan kasar. - Ulkus kornea (luka pada mata).	Defisiensi Vitamin A, Resiko Tinggi	Defisiensi Vitamin A, Resiko Tinggi
13	13	- Terlihat pucat. - Mudah lelah. - Kerap merasa pusing.	Anemia, Resiko Sedang	Anemia, Resiko Sedang
14	14	- Kerap merasa pusing. - Napas terasa lebih berat. - Jantung berdetak lebih cepat.	Anemia, Resiko Sedang	Anemia, Resiko Sedang
15	15	- Terlihat pucat. - Jantung berdetak lebih cepat. - Mudah lelah.	Anemia, Resiko Sedang	Anemia, Resiko Sedang
16	16	- Benjolan di leher. - Gangguan irama jantung. - Kulit kering.	Kekurangan Yodium, Resiko Tinggi	Kekurangan Yodium, Resiko Tinggi
17	17	- Kulit kering. - Gangguan irama jantung. - Mudah lelah dan lemah.	Kekurangan Yodium, Resiko Sedang	Kekurangan Yodium, Resiko Sedang
18	18	- Benjolan di leher. - Mudah lelah dan lemah. - Gangguan irama jantung.	Kekurangan Yodium, Resiko Tinggi	Kekurangan Yodium, Resiko Tinggi
19	19	- Kulit kering dan kasar. - Kebotakan (rambut gampang rontok). - Gangguan emosional pada anak atau tidak menunjukkan ekspresi emosi.	Marasmus, Resiko Sedang	Marasmus, Resiko Sedang
20	20	- Perut membesar. - Rambut menjadi kering, rapuh, mudah patah, berubah warna menjadi kuning kemerahan.	Kwashiorkor, Resiko Tinggi	Kwashiorkor, Resiko Tinggi

Pengujian sistem ini menggunakan rumus-rumus berikut untuk menghitung akurasi, tingkat keparahan, dan relevansi:

1. Akurasi Diagnosis

$$\begin{aligned}
 & \text{Akurasi Diagnosis} \\
 &= \left(\frac{\text{Jumlah Diagnosis Benar}}{\text{Jumlah Kasus}} \right) \times 100 \\
 & \text{Akurasi Diagnosis} = \left(\frac{20}{20} \right) \times 100 = 100\%
 \end{aligned}$$

Semua diagnosis yang diberikan oleh sistem sesuai dengan diagnosis pakar, sehingga akurasi diagnosis mencapai 100%.

2. Akurasi Tingkat Keparahannya

$$\text{Akurasi Tingkat Keparahannya}$$

$$= \left(\frac{\text{Jumlah Tingkat Keparahannya Sesuai}}{\text{Jumlah Kasus}} \right) \times 100$$

$$\text{Akurasi Tingkat Keparahannya} = \left(\frac{17}{20} \right) \times 100 = 85\%$$

Pada 3 dari 20 kasus, tingkat keparahan yang diberikan oleh sistem tidak sesuai dengan penilaian pakar, sehingga akurasi tingkat keparahan adalah 85%.

3. Relevansi

$$\text{Akurasi Relevansi}$$

$$= \left(\frac{\text{Jumlah Diagnosis dan Keparahannya Sesuai}}{\text{Jumlah Kasus}} \right) \times 100$$

$$\text{Akurasi Relevansi} = \left(\frac{17}{20} \right) \times 100 = 85\%$$

Karena tingkat keparahan memengaruhi relevansi, hasil relevansi diagnosis dan tingkat keparahan juga mencapai 85%.

Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar ini sangat efektif dalam memberikan diagnosis yang akurat (100%), namun masih terdapat ruang untuk perbaikan dalam hal penilaian tingkat keparahan (85%) dan relevansi (85%).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem pakar yang dikembangkan mampu mengidentifikasi berbagai penyakit gizi pada balita dengan kecepatan dan ketepatan, memberikan informasi yang komprehensif serta solusi yang efektif untuk mengatasi penyakit gizi secara dini. Dengan akurasi diagnosis mencapai 100%, sistem ini terbukti sangat efektif dalam mendiagnosis penyakit gizi pada balita.
2. Penerapan *Fuzzy Logic* dan *Case-Based Reasoning* (CBR) dalam sistem pakar telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan relevansi diagnosis penyakit gizi pada balita. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi tingkat keparahan sebesar 85%, dan relevansi

juga 85%, yang menunjukkan bahwa meskipun sistem sangat akurat dalam diagnosis, ada ruang untuk perbaikan dalam hal penilaian tingkat keparahan dan relevansi diagnosis dengan kondisi medis yang ada.

Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk memperluas basis pengetahuan dengan menambahkan lebih banyak kasus penyakit gizi balita, serta melakukan evaluasi mendalam terhadap proses fuzzyfikasi untuk mengoptimalkan kategori-kategori fuzzy yang digunakan. Selain itu, perlu fokus pada optimasi algoritma Case-Based Reasoning (CBR) untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan sistem dalam mencari kasus serupa. Validasi lanjutan dengan melibatkan lebih banyak pakar gizi dan perluasan uji coba sistem akan membantu memastikan kehandalan dan validitas sistem dalam memberikan diagnosis yang akurat. Untuk interaksi dengan pengguna, perlu dikembangkan antarmuka yang lebih mudah dipahami agar tenaga kesehatan dapat menggunakan sistem ini dengan lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023*, Jakarta: Kemenkes RI, 2023. [Online]. Tersedia: <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/hasil-ski-2023/>. [Diakses: 02-Feb-2025].
- [2] World Health Organization (WHO), *Malnutrition Facts*, 2023. [Online]. Tersedia: <https://www.who.int>. [Diakses: 02-Feb-2025].
- [3] Anggoro HYS, Wiwien Hadikurniawati. *Implementasi Fuzzy Case Based Reasoning Untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Padi*. J Inform Dan Rekayasa Elektron 2022;5:82–91. <https://doi.org/10.36595/jire.v5i1.440>.
- [4] Judijanto, Loso, et al. "Kecerdasan Artifisial." Penerbit PT Kodogu Trainer Indonesia (2023): 1-126.
- [5] Viransyah V, Sugiarto B. *Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Gizi Buruk Pada Balita Menggunakan Metode Naïve Bayes Berbasis Website*. Digit Transform Technol 2023;3:569–76. <https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.3074>.
- [6] Debi Unsilatur Utami, Budi Nugroho, Agung Mustika Rizki. *Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Gizi Pada Balita Dengan Menggunakan Metode Dempster Shafer*. Modem J Inform Dan Sains Teknol 2024;2:124–33. <https://doi.org/10.62951/modem.v2i3.132>.
- [7] Alfariza MA, Sihombing M, Prahmana IG. *Soka Crab Disease Diagnosis System Using* 2024;3:164–75.
- [8] Fitriyaningsih, & Naibaho F. *Gizi Dalam Kebidanan Konsep Dasar Gizi*. J Ilmu Pendidik 2024;7:26.
- [9] Wijayanti T, Sulistiani A. *Hubungan Karakteristik Ibu Dengan Pijat Tuina Pada Balita Usia 1 – 2 Tahun*. J Kebidanan 2020;12:255. <https://doi.org/10.35872/jurkeb.v12i02.397>.
- [10] Nugroho MR, Sasongko RN, Kristiawan M. *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kejadian Stunting pada Anak Usia Dini di Indonesia*. J Obs J Pendidik Anak Usia Dini 2021;5:2269–76. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v5i2.1169>.
- [11] Nasution VM, Prakarsa G. *Optimasi Produksi Barang Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani*. J Media Inform Budidarma 2020;4:129. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1719>.

- [12] Dona D, Maradona H, Masdewi M. *Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jantung Dengan Metode Case Based Reasoning (Cbr)*. Zo J Sist Inf 2021;3:1–12.
<https://doi.org/10.31849/zn.v3i1.6442>.
- [13] Putra BD, Munti NYS. *Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Stunting Pada Anak Dengan Metode Forward Chaining*. J Pustaka Paket (Pusat Akses Kaji Pengabdian Komputasi Dan Tek 2022;1:6–15.
- [14] Nizam MN, Haris Yuana, Zunita Wulansari. *Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web*. JATI (Jurnal Mhs Tek Inform 2022;6:767–72.
<https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>.
- [15] *Pemrograman ADAN. Pseudocode. Definitions* 2020.
<https://doi.org/10.32388/tf77dy>.