

Sistem Pakar Diagnosis Stunting pada Balita Menggunakan Metode Forward Chaining dan Logika Fuzzy Sugeno

Putri Rizky Ananda¹, Sriani²

Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Kota Medan, Indonesia, 20134
e-mail: ¹putririzky.ananda22@gmail.com, ²sriani@uinsu.ac.id

Submitted Date: January 22nd, 2024

Reviewed Date: January 26th, 2024

Revised Date: January 27th, 2024

Accepted Date: January 29th, 2024

Abstract

Stunting is still a serious problem for children in Indonesia. In one area, especially Batubara Regency at the Pematang Panjang Community Health Center, in this area treatment for this disease must continue. This research was carried out with the aim of making stunting diagnosis more easily using the WEB site. By applying the Forward Chaining method and Sugeno's Fuzzy Logic. Based on the research results, it appears that Forward Chaining is a livelihood method that begins with fact analysis, while Sugeno's Fuzzy Logic can determine its ability to provide disease diagnoses. Based on 122 data on stunted toddlers obtained, the final diagnostic results showed that there were 106 data on toddlers who were declared stunted and 16 toddlers who were declared normal. From the 122 data, data was obtained with details of toddlers being at risk of stunting at a high level of (57%), followed by a very high risk level for stunting (26%) and a low risk level for stunting (17%).

Keywords: Stunting; Toddler; Diagnosis; Forward Chaining; Fuzzy Logic Sugeno

Abstrak

Stunting masih menjadi masalah serius pada anak di Indonesia. Di salah satu daerah khususnya Kabupaten Batubara di Puskesmas Pematang Panjang, pada wilayah tersebut harus melakukan pengobatan penyakit ini terus berlanjut. Penelitian ini dilakukan dengan bertujuan untuk melakukan diagnosis stunting dengan lebih mudah menggunakan situs WEB. Dengan menerapkan metode Forward Chaining dan Logika Fuzzy Sugeno. Berdasarkan hasil penelitian, terlihat bahwa Forward Chaining dengan metode pencaharian yang berawal dengan dilakukannya analisis fakta, sedangkan Logika Fuzzy Sugeno dapat mengetahui kemampuannya dalam memberikan diagnosa penyakit. Berdasarkan 122 data balita stunting yang diperoleh, hasil akhir diagnosa menunjukkan terdapat 106 data balita yang dinyatakan stunting dan 16 balita dinyatakan normal. Dari 122 data tersebut didapatkan data dengan rincian balita berisiko terkena stunting dengan tingkat tinggi sebesar (57%), diikuti dengan tingkat risiko stunting sangat tinggi (26%) dan tingkat risiko stunting rendah (17%).

Keywords: Stunting; Balita; Diagnosa; Forward Chaining; Logika Fuzzy Sugeno

1. Pendahuluan

Stunting didefinisikan adalah kondisi di mana seorang anak lebih kecil dari anak lain seusianya karena kekurangan nutrisi pada janin atau bayi selama 1000 hari pertama kehidupan. *Stunting* adalah salah satu permasalahan gizi yang diakibatkan oleh kebutuhan gizi yang tidak tercukupi dan tergolong dalam masalah gizi kronis. Hal ini biasanya

disebabkan karena pola makan yang tidak sesuai dengan kebutuhan gizinya (Mauliza et al., 2022).

Prevalensi stunting Pemerintah Kabupaten Batubara yaitu sebesar 18,35%. Sejak tahun 2019, Pemerintah Kabupaten Batubara dilanda krisis dari berbagai sisi, salah satunya COVID-19. Pengobatan penyakit mematikan ini terus berlanjut dan pada tahun 2021 Kabupaten Batubara kembali menghadapi kasus-kasus yang melumpuhkan di

wilayah tersebut. Selaras dengan data Survei Gizi Bayi Indonesia (SSGI) 2021, *prevalensi stunting* di Kabupaten Batubara sebesar 30,9%. Pengukuran dilakukan pada lebih dari 90% populasi dan data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam sistem menggunakan EPPGBM (Elektronik Pencatatan dan Pelaporan Gizi Berbasis Masyarakat). Hasil dari aplikasi pengukuran tersebut, tingkat penurunan *Stunting* pada April 2022 akan menjadi 18,35%. Untuk mendukung penanganan kasus *stunting* di wilayah Batubara, pemerintah daerah telah melatih 90 tenaga medis profesional yang terdiri dari ahli gizi puskesmas, bidan koordinator lapangan, kader posyandu serta tim penggerak kader PKK dan Dasawisma. Pemerintah Kabupaten Batubara secara khusus menangani kasus *stunting* dengan menunjuk duta untuk membagikan pil penambah darah kepada remaja putri di daerah tersebut. Daerah yang penulis ambil sebagai tempat penelitian adalah di daerah Kabupaten Batubara tepatnya di Puskesmas Pematang Panjang. Menurut seorang ahli Pakar Ibu Novita Siahaan, S.K.M sebagai profesi tenaga pelaksana gizi di Puskesmas tersebut bahwasannya di daerah Pematang Panjang *Stunting* banyak disebabkan karena pola asuh yang salah, ekonomi dan rokok.

Media aplikasi yang diterapkan pada penelitian ini adalah dengan melakukan perancangan aplikasi oleh peneliti dan akan mempermudah proses penyampaian hasil penelitiannya serta memudahkan penyampaian materi pendidikan yang relevan bagi responden dan telah dapat digunakan melalui jaringan. Internet dan juga dapat digunakan tanpa menggunakan jaringan internet aktif. Penerapan ilmu komputer semakin menyebar ke berbagai daerah dalam ruang lingkup kesehatan telah banyak berkembang, ilmu komputer telah banyak meringankan dan mempermudah progress kerja para dokter maupun ahli kesehatan lainnya. Sistem pakar adalah satu diantara beberapa cabang ilmu komputer yang telah sering diterapkan dalam ruang lingkup kedokteran. Dalam sistem pakar ada banyak model yang dapat dikembangkan di ilmu komputer yang memberikan dampak positif bagi pengembang aplikasi dalam proses penyelesaian masalah. Sistem pakar dapat menuntaskan masalah sama seperti apa yang dilakukan oleh para pakar dengan melakukan penyesuaian data ilmu yang dimiliki oleh manusia ke dalam sebuah sistem komputer. Setelah

melakukan cek diagnosa sistem pakar dengan menunjukkan jenis penyakit setelah pengguna melakukan pemilihan gejala yang dialami. Sesuai dengan masalah tersebut, maka dibutuhkan adanya proses pengembangan sistem pakar guna mengidentifikasi dan tindakan yang tepat untuk mengatasi *Stunting* dengan menerapkan metode *forward chaining* dan *logika fuzzy sugeno*. Proses perancangan dan implementasi sistem ini dengan menerapkan sistem berbasis WEB (Kusbianto et al., 2017).

Sistem pakar ini meneliti penambahan tingkat keparahan. Sistem pakar ini dibuat sederhana menggunakan metode *forward chaining* dengan konsep mencari fakta terlebih dahulu. *Logika fuzzy* merupakan bentuk metode yang dipilih dalam melakukan penelitian ini. Peneliti menggunakan metode *fuzzy sugeno* guna mengetahui tingkat parahnyanya penyakit yang dialami. Metode *fuzzy sugeno* akan dapat mengetahui kemampuannya dalam memberikan diagnosa penyakit (Ashari & Muniar, 2016).

Pada penelitian sebelumnya dengan judul “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit *Skistosomiasis* Menggunakan Kombinasi *Forward Chaining* Dan *Fuzzy Logic Takagi Sugeno Kang*”, yang di mana penelitian tersebut bertujuan guna mencari tahu prosedur yang tepat dalam mendiagnosa penyakit *Skistosomiasis* di Rumah Sakit Royal Maternity. Data pada penelitian tersebut dikumpulkan dengan melakukan konsep observasi. Sistem pakar yang dirancang menerapkan *Visual Basic.Net 2008*, dengan perancangan rantai progresif *logika fuzzy Takagi Sugeno Kang*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut terlihat bahwa hasil diagnosis yang diberikan konsisten dan selaras dengan pengetahuan para ahli.

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem pakar guna melakukan pendeteksian *stunting* dengan menerapkan metode *forward chaining*, sesuai dengan gejala yang dialami dan melakukan pemberian solusi yang tepat untuk mengatasinya (Wajidi & Nur, 2021). *Fuzzy Sugeno* merupakan salah satu metode yang dapat memberikan hasil diagnostic dalam sistem pakar. Langkah yang dilakukan adalah dengan melakukan pembentukan himpunan *fuzzy* dan menerapkan fungsi implikasi. Komposisi aturan diperoleh dari dataset asosiasi antar aturan. Penegasan (*Defuzzifikasi*), input untuk *defuzzifikasi* adalah persamaan konstan atau linier. Untuk

mengatasi masalah yang telah dipaparkan tersebut, maka peneliti melakukan pengembangan sistem pakar guna mempermudah proses diagnosis *Stunting* (Ricardo, 2021).

2. Landasan Teori

2.1 Sistem Pakar

Sistem berbasis pengetahuan adalah konsep dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Sistem mempunyai database *Knowledge Base (KB)* serta inferensi yang bertugas dalam menindak mesin pencarian. Sistem berbasis informasi dapat dikelompokkan menjadi lima jenis, yaitu, sistem *pemrosesan hypertext*, *sistem kontrol cerdas ITS (Intelligent Tutoring System)*, *pemikiran berbasis CASE*, basis data yang digabungkan dengan antarmuka pengguna yang cerdas, dan sistem pakar. Sistem pakar (*expert system*) mengacu pada aplikasi komputer tingkat tinggi yang dirancang untuk menyelesaikan masalah yang sangat kompleks berdasarkan wawasan para ahli di bidangnya. Para spesialis yang disinggung di sini memiliki keahlian tersendiri, mampu memecahkan masalah-masalah yang berada di luar jangkauan pengetahuan dan pemahaman masyarakat umum. (Ricardo, 2021). Dengan bantuan sistem pakar, tugas-tugas yang awalnya tampak menantang dapat diselesaikan secara efisien dan mahir, tanpa memerlukan bantuan langsung dari individu yang lebih kompeten. Sistem ini berfungsi sebagai asisten yang mahir (Andrianof, 2022).

2.2 Stunting

Stunting adalah gangguan pertumbuhan (perkembangan tubuh dan otak) pada anak dapat disebabkan langsung oleh kekurangan gizi yang berkepanjangan. Akibatnya, anak-anak yang terkena dampak ini mungkin lebih kecil dibandingkan rekan-rekan mereka pada usia yang sama, dan mungkin menunjukkan kemampuan kognitif yang tertunda. (Andrianof, 2022). *Stunting* dapat terjadi 1.000 hari pertama setelah pembuahan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Hal ini mencakup status sosial ekonomi ibu, pola makan, kerentanan terhadap infeksi, dan status gizi. Selain itu, unsur-unsur penyumbang utama lainnya adalah penyakit menular, defisiensi mikronutrien, dan kondisi lingkungan (Wajidi & Nur, 2021).

2.3 Balita

Memiliki anak atau bayi berumur 5 tahun merupakan dambaan setiap individu yang menikah. Saat ini banyak pasangan suami istri yang belum dikaruniai keturunan. Namun, masih banyak masyarakat kita yang sudah memiliki anak kecil namun belum mengetahui cara memenuhi kebutuhan gizi si kecil. (Azwansyah et al., 2021).

2.4 Forward Chaining

Forward chaining merupakan tahapan berurutan yang menggunakan data dan aturan yang dikumpulkan untuk membuat kesimpulan (Wajidi & Nur, 2021). *Forward chaining* merupakan metode pencarian yang dimulai dari fakta yang diketahui kemudian menggabungkan fakta tersebut menjadi beberapa bagian *IF* dari rules *IF THEN*. Jika fakta cocok dengan bagian *IF*, aturannya berfungsi. Saat aturan dijalankan, fakta baru (bagian *THEN*) ditambahkan ke *database*, dimulai dengan setiap kecocokan aturan induk. Setiap aturan hanya dapat dijalankan satu kali. Proses pencocokan berakhir ketika tidak ada lagi aturan untuk dijalankan. Metode pencariannya adalah *Depth-First Search* melakukan pencarian aturan yang mendalam dari amplop *root*, turun ke tingkat kedalaman yang berurutan atau *Best First Search* yang bekerja berdasarkan kombinasi kedua metode sebelumnya (Tampubolon, 2022).

2.5 Logika Fuzzy Sugeno

Metode *Fuzzy Sugeno* tidak jauh berbeda dengan *mamdani*, yang berbeda hanya keluaran sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*. *Output* dari sistem berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini dikemukakan oleh *Takagi-Sugeno Kang* (1985), dan mempunyai sebutan lain sebagai metode TSK. Ada beberapa tahapan yang diterapkan pada metode *fuzzy sugeno* yaitu (Irfan, 2016):

1. Tahap *Fuzifikasi*, adalah proses konversi data observasi pada himpunan *fuzzy*.
2. Pembentukan aturan dasar data *fuzzy*, aturan *fuzzy* dasar menentukan hubungan antara fungsi keanggotaan dan bentuk fungsi keanggotaan yang dihasilkan. Pada metode *output (hasil) sugeno*, sistem tidak berbentuk himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear.
3. Susunan peraturan sistem terdiri dari beberapa aturan yang kemudian diambil kesimpulan. Kesimpulan ini berasal dari kumpulan

komprehensif dan korelasi antara aturan-aturan ini, seperti yang ditunjukkan melalui hasil perhitungan.

$$\sum_{r=1}^R \alpha_r z_r$$

dengan R banyaknya rule, *fire strength* ke-r dan z_r , output pada anteseden aturan ke-r.

4. Penegasan (*defuzzifikasi*)

Langkah ini merupakan langkah terakhir dari *logika fuzzy* di mana setiap gejala yang dipilih telah menjadi *fuzzy* dan gejala tersebut kemudian diproses berdasarkan aturan fungsi implisit untuk mendapatkan hasil diagnosis. Rumus umum untuk *defuzzifikasi metode Fuzzy Sugeno* yaitu:

$$WA = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3 + \dots + a_n z_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}$$

Ket:

WA = Nilai rata-rata,

a_n = nilai predikat aturan ke-n,

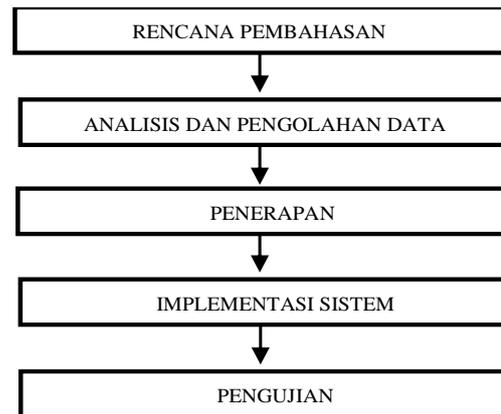
z_n = indeks nilai output (konstanta) ke-n.

2.6 Flowchart

Flowchart adalah representasi dari diagram atau bagian dari urutan proses yang ada dalam sebuah program dan menunjukkan hubungan antara proses dan bentuknya. Membuat program terstruktur (Pradana & Nita, 2019).

3. Metode Penelitian

Kerangka penelitian adalah konsep dalam penelitian terkait. Uraian salah satu variabel dapat dihubungkan secara detail dan sistematis dengan variabel lainnya. Selain itu, kerangka penelitian perlu disusun dan diimplementasikan agar penelitian lebih mudah dipahami. Hal ini dikarenakan pada penelitian selanjutnya harus disampaikan secara runtut dan juga sesuai jalurnya, sehingga proses pembuatannya memerlukan kerangka penelitian. Oleh karena itu, sebelum melakukan tahap penelitian, kerangka penelitian harus dirumuskan terlebih dahulu. Berikut urutan tahapan dalam kerangka penelitian suatu permasalahan yang dibahas.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3.1 Rencana Pembahasan

Bagian ini berisikan pembahasan mengenai langkah yang akan dilakukan dalam melakukan penerapan sistem pakar deteksi *stunting* dengan menggunakan metode *forward chaining* dan logika *fuzzy sugeno*. Dalam penelitian ini, metode *forward chaining* akan digunakan untuk melakukan diagnosa awal dalam mendeteksi *stunting* dengan melakukan pencarian kesimpulan berdasarkan data atau fakta yang ada. Selanjutnya akan digunakan metode logika *fuzzy sugeno* untuk melakukan diagnosa lanjut untuk mengetahui tingkat keparahan *stunting* yang diderita.

3.2 Analisis dan Pengolahan Data

3.2.1 Analisis Data

Dalam melakukan pembangunan sistem pakar deteksi *stunting*, akan dilakukan terlebih dahulu tahapan pengumpulan data serta analisis kebutuhan sistem yang akan dibangun. Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan segala jenis informasi yang dibutuhkan dalam membangun sistem pakar deteksi *stunting*. Dalam penelitian ini, peneliti dengan cermat mengumpulkan dan menganalisis data yang diperoleh dari serangkaian wawancara komprehensif dengan seorang pakar yang ahli dalam permasalahan *stunting*. Peneliti melakukan serangkaian proses tanya jawab dengan seorang pakar untuk mengetahui definisi, gejala, akibat, serta langkah yang dapat dilakukan dalam mendeteksi *stunting*. Peneliti juga mengumpulkan data yang diperoleh dari sumber lainnya yang menyajikan informasi mengenai *stunting* untuk memperluas wawasan serta memperkaya basis pengetahuan yang akan diterapkan pada sistem.

Deteksi *stunting* melibatkan pengukuran antropometri pada anak. Antropometri mengacu pada metode yang digunakan untuk mengevaluasi pertumbuhan dan perkembangan manusia Standar antropometri anak merupakan standar ukuran yang dijadikan sebagai acuan bagi tenaga kesehatan dalam menilai tren pertumbuhan dan status gizi pada anak. Standar antropometri didasarkan pada berat badan serta panjang badan/ tinggi badan yang terbagi menjadi 3 indeks, yaitu:

1. Berat Badan berdasarkan Usia (BB/U)
 Indeks berat badan berdasarkan usia menggambarkan standar berat badan pada anak seusianya. Variabel berat badan dapat dijadikan pertimbangan dalam menganalisis seorang anak diindikasikan terkena *stunting* atau tidak.
2. Tinggi Badan berdasarkan Usia (TB/U)
 Indeks tinggi badan menurut usia menggambarkan standar pertumbuhan atau tinggi badan seorang anak menurut usianya. Tinggi badan seorang anak dapat menjadi indikator utama dalam menentukan kondisi yang berkaitan dengan kesehatan dan kesejahteraan serta *stunting* pada anak.
3. Berat Badan berdasarkan Tinggi Badan (BB/TB)
 Indeks berat badan berdasarkan tinggi badan menggambarkan kesesuaian pertumbuhan berat badan dengan tinggi badan pada anak. Indeks ini dapat mengindikasikan seorang anak dengan status gizi kurang, buruk hingga berlebihan.

3.2.2. Pengolahan Data

Pada penelitian ini akan digunakan 3 variabel utama yang akan dijadikan sebagai dasar dalam melakukan diagnosa *stunting*. Sistem nantinya akan memberikan hasil diagnosa awal untuk mengetahui kemungkinan terkena *stunting* pada balita. Dalam menentukan diagnosa tersebut, 3 variabel yang telah dijelaskan sebelumnya akan ditinjau untuk menentukan hasil diagnosa.

Tabel 1. Variabel Diagnosa Stunting

| No. | Variabel | Keterangan |
|-----|----------|--------------------------------------|
| 1. | BB/U | Berat Badan berdasarkan Usia |
| 2. | TB/U | Tinggi Badan berdasarkan Usia |
| 3. | BB/TB | Berat Badan berdasarkan Tinggi Badan |

Data di atas didapatkan dari Puskesmas Pematang Panjang Kabupaten Batubara. Berdasarkan data yang ada, pihak puskesmas

melakukan diagnosa *stunting* dengan menggunakan variabel tinggi badan, berat badan, dan status gizi dari balita.

Tabel 2. Data Diagnosa Balita Stunting

| Nama | Usia (bulan) | BB | TB | ZS BB/U | ZS TB/U | ZS BB/TB |
|-----------------------|--------------|----|----|---------|---------|----------|
| Maria Vaviola Limbong | 20 | 9 | 75 | -1.33 | -2.56 | -0.14 |
| Umi | 34 | 14 | 90 | -0.68 | -2.51 | 1.17 |

Z-Score merupakan ukuran statistik yang menyatakan seberapa jauh suatu data individu dari sekelompok data dalam satuan standar deviasi. Berikut merupakan rumus z-score untuk setiap variabel:

$$\text{Jika } x_{\text{anak}} < \text{median} \\ (x) = \frac{x_{\text{anak}} - x_{\text{median}}}{x_{\text{median}} - (\text{tabel} - 1SD)}$$

$$\text{Jika } x_{\text{anak}} > \text{median} \\ (x) = \frac{x_{\text{anak}} - x_{\text{median}}}{(\text{tabel} + 1SD) - x_{\text{median}}}$$

Ket:

- x = Variabel (BB/U, TB/U, BB/TB)
- x_{anak} = Nilai variabel (Berat Badan anak = 70kg)
- x_{mediab} = Nilai tengah sebaran data (dapat dilihat pada tabel standar Antropometri anak)

Nilai tabel -1 SD dan +1 SD dapat dilihat pada Permenkes No.2 Tahun 2020 Standar Antropometri Anak.

Penentuan nilai z-score untuk ketiga variabel di atas dilakukan untuk melihat kategori berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan pada standar antropometri anak sesuai dengan usianya. Berikut merupakan tabel pengkategorian indeks anak berusia 0 – 60 bulan (balita) yang telah ditetapkan.

Tabel 3. Kategori Standar Antropometri Anak

| Variabel | Kategori | Ambang Batas (Z-Score) |
|----------|---------------|------------------------|
| BB/U | Sangat Kurang | < -3 SD |
| | Kurang | -3 SD sd < -2 SD |
| | Normal | -2 SD sd +1 SD |
| | Berlebih | > +1 SD |
| TB/U | Sangat Pendek | < -3 SD |
| | Pendek | -3 SD sd < -2 SD |
| | Normal | -2 SD sd +3 SD |
| | Tinggi | > +3 SD |
| BB/TB | Gizi Buruk | < -3 SD |
| | Gizi Kurang | -3 SD sd < -2 SD |



| Variabel | Kategori | Ambang Batas (Z-Score) |
|----------|---------------------|------------------------|
| | Gizi Baik | -2 SD sd +1 SD |
| | Berisiko gizi lebih | > 1 SD sd + 2 SD |
| | Gizi Lebih | > 2 SD sd + 3 SD |
| | Obesitas | > + 3 SD |

Berdasarkan tabel 2 dan tabel 3 di atas, berikut merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai z-score pada setiap variabel dan mengetahui kategori standar antropometri anak.

Data ke -1

Nama Balita : Maria Vaviola Limbong
 JK : Perempuan Usia : 20 bulan
 BB : 9 TB : 75

Berdasarkan Tabel Antropometri balita perempuan usia 20 bulan, diperoleh:

- Standart berat badan menurut umur (BB/U) :
 Median: 10.6 +1SD : 12.1 -1SD : 9.4
 BB = 9kg, di mana nilai BB < Median, maka nilai z-score

$$ZS\ BB/U = \frac{9 - 10.6}{10.6 - 9.4} = -1,33 \quad (\text{berat badan normal})$$

- Standar tinggi badan menurut umur (TB/U)
 Median: 82.7 +1SD : 85.7 -1SD : 79.7
 TB = 75 cm, di mana nilai TB < Median, maka nilai z-score:

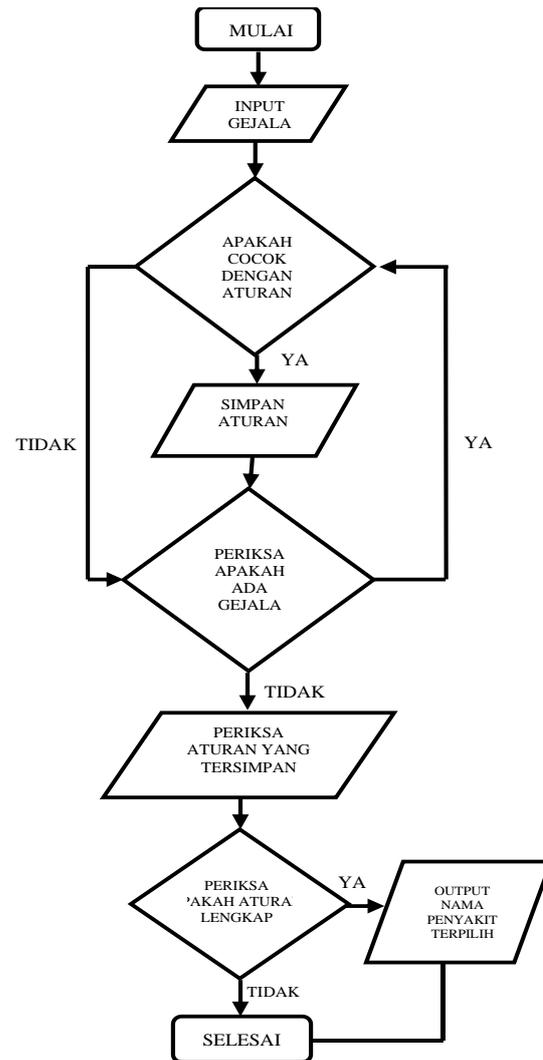
$$ZS\ TB/U = \frac{75 - 82.7}{82.7 - 79.7} = -2,56 \quad (\text{kategori pendek})$$

- Standar berat badan berdasarkan tinggi badan (BB/TB)
 Median: 9.1 +1SD : 10.0 -1SD : 8.4
 BB = 9kg, di mana nilai BB < Median, maka nilai z-score:

$$ZS\ BB/TB = \frac{9 - 9.1}{9.1 - 8.4} = -0,14 \quad (\text{kategori gizi baik})$$

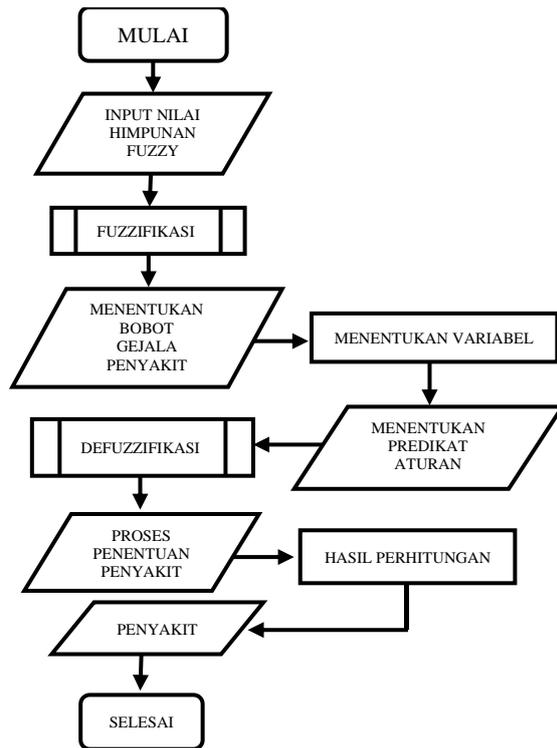
3.3 Implementasi Sitem

Flowchart aplikasi dari sistem pakar ini nantinya dijalankan oleh user dengan memasukkan data diri, kemudian setelah sistem menyimpan data diri user akan menampilkan pertanyaan berupa gejala yang dialami pasien. Selanjutnya user akan menjawab atau memilih jawaban sesuai dengan gejala yang dialami. Setelah user selesai. Untuk tahapan flowchart forward chaining menghitung nilai berdasarkan hasil input gejala yang dipilih oleh pengguna.



Gambar 2. Flowcart Forward Chaining

Untuk tahapan flowcart fuzzy menghitung nilai berdasarkan hasil input gejala yang dipilih oleh pengguna.



Gambar 3. Flowchart Fuzzy Sugeno

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Penerapan Forward Chaining

Metode forward chaining pada penelitian ini dijadikan sebagai algoritma sistem dalam melakukan diagnosa awal pada balita untuk mengetahui apakah balita tersebut dikatakan *stunting* atau normal. Dalam penerapannya, diperlukan akuisisi pengetahuan ke dalam sistem yang akan dibangun. Seluruh informasi yang didapatkan akan disimpan kedalam basis data sistem yang nantinya akan diproses oleh sistem pakar yang akan dibangun. Berdasarkan basis pengetahuan tersebut sistem pakar akan memberikan hasil terkait diagnosa awal yang telah dilakukan. Berikut merupakan data penyakit yang akan disimpan di dalam basis data pada sistem yang akan dibangun.

Tabel 4. Data Penyakit

| No. | Kode | Penyakit |
|-----|-----------------|----------|
| 1. | <i>Stunting</i> | P01 |
| 2. | Normal | P02 |

Selain data penyakit, didapatkan juga informasi mengenai data gejala yang akan

dimasukkan ke dalam basis data sistem. Berikut merupakan data gejala yang diperoleh:

Tabel 5. Data Gejala

| No. | Kode | Gejala |
|-----|------|----------------------------|
| 1 | G01 | Berat Badan Sangat Kurang |
| 2 | G02 | Berat Badan Kurang |
| 3 | G03 | Berat Badan Normal |
| 4 | G04 | Berat Badan Berlebih |
| 5 | G05 | Tinggi Badan Sangat Pendek |
| 6 | G06 | Tinggi Badan Pendek |
| 7 | G07 | Tinggi Badan Normal |
| 8 | G08 | Tinggi Badan Tinggi |
| 9 | G09 | Status Gizi Buruk |
| 10 | G10 | Status Gizi Kurang |
| 11 | G11 | Status Gizi Baik |
| 12 | G12 | Status Berisiko gizi lebih |
| 13 | G13 | Status Gizi Lebih |
| 14 | G14 | Status Obesitas |

Selanjutnya adalah menentukan aturan yang akan diterapkan kedalam sistem pakar. Aturan ini akan dijadikan sebagai acuan sistem dalam menentukan hasil diagnosa. Berikut merupakan sekumpulan aturan yang telah disusun dari hasil wawancara beserta studi literatur yang telah didapatkan.

Tabel 6. Rules Forward Chaining

| No. | Kode | Rules |
|-----|------|---|
| 1 | R01 | IF TB/U SANGAT PENDEK THEN <i>STUNTING</i> |
| 2 | R02 | IF TB/U PENDEK THEN <i>STUNTING</i> |
| 3 | R03 | IF TB/U NORMAL AND BB/TB BURUK THEN <i>STUNTING</i> |
| 4 | R04 | IF TB/U NORMAL AND BB/TB KURANG AND BB/U SANGAT KURANG THEN <i>STUNTING</i> |
| 5 | R05 | IF TB/U NORMAL AND BB/TB KURANG AND BB/U KURANG THEN <i>STUNTING</i> |
| 6 | R06 | IF TB/U NORMAL AND BB/TB BAIK THEN NORMAL |
| 7 | R07 | IF TB/U NORMAL THEN NORMAL |
| 8 | R08 | IF TB/U TINGGI THEN NORMAL |

4.2 Penerapan Logika Fuzzy Sugeno

Penerapan fuzzy logic sugeno pada penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi tingkat *stunting* yang diderita oleh balita. Logika fuzzy sugeno memungkinkan integrasi variabel seperti status berat badan (BB/U), status tinggi badan (TB/U) dan status informasi gizi (BB/TB).

4.2.1 Fuzzifikasi

Untuk melakukan penerapan logika fuzzy, tahap awal yang akan dilakukan adalah melakukan proses fuzzifikasi. Proses ini dilakukan dengan tujuan mengubah data tegas (crisp) menjadi data dalam bentuk nilai fuzzy. Nilai fuzzy mencerminkan tingkat keanggotaan suatu elemen dalam suatu himpunan fuzzy. Setiap variabel dalam sistem fuzzy akan dilakukan fuzzifikasi ke dalam bentuk himpunan keanggotaan fuzzy yang sesuai. Berikut merupakan proses fuzzifikasi pada setiap variabel input dan variabel output.

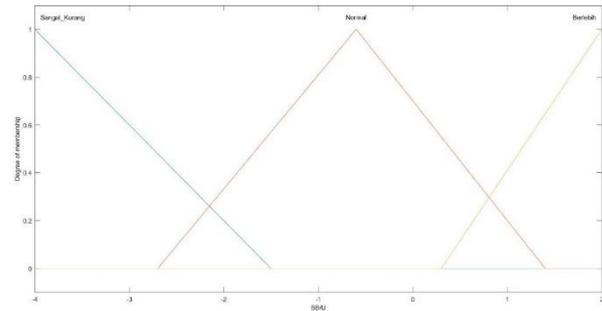
1. Variabel Input BB/U

Berdasarkan data diagnosa balita *stunting* yang ada, variabel z-score BB/U dijadikan sebagai salah satu variabel yang digunakan untuk melakukan diagnosa *stunting* pada balita. Pada variabel ini didefinisikan tiga himpunan fuzzy untuk variabel status berat badan yaitu “sangat kurang”, “normal”, dan “berlebih”.

Tabel 7. Himpunan Variabel Input BB/U

| Variabel Input | Himpunan Fuzzy | Domain Semesta | Domain |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| BB/U | Sangat Kurang | -4 s.d 2 | [-6.5 -6 -4 -1.5] |
| | Normal | | [-2.7 -0.6 1.4] |
| | Berlebih | | [0.3 2 4 5] |

Berdasarkan tabel himpunan fuzzy di atas, selanjutnya akan dilakukan pembangunan fungsi keanggotaan untuk melakukan perubahan data tegas menjadi data himpunan fuzzy. Berikut merupakan hasil pembangunan fungsi keanggotaan untuk variabel BB/U berdasarkan domain yang telah ditentukan.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Input BB/U

Selanjutnya, untuk mencari nilai derajat keanggotaan variabel BB/U dapat digunakan persamaan berikut:

$$\mu_{SangatKurang}[x_1] = \begin{cases} 1; & x \leq -4 \\ \frac{-1.5 - x}{-1.5 - (-4)}; & -4 \leq x \leq -1.5 \\ 0; & x \geq -1.5 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[x_1] = \begin{cases} 0; & x \leq -2.7 \text{ atau } x \geq 1.4 \\ \frac{x - (-2.7)}{-0.6 - (-2.7)}; & -2.7 \leq x \leq -0.6 \\ \frac{1.4 - x}{1.4 - (-0.6)}; & -0.6 \leq x \leq 1.4 \end{cases}$$

$$\mu_{Berlebih}[x_1] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.3 \\ \frac{x - 0.3}{2 - 0.3}; & 0.3 \leq x \leq 2 \\ 1; & x \geq 2 \end{cases}$$

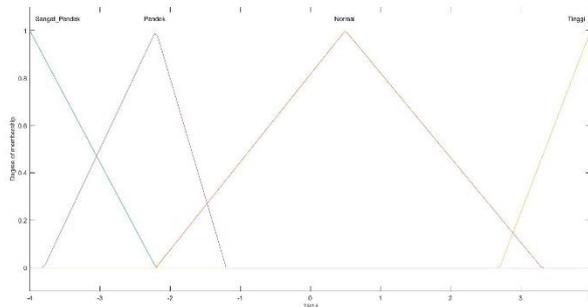
2. Variabel Input TB/U

Berdasarkan data diagnosa balita *stunting* yang ada, variabel z-score TB/U dijadikan sebagai salah satu variabel yang digunakan untuk melakukan diagnosa *stunting* pada balita. Pada variabel ini didefinisikan tiga himpunan fuzzy untuk variabel status tinggi badan yaitu “sangat pendek”, “pendek”, “normal”, dan “tinggi”.

Tabel 8. Himpunan Variabel Input TB/U

| Variabel Input | Himpunan Fuzzy | Domain Semesta | Domain |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| TB/U | Sangat Pendek | -4 s.d 4 | [-6 -5.9 -4 -2.2] |
| | Pendek | | [-3.8 -2.2 -1.2] |
| | Normal | | [-2.2 0.5 3.3] |
| | Tinggi | | [2.7 4 6 7] |

Berikut merupakan hasil pembangunan fungsi keanggotaan untuk variabel TB/U berdasarkan domain yang telah ditentukan.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Variabel Input TB/U

Selanjutnya, untuk mencari nilai derajat keanggotaan variabel TB/U dapat digunakan persamaan berikut:

$$\mu_{SangatPendek}[x_2] = \begin{cases} 1; x \leq -4 \\ \frac{-2.2 - x}{-2.2 - (-4)}; -4 \leq x \leq -2.2 \\ 0; x \geq -2.2 \end{cases}$$

$$\mu_{Pendek}[x_2] = \begin{cases} 0; x \leq -3.8 \text{ atau } x \geq -1.2 \\ \frac{x - (-3.8)}{(-2.2) - (-3.8)}; -3.8 \leq x \leq -2.2 \\ \frac{-1.2 - x}{-1.2 - (-2.2)}; -2.2 \leq x \leq -1.2 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[x_2] = \begin{cases} 0; x \leq -2.2 \text{ atau } x \geq 3.3 \\ \frac{x - (-2.2)}{0.5 - (-2.2)}; -2.2 \leq x \leq 0.5 \\ \frac{3.3 - x}{3.3 - (0.5)}; 0.5 \leq x \leq 3.3 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}[x_2] = \begin{cases} 0; x \leq 2.7 \\ \frac{x - 2.7}{4 - 2.7}; 2.7 \leq x \leq 4 \\ 1; x \geq 4 \end{cases}$$

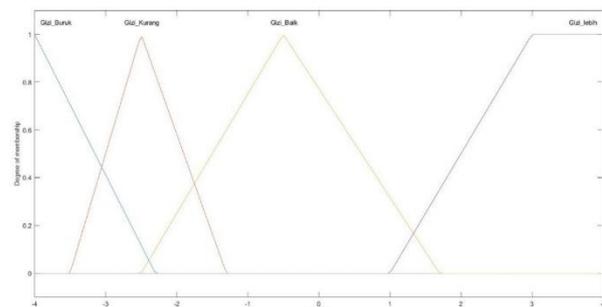
3. Variabel Input BB/TB

Berdasarkan data diagnosa balita *stunting* yang ada, variabel z-score BB/TB dijadikan sebagai salah satu variabel yang digunakan untuk melakukan diagnosa *stunting* pada balita. Pada variabel ini didefinisikan tiga himpunan fuzzy untuk variabel status gizi yaitu “sangat pendek”, “pendek”, “normal, dan “tinggi”.

Tabel 9. Himpunan Variabel Input BB/TB

| Variabel Input | Himpunan Fuzzy | Domain Semesta | Domain |
|----------------|----------------|----------------|------------------|
| BB/TB | Gizi Buruk | -4 s.d 4 SD | [-8 -7 -4 -2.3] |
| | Gizi Kurang | | [-3.5 -2.5 -1.3] |
| | Gizi Baik | | [-2.5 -0.5 1.7] |
| | Gizi Lebih | | [1 3 7 8] |

Berikut merupakan hasil pembangunan fungsi keanggotaan untuk variabel BB/TB berdasarkan domain yang telah ditentukan.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Variabel Input BB/TB

Selanjutnya, untuk mencari nilai derajat keanggotaan variabel TB/U dapat digunakan persamaan berikut:

$$\mu_{GiziBuruk}[x_3] = \begin{cases} 1; x \leq -4 \\ \frac{-2.3 - x}{-2.3 - (-4)}; -4 \leq x \leq -2.3 \\ 0; x \geq -2.3 \end{cases}$$

$$\mu_{GiziKurang}[x_3] = \begin{cases} 0; x \leq -3.5 \text{ atau } x \geq -1.3 \\ \frac{x - (-3.5)}{(-2.5) - (-3.5)}; -3.5 \leq x \leq -2.5 \\ \frac{-1.3 - x}{-1.3 - (-2.5)}; -2.5 \leq x \leq -1.3 \end{cases}$$

$$\mu_{GiziBaik}[x_3] = \begin{cases} 0; x \leq -2.5 \text{ atau } x \geq 1.7 \\ \frac{x - (-2.5)}{-0.5 - (-2.5)}; -2.5 \leq x \leq -0.5 \\ \frac{1.7 - x}{1.7 - (-0.5)}; -0.5 \leq x \leq 1.7 \end{cases}$$

$$\mu_{GiziLebih}[x_3] = \begin{cases} 0; x \leq 1 \\ \frac{x - 1}{3 - 1}; 1 \leq x \leq 3 \\ 1; x \geq 3 \end{cases}$$

4. Variabel Output Tingkat *Stunting*

Variabel output tingkat *stunting* akan dijadikan sebagai keluaran dari logika fuzzy yang dihasilkan. Keluaran yang dihasilkan berupa nilai tingkat keparahan penderita *stunting* dalam rentang 0 hingga 100. Dibentuk tiga buah himpunan fuzzy dalam variabel output tingkat *stunting* yaitu “rendah”, “tinggi”, dan “sangat tinggi”.

Tabel 10. Himpunan Variabel Output Tingkat *Stunting*

| Variabel Output | Himpunan Fuzzy | Nilai |
|-------------------------|----------------|--------|
| Tingkat <i>Stunting</i> | Rendah | 0-50 |
| | Tinggi | 51-80 |
| | Sangat Tinggi | 81-100 |

4.2.2 Penentuan Aturan (Rule)

Penentuan aturan dalam logika fuzzy didasarkan pada bentuk umum dari aturan dasar dan jumlah himpunan fuzzy yang ada. Dari seluruh himpunan yang ada terdapat kemungkinan 48 aturan fuzzy yang dapat dibentuk. Berikut merupakan tabel pembentukan aturan fuzzy yang telah disusun.

Tabel 11. Basis Pengetahuan Aturan Logika Fuzzy

| No. | Variabel | | | |
|-----|---------------|---------------|-------------|-------------------------|
| | Input | | | Output |
| | BB/U | TB/U | BB/TB | Tingkat <i>Stunting</i> |
| 1. | Sangat Kurang | Sangat Pendek | Gizi Buruk | Sangat Tinggi |
| 2. | Sangat Kurang | Sangat Pendek | Gizi Kurang | Sangat Tinggi |
| 3. | Sangat Kurang | Sangat Pendek | Gizi Baik | Sangat Tinggi |
| 4. | Sangat Kurang | Sangat Pendek | Gizi Lebih | Sangat Tinggi |
| 5. | Sangat Kurang | Normal | Gizi Buruk | Rendah |
| 6. | Sangat Kurang | Normal | Gizi Kurang | Rendah |
| 7. | Sangat Kurang | Normal | Gizi Baik | Rendah |
| 8. | Sangat Kurang | Normal | Gizi Lebih | Rendah |
| 9. | Sangat Kurang | Tinggi | Gizi Buruk | Rendah |
| 10. | Sangat Kurang | Tinggi | Gizi Kurang | Rendah |

| No. | Variabel | | | |
|-----|---------------|---------------|-------------|-------------------------|
| | Input | | | Output |
| | BB/U | TB/U | BB/TB | Tingkat <i>Stunting</i> |
| 11. | Sangat Kurang | Tinggi | Gizi Baik | Rendah |
| 12. | Sangat Kurang | Tinggi | Gizi Lebih | Rendah |
| 13. | Sangat Kurang | Pendek | Gizi Buruk | Sangat Tinggi |
| 14. | Sangat Kurang | Pendek | Gizi Kurang | Sangat Tinggi |
| 15. | Sangat Kurang | Pendek | Gizi Baik | Tinggi |
| 16. | Sangat Kurang | Pendek | Gizi Lebih | Tinggi |
| 17. | Normal | Sangat Pendek | Gizi Buruk | Sangat Tinggi |
| 18. | Normal | Sangat Pendek | Gizi Kurang | Sangat Tinggi |
| 19. | Normal | Sangat Pendek | Gizi Baik | Sangat Tinggi |
| 20. | Normal | Sangat Pendek | Gizi Lebih | Sangat Tinggi |
| 21. | Normal | Normal | Gizi Buruk | Rendah |
| 22. | Normal | Normal | Gizi Kurang | Rendah |
| 23. | Normal | Normal | Gizi Baik | Rendah |
| 24. | Normal | Normal | Gizi Lebih | Rendah |
| 25. | Normal | Tinggi | Gizi Buruk | Rendah |
| 26. | Normal | Tinggi | Gizi Kurang | Rendah |
| 27. | Normal | Tinggi | Gizi Baik | Rendah |
| 28. | Normal | Tinggi | Gizi Lebih | Rendah |
| 29. | Normal | Pendek | Gizi Buruk | Tinggi |
| 30. | Normal | Pendek | Gizi Kurang | Tinggi |
| 31. | Normal | Pendek | Gizi Baik | Rendah |
| 32. | Normal | Pendek | Gizi Lebih | Tinggi |
| 33. | Berlebih | Sangat Pendek | Gizi Buruk | Sangat Tinggi |

| No. | Variabel | | | Tingkat Stunting |
|-----|----------|---------------|-------------|------------------|
| | Input | | | |
| | BB/U | TB/U | BB/TB | |
| 34. | Berlebih | Sangat Pendek | Gizi Kurang | Sangat Tinggi |
| 35. | Berlebih | Sangat Pendek | Gizi Baik | Sangat Tinggi |
| 36. | Berlebih | Sangat Pendek | Gizi Lebih | Sangat Tinggi |
| 37. | Berlebih | Normal | Gizi Buruk | Rendah |
| 38. | Berlebih | Normal | Gizi Kurang | Rendah |
| 39. | Berlebih | Normal | Gizi Baik | Rendah |
| 40. | Berlebih | Normal | Gizi Lebih | Rendah |
| 41. | Berlebih | Tinggi | Gizi Buruk | Rendah |
| 42. | Berlebih | Tinggi | Gizi Kurang | Rendah |
| 43. | Berlebih | Tinggi | Gizi Baik | Rendah |
| 44. | Berlebih | Tinggi | Gizi Lebih | Rendah |
| 45. | Berlebih | Pendek | Gizi Buruk | Sangat Tinggi |
| 46. | Berlebih | Pendek | Gizi Kurang | Sangat Tinggi |
| 47. | Berlebih | Pendek | Gizi Baik | Tinggi |
| 48. | Berlebih | Pendek | Gizi Lebih | Rendah |

Setiap aturan yang dibangun dalam logika fuzzy sugeno biasanya dibentuk dengan fungsi implikasi. Fungsi implikasi diterapkan dengan tujuan untuk menentukan sejauh mana suatu aturan fuzzy berdampak pada keluaran sistem fuzzy. Fungsi implikasi yang akan digunakan pada metode sugeno ini adalah fungsi min, dimana aturan yang dibentuk menggunakan operator AND.

4.2.2 Representasi Data

Selanjutnya akan dilakukan penerapan metode fuzzy sugeno pada beberapa dataset yang ada. Tahap awal yang akan dilakukan adalah mengubah masukan berupa himpunan crisp menjadi himpunan fuzzy dengan menghitung nilai derajat keanggotaan untuk setiap variabel yang ada.

Berikut merupakan beberapa perhitungan untuk mencari tingkat keparahan yang diderita dengan logika fuzzy sugeno.

1. Data ke-1

Berikut merupakan tabel data masukan yang diperoleh dari dataset, untuk data balita pertama:

Tabel 12. Data Balita 1

| Nama | ZS BB/U | ZS TB/U | ZS BB/TB |
|---------------|---------|---------|----------|
| Maria Vaviola | -1.33 | -2.56 | -0.14 |

a. Variabel ZS BB/U ($x_1 = -1.33$)

Nilai masukan $x_1 = -1.33$ termasuk kedalam himpunan fuzzy “normal”, maka nilai derajat keanggotaannya adalah:

$$\mu_{Normal}[x_1] = \begin{cases} 0 & ; x \leq -2.7 \text{ atau } x \geq 1.4 \\ \frac{x - (-2.7)}{-0.6 - (-2.7)} & ; -2.7 \leq x \leq -0.6 \\ \frac{1.4 - x}{1.4 - (-0.6)} & ; -0.6 \leq x \leq 1.4 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[-1.33] = \frac{-1.33 - (-2.7)}{-0.6 - (-2.7)} = 0,65$$

b. Variabel ZS TB/U ($x_2 = -2.56$)

Nilai masukan $x_2 = -2.56$ termasuk kedalam himpunan fuzzy “sangat pendek”, “pendek”, dan “normal”. Maka nilai derajat keanggotaannya adalah:

$$\mu_{SangatPendek}[x_2] = \begin{cases} 1 & ; x \leq -4 \\ \frac{-2.2 - x}{-2.2 - (-4)} & ; -4 \leq x \leq -2.2 \\ 0 & ; x \geq -2 \end{cases}$$

$$\mu_{Pendek}[x_2] = \begin{cases} 0 & ; x \leq -3.8 \text{ atau } x \geq -1.2 \\ \frac{x - (-3.8)}{(-2.2) - (-3.8)} & ; -3.8 \leq x \leq -2.2 \\ \frac{-1.2 - x}{-1.2 - (-2.2)} & ; -2.2 \leq x \leq -1.2 \end{cases}$$

Maka:

$$\mu_{SangatPendek}[-2,56] = \frac{-2,2 - (-2,56)}{-2,2 - (-4)} = 0,2$$

$$\mu_{Pendek}[-2,56] = \frac{-2,56 - (-3,8)}{(-2,2) - (-3,8)} = 0,775$$

c. Variabel ZS BB/TB ($x_3 = -0.14$)

Nilai masukan $x_3 = -0.14$ termasuk kedalam himpunan fuzzy “gizi baik”, maka nilai derajat keanggotaannya adalah:

$$\mu_{GiziBaik}[x_3] = \begin{cases} 0; & x \leq -2.5 \text{ atau } x \geq 1.7 \\ \frac{x - (-2.5)}{-0.5 - (-2.5)}; & -2.5 \leq x \leq -0.5 \\ \frac{1.7 - x}{1.7 - (-0.5)}; & -0.5 \leq x \leq 1.7 \end{cases}$$

$$\mu_{GiziBaik}[-0,14] = \frac{1.7 - (-0,14)}{1.7 - (-0,5)} = 0,836$$

Berdasarkan hasil perhitungan derajat keanggotaan untuk setiap variabel, didapatkan:

ZS BB/U ($x_1 = -1.33$) : $\mu_{Normal} = 0,65$

ZS TB/U ($x_2 = -2.56$) : $\mu_{SangatPendek} = 0,2$
 dan $\mu_{Pendek} = 0,775$

ZS BB/TB ($x_3 = -0.14$) : $\mu_{GiziBaik} = 0,836$

Sehingga dari hasil tersebut, terdapat 2 aturan yang terpenuhi:

Tabel 13. Rules Data Balita 1

| Rules | ZS BB/U | ZS TB/U | ZS BB/TB | Tingkat Stunting |
|-------|---------|---------------|-----------|------------------|
| 19 | Normal | Sangat Pendek | Gizi Baik | Sangat Tinggi |
| 31 | Normal | Pendek | Gizi Baik | Rendah |

Selanjutnya akan dilakukan pencarian nilai α - predikat untuk setiap rules. Setiap aturan diatas digabungkan dengan menggunakan operator AND, sehingga fungsi implikasi MIN (terkecil) akan digunakan untuk mencari nilai α - predikat aturan yang tidak bernilai 0.

$$\alpha - [R19] = \min(\mu_{Normal}[-1,33]; \mu_{SangatPendek}[-2,56]; \mu_{GiziBaik}[-0,14]) = \min(0,65; 0,2; 0,83) = 0,2$$

$$\alpha - [R31] = \min(\mu_{Normal}[-1,33]; \mu_{Pendek}[-2,56]; \mu_{GiziBaik}[-0,14]) = \min(0,65; 0,775; 0,83) = 0,65$$

Tabel 14. Deffuzifikasi Data Balita 1

| Rules | α_n - predikat | z_n |
|-------|-----------------------|-------|
| 19 | 0,2 | 100 |
| 31 | 0,65 | 50 |

Tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan deffuzifikasi dengan menggunakan rumus Weight Average (WA):

$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}$$

Maka perhitungan deffuzifikasi yang akan didapatkan adalah:

$$WA = \frac{0,2(100) + 0,65(50)}{0,2 + 0,65} = 61,76 \text{ (Tingkat Tinggi)}$$

2. Data ke-2

Berikut merupakan tabel data masukan yang diperoleh dari dataset, untuk data balita kedua :

Tabel 15. Data Balita 2

| Nama | ZS BB/U | ZS TB/U | ZS BB/TB |
|------|---------|---------|----------|
| Umi | -0.68 | -2.51 | 1.17 |

a. Variabel ZS BB/U ($x_1 = -0.68$)

Nilai masukan $x_1 = -0.68$ termasuk kedalam himpunan fuzzy “normal”, maka nilai derajat keanggotaannya adalah:

$$\mu_{Normal}[x_1] = \begin{cases} 0; & x \leq -2.7 \text{ atau } x \geq 1.4 \\ \frac{x - (-2.7)}{-0.6 - (-2.7)}; & -2.7 \leq x \leq -0.6 \\ \frac{1.4 - x}{1.4 - (-0.6)}; & -0.6 \leq x \leq 1.4 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[-0.68] = \frac{-0.68 - (-2,7)}{-0.6 - (-2,7)} = 0,96$$

b. Variabel ZS TB/U ($x_2 = -2.51$)

Nilai masukan $x_2 = -2.56$ termasuk kedalam himpunan fuzzy “sangat pendek”, dan “pendek”. Maka nilai derajat keanggotaannya adalah:

$$\mu_{SangatPendek}[x_2] = \begin{cases} 1; & x \leq -4 \\ \frac{-2.2 - x}{-2.2 - (-4)}; & -4 \leq x \leq -2.2 \\ 0; & x \geq -2 \end{cases}$$

$$\mu_{Pendek}[x_2] = \begin{cases} 0; & x \leq -3.8 \text{ atau } x \geq -1.2 \\ \frac{x - (-3.8)}{(-2.2) - (-3.8)}; & -3.8 \leq x \leq -2.2 \\ \frac{-1.2 - x}{-1.2 - (-2.2)}; & -2.2 \leq x \leq -1.2 \end{cases}$$

Maka:

$$\mu_{SangatPendek}[-2,51] = \frac{-2,2 - (-2,51)}{-2,2 - (-4)} = 0,24$$

$$\mu_{Pendek}[-2,51] = \frac{-2,51 - (-3,8)}{(-2,2) - (-3,8)} = 0,76$$

c. Variabel ZS BB/TB ($x_3 = 1.17$)

Nilai masukan $x_3 = 1.17$ termasuk kedalam himpunan fuzzy “gizi baik” dan “gizi lebih”. Maka nilai derajat keanggotaannya adalah:

$$\mu_{GiziBaik}[x_3] = \begin{cases} 0 & ; x \leq -2.5 \text{ atau } x \geq 1.7 \\ \frac{x - (-2.5)}{-0.5 - (-2.5)} & ; -2.5 \leq x \leq -0.5 \\ \frac{1.7 - x}{1.7 - (-0.5)} & ; -0.5 \leq x \leq 1.7 \end{cases}$$

$$\mu_{GiziLebih}[x_3] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1 \\ \frac{x - 1}{3 - 1} & ; 1 \leq x \leq 3 \\ 1 & ; x \geq 3 \end{cases}$$

Maka:

$$\mu_{GiziBaik}[1.17] = \frac{1.7 - 1.17}{1.7 - (-0.5)} = 0,28$$

$$\mu_{GiziLebih}[1.17] = \frac{1.17 - 1}{3 - 1} = 0,08$$

Berdasarkan hasil perhitungan derajat keanggotaan untuk setiap variabel, didapatkan:

ZS BB/U ($x_1 = -0.75$) : $\mu_{Normal} = 0,93$

ZS TB/U ($x_2 = -2.58$) : $\mu_{SangatPendek} = 0,24$ dan $\mu_{Pendek} = 0,76$

ZS BB/TB ($x_3 = 1.17$) : $\mu_{GiziBaik} = 0,28$ dan $\mu_{GiziLebih} = 0,08$

Sehingga dari hasil tersebut, terdapat 4 aturan yang terpenuhi:

Tabel 16. Rules Data Balita 2

| Rules | ZS BB/U | ZS TB/U | ZS BB/TB | Tingkat Stunting |
|-------|---------|---------------|------------|------------------|
| 19 | Normal | Sangat Pendek | Gizi Baik | Sangat Tinggi |
| 20 | Normal | Sangat Pendek | Gizi Lebih | Sangat Tinggi |
| 31 | Normal | Pendek | Gizi Baik | Rendah |
| 32 | Normal | Pendek | Gizi Lebih | Tinggi |

Berikut merupakan perhitungan α predikat untuk setiap rules yang terpenuhi:

$$\begin{aligned} \alpha - [R19] &= \min(\mu_{Normal}[-0,75]; \mu_{SangatPendek}[-2,58]; \mu_{GiziBaik}[1,17]) \\ &= \min(0,93; 0,24; 0,28) = 0,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha - [R19] &= \min(\mu_{Normal}[-0,75]; \mu_{SangatPendek}[-2,58]; \mu_{GiziLebih}[1,17]) \\ &= \min(0,93; 0,24; 0,08) = 0,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha - [R31] &= \min(\mu_{Normal}[-0,75]; \mu_{Pendek}[-2,58]; \mu_{GiziBaik}[1,17]) \\ &= \min(0,93; 0,76; 0,28) = 0,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha - [R32] &= \min(\mu_{Normal}[-0,75]; \mu_{Pendek}[-2,58]; \mu_{GiziLebih}[1,17]) \\ &= \min(0,93; 0,76; 0,08) = 0,08 \end{aligned}$$

Tabel 17. Deffuzifikasi Data Balita 2

| Rules | α_n - predikat | z_n |
|-------|-----------------------|-------|
| 19 | 0,24 | 100 |
| 20 | 0,08 | 100 |
| 31 | 0,24 | 50 |
| 32 | 0,08 | 80 |

Maka perhitungan deffuzifikasi yang akan didapatkan adalah:

$$WA = \frac{0,24(100) + 0,08(100) + 0,24(50) + 0,08(80)}{0,24 + 0,08 + 0,24 + 0,08} = 77,61$$

(Tingkat Tinggi)

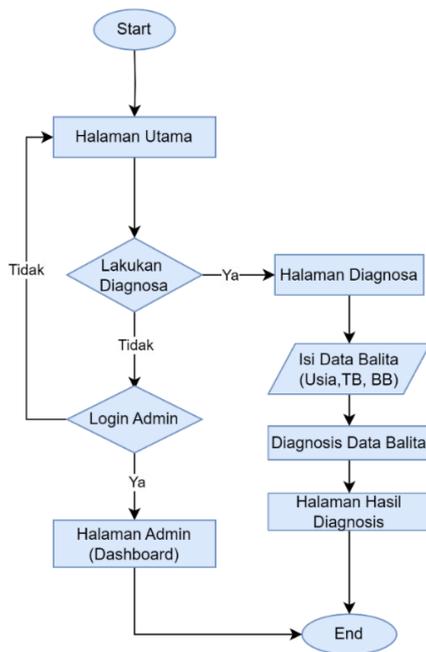
4.3 Implementasi Sistem

Tahapan ini merupakan tahapan pembangunan aplikasi berbasis website dengan menuliskan kode pemrograman sehingga dapat menghasilkan aplikasi sistem pakar yang diinginkan. Pembangunan sistem dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySql sehingga mampu melakukan diagnosa *stunting* dengan metode yang akan digunakan. Sistem pakar yang akan dibangun terdiri dari 2 halaman utama yaitu halaman *landing-page* dan halaman admin dashboard. Halaman *landing-page* merupakan halaman yang dapat digunakan oleh pengguna (masyarakat) untuk melakukan diagnosa *stunting* dengan memasukkan data balita. Sedangkan halaman admin dashboard merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh admin untuk mengelola alur kerja sistem pakar deteksi *stunting*.

4.3.1 Tampilan Halaman Landing Page

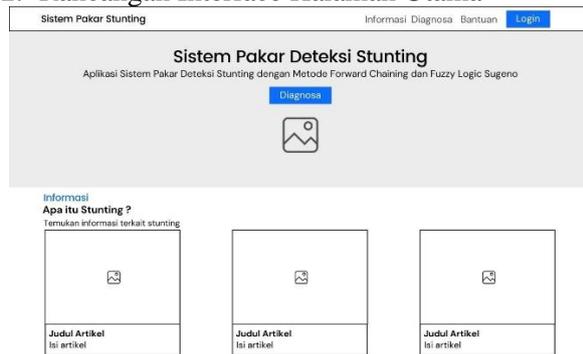
Halaman ini akan dijadikan sebagai halaman utama yang dapat dipergunakan oleh pengguna untuk melakukan diagnosa *stunting*. Halaman ini berisikan halaman diagnosis dan halaman informasi yang menyediakan informasi singkat mengenai *stunting*. Sebelum membangun sistem, langkah awal yang akan dilakukan terlebih dahulu adalah merancang flowchart sistem dan rancangan interface sistem. Berikut merupakan hasil perancangan flowchart dan interface sistem :

1. Flowchart Halaman Utama



Gambar 7. Flowchart Sistem User

2. Rancangan Interface Halaman Utama



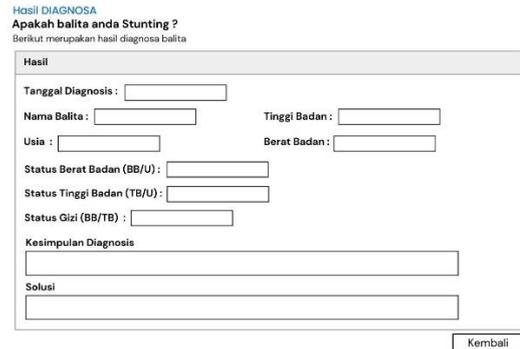
Gambar 8. Interface Halaman Utama

3. Rancangan Inteface Halaman Diagnosa



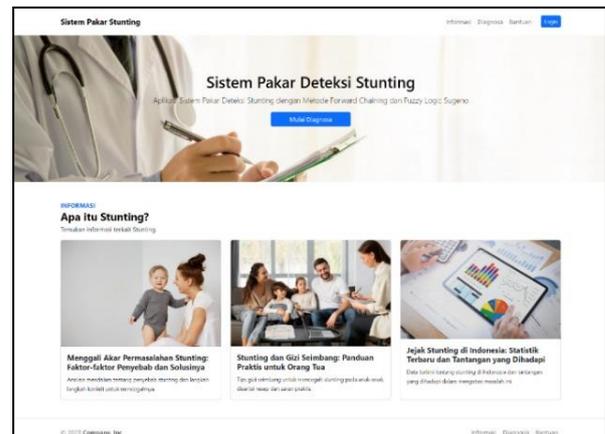
Gambar 9. Interface Halaman Diagnosa

4. Rancangan Interface Halaman Hasil Diagnosa



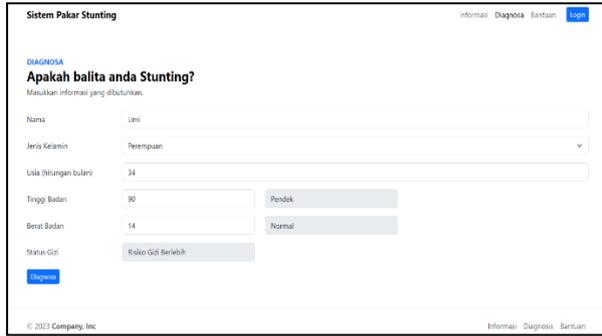
Gambar 10. Interface Halaman Hasil Diagnosis

Setelah melakukan tahapan perancangan flowchart dan interface sistem untuk halaman utama dan diagnosis, langkah selanjutnya adalah melakukan pembangunan sistem dengan bahasa pemrograman PHP. Berikut merupakan hasil penerapan sistem yang telah dibangun.

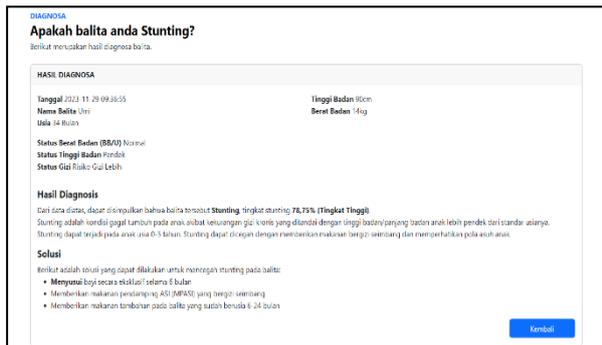


Gambar 11. Halaman Utama Sistem Pakar

Saat pengguna mengklik tombol Mulai Diagnostik sistem, mereka diarahkan ke halaman diagnostik. Pada halaman diagnostik, pengguna diminta memasukkan detail bayi seperti nama bayi, jenis kelamin, usia, tinggi badan, dan berat badan. Sistem kemudian mengolah data tersebut dan membuat nilai acuan tinggi badan, berat badan, dan status gizi bayi sesuai standar antropometri bayi. Di bawah ini Anda dapat melihat halaman diagnostik yang dibuat.



Gambar 12. Halaman Diagnosis *Stunting*

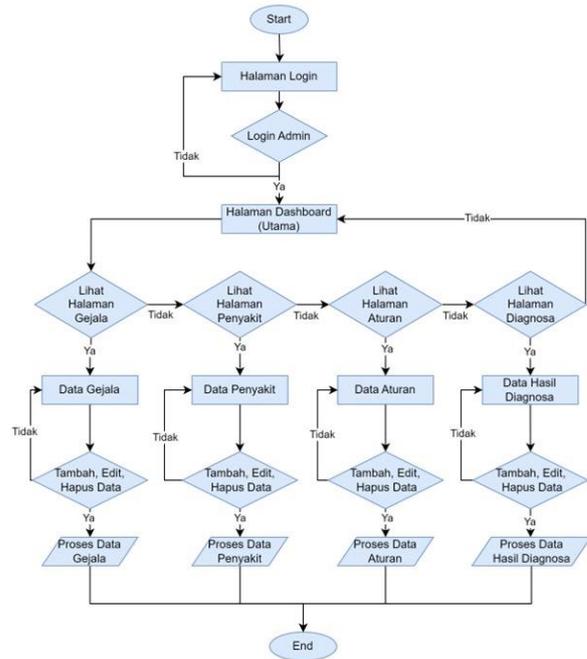


Gambar 13. Halaman Hasil Diagnosis *Stunting*

4.3.2 Halaman Admin

Halaman ini merupakan halaman yang hanya dapat diakses oleh seorang admin. Untuk mengakses halaman ini, admin akan diminta untuk melakukan login dengan memasukkan username beserta password yang telah ada. Berikut merupakan hasil perancangan flowchart sistem dan interfacec sistem untuk halaman admin pada aplikasi sistem pakar yang dibangun:

1. Flowchart Admin



Gambar 14. Flowchart Sistem Admin

2. Interface Halaman Login

Login

Username

Password

Gambar 15. Interface Halaman Admin

3. Interface Halaman Dashboard

Dashboard Admin Hi, Admin!

Home > Admin Dashboard

Total Diagnosi

Balita Stunting

Balita Normal

Tabel Data Diagnosa

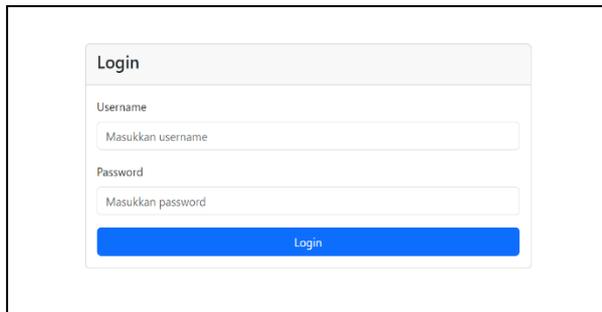
| No. | Nama | Jenis Kelamin | Usia | Tinggi Badan | Berat Badan | Hasil Diagnosis | Tingkat | Aksi |
|-----|------|---------------|------|--------------|-------------|-----------------|---------|--------|
| 1 | | | | | | | | Detail |
| 2 | | | | | | | | Detail |
| 3 | | | | | | | | Detail |

Gambar 16. Interface Halaman Dashboard

Setelah melakukan tahapan perancangan flowchart dan interface sistem untuk halaman admin dashboard, langkah selanjutnya adalah melakukan pembangunan sistem dengan bahasa

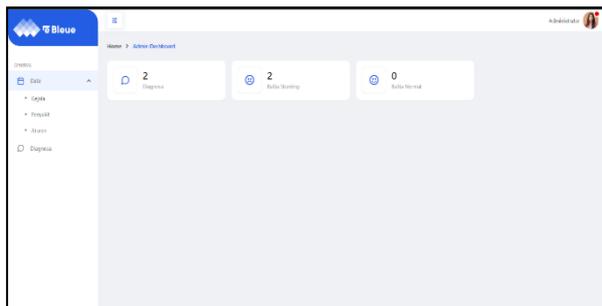


pemrograman PHP. Berikut merupakan hasil penerapan sistem yang telah dibangun.



Gambar 17. Halaman Login

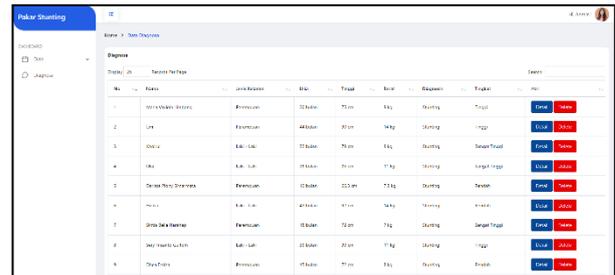
Setelah login berhasil, administrator akan diarahkan ke halaman dashboard. Pada antarmuka ini, administrator dapat melihat kumpulan data terkait termasuk data gejala, data penyakit, dan data aturan sistem pakar yang telah diterapkan. Selain itu, halaman dashboard juga menampilkan ringkasan komprehensif diagnosis yang dilakukan oleh pengguna.



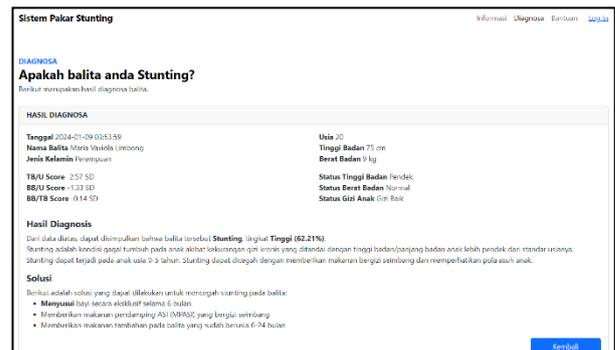
Gambar 18. Halaman Dashboard

4.4. Pengujian

Tahapan pengujian dilakukan dengan tujuan untuk melihat hasil aplikasi sistem pakar yang telah dibangun berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Selain itu penulis juga memastikan bahwa aplikasi yang telah dibangun dapat dipergunakan dan diakses dengan mudah, cepat dan akurat. Dilakukan pengujian pada data balita yang telah dinyatakan terkena stunting untuk mengetahui risiko tingkat terkena stunting yang dialami balita. Berikut merupakan tampilan hasil pengujian data pada sistem yang dibangun.



Gambar 19. Tampilan Halaman Data Diagnosa



Gambar 20. Tampilan Halaman Hasil Diagnosa

5. Simpulan

Berdasarkan 122 data balita stunting yang diperoleh, hasil akhir diagnosa menunjukkan terdapat 106 data balita yang dinyatakan stunting dan 16 balita dinyatakan normal. Dari 122 data tersebut didapatkan data dengan rincian balita berisiko terkena stunting dengan tingkat tinggi sebesar (57%), diikuti dengan tingkat risiko stunting sangat tinggi (26%) dan tingkat risiko stunting rendah (17%). Dari hasil pengujian rata-rata presentase diperoleh Balita atas nama Maria Vaviola Limbong dari hasil diagnosis nya disimpulkan bahwa Balita tersebut didiagnosis Stunting tingkat Tinggi (62,21%).

References

- Andrianof, H. (2022). Sistem Pakar Stunting Pada Balita Menggunakan Metode Forward Channing & Naive Bayes. *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 1(2), 115–119. <https://rcf-indonesia.org/jurnal/index.php/jisit/article/view/83>
- Ashari, & Muniar, A. Y. (2016). Penerapan Sistem Pakar Untuk Mendiagnosan Penyakit Pencernaan dengan Pengobatan Bahan Alami. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*.
- Azwansyah, D., Marpaung, N., Prodi Sistem Informasi, M., Royal, S., & STMIK Royal, D. (2021). *Diagnosis Kebutuhan Gizi Pada Balita Melalui*

- Penerapan Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Informatika Kaputama (JIK)*, 5(2), 424–428. <https://doi.org/10.1234/JIK.V5I2.617>
- Irfan, M. S. (2016). *Implementasi Logika Fuzzy Inference System Metode Sugeno pada Penentuan Jumlah Produksi Sarung*.
- Kusbianto, D., Ardiansyah, R., & Hamadi, D. A. (2017). Implementasi Sistem Pakar Forward Chaining untuk Identifikasi dan Tindakan Perawatan Jerawat Wajah. *Jurnal Informatika Polinema*, 4(2407-070X), 71–81.
- Mauliza, Ula, M., Fitri, Z., Razaqa Sakinah, T., & Rahmad Zainal, M. (2022). Penyuluhan Pentingnya Status Gizi Anak dan Stunting Di Desa Uteunkot Kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe. *RAMBIDEUN: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(3), 271–280. <https://doi.org/10.51179/PKM.V5I3.1471>
- Pradana, A. G., & Nita, S. (2019). Rancang Bangun Game Edukasi “AMUDRA” Alat Musik Daerah Berbasis Android. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi (SENATIK)*, 2(1), 49–53. <http://prosiding.unipma.ac.id/index.php/SENATIK/article/view/1062>
- Ricardo, R. (2021). Sistem Pakar Diagnosa Vitiligo Menerapkan Metode Fuzzy Sugeno. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 1(6), 253–256. <https://djournal.com/klik/article/view/179>
- Tampubolon, S. (2022). RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Skistosomiasis Menggunakan Kombinasi Forward Chaining Dan Fuzzy Logic Takagi Sugeno Kang. *Media Online*, 2(3), 128–131. <https://djournal.com/resolusi>
- Wajidi, F., & Nur, D. N. (2021). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Stunting pada Balita menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 6(2), 401–407. <https://doi.org/10.32493/informatika.v6i2.11938>

