

Fuzzy Expert System Untuk Analisis Penyakit Stroke

Aan Jelli Priana*

Sistem Informasi, Universitas Gajayana, Malang, Indonesia

Email: aanjp@unigamalang.ac.id

Abstrak—Perkembangan penyakit stroke di Indonesia telah menjadi fenomena tersendiri. Sekitar tahun 1990-an, stroke menjadi penyebab utama peringkat keempat dari kematian penduduk Indonesia. Kemudian, pada 2014 hingga pertengahan 2015, penyakit ini menjadi penyebab kematian pertama di Indonesia. Hal ini menjadi perhatian khusus bagi Kementerian Kesehatan dan pelaku – pelaku kesehatan yang lain. Namun, tidak hanya para pelaku kesehatan baik dokter, perawat, ahli kesehatan dan sebagainya yang harusnya meningkatkan upaya pencegahan, pengobatan dan penanggulangan Stroke, akan tetapi para pasien stroke ataupun masyarakat umum sudah selayaknya menyadari akan upaya – upaya tersebut. Untuk mendukung upaya pencegahan, pengobatan dan penanggulangan stroke, bidang ilmu lain yaitu teknologi lain yaitu teknologi mobile dapat berpartisipasi melalui mobile health application. Selain itu untuk membantu dalam metode analisisnya menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk mendeteksi dini risiko terkena penyakit stroke. Perpaduan antara mobile healthy dengan Metode Fuzzy Tsukamoto dapat menjadi metode alternatif dalam mendiagnosis risiko terkena penyakit stroke sehingga para pasien stroke atau masyarakat pada umumnya mendapatkan early warning dan meningkatkan kewaspadaan diri terhadap bahaya Stroke. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat akurasi sistem yang diusulkan memiliki akurasi yang cukup baik dengan membandingkan data hasil fuzzy dengan data hasil pakar.

Kata Kunci: Sistem Pakar, Fuzzy Tsukamoto, Faktor Resiko, Penyakit Stroke

Abstract— *Stroke disease development in Indonesia has become a phenomenon in itself. Around the 1990s, stroke became the fourth leading cause of death for the Indonesian population. Then, in 2014 until mid 2015, the disease is the first cause of death in Indonesia. This is of special concern for the Ministry of Health and actors - other health actors. However, not only the perpetrators of good medical doctors, nurses, health professionals and others that should improve the prevention, treatment and prevention of stroke, but stroke patients or the general public are appropriately aware of the efforts - such efforts. To support prevention, treatment and prevention of stroke, other disciplines are other technologies that mobile technology can participate through a mobile health application. In addition to helping in the methods of analysis using Tsukamoto Fuzzy method to detect early risk of stroke. With a healthy blend of mobile Tsukamoto Fuzzy method can be an alternative method for diagnosing the risk of stroke so that the stroke patients or the public at large to get early warning and enhance self-awareness to the dangers of stroke. The analysis showed that the accuracy of the proposed system has good accuracy by comparing data results with fuzzy data from experts.*

Keywords: Expert System, Fuzzy Tsukamoto, Risk factor, Stroke.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, fenomena penyakit stroke telah menjadi perhatian tersendiri. Sekitar tahun 1990-an, stroke menjadi penyebab utama peringkat keempat dari kematian penduduk Indonesia. Kemudian, tahun 2014 hingga 2015, stroke telah menjadi penyebab utama untuk kematian di Indonesia. Terdapat lima ratus ribu lebih penduduk terkena stroke, dimana sepertiganya dapat pulih kembali, sepertiga lainnya mengalami gangguan fungsional ringan sampai sedang, dan sepertiga sisanya mengalami gangguan fungsional berat. Penyakit stroke ini dikategorikan menjadi dua kategori utama yaitu, stroke hemoragik dan stroke iskemik. Dari seluruh jumlah penderita stroke, sebagian besar merupakan stroke iskemik. Fakta – fakta tersebut pada akhirnya menjadi sebuah perhatian khusus Kementerian Kesehatan Indonesia. Berbagai upaya peningkatan pada pencegahan, pengobatan hingga penanggulangan penyakit stroke mulai satu persatu dilaksanakan [1][2][3].

Salah satu sumbangsih dunia ilmu komputer khususnya pada bidang sistem pakar dalam pencegahan penyakit stroke adalah penggunaan fuzzy sebagai mesin inferensi sistem pakar. Sistem pakar fuzzy merupakan penggabungan sistem pakar dengan logika fuzzy. Penerapan sistem fuzzy dalam sistem pakar bertujuan untuk merepresentasikan pengetahuan pakar pada lingkungan yang tidak pasti, tidak lengkap dan sangat kompleks. Fuzzy merupakan cabang dari logika yang menerapkan derajat keanggotaan dalam suatu himpunan sehingga keanggotaan tidak hanya bersifat true/false. Fuzzy secara bahasa artinya kabur, tidak jelas, tidak pasti, grey area. Menurut istilah, fuzzy yaitu bentuk representasi pengetahuan yang cocok untuk kondisi yang bersifat humanis yang tidak dapat diselesaikan secara eksak, akan tetapi disesuaikan dengan konteksnya [4][5]. Logika fuzzy umumnya diterapkan pada masalah masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (uncertainty), ketidaktepatan (imprecise), noisy, dan sebagainya. Logika fuzzy menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti. Terdapat beberapa macam Fuzzy, salah satu diantaranya adalah fuzzy Tsukamoto. Metode Tsukamoto atau Fuzzy Inference System Tsukamoto menggambarkan hubungan antara input dan output dari sistem menggunakan satu set aturan fuzzy IF-THEN [6].

Dalam tulisan ini selanjutnya dikemukakan analisis hasil dari penerapan logika fuzzy dalam mendeteksi dini risiko terkena penyakit stroke [7]. Hasil keputusan deteksi dini ini diharapkan dapat menjadi metode alternatif dalam

mendiagnosis risiko terkena penyakit stroke. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis dapat merumuskan masalah yang akan diangkat pada jurnal ini yaitu bagaimana menentukan tingkat resiko penyakit stroke dengan metode Fuzzy Tsukamoto.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem pakar pada penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut: [8][9]

a. Masukan (Input)

Masukan sistem yang dibuat adalah parameter faktor resiko stroke yang terdiri dari tekanan darah, gula darah, merokok, kolesterol, riwayat keluarga dan aktivitas fisik.

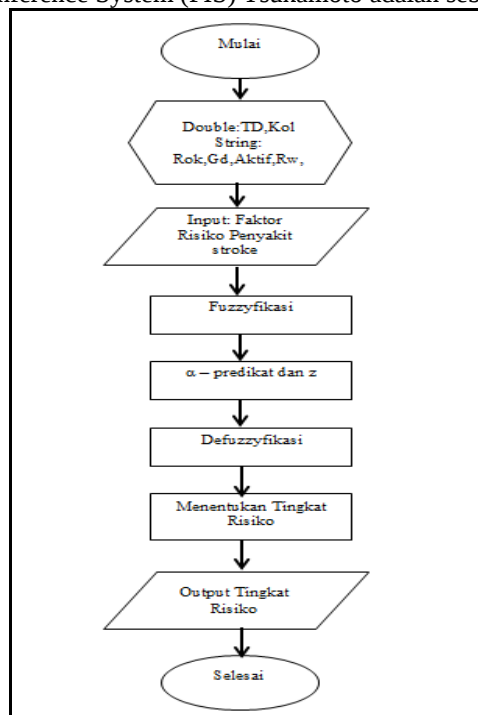
b. Proses

Setelah data faktor resiko dimasukkan, selanjutnya akan diproses ke dalam fuzzy Tsukamoto melalui 4 tahapan yaitu pembentukan himpunan fuzzy, pembentukan aturan (rule), penentuan nilai z untuk tiap aturan dan α predikat tiap aturan serta penentuan nilai Z dengan rata – rata terpusat.

c. Keluaran (Output)

Keluaran dari sistem ini adalah tingkat resiko penyakit stroke yang terdiri dari resiko tinggi, sedang dan rendah.

Gambaran perhitungan Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Perhitungan FIS Tsukamoto

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Kriteria

Data rentang nilai kriteria yang akan dijadikan data prediksi faktor resiko stroke perlu ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan dengan sistem inferensi fuzzy. Berikut ini adalah rentang nilai faktor resiko stroke dari data yang telah dihimpun:

Tabel 1. Range Nilai Kriteria Faktor Resiko Stroke

Kriteria	Faktor Resiko	Range Nilai
K1	Tekanan darah	0 - 100
K2	Gula darah	0 - 100
K3	Riwayat keluarga	0 - 100
K4	Merokok	0 - 100

K5	Kolesterol	0 - 100
K6	Aktivitas fisik	0 - 90

Tabel 2. Nilai Input Kriteria Faktor Resiko Stroke

Kriteria	Faktor Resiko	Nilai Input
K1	Tekanan darah	80
K2	Gula darah	24
K3	Riwayat keluarga	0,62
K4	Merokok	0,49
K5	Kolesterol	260
K6	Aktivitas fisik	0,48

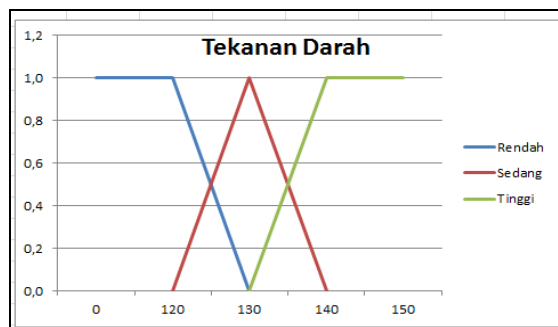
Tabel 3. Nilai Linguistik Kriteria Faktor Resiko Stroke

Kriteria	Faktor Resiko	Nilai Linguistik
K1	Tekanan darah	Sedang
K2	Gula darah	Tinggi
K3	Riwayat keluarga	Tinggi
K4	Merokok	Tinggi
K5	Kolesterol	Rendah
K6	Aktivitas fisik	Sedang

3.2 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah suatu proses perubahan nilai numerik menjadi variabel linguistik yang memiliki nilai linguistik. Nilai linguistik ini nantinya akan digunakan pada proses inferens. Langkah pertama pada fuzzy Tsukamoto yaitu Fuzzyfikasi untuk menghitung derajat keanggotaan masing-masing variabel [10][11].

a. Tekanan Darah



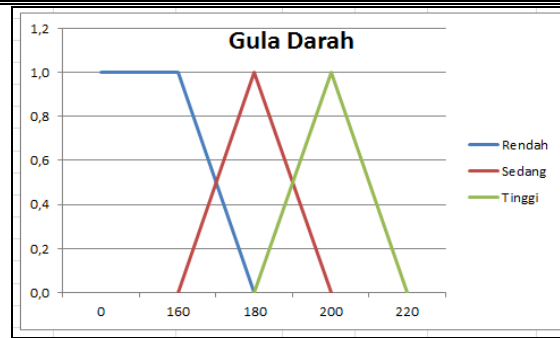
Gambar 2. Kurva Fuzzy Tekanan Darah

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 < x \leq 120 \\ \frac{130 - x}{130 - 120} & ; 120 < x < 130 \\ 0 & ; x \geq 130 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \leq 120 \text{ atau } x \geq 140 \\ \frac{x - 120}{130 - 120} & ; 120 < x \leq 130 \\ \frac{140 - x}{140 - 130} & ; 130 < x \leq 140 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 130 \\ \frac{x - 130}{140 - 130} & ; 130 < x < 140 \\ 1 & ; 140 > x \geq 150 \end{cases}$$

b. Gula Darah

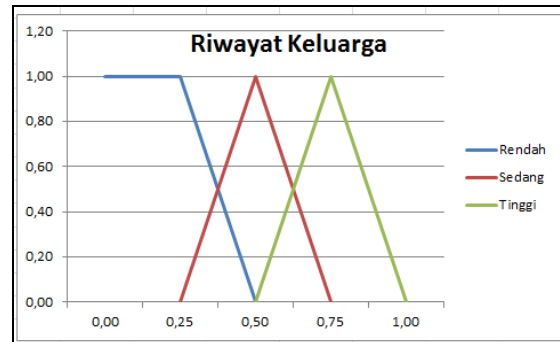


Gambar 3. Kurva Fuzzy Gula Darah

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 < x \leq 160 \\ \frac{180 - x}{180 - 160} & ; 160 < x < 180 \\ 0 & ; x > 180 \end{cases} \quad (x) = \begin{cases} 0 & ; \leq 120 \text{ atau } x \geq 140 \\ \frac{x - 120}{180 - 160} & ; 160 < x \leq 180 \\ \frac{200 - x}{200 - 180} & ; 180 < x \leq 200 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 180 \\ \frac{x - 180}{200 - 180} & ; 180 < x < 200 \\ 1 & ; 200 > x \geq 220 \end{cases}$$

c. Riwayat Keluarga

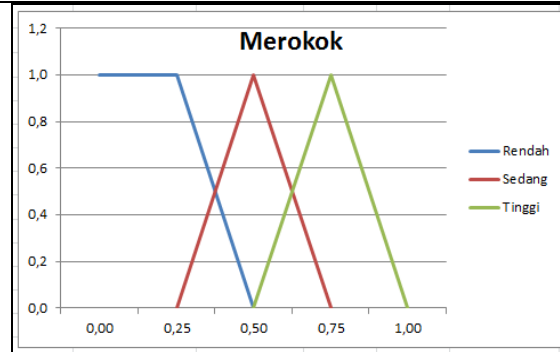


Gambar 4. Kurva Fuzzy Riwayat Keluarga

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 < x \leq 0.25 \\ \frac{0.5 - x}{0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \\ 0 & ; x > 0.5 \end{cases} \quad \mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \leq 0.25 \text{ atau } x \geq 0.75 \\ \frac{x - 0.25}{0.5 - 0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \\ \frac{0.75 - x}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x \leq 0.75 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0.5 \text{ atau } x \geq 1 \\ \frac{x - 0.5}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x < 0.75 \\ \frac{1 - x}{1 - 0.75} & ; 0.75 < x \leq 1 \end{cases}$$

d. Merokok



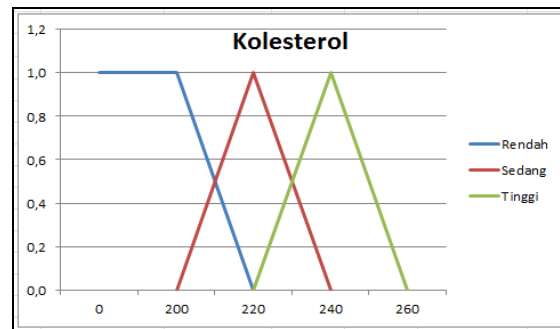
Gambar 5. Kurva Fuzzy Merokok

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 < x \leq 0.25 \\ \frac{0.5 - x}{0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \\ 0 & ; x > 0.5 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \leq 0.25 \text{ atau } x \geq 0.75 \\ \frac{x - 0.25}{0.5 - 0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \\ \frac{0.75 - x}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x \leq 0.75 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0.5 \text{ atau } x \geq 1 \\ \frac{x - 0.5}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x < 0.75 \\ \frac{1 - x}{1 - 0.75} & ; 0.75 < x \leq 1 \end{cases}$$

e. Kolesterol



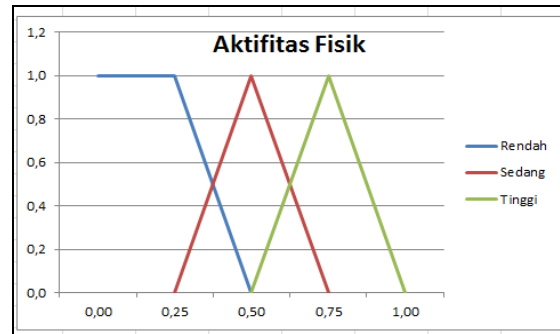
Gambar 6 Kurva Fuzzy Kolesterol

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 < x \leq 200 \\ \frac{220 - x}{220 - 200} & ; 200 < x < 220 \\ 0 & ; x \geq 220 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \leq 200 \text{ atau } x \geq 240 \\ \frac{x - 200}{220 - 200} & ; 200 < x \leq 220 \\ \frac{240 - x}{240 - 220} & ; 220 < x \leq 240 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 220 \\ \frac{x - 220}{240 - 220} & ; 220 < x < 240 \\ 1 & ; x > 240 \end{cases}$$

f. Aktivitas Fisik



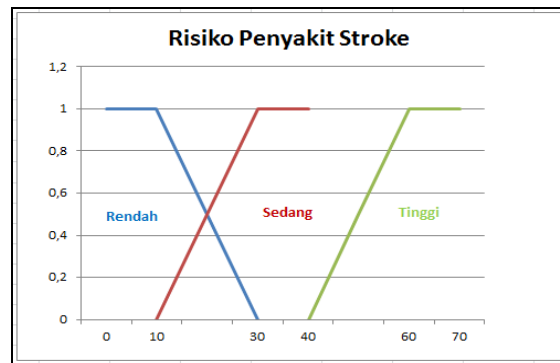
Gambar 7. Kurva Fuzzy Aktivitas Fisik

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 < x \leq 0.25 \\ \frac{0.5 - x}{0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \\ 0 & ; x > 0.5 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \leq 0.25 \text{ atau } x \geq 0.75 \\ \frac{x - 0.25}{0.5 - 0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \\ \frac{0.75 - x}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x \leq 0.75 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0.5 \text{ atau } x \geq 1 \\ \frac{x - 0.5}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x < 0.75 \\ \frac{1 - x}{1 - 0.75} & ; 0.75 < x \leq 1 \end{cases}$$

g. Resiko Penyakit Stroke



Gambar 8. Kurva Penyakit Stroke

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 0.5 \\ \frac{x - 0}{0.25 - 0} & ; 0 < x \leq 0.25 \\ \frac{0.5 - x}{0.5 - 0.25} & ; 0.25 < x \leq 0.5 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0.2 \text{ atau } x \geq 0.8 \\ \frac{x - 0.2}{0.5 - 0.2} & ; 0.2 < x \leq 0.5 \\ \frac{0.8 - x}{0.8 - 0.5} & ; 0.5 < x \leq 0.8 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0.5 \text{ atau } x \geq 1 \\ \frac{x - 0.5}{0.75 - 0.5} & ; 0.5 < x < 0.75 \\ \frac{1 - x}{1 - 0.75} & ; 0.75 < x \leq 1 \end{cases}$$

3.3 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi metode fuzzy Tsukamoto membentuk sebuah basis aturan dalam bentuk “sebab-akibat” atau “if-then”. Langkah pertama adalah membuat suatu aturan atau rule fuzzy. Langkah selanjutnya, dihitung derajat keanggotaan sesuai dengan aturan yang telah dibuat. Setelah diketahui nilai derajat keanggotaan dari masing-masing aturan fuzzy, dapat ditentukan nilai alpha predikat dengan cara menggunakan operasi himpunan fuzzy [12][13]. Berikut ini adalah Gambar 9 yaitu rule based atau aturan yang dipakai :

Rule	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Keputusan
1	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi
2	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi	Sedang
3	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang
4	Rendah	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
5	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi
6	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi
7	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi
8	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi
9	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi
10	Rendah	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi	Sedang
11	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Rendah
12	Tinggi	Rendah	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang
13	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah
14	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang
15	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
16	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah	Tinggi	Rendah	Sedang
17	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang
18	Rendah	Tinggi	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang
19	Rendah	Rendah	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang	Rendah
20	Sedang	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang
21	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
22	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
23	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
24	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah
25	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah

Gambar 9. Basis Aturan

RULE	K1	K2	K3	K4	K5	K6	α-predikat	z	α-predikat * z
1	1,00	1,00	0,04	0,12	0,25	0,20	0,04	40,80	1,63
2	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,80	0,00	10,00	0,00
3	0,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,20	0,00	10,00	0,00
4	1,00	0,00	0,96	0,00	0,75	0,80	0,00	40,00	0,00
5	0,00	0,00	0,04	0,12	0,75	0,20	0,00	40,00	0,00
6	0,00	0,00	0,04	0,12	0,75	0,20	0,00	40,00	0,00
7	0,00	0,00	0,04	0,12	0,25	0,20	0,00	40,00	0,00
8	0,00	0,00	0,04	0,12	0,75	0,20	0,00	40,00	0,00
9	0,00	0,00	0,96	0,12	0,75	0,80	0,00	40,00	0,00
10	1,00	1,00	0,96	0,12	0,00	0,80	0,00	10,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,12	0,75	0,00	0,00	30,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,88	0,75	0,00	0,00	30,00	0,00
14	1,00	1,00	0,00	0,88	0,25	0,00	0,00	10,00	0,00
15	1,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
16	1,00	1,00	0,00	0,88	0,75	0,00	0,00	10,00	0,00
17	1,00	1,00	0,00	0,88	0,25	0,00	0,00	10,00	0,00
18	1,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,20	0,00	10,00	0,00
19	1,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,20	0,00	30,00	0,00
20	0,00	0,00	0,96	0,12	0,25	0,80	0,00	10,00	0,00
21	1,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
22	1,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
23	0,00	1,00	0,04	0,12	0,25	0,20	0,00	10,00	0,00
24	1,00	0,00	0,00	0,88	0,25	0,00	0,00	30,00	0,00
25	1,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00
						Σ α-p	0,04	Σ z	1,63

Gambar 10. Penghitungan Inferensi Fuzzy Tsukamoto

3.4 Defuzzifikasi

Langkah terakhir adalah proses defuzzifikasi dimana mencari nilai output berupa nilai crisp (z). Metode yang digunakan dalam proses ini adalah metode *Center Average Defuzzyfier*. Metode ini dijelaskan dalam Persamaan 1 [14][15].

$$Z = \frac{\sum(\alpha_{p_i} * z_i)}{\sum \alpha_{p_i}} \quad (1)$$

Keterangan:

Z = defuzzifikasi rata-rata terpusat

α_p = nilai alpha predikat (nilai minimal dari derajat keanggotaan)

Z_i = nilai *crisp* yang didapat dari hasil inferensi

I = jumlah aturan *fuzzy*

Berikut adalah proses perhitung defuzzifikasi menggunakan metode *Center Average Defuzzyfier*.

$$Z = \frac{\sum(\alpha_{p_i} * z_i)}{\sum \alpha_{p_i}} = \frac{1.63}{0.4} = 4.075$$

Sehingga, faktor resiko penyakit stroke dengan data di atas adalah 4,075.

3.5 Hasil Akhir

Berikut ini adalah Tabel.6 merupakan hasil perbandingan dari data hasil pakar dan data hasil fuzzy:

Tabel 6. Hasil Perbandingan Data Pakar dan Fuzzy

Kasus	Hasil Pakar	Hasil Fuzzy	Tingkat Kesamaan
1	Tinggi	Tinggi	40,80
2	Sedang	Sedang	30,00
3	Sedang	Rendah	12,40
4	Tinggi	Rendah	0,00
5	Tinggi	Tinggi	41,60
6	Tinggi	Tinggi	41,60
7	Tinggi	Tinggi	41,44
8	Tinggi	Rendah	11,60
9	Tinggi	Tinggi	41,60
10	Sedang	Rendah	0,00
11	Rendah	Rendah	12,40
12	Sedang	Rendah	0,00
13	Rendah	Rendah	10,00
14	Sedang	Sedang	20,00
15	Rendah	Sedang	19,14
16	Sedang	Rendah	0,00
17	Sedang	Sedang	20,00
18	Sedang	Sedang	20,00
19	Rendah	Sedang	18,00
20	Sedang	Rendah	0,00
21	Rendah	Rendah	0,00
22	Rendah	Rendah	0,00
23	Sedang	Rendah	0,00
24	Rendah	Rendah	10,00
25	Rendah	Rendah	0,00
Jumlah		390,58	15,00

Keterangan: Error rate

(Kalau hasil fuzzy, sama dengan hasil pakar, nilainya 1, kalau salah nilainya 0)

Akurasi Sistem Menggunakan Skenario Domain Pakar

Untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil prediksi, dilakukan penghitungan akurasi sistem menggunakan akurasi skenario domain pakar yaitu pengujian yang dilakukan dengan menggunakan semesta pembicara yang diberi oleh pakar.

Nilai Akurasi Skenario Domain Pakar

$$NASDP = \frac{\sum \text{kasus} - \sum \text{ketidaksamaan}}{\sum \text{kasus}} \quad (2) \quad NASDP = \frac{30 - 5}{30} = 0,60$$

Maka akurasi sistem dari hasil di atas adalah:

Tabel 6. Hasil Akurasi Sistem

Jumlah Kesamaan	Jumlah Ketidaksamaan	Jumlah Kasus	Tingkat Akurasi
15,00	5	25	0,60

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan implementasi serta hasil pengujian dari Sistem Pakar Fuzzy Tsukamoto untuk penyakit stroke, maka didapatkan kesimpulan yaitu proses deteksi penyakit stroke dilakukan dengan cara menginputkan faktor resiko yang dimiliki pasien. Selanjutnya dari faktor resiko akan dilakukan perhitungan dengan metode FIS Tsukamoto yang digunakan untuk memperoleh nilai defuzzyfikasi paling tinggi. Nilai defuzzyfikasi yang paling tinggi akan diambil sebagai hasil deteksi penyakit stroke. Berdasarkan pengujian akurasi sistem menggunakan akurasi skenario domain pakar didapatkan bahwa dalam pembentukan domain seharusnya dapat memperhatikan data faktor resiko dan skor faktor resiko agar tidak keluar dari domain. Dalam sistem ini masih memiliki beberapa kekurangan sehingga untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan jumlah data dan mengkombinasikan metode fuzzy dengan metode lain serta meningkatkan tingkat akurasi melalui variasi beberapa pengujian.

REFERENCES

- [1] V. Azzahra and S. Ronoatmodjo, "Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Stroke pada Penduduk Usia ≥ 15 Tahun di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Analisis Data Riskesdas 2018)," *J. Epidemiol. Kesehat. Indones.*, vol. 6, no. 2, 2023, doi: 10.7454/epidkes.v6i2.6508.
- [2] D. Darmawati, "Proses Pendiagnosaan Penyakit Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Metode Mamdani," *Saintifik*, vol. 3, no. 2, pp. 161–170, 2017, doi: 10.31605/saintifik.v3i2.156.
- [3] A. Enggarela, H. Muhartomo, and E. Setiawati, "Perbedaan Keluaran Motorik Pada Pasien Stroke Iskemik Pada Saat Serangan Tertidur Dan Terjaga," *Diponegoro Med. J. (Jurnal Kedokt. Diponegoro)*, vol. 7, no. 1, pp. 62–73, 2018.
- [4] A. . Rindengan and A. . L. Yohanes, *Sistem Fuzzy*. Bandung: CV. Patra Media Grafindo, 2019.
- [5] S. Ahmedov and A. Amirjanov, "Genetic-fuzzy logic model for a non-invasive measurement of a stroke volume," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 203, p. 106046, 2021, doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106046.
- [6] A. P. Jacquin and A. Y. Shamseldin, "Development of rainfall-runoff models using Takagi-Sugeno fuzzy inference systems," *J. Hydrol.*, vol. 329, no. 1–2, pp. 154–173, 2006, doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.02.009.
- [7] A. A. Soebroto, M. T. Furqon, E. A. S. Marhendraputro, and W. Ziaulhaq, "Sistem Pendukung Keputusan Penyakit Stroke menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto dengan Basis Pengetahuan Framingham Risk Score," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 214, 2022, doi: 10.26418/jp.v8i2.56362.
- [8] V. Adelina, D. E. Ratnawati, and M. A. Fauzi, "Klasifikasi Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode GA-Fuzzy Klasifikasi Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode GA- Fuzzy Tsukamoto," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. September, pp. 3015–3021, 2018.
- [9] I. Anggraeni and Y. Yanti, "Sistem Pemantauan Pertumbuhan Batita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *Komputasi J. Ilm. Ilmu Komput. dan Mat.*, vol. 17, no. 1, pp. 346–353, 2020, doi: 10.33751/komputasi.v17i1.1749.
- [10] A. Adeli and M. Neshat, "A Fuzzy Expert System for heart disease diagnosis," *Proc. Int. MultiConference Eng. Comput. Sci. 2010, IMECS 2010*, no. June, pp. 134–139, 2010.
- [11] Y. L. Xie, D. X. Xia, L. Ji, and G. H. Huang, "An inexact stochastic-fuzzy optimization model for agricultural water allocation and land resources utilization management under considering effective rainfall," *Ecol. Indic.*, vol. 92, no. August, pp. 301–311, 2018, doi: 10.1016/j.ecolind.2017.09.026.
- [12] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. 2018.
- [13] Sylfanie Sekar Mayang and Ade Eviyanti, "Expert System for Diagnosing Early Symptoms of Stroke Using the Fuzzy Mamdani Method," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i2.969.
- [14] B. A. Restuputri, W. F. Mahmudy, and I. Cholissodin, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Dua Tahap Menggunakan Algoritma Genetika Pada Pemilihan Calon Penerima Beasiswa dan BBP-PPA (Studi Kasus : PTIIK Universitas Brawijaya Malang)," no. 15, pp. 1–10, 2015.
- [15] A. D. Puspitaningrum and A. S. Purnomo, "Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Tingkat Risiko Penyakit Jantung Menggunakan Fuzzy Inferensi (Sugeno)," *Pros. Semin. Nas. Multimed. Artif. Intell. 2018*, vol. 2, no. November, pp. 1–11, 2018.