

Implementasi Metode Tsukamoto Pada Sistem Pakar Diagnosa Kernikterus

Defiyuliyanti Bazikho*, Efori Buulolo, Meryance V. Siagian

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Budi Darma, Medan, Indonesia

Email: defiyuliantibazikho@gmail.com, buuloloefori21@gmail.com, meryance1993@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: defiyuliantibazikho@gmail.com

Abstrak–Kernikterus adalah kerusakan otak pada bayi, akibat tingginya kadar bilirubin dalam darah. Bilirubin yang menjadi penyebab timbulnya penyakit kuning ini, jika tidak tertangani dapat menumpuk pada otak. Permasalahan yang terjadi yaitu masyarakat khususnya orang tua masih sulit untuk menemukan solusi untuk mengetahui hasil diagnosa Kernikterus pada organ tubuh bayi yang dimiliki. Sistem pakar merupakan teknologi canggih yang dapat digunakan untuk menangani masalah diagnosa penyakit dengan akurasi relevan. Salah satu metode sistem pakar yang dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit yaitu Tsukamoto. Oleh sebab itu pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil diagnosa Kernikterus dengan akurasi relevan dibangun sebuah sistem pakar dengan mengimplementasikan metode Tsukamoto guna menyelesaikan masalah penderita. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui hasil pengujian untuk penerapan metode Tsukamoto dalam mengatasi masalah diagnosa Kernikterus memberikan nilai akurasi yang baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem pakar menerapkan metode Tsukamoto dapat menjadi solusi untuk menyelesaikan masalah diagnosa Kernikterus.

Kata Kunci: Implementasi; Tsukamoto; Sistem Pakar; Kernikterus

Abstract– Kernicterus is brain damage in infants due to high levels of bilirubin in the blood. Bilirubin is the cause of jaundice, and if left untreated, it can accumulate in the brain. The issue at hand is that the community, especially parents, still struggle to find a solution to determine the diagnosis of Kernicterus in a baby's body. Expert systems are advanced technology that can be used to address diagnostic problems with relevant accuracy. One of the expert system methods that can be employed for diagnosing diseases is Tsukamoto. Therefore, in this research, an expert system is built to obtain a Kernicterus diagnosis with relevant accuracy by implementing the Tsukamoto method to address the issues faced by patients. The results of this research show that testing the Tsukamoto method for diagnosing Kernicterus provides good accuracy. Hence, it can be concluded that implementing the Tsukamoto method in an expert system can be a solution to address the Kernicterus diagnosis problem.

Keywords: Implementation; Tsukamoto; Expert System; Kernicterus

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi saat ini banyak menghadirkan kecerdasan buatan yang dapat memecahkan permasalahan dalam kehidupan manusia. Kecerdasan buatan terdiri dari beberapa cabang ilmu yang memiliki manfaat yang berbeda-beda. Salah satu cabang ilmu yang merupakan bagian dari kecerdasan buatan adalah sistem pakar. Sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli [1]. Salah satu ategori permasalahan yang dapat diselesaikan dengan menggunakan sistem pakar adalah mendiagnosa penyakit yang diadopsi oleh manusia, tidak terkecuali kernikterus.

Kernikterus adalah kerusakan otak pada bayi, akibat tingginya kadar bilirubin dalam darah. Bilirubin yang menjadi penyebab timbulnya penyakit kuning ini, jika tidak tertangani dapat menumpuk pada otak. Solusi yang dapat digunakan untuk mengobati kernikterus adalah dengan melakukan konsultasi dengan pakar. Namun hingga saat ini pakar untuk mendiagnosa kernikterus masih sangat jarang ditemukan sehingga masyarakat sulit untuk mendapatkan solusi pengobatan Kernikterus.

Oleh sebab itu pada penelitian ini penulis membangun sistem pakar diagnosa kernikterus untuk menyelesaikan masalah di atas. Sistem pakar diagnosa kernikterus ini dibangun menggunakan visual basic net 2008. Pada proses diagnosa di dalam sistem pakar yang dibangun penulis menerapkan metode tsukamoto guna mendapatkan hasil diagnosa kernikterus akurat.

Tsukamoto adalah metode pemecahan masalah yang menggunakan sistem fuzzy dengan implikasi “sebab-akibat” atau implikasi “input-output” [2]. Pada metode tsukamoto, seluruh ketentuan pada aturan yang berbentuk IF THEN dipresentasikan menggunakan himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang bersifat monoton. Keluaran dari setiap rule diberikan secara tegas berdasarkan α predikat. Kemudian hasil akhir yang diperoleh dihitung menggunakan defuzzifikasi rata-rata terbobot [3].

Pemilihan metode tsukamoto pada penelitian ini dilakukan berdasarkan kelebihan yang dimiliki untuk menyelesaikan permasalahan dalam bidang diagnosa penyakit, seperti yang pernah dilakukan oleh Widya Febriani, Dkk. di tahun 2019 tentang penerapan metode tsukamoto ke dalam sistem pakar diagnosa penyakit Rubella disimpulkan bahwa metode tsukamoto dapat memberikan hasil diagnosa yang sesuai dengan ilmu pengetahuan pakar [4]. Dhevi Dadi Kusumaningtyas, Dkk. pada tahun 2019 juga melakukan penelitian yang menerapkan metode tsukamoto ke dalam sistem pakar. Pada penelitian ini metode tsukamoto digunakan untuk menyelesaikan masalah diagnosa penyakit saluran pernafasan yang melibatkan 32 gejala. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa metode tsukamoto melakukan diagnosa dengan akurasi output sebesar 80% kecocokan dengan ilmu pengetahuan pakar [5]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ibnu Utomo, Dkk. pada tahun 2020 diberikan penjelasan bahwa tsukamoto memiliki fungsi keanggotaan yang konsisten, memiliki toleransi pada sebuah data, fleksibel, dan mampu memberikan tanggapan informasi yang bersifat kualitatif [6]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mikha Dayan Sinaga, Dkk. pada tahun 2020 tentang diagnosa

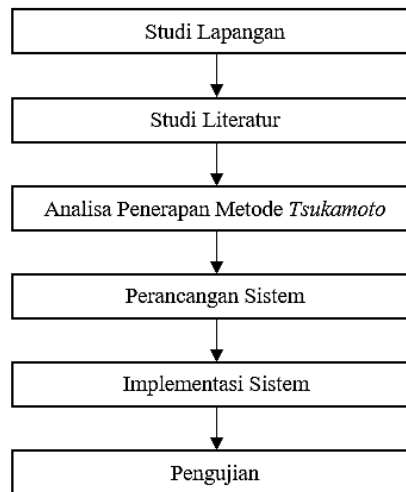
penyakit leptospirosis menggunakan tsukamoto yang menyimpulkan bahwa metode tsukamoto dapat memberikan hasil diagnosa dengan kepastian yang cukup akurat [7]. Kemudian pada tahun 2021 penelitian tentang penerapan metode Tsukamoto juga dilakukan oleh Umami Athiyah, Dkk. Dari hasil penelitian yang diperoleh diketahui bahwa metode tsukamoto mampu memberikan output dengan tingkat akurasi 80% [8].

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka tertarik penulis melakukan penelitian tentang diagnosa kernikterus dan membangun sistem pakar diagnosa kernikterus dengan menerapkan Tsukamoto sebagai metode untuk pemecahan masalah. Judul penelitian yang penulis angkat dalam penelitian ini yaitu “Implementasi Metode Tsukamoto pada Sistem Pakar Diagnosa Kernikterus”.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Kerangka kerja penelitian merupakan gambaran konsep kerja atau tahap- tahap yang akan dilakukan oleh dalam menyelesaikan proses sebuah penelitian untuk menyelesaikan satu permasalahan. Kerangka kerja penelitian yang memiliki tahapan yang jelas akan mempermudah keberlangsungan proses penelitian yang akan dilakukan oleh penulis mulai dari awal hingga akhir penelitian. Adapun kerangka kerja penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Adapun keterangan dari gambar kerangka kerja yang terlihat pada Gambar 1 adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Pada studi lapangan penulis melakukan pengumpulan data primer dari tempat penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu wawancara langsung kepada pakar, observasi dan sampling. Data yang berhasil dikumpulkan selama melakukan studi lapangan adalah prosedur yang dilakukan oleh pakar untuk mendiagnosa kernikterus dan informasi data gejala yang diperlukan sebagai basis pengetahuan dalam menjalankan proses untuk diagnosa penyakit tersebut.

2. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur penulis melakukan studi literatur guna mendapatkan data tinjauan pustaka yang berhubungan dengan topik penelitian yang dilakukan. Referensi tinjauan pustaka yang penulis gunakan adalah teoritis yang bersumber dari buku dan jurnal yang diterbitkan dalam periode 5 tahun terakhir.

3. Analisa Penerapan Metode Tsukamoto

Pada tahap analisa penerapan metode penulis menganalisa dan menjelaskan seluruh tahap-tahap metode Tsukamoto dalam menyelesaikan masalah diagnosa kernikterus dengan menggunakan data gejala dan basis pengetahuan dari pakar yang telah didapatkan selama melakukan tahap studi lapangan di tempat penelitian dan studi literatur menggunakan buku dan jurnal penelitian.

4. Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan sistem penulis merancang logika sistem pakar diagnosa kernikterus menerapkan metode Tsukamoto yang akan dibangun dengan menggunakan alat pemodelan unified modeling language (use case diagram dan activity diagram).

5. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi sistem penulis mengimplementasikan logika sistem yang telah dirancang pada bahasa pemrograman visual basic net 2008 agar dapat dihasilkan sebuah sistem pakar diagnosa kernikterus menerapkan metode Tsukamoto untuk menyelesaikan masalah yang diliti.

6. Pengujian

Pada tahap pengujian penulis melakukan pengujian terhadap sistem pakar diagnosa kernikterus menerapkan metode Tsukamoto yang telah dibangun dalam penelitian agar diketahui kontribusi yang dapat diberikan untuk menyelesaikan masalah diagnosa kernikterus, sehingga dapat diketahui kelemahan dan kelebihan dari sistem tersebut.

2.2 Sistem Pakar

Sistem pakar adalah sebuah sistem komputer yang dapat mengadopsi dan menirukan kemampuan dari seorang pakar sehingga dapat menjawab pertanyaan atau menyelesaikan suatu permasalahan yang dihadapi oleh pengguna yang melakukan konsultasi dengan sistem tersebut berdasarkan kemampuan yang dimiliki oleh seorang pakar [8]. Sistem pakar dapat menyelesaikan permasalahan sesuai dengan kemampuan yang dimiliki pakar yang dijadikan sebagai narasumber basis pengetahuan pada sistem pakar tertentu. Salah satu permasalahan serius yang dapat diselesaikan dengan menggunakan sistem pakar adalah mendiagnosa penyakit yang dimana hasil diagnosanya hanya dapat diketahui oleh seorang pakar yang sesuai keahliannya dengan jenis penyakit tersebut [10]. Sistem pakar dapat memberikan hasil diagnosa berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna dengan cepat dan akurat. Oleh karena itu sistem pakar dapat bermanfaat bagi semua orang untuk menyelesaikan masalah-masalah rumit, termasuk masyarakat yang masih awam dengan diagnosa penyakit maupun para ahli yang sedang sibuk dengan aktivitasnya yang lain [1].

2.3 Kernikterus

Kernikterus adalah kelainan akibat kelebihan bilirubin merusak otak, terutama bagian hipokampus, serebelum, ganglia basal, dan nukleus dari lantai ventrikel keempat. Pada bayi baru lahir, kadar bilirubin yang sangat tinggi bisa menembus hingga ke otak hingga menimbulkan kerusakan otak. Bilirubin merupakan pigmen berwarna kuning kecokelatan yang ditemukan di dalam empedu, darah, dan tinja [16].

Bilirubin berasal dari pemecahan hemoglobin pada sel darah merah dan perombakan zat lain. Penyebab kernikterus bersifat multifaktorial, melibatkan interaksi antara kadar bilirubin dan kadar albumin yang mengikat, perjalanan melewati sawar darah otak, dan kerentanan saraf terhadap cedera. Gangguan sawar darah otak hingga bilirubin dapat menembus ke otak akibat penyakit, kekurangan oksigen, perubahan permeabilitas sawar darah otak, dan faktor lainnya [17]. Gejala klinis yang muncul bervariasi tergantung dari berat ringannya penyakit pada bayi. Adapun gejala yang dapat ditimbulkan oleh Kernikterus, antara lain adalah sebagai berikut ini [16]:

1. Demam
2. Gerakan mata yang tidak normal, sehingga tidak dapat melirik ke atas
3. Kaku di seluruh tubuh
4. Otot yang tegang
5. Gangguan dalam pergerakan
6. Tidak mau menyusu
7. Suara yang melengking saat menangis
8. Mudah mengantuk
9. Tampak lemas
10. Kejang
11. Gangguan pendengaran

2.4 Metode Tsukamoto

Tsukamoto adalah metode pemecahan masalah yang menggunakan sistem fuzzy dengan implikasi “sebab-akibat” atau implikasi “input-output” [2]. Pada metode tsukamoto, seluruh ketentuan pada aturan yang berbentuk IF THEN dipresentasikan menggunakan himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang bersifat monoton. Keluaran dari setiap rule diberikan secara tegas berdasarkan α predikat. Kemudian hasil akhir yang diperoleh dihitung menggunakan defuzzifikasi rata-rata terbobot [3]. Tahapan metode tsukamoto yang dilakukan dimulai dari tahapan fuzzifikasi hingga tahapan defuzzifikasi. Adapun tahapan-tahapan metode tsukamoto dapat dilihat pada uraian berikut ini [2]:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah Proses untuk mengubah masukan sistem yang mempunyai nilai tegas atau crisp menjadi himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaannya di dalam himpunan fuzzy.

$$\mu_{Tinggi}(8) = \begin{cases} 1 & 8 \geq 0 \\ \frac{8-0}{57-0} & 0 \leq 8 \leq 57 \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

2. Mesin Inferensi

Proses untuk mengubah input fuzzy menjadi output fuzzy dengan fuzzifikasi Rule yang telah ditetapkan. Dengan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai alpha-predikat tiap - tiap Rule. Kemudian masing-masing nilai alpha-predikat digunakan untuk menghitung output masing-masing Rule (nilai z).

$$a1 = \text{MIN}(a; b; c; \dots n)$$

$$Z = (\mu_{x1} * a1) + (\mu_{x2} * a1) + (\mu_{xn} * a1n) \quad (2)$$

3. Pembentukan *Rules IF-Then*

Proses untuk membentuk Rule yang akan digunakan dalam bentuk IF–THEN yang tersimpan dalam basis keanggotaan fuzzy.

$$IF\ a\ THEN\ b \quad (3)$$

4. *Defuzzifikasi*

Mengubah keluaran fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas atau crisp. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan persamaan rata-rata pembobotan menggunakan metode rata-rata Weight Average [18].

$$Z = \frac{a1+Z}{a1} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa dan Penerapan Metode Tsukamoto

Pada bagian ini penulis akan menguraikan hasil analisis dari penelitian studi lapangan dan studi penelitian yang telah diselesaikan untuk mengetahui tentang diagnosa penyakit Kernikterus dan cara melakuan implementasi metode Tsukamoto untuk proses penyelesaian masalah yang telah berhasil diidentifikasi selama proses penelitian berlangsung. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui beberapa informasi penting terkait penyakit Kernikterus yang diteliti oleh penulis sebagaimana dapat dilihat pada uraian berikut ini:

1. Hasil Identifikasi Masalah

Kernikterus adalah kerusakan otak pada bayi, akibat tingginya kadar bilirubin dalam darah. Bilirubin yang menjadi penyebab timbulnya penyakit kuning ini, jika tidak tertangani dapat menumpuk pada otak. Solusi yang dapat digunakan untuk mengobati Kernikterus adalah dengan melakukan konsultasi dengan pakar. Namun hingga saat ini pakar untuk mendiagnosa Kernikterus masih sangat jarang ditemukan sehingga masyarakat sulit untuk mendapatkan solusi pengobatan Kernikterus.

2. Hasil Analisa Data Sampel

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh penulis diperoleh informasi mengenai data sampel terkait diagnosa penyakit Kernikterus. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di tempat Praktek Dr Kolman Saragih, SpS. diketahui data sampel yang digunakan pakar dalam menyelesaikan masalah diagnosa Kernikterus yang dialami oleh pasien dengan basis pengetahuan sebagai berikut ini:

a. Gejala dan Nilai Pakar

Tabel 1. Gejala Penyakit Kernikterus

No	Kode Gejala	Gejala	Nilai Pakar	
			Kondisi	Domain
1	G01	Demam	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
2	G02	Gerakan mata yang tidak normal sehingga tidak dapat melirik ke atas	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
3	G03	Kaku di seluruh Tubuh	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
4	G04	Otot yang Tegang	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
5	G05	Gangguan dalam pergerakan	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
6	G06	Tidak mau Menyusu	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
7	G07	Suara yang melengking saat menangis	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
8	G08	Mudah mengantuk	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
9	G09	Tampak lemas	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
10	G10	Kejang	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]
11	G11	Gangguan pendengaran	Tidak/Lumayan/Ya/Sangat	[(0),(0,4),(0,7),(1)]

Tabel 1 memperlihatkan bahwa penyakit Kernikterus memiliki sebelas gejala yaitu seperti yang disimbolkan dengan kode G01 hingga G11. Himpunan fuzzy pada nilai pakar adalah tingkat keparahan yang dapat dirasakan oleh setiap pasien pada saat mengalami penyakit Kernikterus sebagaimana nilai pakar terhadap himpunan fuzzy terdiri dari “Tidak”, “Lumayan”, “Ya”, dan “Sangat”. Domain pada nilai pakar adalah bobot yang dimiliki dari setiap himpunan fuzzy yang dapat dirasakan oleh pasien ketika sedang mengalami penyakit Kernikterus sebagaimana tingkatan bobot berdasarkan nilai pakar yaitu bobot 0 untuk pasien yang menjawab “Tidak”, bobot 0.4 untuk pasien yang menjawab “Lumayan”, bobot 0.7 untuk pasien yang menjawab “Ya”, dan 1 untuk pasien yang menjawab “Sangat” pada saat melakukan konsultasi.

b. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan adalah aturan yang memberikan informasi valid untuk diagnosa akurat. Penelitian ini menggunakan kondisi "If-Then" untuk susunan basis pengetahuan. Berdasarkan data sampel dari narasumber pakar, berikut basis pengetahuan diagnosa Kernikterus.

- R1 : IF G01 ThenX1
- R2 : IF X1 AND G02 ThenX2
- R3 : IF X2 AND G03 ThenX3
- R4 : IF X3 AND G04 ThenX4
- R5 : IF X4 AND G05 ThenX5
- R6 : IF X5 AND G06 ThenX6
- R7 : IF X6 AND G07 ThenX7
- R8 : IF X7 AND G08 ThenX8
- R9 : IF X8 AND G09 ThenX9
- R10 : IF X9 AND G10 ThenX10
- R11 : IF X10 AND G11 ThenKernikterus

Berdasarkan basis pengetahuan di atas, setiap gejala dapat menyebabkan Kernikterus, tetapi tingkat keparahan pasien belum tercapai. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode Tsukamoto.

c. Variabel Diagnosa

Variabel diagnosa adalah tingkat keparahan dalam diagnosa penyakit Kernikterus yang ditemukan dalam sistem pakar yang dibangun dalam penelitian ini. Lihat Tabel 2 untuk detail variabel diagnosa.

Tabel 2. Variabel Diagnosa

No	Tingkat Keparahan	Nilai Pakar
1	Tidak Parah	$\leq 0,4$
2	Parah	0,5 – 0,8
3	Sangat Parah	$\geq 0,9$

Tabel 2 menunjukkan variabel diagnosa untuk Kernikterus dengan tiga tingkat keparahan: "Tidak Parah" (nilai pakar ≤ 0.4), "Parah" (nilai pakar 0.5-0.8), dan "Sangat Parah" (nilai pakar ≥ 0.9).

3.2 Penerapan Metode Profile Matching

Metode Tsukamoto menggunakan fuzzifikasi dalam bentuk IF-THEN untuk aturan. Output hasil yang akhir dicari dengan mengubah masukan ke dalam bilangan pada domain himpunan fuzzy, yang dikenal sebagai metode defuzzifikasi. Dalam studi kasus ini, gejala pasien dicatat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Contoh Studi Kasus

Kode	Nama Gejala	Nilai Pakar		
		Kondisi	Domain	Diagnosa
G01	Demam	Lumayan	0,4	Parah
G02	Gerakan mata yang tidak normal sehingga tidak dapat melirik ke atas	Ya	0,7	
G03	Kaku di seluruh tubuh	Lumayan	0,4	
G04	Otot yang tegang	Sangat	1	

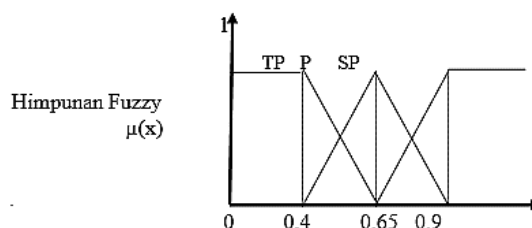
Tabel 3 menunjukkan gejala pasien: Demam (Lumayan), Gerakan mata tidak normal (Ya), Kaku di seluruh tubuh (Lumayan), Otot tegang (Sangat), dengan hasil diagnosa "Tidak Parah" menurut pakar. Analisis penerapan metode Tsukamoto untuk diagnosa Kernikterus berdasarkan gejala ini dijelaskan di bawah.

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah masukan yang tegas menjadi himpunan fuzzy dengan menentukan derajat keanggotaannya. Hasil fuzzifikasi data sampel di atas adalah sebagai berikut:

a. Fuzzifikasi Variabel Diagnosa

Adapun fuzzifikasi variabel output dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Fuzzifikasi Variabel Output

Gambar 2 menampilkan grafik fuzzifikasi variabel output dengan "TP" (Tidak Parah), "P" (Parah), dan "SP" (Sangat Parah). Himpunan fuzzy pada variabel diagnosa dijelaskan sebagai berikut:

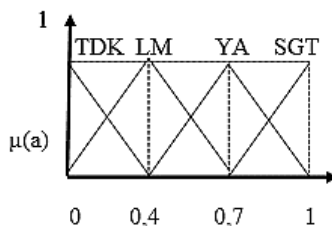
$$\mu_{Tidak\ Parah}(x) = \begin{cases} 0,4 > x \\ \frac{0,4-x^1}{0,65-0,4_0} & 0,4 \leq x \leq 0,65 \\ x > 0,65 \end{cases}$$

$$\mu_{Parah}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,4^1}{0,65-0,4_0}; \frac{0,9-x^0}{0,9-0,65_1} & 0,4 > x \geq x \text{ atau } x > 0,9 \\ 0,4 \leq x \leq 0,65 \\ 0,65 \leq x \leq 0,9 \end{cases}$$

$$\mu_{Sangat\ Parah}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,65^0}{0,9-0,65_1} & 0,65 > x \\ 0,65 \leq x \leq 0,9 \\ x > 0,9 \end{cases}$$

b. Fuzzifikasi G01

Fuzzifikasi G01 terlihat pada gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Fuzzifikasi G01

Gambar 3 menunjukkan grafik fuzzifikasi untuk himpunan fuzzy G01 dengan menyimbolkan fuzzy "Tidak" dengan "TDK", fuzzy "Lumayan" dengan "LM", fuzzy "Ya" dengan "YA", dan fuzzy "Sangat" dengan "SGT". Adapun keterangan himpunan fuzzy pada G01 adalah sebagai berikut :

$$\mu_{TDK}(a) = \begin{cases} 0 > a \\ \frac{0,4-a^1}{0,4-0_0} & 0 = a \leq 0,4 \\ a > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{LM}(a) = \begin{cases} \frac{a-0^1}{0,4-0_0}; \frac{0,7-a^0}{0,7-0,4} & 0,4 > a \text{ atau } a > 0,4 \\ 0 \leq a \leq 0,4 \\ 0,4 \leq a \leq 0,7 \end{cases}$$

$$\mu_{YA}(a) = \begin{cases} \frac{a-0^1}{0,7-0,4_0}; \frac{1-a^0}{1-0,7} & 0,7 > a \text{ atau } a > 0,7 \\ 0,4 \leq a \leq 0,7 \\ 0,7 \leq a \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{SGT}(a) = \begin{cases} \frac{a-0,7^0}{1-0,7_1} & 0,7 > a \\ 0,7 \leq a \leq 1 \\ a \geq 1 \end{cases}$$

Berdasarkan fuzzifikasi G01 di atas tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai fuzzifikasi G01 seperti penjelasan di bawah ini :

G01 berada pada kategori Tidak dan Ya, maka :

1. $\mu_{Tidak} \Rightarrow 0 < 0,4 < 0,7$

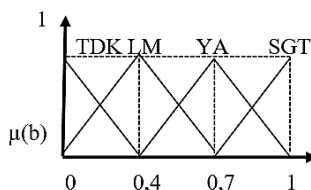
$$\frac{0,4-0}{0,7-0} = 0,57$$

2. $\mu_{Ya} \Rightarrow 0 < 0,4 < 0,7$

$$\frac{0,7-0,4}{0,7-0} = 0,43$$

c. Fuzzifikasi G02

Adapun fuzzifikasi G02 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Fuzzifikasi G02

Gambar 4 menunjukkan grafik fuzzifikasi untuk himpunan fuzzy G02 dengan menyimbolkan fuzzy “Tidak” dengan “TDK”, fuzzy “Lumayan” dengan “LM”, fuzzy “Ya” dengan “YA”, dan fuzzy “Sangat” dengan “SGT”. Adapun keterangan himpunan fuzzy pada G02 adalah sebagai berikut :

$$\mu_{TDK}(b) = \begin{cases} \frac{0,4-b^1}{0,4-0,0} & 0 > b \\ 0 & 0 \leq b \leq 0,4 \\ \frac{0,4-0,0}{0,4-0,0} & b > 0,4 \end{cases}$$

$$\mu_{LM}(b) = \begin{cases} \frac{b-0^1}{0,4-0,0} & 0,4 > b \text{ atau } b > 0,4 \\ \frac{0,7-b^0}{0,7-0,4} & 0 \leq b \leq 0,4 \\ \frac{0,7-0,4}{0,7-0,4} & 0,4 \leq b \leq 0,7 \end{cases}$$

$$\mu_{YA}(b) = \begin{cases} \frac{b-0^1}{0,7-0,4} & 0,7 > b \text{ atau } b > 0,7 \\ \frac{1-b^0}{1-0,7} & 0,4 \leq b \leq 0,7 \\ \frac{0,7-0,4}{0,7-0,4} & 0,7 \leq b \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{SGT}(b) = \begin{cases} \frac{b-0,7^0}{1-0,7} & 0,7 > b \\ 0 & 0,7 \leq b \leq 1 \\ \frac{1-0,7}{1-0,7} & b \geq 1 \end{cases}$$

Berdasarkan fuzzifikasi G02 di atas tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai fuzzifikasi G02 seperti penjelasan di bawah ini :

G02 berada pada kategori Tidak dan Ya, maka :

$$1) \mu_{Tidak} \Rightarrow 0,4 < 0,7 < 1$$

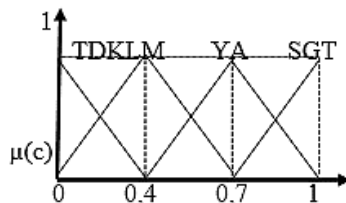
$$\frac{0,7-0,4}{1-0,4} = 0,5$$

$$2) \mu_{Ya} \Rightarrow 0,4 < 0,7 < 1$$

$$\frac{1-0,7}{1-0,4} = 0,5$$

d. Fuzzifikasi G03

Adapun fuzzifikasi G03 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Fuzzifikasi G03

Gambar 5 menunjukkan grafik fuzzifikasi untuk himpunan fuzzy G03 dengan menyimbolkan fuzzy “Tidak” dengan “TDK”, fuzzy “Lumayan” dengan “LM”, fuzzy “Ya” dengan “YA”, dan fuzzy “Sangat” dengan “SGT”. Adapun keterangan himpunan fuzzy pada G03 adalah sebagai berikut :

$$\mu_{TDK}(c) = \begin{cases} \frac{0,4-c^1}{0,4-0,0} & 0 > c \\ 0 & 0 \leq c \leq 0,4 \\ \frac{0,4-0,0}{0,4-0,0} & c > 0,4 \end{cases}$$

$$\mu_{LM}(c) = \begin{cases} \frac{c-0^1}{0,4-0,0} & 0,4 > c \text{ atau } c > 0,4 \\ \frac{0,7-c^0}{0,7-0,4} & 0 \leq c \leq 0,4 \\ \frac{0,7-0,4}{0,7-0,4} & 0,4 \leq c \leq 0,7 \end{cases}$$

$$\mu_{YA}(c) = \begin{cases} \frac{c-0^1}{0,7-0,4} & 0,7 > c \text{ atau } c > 0,7 \\ \frac{1-c^0}{1-0,7} & 0,4 \leq c \leq 0,7 \\ \frac{0,7-0,4}{0,7-0,4} & 0,7 \leq c \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{SGT}(c) = \begin{cases} \frac{c-0,7^0}{1-0,7} & 0,7 > c \\ 0 & 0,7 \leq c \leq 1 \\ \frac{1-0,7}{1-0,7} & c \geq 1 \end{cases}$$

Berdasarkan fuzzifikasi G03 di atas tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai fuzzifikasi G03 seperti penjelasan di bawah ini :

G03 berada pada kategori Tidak dan Ya, maka :

$$1) \mu_{Tidak} \Rightarrow 0 < 0,4 < 0,7$$

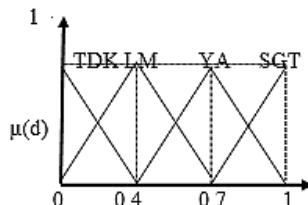
$$\frac{0,4-0}{0,7-0} = 0,57$$

2) $\mu Ya \Rightarrow 0 < 0,4 < 0,7$

$$\frac{0,7-0,4}{0,7-0} = 0,43$$

e. Fuzzifikasi G04

Adapun fuzzifikasi G04 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Fuzzifikasi G04

Gambar 6 menunjukkan grafik fuzzifikasi untuk himpunan fuzzy G04 dengan menyimbolkan fuzzy “Tidak” dengan “TDK”, fuzzy “Lumayan” dengan “LM”, fuzzy “Ya” dengan “YA”, dan fuzzy “Sangat” dengan “SGT”. Adapun keterangan himpunan fuzzy pada G04 adalah sebagai berikut :

$$\mu TDK(d) = \begin{cases} \frac{0,4-d^1}{0,4-0_0} & 0 > d \\ 0 & 0 \leq d \leq 0,4 \\ & d > 4 \end{cases}$$

$$\mu LM(d) = \begin{cases} \frac{d-0^1}{0,4-0_0} & 0,4 > d \text{ atau } d > 0,4 \\ \frac{0,7-d^0}{0,7-0,4} & 0 \leq d \leq 0,4 \\ & 0,4 \leq d \leq 0,7 \end{cases}$$

$$\mu YA(d) = \begin{cases} \frac{d-0^1}{0,7-0,4_0} & 0,7 > d \text{ atau } d > 0,7 \\ \frac{1-d^0}{1-0,7} & 0,4 \leq d \leq 0,7 \\ & 0,7 \leq d \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu SGT(d) = \begin{cases} \frac{d-0,7^0}{1-0,7^1} & 0,7 > d \\ 0,7 \leq d \leq 1 \\ & d \geq 1 \end{cases}$$

Berdasarkan fuzzifikasi G04 di atas tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai fuzzifikasi G04 seperti penjelasan di bawah ini :

G04 berada pada kategori Sangat, maka :

$$\mu Sangat \Rightarrow 1 \geq 1 = 1$$

2. Pembentukan Rules IF-Then

Berdasarkan contoh studi kasus yang digunakan dalam proses diagnosa penyakit Kernikterus di atas maka diperoleh hasil pembentukan rule if – then seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rules If-Then

If	Then
Demam (Lumayan), Gerakan mata yang tidak normal sehingga tidak dapat melirik ke atas (Ya), Kaku di seluruh tubuh (Lumayan), Otot yang tegang (Sangat)	Parah

3. Mesin Inferensi

Tahap selanjutnya dilakukan proses pengubahan input fuzzy menjadi keluaran fuzzy dengan cara fuzzifikasi berdasarkan rule yang telah ditetapkan pada Tabel 4. Pada tahap ini proses mesin inferensi menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai a-predikat pada rule. Kemudian masing-masing nilai a-predikat digunakan untuk menghitung keluaran rule atau nilai z. Adapun proses untuk pencarian nilai a-predikat hasil pembentukan rule if – then di atas adalah sebagai berikut ini :

$$a = \text{MIN}(\mu G01 ; \mu G02 ; \mu G03 ; \mu G04)$$

$$= \text{MIN} (0,43 ; 0,5 ; 0,43 ; 1)$$

$$= 0,43$$

$$0,43 = \frac{x-0,4}{0,65-0,4}$$

$$x - 0,4 = 0,1075$$

$$x = 0,1075 + 0,4$$

$$x = 0,5075$$

4. Defuzzifikasi

$$z = \frac{0,43 \times 0,5075}{0,43} (100\%) = 51\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan defuzzifikasi di atas disimpulkan bahwa hasil diagnosa untuk pasiennya dengan gejala seperti yang terlihat pada Tabel 3 mengalami penyakit Kernikterus dengan tingkat keparahan “Parah” sebesar 51%.

3.3 Tampilan Sistem

Adapun tampilan sistem pakar diagnosa penyakit Akalasia dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Form Login

Form login merupakan tampilan dari sistem pakar diagnosa penyakit Kernikterus, dan fungsinya untuk menjalankan program login untuk masuk ke halaman form menu utama.

Gambar 7. *Form Login*

2. Form Menu Utama

Form menu utama adalah tampilan sistem pakar diagnosa penyakit Kernikterus, dan fungsinya untuk menampilkan menu file pilihan (Gejala, Pasien, Keluar) dan menu diagnosa.



Gambar 8. *Form Menu Utama*

3. Form Gejala

Form gejala merupakan tampilan dari sistem pakar diagnosa penyakit Kernikterus yang fungsinya untuk melakukan pengolahan data gejala.

Kode	Nama Gejala
G01	Demam
G02	Gerakan mata yang tidak normal sehingga tidak dapat melirik ke atas
G03	Kaku di seluruh tubuh
G04	Otot yang tegang
G05	Gangguan dalam pergerakan
G06	Tidak mau menyusu
G07	Suara yang melengking saat menangis

Gambar 9. *Form Gejala*

4. Form Pasien

Form pasien merupakan tampilan dari sistem pakar diagnosa penyakit Kernikterus yang fungsinya untuk melakukan pengolahan data pasien.

Id Pasien	Nama Pasien	Jenis Kelamin	No Handphone
P001	Nia	Perempuan	082299001728
P002	Agus Tiara	Perempuan	081988273913
P003	Yunita	Perempuan	082189172927
P004	Siska	Laki-laki	081322101280
P005	Mahedi	Laki-laki	087829102820

Gambar 10. Form Pasien

5. Form Diagnosa

Form diagnosa merupakan tampilan dari sistem pakar diagnosa penyakit Kernikterus yang fungsinya untuk melakukan pengolahan data diagnosa.

Diagnosa

Berdasarkan hasil perhitungan defuzzifikasi terhadap gejala yang dialami pasien diketahui bahwa hasil diagnosa untuk pasien yaitu mengalami penyakit Kernikterus dengan tingkat keparahan Parah sebesar 51%

Gambar 11. Form Diagnosa

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah bahwa prosedur dalam sistem pakar untuk mendiagnosa kernikterus didasarkan pada gejala yang dialami oleh pasien. Metode Tsukamoto terbukti dapat memberikan hasil diagnosa yang sesuai dengan ilmu pengetahuan pakar. Selain itu, sistem pakar untuk mendiagnosa penyakit kernikterus yang dikembangkan dengan menggunakan Visual Basic Net 2008 dan MySQL dapat menjadi alternatif yang efektif dalam proses diagnosa penyakit kernikterus.

REFERENCES

- [1] H. Pratama, S. E. M. Kom, I. Arief, and W. M. Kom, "Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Truk Mitsubishi Fuso Berbasis Desktop," vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [2] A. Hermawan, R. Rachman, and J. Selatan, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Disleksia Pada Anak Dengan Menggunakan Fuzzy Tsukamoto," vol. 2, no. 1, pp. 240–245, 2021.
- [3] W. Febriani, G. W. Nurcahyo, and S. Sumijan, "Diagnosa Penyakit Rubella Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," J. Sistim Inf. dan Teknol., vol. 1, no. 3, pp. 12–17, 2019, doi: 10.35134/jsisfotek.v1i3.4.
- [4] D. D. Kusumaningtyas, M. Hasbi, and H. Wijayanto, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Saluran Pernafasan Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto," J. Teknol. Inf. dan Komun., vol. 7, no. 2, pp. 1–7, 2019, doi: 10.30646/tikomsin.v7i2.431.
- [5] I. Utomo, W. Mulyono, Y. Kusumawati, and A. Susanto, "E-Sistem Pakar Diagnosa Dini Penyakit Diabetes Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," pp. 515–522, 2020.

- [6] M. D. Sinaga, N. S. B. Sembiring, C. J. M. Sianturi, and C. J. M. Sianturi, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Mendiagnosa Penyakit Leptospirosis," *CSRID (Computer Sci. Res. Its Dev. Journal)*, vol. 12, no. 2, p. 98, 2021, doi: 10.22303/csrid.12.2.2020.98-106.
- [7] U. Athiyah et al., "Diagnosa Resiko Penyakit Jantung Menggunakan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto," vol. 11, no. 1, 2021.
- [8] E. Wahyudi, "IMPLEMENTASI KEBIJAKAN TENTANG KEPEGAWAIAN DAN MOTIVASI DALAM UPAYA MENCAPAI KINERJA PEGAWAI DI PERUSAHAAN DAERAH PASAR BERMARTABAT KOTA BANDUNG," vol. 8, no. 3, 2020.
- [9] S. M. Hardi, A. Triwiyono, and Amalia, "Expert System for Diagnosing Osteoarthritis with Fuzzy Tsukamoto Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1641, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1641/1/012107.
- [10] Mahyuni and Munar, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Campak," vol. 06, no. 01, pp. 81–87, 2021.
- [11] I. A. Idhar Adjam, "Perancangan sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosis dan menangani penyakit ternak (kambing)," vol. 13, no. 2, pp. 50–59, 2020.
- [12] F. Rahmi Ras, H. Nelly Astuti, and B. Efori, "Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Asidosis Tubulus Renalis Menggunakan Metode Certainty Factor Dengan Penelusuran Forward Chaining," *Media Inform. Budidarma*, vol. 1, no. 1, pp. 13–16, 2017.
- [13] Pendidikan.co.id, "Pengertian Diagnosis, Ciri, Manfaat dan Tahapan Diagnosa," 2020. <https://pendidikan.co.id/pengertian-diagnosis-ciri-manfaat-dan-tahapan-diagnosa/>.
- [14] R. Rohsiswatmo and R. Amandito, "Hiperbilirubinemia pada Neonatus >35 Minggu di Indonesia: Pemeriksaan dan Tatalaksana Terkini," *Sari Pediatr.*, vol. 20, no. 2, p. 115, 2018, doi: 10.14238/sp20.2.2018.115-22.
- [15] A. I. Falatehan, N. Hidayat, and K. C. Brata, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 8, pp. 2373–2381, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1773>.