

Diagnosa Resiko Penyakit Jantung Menggunakan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto

¹ Ummi Athiyah*, ²Felia Citra Dwiyani Putri Rosyadi*, ³Reno Agil Saputra*,
⁴Hafidz Daffa Hekmatyar*, ⁵Tufail Akhmad Satrio*, ⁶Adam Ikbal Perdana

¹Prodi Sains Data, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
^{2,3,4,5,6}Prodi Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

[*Ummi@ittelkom-pwt.ac.id](mailto:Ummi@ittelkom-pwt.ac.id), [*17102128@ittelkom-pwt.ac.id](mailto:17102128@ittelkom-pwt.ac.id), 17102090@ittelkom-pwt.ac.id, 17102057@ittelkom-pwt.ac.id, 17102071@ittelkom-pwt.ac.id, 17102001@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Jantung merupakan salah satu organ tubuh yang sangat vital dan sangat penting perannya bagi manusia. Oleh sebab itu, sangat penting untuk memerhatikan resiko penyakit jantung sejak dini. Penyakit ini bisa dideteksi lebih awal dengan pemeriksaan secara rutin. Berdasarkan data WHO (2011) bahwa penyakit jantung merupakan penyebab kematian nomor satu didunia dan sedikitnya 17,5 juta atau setaradengan 30 % kematian di seluruh duniadisebabkan oleh penyakit jantung. Dari permasalahan tersebut peneliti membuat sebuah sistem pakar dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk mendiagnosa resiko penyakit jantung. Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat membantu mempermudah masyarakat umum untuk melakukan pemeriksaan tingkat resiko penyakit jantung. Input dari sistem adalah gula darah, kolesterol, tekanan darah serta *body mass index* (BMI) sedangkan outputnya berupa ringkat resiko penyakit jantung dengan 3 kategori yaitu kecil, sedang, dann besar. Tahapan metode fuzzy tsukamoto diantaranya yaitu fuzzyfikasi, pembentukan rules IF-THEN, mesin inferensi dan terakhir defuzzyfikasi. Dari penerapan fuzzy Tsukamoto tersebut menghasilkan sistem pakar yang dapat mendiagnosa penyakit jantung dengan tiga kegori resiko dan berdasarkan dari 30 data uji dihasilkan nilai akurasi 83 persen berdasarkan perbandingan hasil sistem dengan hasil pakar.

Kata Kunci: Penyakit jantung, Sistem Pakar, Fuzzy Tsukamoto.

Abstract

The heart is one of the most vital organs in the body and its a very important role for humans. Therefore, it is very important to pay attention to the risk of heart disease from an early age. This disease can be detected early with routine examinations. Based on WHO data (2011), heart disease is the number one cause of death in the world and at least 17.5 million or the equivalent of 30% of deaths worldwide are caused by heart disease. From these problems, the researchers created an expert system using the Fuzzy Tsukamoto method to diagnose the risk of heart disease. The benefit of this research is that it can help make it easier for the general public to check the level of risk for heart disease. The input from the system is blood sugar, cholesterol, blood pressure, and body mass index (BMI), while the output is a risk rating for heart disease with 3 categories, namely small, medium, and large. The stages of the fuzzy method Tsukamoto include fuzzification, formation of IF-THEN rules, inference engine, and finally defuzzification. From the application of the fuzzy Tsukamoto produces an expert system that can diagnose heart disease with three risk categories and based on 30 test data, an accuracy value of 83 percent is generated based on a comparison of the system results with expert results.

Keywords: Heart disease, Expert System, Fuzzy Tsukamoto.

1. PENDAHULUAN

Jantung merupakan salah satu organ tubuh yang sangat vital dan sangat penting perannya bagi manusia. Fungsi utama jantung adalah untuk memompa darah ke seluruh tubuh dan menampungnya Kembali setelah dibersihkan oleh organ paru-paru (Riyanto, 2016).

Penyakit jantung sering disebut “*silent killer*” (pembunuh tak bersuara) karena dalam banyak kasus, seseorang tidak menyadari memiliki penyakit ini hingga mereka menunjukkan tanda-tanda serangan jantung atau gagal jantung. Oleh sebab itu, sangat penting untuk memerhatikan resiko penyakit jantung

sejak dini. Penyakit ini bisa dideteksi lebih awal dengan pemeriksaan secara rutin (Puji, 2020).

Berdasarkan data WHO (2011) bahwa penyakit jantung merupakan penyebab kematian nomor satu didunia dan sedikitnya 17,5 juta atau setaradengan 30% kematian di seluruh duniadisebabkan oleh penyakit jantung. Oleh karena itu, perlunyaantisipasi terhadap resiko penyakit jantung yang dapat dideteksi dengan melakukan pemeriksaan terhadap faktor-faktor resiko penyakit tersebut, diantaranya: gula darah, kolesterol, tekanan darah, serta *body mass index* (BMI), kemudian dikonsultasikan kepada seorang pakar atau dokter ahli. Namun

dikarenakan keterbatasan akses dan waktu untuk konsultasi dengan dokter ahli, dan harus menunggu waktu yang relatif lama untuk mengetahui hasil pemeriksaan tersebut. Dengan demikian tentu sangat diperlukan media untuk dapat membantu mendeteksi resiko penyakit jantung yang lebih cepat dan mudah (Safrul dkk. 2018).

Tahapan penelitian ini adalah mencari sebuah permasalahan yang bisa dijadikan sebuah penelitian yang dapat membantu masyarakat dengan membuat sistem berbasis fuzzy. Setelah mencari permasalahan yang dapat di selesaikan dengan metode fuzzy, langkah selanjutnya adalah studi pustaka, dari studi pustaka tersebut peneliti memilih metode fuzzy tsukamoto untuk diagnosa resiko penyakit jantung karena memiliki akurasi yang cukup besar yaitu 83%.

Berdasarkan latar belakang, maka peneliti mengambil judul “Impelementasi Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Untuk Mendiagnosis Resiko Penyakit Jantung”. Harapannya penelitian ini dapat membantu mempermudah masyarakat umum untuk melakukan pemeriksaan tingkat resiko penyakit jantung. Selain itu diharapkan juga dapat membantu asisten dokter dalam menangani pasien untuk mendapatkan informasi tingkat resiko penyakit jantung secara cepat dan mudah. Didalam sistem pakar ini hasil yang diperoleh yaitu resiko penyakit jantung apakah memiliki resiko kecil, resiko sedang maupun resiko besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengumpulan referensi dan teori-teori yang relevan yang berkaitan dengan logika fuzzy metode Tsukamoto dan juga Analisa kebutuhan data untuk perangkat lunak sistem pakar untuk mendiagnosis resiko penyakit jantung.

2.1. Logika Fuzzy Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto, setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk menentukan nilai output crisp/hasil yang tegas (Z) dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Cara ini disebut dengan metode defuzzifikasi (penegasan) (Sitimaesaroh, 2016). Untuk mendapatkan output dalam fuzzy tsukamoto diperlukan 4 tahapan yaitu:

- 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.
- Pembentukan Rules IF-THEN

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

- Mesin Inferensi
Proses untuk mengubah masukan fuzzy menjadi keluaran fuzzy dengan cara fuzzifikasi tiap Rule (IF-THEN Rules) yang telah ditetapkan. Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai alpha-predikat tiaptiap Rule. Kemudian masing-masing nilai alpha-predikat digunakan untuk menghitung output masing-masing Rule (nilai z).
- 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* (Falatehan, dkk. 2018).

2.2. Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan penelitian berjudul “Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Dengan Fuzzy Inferensi (Mamdani)” dari Dany Suktiawan Irman Fiano dan Agus Sidiq Purnomo, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Mercu Buana Yogyakarta menjelaskan bahwa analisa kebutuhan perangkat lunak untuk sistem pakar terdiri dari :

- Analisa kebutuhan masukan
Analisa kebutuhan masukan merupakan masukan yang diberikan dari dokter ahli mengenai data yang dijadikan sebagai dasar acuan untuk mendeteksi tingkat resiko penyakit jantung yang kemudian disesuaikan dalam aturan penentuan fuzzy.
- Analisa kebutuhan proses
Analisa kebutuhan proses merupakan proses penalaran untuk mendeteksi tingkat resiko penyakit jantung pada pengguna berdasarkan data pokok yang dimasukan oleh pengguna dengan menggunakan metode fuzzy.
Dengan sistem ini akan memberikan hasil deteksi tingkat resiko penyakit jantung berdasarkan masukan beberapa data faktor resiko yaitu tekanan darah, gula darah, kolesterol, *body mass index* (BMI) dan riwayat penyakit jantung keluarga.
- Analisa kebutuhan keluaran
Analisa kebutuhan keluaran merupakan hasil perhitungan data pokok yang telah dilakukan perhitungan menggunakan metode fuzzy dan keterangan pendeteksian tingkat resiko penyakit jantung yang meliputi Tingkat Resiko Kecil, Tingkat Resiko Sedang dan Tingkat Resiko Besar (Fiano, dkk.2017).

2.3. Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan sebuah metode yang umumnya digunakan untuk

perhitungan akurasi, *recall*, *precision*, dan *error rate*. Dimana, *precision* menemukan kemampuan untuk menentukan peringkat yang paling relevan, dan didefinisikan sebagai persentase dokumen yang diambil yang benar-benar relevan dengan kueri. *Recall* mengevaluasi kemampuan sistem untuk menemukan semua item yang relevan dari koleksi dokumen dan didefinisikan sebagai presentase dokumen yang relevan terhadap kueri. *Accuracy* merupakan perbandingan kasus yang diidentifikasi benar dengan jumlah seluruh kasus dan *error rate* merupakan kasus yang diidentifikasi salah dengan jumlah seluruh kasus (Arini, dkk. 2020).

Dalam penelitian ini menggunakan *Recall* dan *precision*. *Recall* menyatakan perbandingan jumlah true positive terhadap penjumlahan antara true positive dan false negative. Sedangkan *precision* menyatakan perbandingan perbandingan jumlah true positive terhadap penjumlahan antara true positive dan false positive (Agung, dkk. 2016)

Penghitungan recall dan precision serta akurasi dalam penelitian ini terbentuk dari tiga elemen yaitu berdasarkan dari output tingkat resiko dengan kategori kecil, sedang, dan besar dimana ketiganya digunakan untuk membentuk confusion matrix. Penghitungan recall dan precision serta akurasi dari confusion matrix yang terdiri dari tiga elemen disajikan pada tabel 2.1. [Arini, dkk.2020] :

TABLE I. MULTI CLASS CONFUSION MATRIX

		PREDIKSI			
		POSITIF	NEGATIF	NETRAL	
AKTUAL	POSITIF	TPos	FPosNeg	FPosNet	
	NEGATIF	FNegPos	TNeg	FNegNet	
	NETRAL	FNetpos	FNetNeg	TNet	

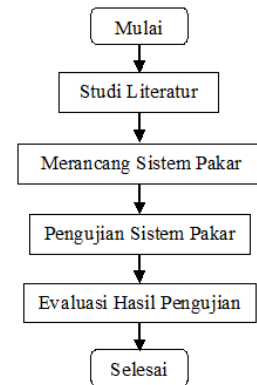
Berdasarkan tabel 2.1 dapat dihitung untuk mencari nilai akurasi adalah dengan rumus:

$$Akurasi = \frac{Tpost + Tneg + Tnet}{\sum Data}$$

3. METODE

3.1. Tahapan Penelitian

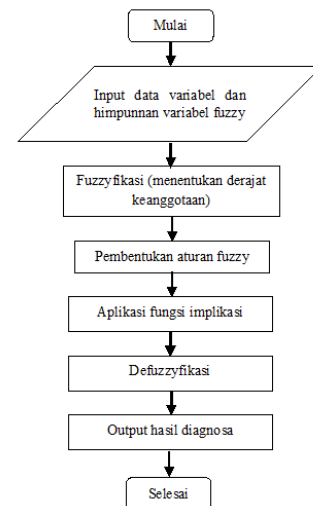
Pada penelitian ini, peneliti membagi menjadi empat tahapan dimana dalam pengerjaan penelitian ini dapat digambarkan pada *flowchart* dibawah ini:



Gambar 3.1. Alur Penelitian

3.2. Merancang Sistem Pakar

Dalam perancangan sistem pakar pada penelitian ini, sistem berjalan sesuai dengan logika fuzzy metode tsukamoto yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.2. Alur Sistem Pakar

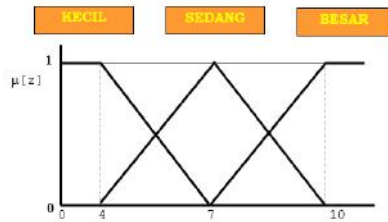
Data yang diperlukan untuk sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit jantung berdasarkan logika fuzzy metode Tsukamoto diantaranya :

- a. Variable masukan
Variable masukan untuk logika fuzzy berdasarkan factor-faktor resiko penyakit jantung diantaranya yaitu : tekanan darah, gula darah, kolesterol, *body mass index* (BMI) dan riwayat penyakit jantung keluarga.
- b. Variable keluaran
Variable keluaran inilah yang nantinya akan dijadikan diagnosis berdasarkan variable masukan, adapun variable keluaran batasan nilainya diantaranya :

TABLE II. VARIABEL KELUARAN

No	Tingkat Resiko	Nilai
1.	Kecil	0 – 0,4
2.	Sedang	0,5 – 0,9
3.	Besar	≥1

Apabila digambarkan dengan fungsi keanggotaan maka :



Gambar 3.3. Fuzzy Logic Resiko Penyakit Jantung

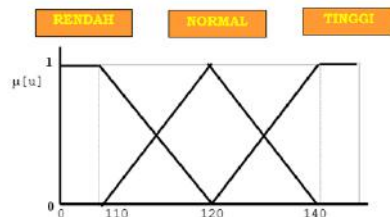
$$\mu_{Kecil}[z] = \begin{cases} 1; & z < 4 \\ (7-z)/(7-4); & 4 \leq z \leq 7 \\ 0; & z > 7 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}[z] = \begin{cases} 0; & z < 4 \text{ Atau } z > 10 \\ (z-4)/(7-4); & 4 \leq z \leq 7 \\ (10-z)/(10-7); & 7 \leq z \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{Besar}[z] = \begin{cases} 0; & z < 7 \\ (z-7)/(10-7); & 7 \leq z \leq 10 \\ 1; & z > 10 \end{cases}$$

- c. Menentukan Rules
Berdasarkan variable masukan dan varibel keluaran, diperoleh rule sebanyak 162 yang merupakan semua kemungkinan akan terjadi, adapun rule terlampir di lapiran.
- d. Fungsi keanggotaan
Fungsi keanggotaan terdiri dari range atau Batasan dari setiap variable masukan

1) Tekanan darah



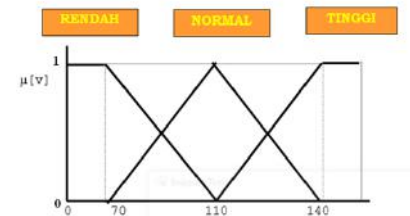
Gambar 3.4. Fuzzy Logic Tekanan Darah

$$\mu_{Rendah}[u] = \begin{cases} 1; & u < 110 \\ (120-u)/(120-110); & 110 \leq u \leq 120 \\ 0; & u > 120 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[u] = \begin{cases} 0; & u < 110 \text{ Atau } u > 140 \\ (u-110)/(120-110); & 110 \leq u \leq 120 \\ (140-u)/(140-120); & 120 \leq u \leq 140 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}[u] = \begin{cases} 0; & u < 120 \\ (u-120)/(140-120); & 120 \leq u \leq 140 \\ 1; & u > 140 \end{cases}$$

2) Golongan darah



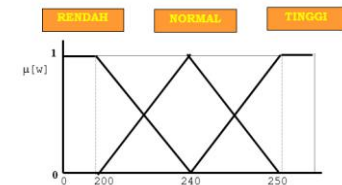
Gambar 3.5. Fuzzy Logic Golongan Darah

$$\mu_{Rendah}[v] = \begin{cases} 1; & v < 70 \\ (110-v)/(110-70); & 70 \leq v \leq 110 \\ 0; & v > 110 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[v] = \begin{cases} 0; & v < 70 \text{ Atau } v > 140 \\ (v-70)/(110-70); & 70 \leq v \leq 110 \\ (140-v)/(140-110); & 110 \leq v \leq 140 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}[v] = \begin{cases} 0; & v < 110 \\ (v-110)/(140-110); & 110 \leq v \leq 140 \\ 1; & v > 140 \end{cases}$$

3) Kolesterol



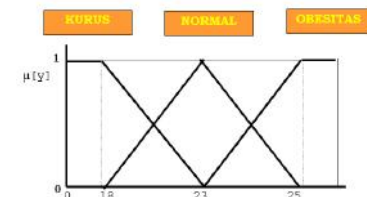
Gambar 3.6. Fuzzy Logic Kolesterol

$$\mu_{Rendah}[w] = \begin{cases} 1; & w < 200 \\ (240-w)/(240-200); & 200 \leq w \leq 240 \\ 0; & w > 240 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[w] = \begin{cases} 0; & w < 200 \text{ Atau } w > 250 \\ (w-200)/(240-200); & 200 \leq w \leq 240 \\ (250-w)/(250-240); & 240 \leq w \leq 250 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}[w] = \begin{cases} 0; & w < 240 \\ (w-240)/(250-240); & 240 \leq w \leq 250 \\ 1; & w > 250 \end{cases}$$

4) BMI



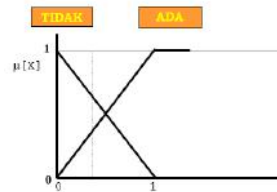
Gambar 3.7. Fuzzy Logic Body Mass Index

$$\mu_{Kurus}[y] = \begin{cases} 1; & y < 18 \\ (23-y)/(23-18); & 18 \leq y \leq 23 \\ 0; & y > 23 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[y] = \begin{cases} 0; & y < 18 \text{ Atau } y > 25 \text{ atau yang disebut dengan } \textit{multi class confusion matrix.} \\ (y-18)/(23-18); & 18 \leq y \leq 23 \\ (25-y)/(25-23); & 23 \leq y \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{Obesitas}[y] = \begin{cases} 0; & y < 23 \\ (y-23)/(25-23); & 23 \leq y \leq 25 \\ 1; & y > 25 \end{cases}$$

5) Riwayat penyakit jantung



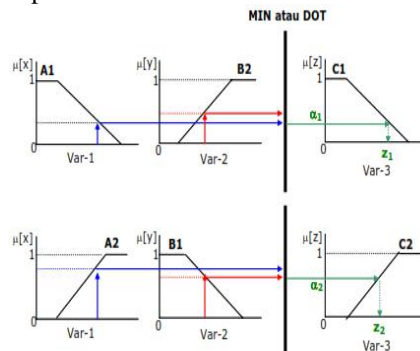
Gambar 3.8. Fuzzy Logic Riwayat Penyakit Jantung

$$\mu_{Ada}[x] = \begin{cases} 0; & x < 1 \\ 1; & x = 1 \end{cases}$$

$$\mu_{Tidak}[x] = \begin{cases} 0; & x > 0 \\ 1; & x = 0 \end{cases}$$

e. Aplikasi fungsi implikasi

Untuk memperoleh nilai α predikat dan z dari tiap aturannya adapun metode fuzzy tsukamoto menggunakan fungsi implikasi MIN (Suardika, dkk., 2018). Adapun gambaran secara umum seperti dibawah ini:



Gambar 3.9. Fungsi Impliksi Min (Kusumadewi, 2004)

f. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi metode tsukamoto menggunakan metode rata-rata (average) (Irfan, dkk., 2018). dengan rumus seperti berikut :

$$z = \frac{\sum \alpha_1 z_1}{\sum \alpha_1}$$

3.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk mendiagnosa resiko penyakit jantung, data yang digunakan dalam proses pengujian sistem sebanyak 30 data Uji. Proses perhitungan akurasi, recall dan precision menggunakan confusion matrix yang terdiri dari tiga elemen,

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan logika fuzzy metode tsukamoto

Diketahui terdapat seorang pasien yang hendak mengetahui seberapa besar resiko penyakit jantung yang ada pada dirinya, adapun data yang diperoleh yaitu tekanan darah 128 mmHg, gula darah 105 mmHg, Kolesterol 220 mg/dl, Boddy Mass Index (BMI) sebsar 26, dan terdapat riwayat keluarga

a) Mencari kategori berdasarkan grafik keanggotaan dan perhitungannya.

- Tekanan darah 128 mmHg berada pada kategori Normal dan Tinggi, sehingga perhitungan fuzzifikasinya :

$$\mu_{Normal} \Rightarrow 120 < 128 < 140$$

$$\frac{140 - 128}{140 - 120} = 0,6$$

$$\mu_{Tinggi} \Rightarrow 120 < 128 < 140$$

$$\frac{120 - 120}{140 - 120} = 0,4$$

- Gula darah 105 mmHg berada pada kategori Rendah dan Normal, sehingga perhitungan fuzzifikasinya :

$$\mu_{Rendah} \Rightarrow 70 < 105 < 110$$

$$\frac{105 - 70}{110 - 70} = 0,875$$

$$\mu_{Normal} \Rightarrow 70 < 105 < 110$$

$$\frac{110 - 105}{110 - 70} = 0,125$$

- Kolesterol 220 mg/dl berada pada kategori Rendah dan Normal, sehingga perhitungan fuzzifikasinya :

$$\mu_{Rendah} \Rightarrow 200 < 220 < 240$$

$$\frac{220 - 200}{240 - 200} = 0,5$$

$$\mu_{Normal} \Rightarrow 200 < 220 < 240$$

$$\frac{240 - 220}{240 - 200} = 0,5$$

- Body Mass Index (BMI) 26 berada pada kategori Obesitas, sehingga perhitungan fuzzifikasinya :

$$\mu_{Rendah} \Rightarrow 26 > 25$$

Sehingga bernilai 1

- Riwayat keluarga Ada berada pada kategori ada, sehingga diperoleh

$$\mu_{Ada} = 1$$

Dari hasil perhitungan fuzzifikasi di atas maka diperoleh delapan jumlah data yaitu:

- 1) Tekanan darah Normal = 0,6
- 2) Tekanan darah Tinggi = 0,4
- 3) Golongan darah Normal = 0,875

- 4) Golongan darah Rendah = 0,125
- 5) Kolesterol Normal = 0,5
- 6) Kolesterol Rendah = 0,5
- 7) Riwayat keluarga Ada = 1
- 8) BMI Obesitas = 1

b) Aplikasi fungsi implikasi

Dari data hasil perhitungan fuzzifikasi yang telah diperoleh diatas, dapat disimpulkan rule yang memenuhi data tersebut yaitu:

[R59] IF Tekdar NORMAL AND Guldar RENDAH AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

[R65] IF Tekdar NORMAL AND Guldar RENDAH AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

[R77] IF Tekdar NORMAL AND Guldar NORMAL AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

[R83] IF Tekdar NORMAL AND Guldar NORMAL AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

[R113] IF Tekdar TINGGI AND Guldar RENDAH AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN BESAR

[R119] IF Tekdar TINGGI AND Guldar RENDAH AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN BESAR

[R131] IF Tekdar TINGGI AND Guldar NORMAL AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN BESAR

[R137] IF Tekdar TINGGI AND Guldar NORMAL AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN BESAR

Kemudian untuk memperoleh nilai α -predikat dari tiap aturan sebagai berikut:

• **[R59]** IF Tekdar NORMAL AND Guldar RENDAH AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(59) &= \mu_{\text{Tekdar NORMAL}} \\ &\cap \mu_{\text{Guldar RENDAH}} \\ &\cap \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}} \\ &\cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \\ &\cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar NORMAL}}(128), \mu_{\text{Guldar RENDAH}}(105), \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \end{aligned}$$

$$= \min(0,6 ; 0,125 ; 0,5 ; 1 ; 1) = 0,125$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung SEDANG

$$\frac{z-4}{7-4} = 0,125$$

$$z(59) = 4,375$$

• **[R65]** IF Tekdar NORMAL AND Guldar RENDAH AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(65) &= \mu_{\text{Tekdar NORMAL}} \\ &\cap \mu_{\text{Guldar RENDAH}} \\ &\cap \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}} \\ &\cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \\ &\cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar NORMAL}}(128), \mu_{\text{Guldar RENDAH}}(105), \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,6 ; 0,125 ; 0,5 ; 1 ; 1) = 0,125 \end{aligned}$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung SEDANG

$$\frac{z-4}{7-4} = 0,125$$

$$z(65) = 4,375$$

• **[R77]** IF Tekdar NORMAL AND Guldar NORMAL AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(77) &= \mu_{\text{Tekdar NORMAL}} \\ &\cap \mu_{\text{Guldar NORMAL}} \\ &\cap \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}} \\ &\cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \\ &\cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar NORMAL}}(128), \mu_{\text{Guldar NORMAL}}(105), \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,6 ; 0,875 ; 0,5 ; 1 ; 1) = 0,5 \end{aligned}$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung SEDANG

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

$$z(77) = 5,5$$

• **[R83]** IF Tekdar NORMAL AND Guldar NORMAL AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(83) &= \mu_{\text{Tekdar NORMAL}} \cap \mu_{\text{Guldar NORMAL}} \cap \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}} \cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar NORMAL}}(128), \mu_{\text{Guldar NORMAL}}(105), \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,6 ; 0,875 ; 0,5 ; 1; 1) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung SEDANG

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

$$z(83) = 5,5$$

- [R113] IF Tekdar TINGGI AND Guldar RENDAH AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(113) &= \mu_{\text{Tekdar TINGGI}} \cap \mu_{\text{Guldar RENDAH}} \cap \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}} \cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar TINGGI}}(128), \mu_{\text{Guldar RENDAH}}(105), \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,4 ; 0,125 ; 0,5 ; 1; 1) \\ &= 0,125 \end{aligned}$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung BESAR

$$\frac{z-7}{10-7} = 0,125$$

$$z(113) = 7,37$$

- [R119] IF Tekdar TINGGI AND Guldar RENDAH AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(119) &= \mu_{\text{Tekdar TINGGI}} \cap \mu_{\text{Guldar RENDAH}} \cap \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}} \cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar TINGGI}}(128), \mu_{\text{Guldar RENDAH}}(105), \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,4 ; 0,125 ; 0,5 ; 1; 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,125 \\ \Rightarrow \text{Resiko Penyakit Jantung BESAR} \\ \frac{z-7}{10-7} &= 0,125 \\ z(119) &= 7,37 \end{aligned}$$

- [R131] IF Tekdar TINGGI AND Guldar NORMAL AND Kolesterol RENDAH AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(131) &= \mu_{\text{Tekdar TINGGI}} \cap \mu_{\text{Guldar NORMAL}} \cap \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}} \cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar TINGGI}}(128), \mu_{\text{Guldar NORMAL}}(105), \mu_{\text{Kolesterol RENDAH}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,4 ; 0,875 ; 0,5 ; 1; 1) \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung BESAR

$$\frac{z-7}{10-7} = 0,4$$

$$z(131) = 8,2$$

- [R137] IF Tekdar TINGGI AND Guldar NORMAL AND Kolesterol NORMAL AND BMI OBESITAS AND Riwayat ADA THEN SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha(137) &= \mu_{\text{Tekdar TINGGI}} \cap \mu_{\text{Guldar NORMAL}} \cap \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}} \cap \mu_{\text{BMI OBESITAS}} \cap \mu_{\text{Riwayat ADA}} \\ &= \min(\mu_{\text{Tekdar TINGGI}}(128), \mu_{\text{Guldar NORMAL}}(105), \mu_{\text{Kolesterol NORMAL}}(220), \mu_{\text{BMI OBESITAS}}(26), \mu_{\text{Riwayat}}(1)) \\ &= \min(0,4 ; 0,875 ; 0,5 ; 1; 1) \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

⇒ Resiko Penyakit Jantung BESAR

$$\frac{z-7}{10-7} = 0,4$$

$$z(137) = 8,2$$

c) Defuzzifikasi

Setelah diperoleh nilai α -predikat dan z dari masing-masing rule yang diketahui, selanjutnya yaitu mencari nilai Z dengan cara sebagai berikut:

$$z = \frac{\alpha_{59}z_{59} + \alpha_{65}z_{65} + \alpha_{77}z_{77} + \alpha_{83}z_{83} + \alpha_{113}z_{113} + \alpha_{119}z_{119} + \alpha_{131}z_{131} + \alpha_{137}z_{137}}{\alpha_{59} + \alpha_{65} + \alpha_{77} + \alpha_{83} + \alpha_{113} + \alpha_{119} + \alpha_{131} + \alpha_{137}}$$

$$z = \frac{0,5468 + 0,5468 + 2,75 + 2,75 + 0,921 + 0,921 + 3,28 + 3,28}{0,125 + 0,125 + 0,5 + 0,5 + 0,125 + 0,125 + 0,4 + 0,4}$$

$$= 6,51982$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pasien memiliki tingkat resiko penyakit jantung dengan kategori SEDANG sebesar 6,51982

4.2. Implementasi aplikasi

Berdasarkan perhitungan manual diatas, diperoleh hasil diagnosis untuk pasien yaitu resiko penyakit jantung kategori SEDANG sebesar 6, 51982. Kemudian peneliti mengimplementasikan data berdasarkan informasi pasien kedalam sistem pakar pendeteksi penyakit jantung dengan logika fuzzy metode Tsukamoto, Dalam penelitian ini dibuat sistem pakar berbasis website menggunakan framework Flask Python dengan penyimpanan data menggunakan CSV, namun untuk perhitungan dan tampilan grafik hasil defuzzyfikasi peneliti menjalankannya dengan menggunakan Jupyter Notebook. Adapun implementasinya sebagai berikut :

- 1) Tampilan utama sistem pakar
Berikut merupakan tampilan dari sistem pakar berbasis website.



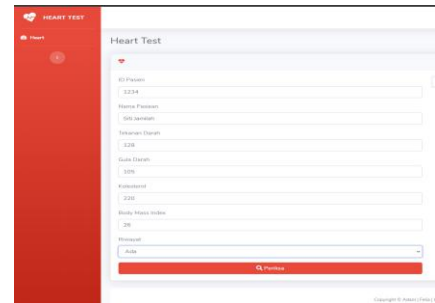
Gambar 4.1. Tampilan utama

Didalam system tersebut terdapat beberapa field untuk memasukkan data sesuai dengan variable yang harus dimasukkan diantaranya : ID Pasien, Nama pasien, Tekanan darah, Golongan darah, Kolesterol, Boddy Mass Index, dan Riwayat.

Kemudian di bagian output setelah mengklik tombol “Periksa” terdapat beberapa informasi didalam seperti : waktu periksa, ID, Nama, Tekanan darah, Gula darah, Kolesterol, Boddy Mass Index, Riwayat, Hasil, dan Status.

- 2) Input data pasien

Input data didalamnya terdiri dari tekanan darah 128 mmHg, gula darah 105 mmHg, Kolesterol 220 mg/dl, Boddy Mass Index (BMI) sebesar 26, dan terdapat riwayat keluarga. Masukkan data tersebut lalu tekan tombol “Periksa”, tampilan sistem proses input data pasien dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Tampilan input data pasien

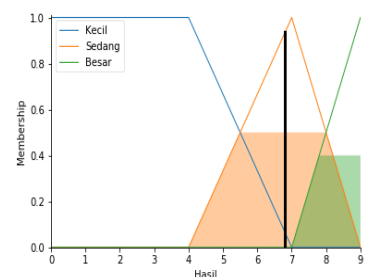
- 3) Hasil diagnosis
Hasil diagnosis pasien ditampilkan pada Gambar 4.3., berdasarkan hasil perhitungan sistem dari data yang diinputkan diketahui hasil perhitungannya adalah resiko penyakit jantung kategori “SEDANG” dengan hasil defuzzyfikasi sebesar 6,80924. Hasil diagnosis apat dilihat pada tabel sistem pakar disebelah kanan seperi berikut:

Waktu	ID	Nama	Tekanan Darah	Gula Darah	Kolesterol	Body Mass Index	Riwayat	Hasil	Status
03/11/2020 19:29:26	1234	Si Jemilah	128	105	220	26	1	6,809237	Sedang

Gambar 4.3. Tampilan Output Diagnosis

- 4) Proses defuzzyfikasi
Berikut merupakan hasil ketika dijalankan di Jupyter Notebook.

Tekanan Darah : 128
Gula Darah : 105
Kolesterol : 220
Body Mass Index : 26
Riwayat : 1
Hasil : 6,809236947791164
Resiko Penyakit jantung dengan kategori : Sedang



Gambar 4.4. Hasil defuzzyfikasi

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan perhitungan menggunakan sistem pakar, diperoleh hasil diagnosis pasien yaitu tingkat resiko penyakit jantung sama-sama memperoleh kategori SEDANG, namun sedikit perbedaan di hasil akhir perhitungan defuzzyfikasi, dimana perhitungan manual diperoleh hasil 6, 51982 sedangkan di perhitungan menggunakan sistem pakar diperoleh hasil 6,80924.

4.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem hasil penelitian menggunakan metode perbandingan, dimana output perhitungan data uji dengan sistem dibandingkan dengan output yang diharapkan oleh pakar.

Kemudian dilakukan validasi sistem menggunakan perhitungan persentase akurasi. Pengujian dilakukan dengan mengambil data uji 30 dengan output kecil sebanyak 10 data, output sedang sebanyak 10 data, dan output Besar sebanyak 10 data. Adapun contoh output yang dikeluarkan oleh sistem, disajikan pada tabel berikut :

TABLE III. HASIL PENGUJIAN

No	Data	Variabel Input					Hasil
		TD	GD	Kol	BM I	Ri w	
1	Data ke-1	12 7	10 0	21 0	20	1	Sedang
2	Data ke-2	13 0	10 1	23 0	21	0	Kecil
3	Data ke-3	11 5	10 5	22 4	20	0	Kecil
4	Data ke-4	12 8	11 0	21 5	18	0	Kecil
5	Data ke-5	11 7	10 4	21 0	22	1	Kecil
6	Data ke-6	12 0	11 2	21 5	20	0	Kecil
7	Data ke-7	13 5	12 0	20 0	26	1	Besar
8	Data ke-8	11 5	12 4	23 0	23	0	Sedang
9	Data ke-9	11 9	10 3	24 3	20	0	Kecil
10	Data ke-10	12 5	12 0	22 3	28	1	Sedang

Untuk hasil validasi disajikan pada tabel 4.2. untuk mempersingkat penulisan maka pada tabel 4.2. disajikan 10 contoh hasil dari sistem dibandingkan dengan hasil yang diharapkan pakar.

TABLE IV. VALIDASI HASIL

No	Nama Pasien	Hasil Diagnosis		Validasi
		Pakar	Tsukamoto	
1	Data ke-1	Kecil	Sedang	Tidak
2	Data ke-2	Kecil	Kecil	Ya
3	Data ke-3	Kecil	Kecil	Ya

4	Data ke-4	Kecil	Kecil	Ya
5	Data ke-5	Kecil	Sedang	Tidak
6	Data ke-6	Kecil	Kecil	Ya
7	Data ke-7	Besar	Besar	Ya
8	Data ke-8	Sedang	Sedang	Ya
9	Data ke-9	Kecil	Kecil	Ya
10	Data ke-10	Sedang	Sedang	Ya

Berdasarkan hasil validasi, kemudian dilakukan perhitungan akurasi menggunakan *multiclass confusion matrix 3x3* dimana hasil dari keluaran akan diklasifikasikan diklasifikasikan berdasarkan kategori.

TABLE V. HASIL MULTICLASS CONFUSION MATRIX

Output	Sistem			
	Kecil	Sedang	Besar	
Pakar	Kecil	8	2	0
	Sedang	0	9	1
	Besar	2	0	8

Dari tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai True Positif adalah 8, True Negatif 9, dan T netral adalah 8 dengan data Uji sebanyak 30 menghasilkan akurasi sebanyak 83%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa logika fuzzy metode Tsukamoto dapat digunakan untuk menentukan tingkat resiko penyakit jantung dengan output 3 kategori yaitu ‘kecil’, ‘sedang’, dan ‘besar’ berdasarkan informasi dari faktor-faktor resiko penyakit jantung, Inputan dari sistem adalah gula darah, kolesterol, tekanan darah, serta *body mass index* (BMI) dari seorang pasien.

Sistem pakar ini dapat membantu melakukan diagnosis tingkat resiko penyakit jantung dengan tingkat akurasi hasil pengujian diperoleh persentase sebesar 83%.

Berdasarkan penelitian ini, disarankan kepada peneliti selanjutnya agar dapat disempurnakan lagi dengan menambahkan variable masukan berdasarkan factor-faktor resiko penyakit jantung lainnya seperti perilaku merokok, usia, jenis kelamin dan lainnya, dengan demikian diharapkan dapat diperoleh tingkat keakuratan yang lebih tinggi lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Riyanto, E. 2016 “Perancangan Pengukur Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Berbasis Arduino Serta Smartphone Android” *Naskah Publ. Ilm. Mhs.* Surakarta: Univ. Muhammadiyah Surakarta.
Puji, A. 2020 “Penyakit Jantung (Penyakit Kardiovaskuler).” <https://hellosehat.com/jantung/penyakit-jantung/pengertian-penyakit-jantung/>. Diakses pada 3 Maret

- 2021.
- Safrul, S.A., Ginting, D., & Sinaga, J., 2018. "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Terhadap Terjadinya Penyakit Jantung Koroner Di Poli Jantung RSUD Pirngadi Medan Tahun 2017," *J. Ris. Hesti Medan Akper Kesdam I/BB Medan*, vol. 3, no. 1. Medan: Universitas Sari Mutiara Indonesia.
- Sitimaesaroh. 2016 "Pengantar Logika Fuzzy," <https://staff.uniku.ac.id/sitimaesyarah/wp-content/uploads/sites/3/2016/05/Pert910-Logika-Fuzzy.ppt>. Diakses pada 4 Maret 2021.
- Falatehan A. I., Hidayat, N., & Brata, K. C., 2018. "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Hati Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 8, hal 2373–2381.
- Fiano, D. S. I., Purnomo, A. S., 2017 "Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Dengan Fuzzy Inferensi (Mamdani)," *INFORMAL Informatics J.*, vol. 2, no. 2, hal 64–78.
- Suardika, K. W., Gandhiadi, G. K., & Harini, L. P. I., 2018 "Perbandingan Metode Tsukamoto, Metode Mamdani dan Metode Sugeno Untuk Menentukan Produksi Dupa (Studi Kasus : Cv. Dewi Bulan)," *E-Jurnal Mat.*, vol. 7, no. 2, hal 180.
- Kusumadewi. S. 2004. "Penentuan Tingkat Resiko Penyakit Menggunakan Tsukamoto Fuzzy Inference System," *Semin. Nas.*, vol. 2004., hal 19–25.
- Irfan, M., Ayuningtias, L. P., & Jumadi, J., 2018. "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1. hal 9–16.
- Agung, I. G. R. (2016). Ekstraksi Warna, Tekstur, Dan Bentuk Untuk Image Retrieval. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2016, (2302–3805)
- Arini, Wardhani. L. K., & Octaviano, D (2020). Perbandingan Seleksi Fitur Term Frequency & Tri-Gram Character Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Classifier (Nbc) Pada Tweet Hashtag #2019gantipresiden. *KILAT*, vol. 9, no.1. hal 103-113.