

## Penerapan Sistem Pakar Dalam Diagnosis Dini Penyakit Jantung Dengan Metode Sistem Inferensi Fuzzy

R. Mahdalena Simanjorang<sup>1\*</sup>, Agustina Simangunsong<sup>2</sup>, Muhammad Arifin<sup>3</sup>, Muhammad Yamin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Informatika, STMIK Pelita Nusantara

Email: <sup>1</sup>relimamahdalenasimanjorang@yahoo.co.id, <sup>2</sup>agustinasimangunsong93@gmail.com, <sup>3,\*</sup>muhamadarifin@yahoo.com

Email Penulis Korespondensi: <sup>1</sup>Relimamahdalenasimanjorang@yahoo.co.id

**Abstrak**— Seiring dengan perkembangan teknologi memungkinkan semua pengguna dapat mempermudah aktivitas dalam setiap bidang masing masing dan salah satu contoh penerapannya adalah dalam bidang kesehatan. Dengan penerapan teknologi informasi dalam bidang kesehatan tentu mampu mengurangi permasalahan dalam melakukan tindakan klinis dan nonklinis. Permasalahan yang sering terjadi dalam bidang kesehatan ini adalah salah satunya penyakit jantung. Dikarenakan peranan jantung sangatlah penting, maka kesehatan jantung harus dijaga dan dipelihara sehingga berfungsi dengan baik. Diagnosis penyakit ini dapat dilakukan di Rumah Sakit oleh seorang pakar penyakit dalam. Namun karena keterbatasan akses dan waktu untuk berkonsultasi dengan dokter spesialis, maka terpaksa dilakukan menunggu waktu yang relatif lama untuk mengetahui hasil pemeriksaannya. Maka diperlukan media untuk bisa membantu mendeteksi risiko penyakit jantung dengan lebih mudah dan cepat. Pada penelitian ini akan dirancang sistem pakar untuk mendeteksi risiko penyakit jantung dengan mengimplementasikan fuzzy kesimpulan (mamdani). Dimana sistem ini akan memberikan informasi mengenai tingkat risiko penyakit jantung berdasarkan variabel risiko penyakit jantung yaitu tekanan darah, gula darah, kolesterol, Massa Tubuh Indeks (BMI) dan riwayat penyakit jantung keluarga. Sehingga dapat membantu masyarakat dalam mengantisipasi risiko penyakit jantung. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pakar sehingga dapat digunakan untuk membantu mempermudah masyarakat umum untuk melakukan pemeriksaan tingkat risiko penyakit jantung, apakah memiliki risiko kecil, risiko sedang maupun risiko besar. Selain itu untuk staf dan asisten dokter dapat membantu menangani pasien mendapatkan informasi tingkat risiko penyakit jantung dengan lebih cepat dan mudah.

**Kata Kunci:** Metode Inferensi Fuzzy, Metode Mamdani, Penyakit Jantung, Rumah Sakit, Sistem Pakar

**Abstract**— Along with the development of technology, it is possible for all users to facilitate activities in each respective field and one example of its application is in the health sector. By applying information technology in the health sector, it can certainly reduce problems in carrying out clinical and non-clinical actions. One of the problems that often occurs in the health sector is heart disease. Because the role of the heart is very important, heart health must be maintained and maintained so that it functions well. The diagnosis of this disease can be done in the hospital by an internal medicine expert. However, due to limited access and time to consult with a specialist doctor, we are forced to wait a relatively long time to find out the results of the examination. So media is needed to help detect the risk of heart disease more easily and quickly. In this research, an expert system will be designed to detect the risk of heart disease by implementing fuzzy conclusions (mamdani). Where this system will provide information regarding the level of heart disease risk based on heart disease risk variables, namely blood pressure, blood sugar, cholesterol, Body Mass Index (BMI) and family history of heart disease. So it can help people anticipate the risk of heart disease. This research aims to create an expert system so that it can be used to help make it easier for the general public to check the risk level of heart disease, whether they have a small risk, moderate risk or large risk. Apart from that, staff and doctor's assistants can help treat patients and get information on the level of heart disease risk more quickly and easily.

**Keywords:** Fuzzy Inference Method, Mamdani Method, Heart Disease, Hospitals, Expert Systems

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi membuat semua manusia dimudahkan dalam melakukan aktivitas. Salah satu penerapan teknologi informasi saat ini yang sudah sangat berkembang adalah penerapan teknologi dalam bidang kesehatan. Banyak rumah sakit yang sudah menerapkan berbagai bantuan teknologi dalam melakukan diagnose terhadap penyakit pasien. Salah satu contoh penyakit yang sering terjadi pada pasien adalah penyakit jantung. Jantung adalah salah satu organ tubuh manusia yang sangat penting dan sangat vital perannya bagi kehidupan manusia [1]. Fungsi utama jantung adalah untuk memompa darah ke paru-paru yang akan jenuh dengan oksigen (O<sub>2</sub>), kemudian memompa keluar ke dalam tubuh untuk memasok sel dengan oksigen (O<sub>2</sub>). Karena sangat pentingnya peran jantung inilah, maka kita harus menjaga kesehatan jantung supaya tetap berfungsi sebagaimana mestinya. Namun demikian, jantung memiliki risiko penyakit yang sangat besar dan dapat berakibat sangat fatal. Penelitian dengan judul Pre-Eclampsia Diagnosis Expert System Using Fuzzy Inference System Mamdani yang dilakukan mendapatkan hasil 95,62%. [2]. Berbagai penyebab yang dapat mempengaruhi kesehatan jantung manusia, terutama pola hidup dan pola makan yang kurang sehat. Penyakit jantung merupakan penyakit yang menyebabkan tingkat kematian yang tinggi di Indonesia berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Organisasi Kesehatan Dunia[3]. Oleh karena itu, antisipasi terhadap risiko penyakit jantung ini sangat diperlukan. Sebenarnya risiko penyakit jantung dapat dideteksi dengan melakukan pemeriksaan terhadap faktor-faktor risiko penyakit tersebut, antara lain : tekanan darah, gula darah, kolesterol, serta body mass index (BMI) tubuh kita dan

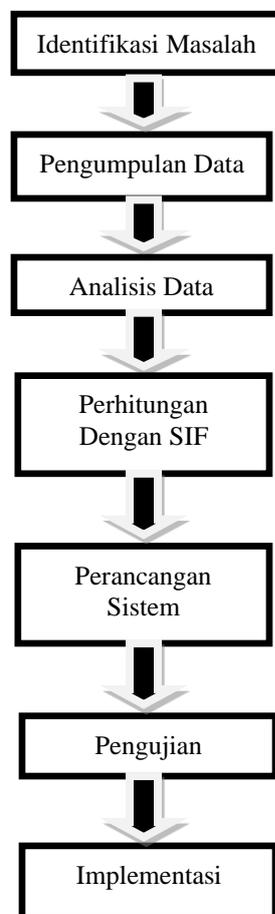
kemudian dikonsultasikan kepada seorang pakar atau dokter ahli. Namun karena keterbatasan akses dan waktu untuk konsultasi dengan dokter ahli, sehingga harus menunggu waktu yang relatif lama untuk mengetahui hasil pemeriksaan tersebut. Sehingga sangat diperlukan media untuk dapat membantu mendeteksi resiko penyakit jantung yang lebih mudah dan cepat. Pada penelitian sistem pakar diagnosa pulmonary TB menggunakan metode logika fuzzy berhasil diterapkan dengan perhitungan logika fuzzy sebanyak 128 rule dan untuk perhitungan persentase keakuratannya sendiri sebesar 70,33% [4]. Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti mengambil judul “Penerapan Sistem Pakar Dalam Diagnosis Dini Penyakit Jantung Dengan Metode Inferensi Fuzzy”. Penelitian ini bertujuan nantinya penelitian sistem pakar ini dapat digunakan untuk membantu mempermudah masyarakat umum untuk melakukan pemeriksaan tingkat resiko penyakit jantung, apakah memiliki resiko kecil, resiko sedang maupun resiko besar. Selain itu untuk staf dan asisten dokter dapat membantu menangani pasien mendapatkan informasi tingkat resiko penyakit jantung dengan lebih cepat dan mudah.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian menguraikan kerangka kerja penelitian atau tahap-tahap yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian [5]. Tahapan penelitian ini dilakukan agar dapat menyelesaikan masalah yang akan dibahas. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi-informasi berkaitan dengan masalah yang akan diteliti. Sehingga dapat diketahui keadaan atau kedudukan masalah tersebut baik secara teoritis maupun praktis. Pengetahuan yang diperoleh dari studi pendahuluan sangat berguna untuk menyusun kerangka teoritis tentang pemecahan masalah dalam bentuk hipotesis yang akan diuji kebenarannya melalui pelaksanaan penelitian lapangan. Studi pendahuluan dapat dilakukan dengan studi kelayakan, kepustakaan dan studi lapangan.

Untuk menyelesaikan penelitian tersebut maka digambarkan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan seperti pada gambar 3.1 berikut ini [8]



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

#### 2.1.1 Uraian Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diatas akan diuraikan seperti berikut ini. (Relahat, 2021).

1. Identifikasi Masalah  
Pada tahap ini hal yang dilakukan yaitu tahap mengidentifikasi masalah serta mempelajari permasalahan yang akan diselesaikan.
2. Pengumpulan Data  
Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan data yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:
  - a) Observasi
  - b) Observasi adalah kegiatan melakukan pengamatan di RS Delima terkait dengan Diagnosa penyakit jantung.
  - c) Studi Dokumentasi
  - d) Studi dokumentasi adalah pengumpulan data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian yang terdiri dari tahap analisa sampai pada proses diagnosa penyakit jantung.
3. Analisis Data  
Analisis data merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengubah data hasil dari penelitian menjadi informasi yang nantinya bisa digunakan dalam mengambil kesimpulan. Analisis ini dilakukan untuk menjelaskan sebab-sebab dalam fakta-fakta sosial yang terukut, menunjukkan hubungan variabel serta melakukan analisa dari data yang sudah didapatkan.
4. Perhitungan Dengan SIF  
Pada tahapan ini metode yang sudah ditentukan nantinya akan diimplementasikan dengan menerapkan semua langkah-langkah metode mamdani yaitu mulai dari proses fuzzyfikasi, proses inferensy dan proses defuzzyfikasi.
5. Kesimpulan  
Pada tahap ini, peneliti membuat sebuah kesimpulan terhadap hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan penerapan sistem inferensi fuzzy. Kesimpulan yang dibuat merupakan hasil perhitungan yang didapatkan dengan menerapkan metodologi penelitian. [6]

## 2.2 Kerangka Teoritis

### a) Sistem Pakar

Sistem Pakar merupakan Sistem pakar merupakan bagian dari kecerdasan buatan yang dirancang untuk mengambil keputusan yang serupa dengan keputusan yang dibuat oleh seorang pakar dalam bidang tertentu [7]. Sistem pakar menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik berfikir yang khas pada bidang tersebut untuk menyelesaikan masalah umumnya hanya bisa diatasi oleh seorang pakar dalam lingkup tersebut [8]. Sistem pakar merupakan cabang dari Artificial Intelligence (AI) yang sudah lama karena sistem ini telah mulai dikembangkan pada pertengahan tahun 1960 (Muhammad Ifan Rifani, 2022). Sistem pakar yang muncul pertama kali adalah Generalpurpose problem solver (GPS) yang dikembangkan oleh Newl dan Simon. Sampai saat ini sudah banyak sistem pakar yang dibuat, seperti MYCIN, DENDRAL, XCON & XSEL, SOPHIE, Prospector, FOLIO, DELTA, dan sebagainya[9]. Sistem pakar (expert system) secara umum adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli [10]

### b) Penyakit Jantung

Penyakit kardiovaskular atau yang biasa disebut penyakit jantung umumnya mengacu pada kondisi yang melibatkan penyempitan atau pemblokiran pembuluh darah yang bisa menyebabkan serangan jantung, nyeri dada (angina) atau stroke [11]. Kondisi jantung lainnya yang mempengaruhi otot jantung, katup atau ritme, juga dianggap bentuk penyakit jantung [5]. Penyakit jantung adalah istilah umum yang dikaitkan dengan gangguan fungsi jantung dan tidak termasuk pada gangguan pembuluh darah yang menyebabkan penyakit jantung. Banyak orang mengistilahkan penyakit jantung ini adalah penyakit Kardiovaskuler. Menurut data dari WHO (World Health Organization), penyakit jantung adalah penyakit pembunuh nomor satu di berbagai negara termasuk Indonesia, Inggris, Australia, Kanada, AS dan pada beberapa negara lainnya. [12]. Penyakit jantung sendiri sangat banyak jenisnya dan untuk mengetahui jenis-jenis penyakit jantung ini mungkin tak ada salahnya untuk mengikuti pembahansan singkat mengenai penyakit jantung.[13].

### c) Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy merupakan kerangka komputasiyang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk IF-THEN, dan penalaran fuzzy (Dany Suktiawan, 2017). Dalam penalaran inferensi fuzzy terdapat 3 metode yaitu : (1) MetodeMamdani(2) Metode Tsukamoto(3) Metode Sugeno.Inferensi Fuzzy digunakan sebagai alat untuk mewakili pengetahuan yang berbeda tentang suatu masalah, serta untuk memodelkan interaksi dan hubungan yang ada antara variabel tersebut

Inferensi fuzzy sudah banyak diterapkan dalam banyak bidang. Seperti bidang Kesehatan, Ilmu Ekonomi, Psikolog, dan Teknologi. Contoh penerapan inferensi fuzzy dalam bidang Kesehatan yaitu: Sistem Pakar Untuk Menentukan Status Kesehatan Ibu Hamil Dengan Metode Inferensi Fuzzy (Sugeno[4]. Bidang Ilmu Ekonomi yaitu: Metode Fuzzy Inferensi System Mamdani Untuk Menentukan Bantuan Modal Usaha Bagi UMKM Ramah

Lingkungan[5].Bidang Psikolog yaitu: Sistem Pakar Pengembangan Skala Minat Karir Mahasiswa Dengan Inferensi Fuzzy Tsukamoto[6]. Bidang Teknologi yaitu: Sistem Informasi Pendeteksi Hama Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android.

1. Fuzzy Mamdani

Model Fuzzy Mamdani atau Metode Mamdani sering dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. (Nazirah Umar, 2020). Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1. Fuzzification

a. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy

b. Aplikasi fungsi implikasi Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Max-min.[14]

2. Rule Aggregation (Komposisi Aturan)

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: Max-min, additive dan probabilistik OR (probor).

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikas daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, Then output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi.[15]. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf} [xi] = \max (\mu_{sf} [xi] , \mu_{kf} [xi]) \tag{1}$$

keterangan:

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$  = nilai keanggotaan konsukuen fuzzy aturan ke-i

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf} [xi] = \min (\mu_{sf} [xi] , \mu_{kf} [xi]) \tag{2}$$

keterangan:

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$  = nilai keanggotaan konsukuen fuzzy aturan ke-i

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf} [xi] = (\mu_{sf} [xi] + (\mu_{kf} [xi] - \mu_{sf} [xi] , \mu_{kf} [xi]) \tag{3}$$

keterangan:

$\mu_{sf}[xi]$  = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$  = nilai keanggotaan konsukuen fuzzy aturan ke-i

3. Defuzzification (Penegasan)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari suatu komposisi aturan – aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output.

Fuzzyfikasi merupakan fase pertama dari perhitungan fuzzy, yaitu mengubah masukan - masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk fuzzy input yang berupa tingkat keanggotaan / tingkat kebenaran. Fuzzifikasi adalah proses perubahan suatu nilai crisp ke dalam variabel fuzzy yang berupa variabel linguistik yang nantinya akan dikelompokkan menjadi himpunan fuzzy. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai.

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

a. Metode Centroid (Composite Moment)

b. Metode Largest of Maximum (LOM)

c. Metode Mean of Maksimum (MOM)

d. Metode Bisektor

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Diagnosa Dengan Sistem Fuzzy

Dalam penerapan sistem fuzzy sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang salah satunya merupakan penerapan sistem fuzzy dalam bidang kedokteran untuk mendiagnosa penyakit jantung. Dalam penelitian ini juga akan dilakukan diagnosa penyakit jantung dengan menerapkan sistem fuzzy. Dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

### 1. Identifikasi Data Penyakit Jantung

Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 data dan kemudian dibagi menjadi dua bagian data yaitu data training dan data testing. Dalam menentukan data training dan data testing digunakan prinsip trial eror sehingga digunakan data training sebanyak 15 data dan data testing sebanyak 15 data. Data tersebut terdiri dari 11 input dan 3 output, yaitu :

#### a. Input

Berdasarkan faktor penyebab dan gejala penyakit jantung dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, input yang digunakan pada penelitian ini digunakan 11 input yaitu jenis kelamin, usia, denyut nadi, tekanan darah sistolik, kolesterol, gula darah sewaktu, trigliserida, elektrokardiogram, nyeri dada, sesak nafas, dan batuk.

#### b. Output

Output yang dihasilkan adalah hasil diagnosa berdasarkan input yang ditentukan. Hasil diagnosa untuk penelitian ini adalah penyakit jantung tipe 1, penyakit jantung tipe 2 dan penyakit jantung tipe 3.

### 2. Menentukan Himpunan Universal (U)

Himpunan universal merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy.

#### a. Himpunan Universal pada Variabel Input

Berdasarkan data yang diperoleh, himpunan universal yang dipilih berada pada range yang berdekatan dengan nilai minimum dan maksimum semua data. Berikut himpunan universal pada setiap input yaitu :

##### 1) Jenis Kelamin

Terdapat 2 kategori jenis kelamin yaitu perempuan atau laki-laki. Kedua kategori ini menggunakan bahasa linguistik sehingga perlu diubah menjadi bahasa numerik. Untuk mengubah bahasa linguistik kedalam numerik yaitu dengan memisalkan untuk jenis kelamin perempuan angka 1 dan laki-laki angka 0.

##### 2) Usia

Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan di RS Delima diketahui bahwa usia termuda adalah 40 dan usia tertua adalah 90 sehingga himpunan universal untuk usia adalah [35,95].

##### 3) Denyut Nadi

Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan di RS Delima diketahui bahwa denyut naditerendah per menit adalah 52 dan denyut nadi tertinggi per menit adalah 123 sehingga himpunan universal untuk denyut nadi adalah [45,130].

##### 4) Tekanan Darah

Sistolik Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan di RS Delima diketahui bahwa tekanan darah sistolik terendah adalah 100 dan tekanan darah sistolik tertinggi adalah 233 sehingga himpunan universal untuk tekanan darah sistolik adalah [80,240].

##### 5) Kolesterol

Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan di RS Delima diketahui bahwa kolesterol terendah per menit adalah 81 dan kolesterol tertinggi per menit adalah 500 sehingga himpunan universal untuk kolesterol adalah [70,510].

##### 6) Trigliserida

Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta diketahui bahwa trigliserida terendah per menit adalah 47 dan trigliserida tertinggi per menit adalah 580 sehingga himpunan universal untuk trigliserida adalah [40,590].

##### 7) Elektrokardiogram (EKG)

Terdapat 3 kategori dalam menentukan pasien mengalami nyeri dada yaitu depresi segmen ST, deviasi segmen ST, dan elevasi segmen ST. Ketiga kategori ini menggunakan bahasa linguistik sehingga perlu diubah menjadi bahasa numerik. Untuk mengubah bahasa linguistik kedalam numerik yaitu dengan memisalkan untuk pasien yang mengalami depresi segmen ST sebagai angka 0, deviasi segmen ST sebagai angka 0,5 dan elevasi segmen ST sebagai 1 sehingga himpunan universal untuk EKG adalah [0,1].

##### 8) Nyeri Dada

Terdapat 2 kategori dalam menentukan pasien mengalami nyeri dada yaitu nyeri atau tidak nyeri. Kedua kategori ini menggunakan bahasa linguistik sehingga perlu diubah menjadi bahasa numerik. Untuk mengubah bahasa linguistik kedalam numerik yaitu dengan memisalkan untuk pasien yang mengalami nyeri dada angka 0 dan yang tidak mengalami nyeri dada angka 1 dan sehingga himpunan universal untuk nyeri dada adalah [0,1].

##### 9) Sesak Nafas

Terdapat 2 kategori dalam menentukan pasien mengalami sesak nafas yaitu sesak atau tidak sesak. Kedua kategori ini menggunakan bahasa linguistik sehingga perlu diubah menjadi bahasa numerik. Untuk mengubah bahasa linguistik kedalam numerik yaitu dengan memisalkan untuk pasien yang mengalami sesak nafas angka 0 dan yang tidak mengalami sesak nafas angka 1 dan sehingga himpunan universal untuk sesak nafas adalah [0,1].

10) Batuk

Terdapat 2 kategori dalam menentukan pasien mengalami batuk yaitu batuk atau tidak batuk. Kedua kategori ini menggunakan bahasa linguistik sehingga perlu diubah menjadi bahasa numerik. Untuk mengubah bahasa linguistik kedalam numerik yaitu dengan memisalkan untuk pasien yang mengalami batuk angka 0 dan yang tidak mengalami batuk angka 1 dan sehingga himpunan universal untuk batuk adalah [0,1].

b. Himpunan Universal pada Variabel Output

Output pada penelitian ini adalah hasil penyakit jantung koroner yaitu PJK tipe 1 dimisalkan dengan angka 0, PJK tipe 2 dimisalkan dengan angka 0,5 dan PJK tipe 3 dimisalkan dengan angka 1, sehingga himpunan universal pada hasil adalah [0,1].

3. Menentukan Himpunan Fuzzy

a. Himpunan Fuzzy

Pada Input Data yang diperoleh dari hasil penelitian merupakan himpunan tegas. Himpunan tegas tersebut diubah kedalam himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah pendekatan fungsi kurva Gauss. Berdasarkan data yang diperoleh serta sumber informasi Dinas Kesehatan, himpunan fuzzy ditentukan sebagai berikut :

1) Jenis Kelamin

Jenis kelamin dibedakan menjadi 2 yaitu laki-laki dan perempuan, dengan fungsi keanggotaannya yaitu :

a) Laki-laki dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{laki-laki}}(x) = \begin{cases} 1; & \text{Jika } x = \text{Laki} \\ 0; & \text{Jika } x = \text{Perempuan} \end{cases}$$

b) Perempuan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Perempuan}}(x) = \begin{cases} 0; & \text{Jika } x = \text{Laki} \\ 1; & \text{Jika } x = \text{Perempuan} \end{cases}$$

2) Usia

Usia dibagi menjadi 4 himpunan fuzzy, yaitu :

a) Usia Muda memiliki pusat domain terletak pada 35 dan lebar kurva sebesar 8,493. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan usia muda berikut:

$$\mu_{\text{Muda}}(x) = e^{-\frac{(x-35)^2}{2(8,943)}}$$

b) Usia Agak Tua memiliki pusat domain terletak pada 53 dan lebar kurva sebesar 6,794. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan usia agak tua berikut:

$$\mu_{\text{agak tua}}(x) = e^{-\frac{(x-53)^2}{2(6,794)}}$$

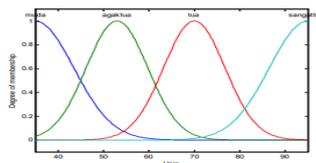
c) Usia Tua memiliki pusat domain terletak pada 70 dan lebar kurva sebesar 6,794. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan usia tua berikut:

$$\mu_{\text{tua}}(x) = e^{-\frac{(x-70)^2}{2(6,794)}}$$

d) Usia Sangat Tua memiliki pusat domain terletak pada 95 dan lebar kurva sebesar 8,493. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan usia sangat tua berikut:

$$\mu_{\text{Sangat Tua}}(x) = e^{-\frac{(x-95)^2}{2(8,943)}}$$

Gambar 2 merupakan Berikut yang menggambarkan setiap himpunan fuzzy pada variabel usia :



Gambar 2. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Usia Dengan U = [35,95]

3) Denyut Nadi Berdasarkan lampiran 13 halaman 130, variabel denyut nadi dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu :

a) Denyut nadi rendah memiliki pusat domain terletak pada 45 dan lebar kurva sebesar 8,493. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan denyut nadi rendah berikut:

$$\mu_{\text{Nadi rendah}}(x) = e^{-\frac{(x-45)^2}{2(8,493)}}$$

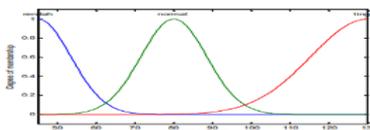
- b) Denyut nadi normal memiliki pusat domain terletak pada 80 dan lebar kurva sebesar 8,493. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan denyut nadi normal berikut:

$$\mu_{\text{Nadi}_{\text{normal}}}(x) = e^{-\frac{(x-80)}{2(8,493)}}$$

- c) Denyut nadi tinggi memiliki pusat domain terletak pada 130 dan lebar kurva sebesar 14,74. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan denyut nadi tinggi berikut:

$$\mu_{\text{Nadi}_{\text{tinggi}}}(x) = e^{-\frac{(x-130)}{2(14,74)}}$$

Gambar 3 merupakan grafik yang menggambarkan setiap himpunan fuzzy pada variabel denyut nadi :



Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Denyut Nadi dengan  $U = [45,130]$

3) Tekanan Darah Sistolik

Berdasarkan lampiran 13 halaman 130, variabel Tekanan Darah Sistolik dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu:

- a) Tekanan Darah Sistolik normal memiliki pusat domain terletak pada 100 dan lebar kurva sebesar 11,4. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan tekanan darah sistolik rendah berikut:

$$\mu_{\text{tds}_{\text{normal}}}(x) = e^{-\frac{(x-100)}{2(11,4)}}$$

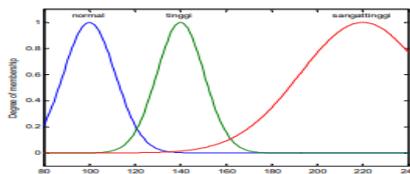
- b) Tekanan Darah Sistolik tinggi memiliki pusat domain terletak pada 140 dan lebar kurva sebesar 10,4. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan tekanan darah sistolik normal berikut:

$$\mu_{\text{tds}_{\text{tinggi}}}(x) = e^{-\frac{(x-140)}{2(10,4)}}$$

- c) Tekanan Darah Sistolik sangat tinggi memiliki pusat domain terletak pada 220 dan lebar kurva sebesar 27,51. Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan denyut tekanan darah sistolik sangat tinggi berikut:

$$\mu_{\text{tds}_{\text{Sangat tinggi}}}(x) = e^{-\frac{(x-220)}{2(27,51)}}$$

Gambar 4 merupakan grafik yang menggambarkan setiap himpunan fuzzy pada variabel tekanan darah sistolik



Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Tekanan Darah Sistolik dengan  $U = [80,240]$

4. Menentukan Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy yang dibentuk memiliki keterkaitan antara himpunan fuzzy yang satu dengan yang lainnya. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 data, yang kemudian dibagi menjadi 2 jenis data yaitu data 15 training dan 15 data testing. Tabel 4.1 berikut merupakan tabel data training dari RS Delima.

Tabel 1. Data Training RS Delima

Pasien	Nyeri Dada	Sesak Nafas	Batuk	Diagnosa
1	Tidak	Ya	Ya	PJ 1
2	Tidak	Ya	Ya	PJ 3
3	Tidak	Ya	Ya	PJ 1
4	Tidak	Ya	Ya	PJ 2
5	Tidak	Ya	Ya	PJ 2
6	Tidak	Ya	Ya	PJ 1
7	Tidak	Ya	Ya	PJ 1
8	Tidak	Ya	Ya	PJ 3
9	Ya	Tidak	Tidak	PJ 3

10	Ya	Tidak	Tidak	PJ 3
11	Ya	Tidak	Tidak	PJ 1
12	Ya	Tidak	Tidak	PJ 2
13	Ya	Tidak	Tidak	PJ 2
14	Ya	Tidak	Tidak	PJ 3
15	Ya	Tidak	Tidak	PJ 3

Keterangan : A = Jenis Kelamin B = Usia C = Denyut Nadi D = Tekana Darah Sistolik E = Kolesterol F = Gula Darah Sewaktu (GDS) G = Trigliserida H = Elektrokardiogram I = Nyeri Dada J = Sesak Nafas K = Batuk

Data training pasien RS Deli selengkapnya terdapat padalampiran 3 halaman 96. Langkah selanjutnya yaitu mengubah data training yang berupa himpunan tegas menjadi himpunan fuzzy. Salah satu contoh data yang diperoleh dari RS Deli disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Data Pasien

Variabel Input	Data Pasien 1
Jenis Kelamin	Perempuan
Usia	50 Tahun
Denyut Nadi	72/Menit
Tekanan Darah	140
Kolesterol	140
Gula Darah	257
Trigliserida	150
EKG	Deviasi Segmen ST
Nyeri Dada	Tidak
Sesak Nafas	Ya
Batuk	Ya
Diagnosa Dokter	PJ Tipe 2

Data Tabel 2 kemudian diubah menjadi himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi pendekatan Gauss yang disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Himpunan Fuzzy Pasien 1

Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
Jenis Kelamin	Laki-Laki	0
	Perempuan	1
Usia	Muda	0,000526763
	Agak Tua	0,087400207
	Tua	0,957596266
	Sangat Tua	0,006388202
Denyut Nadi	Rendah	0000125444
	Normal	0,993092142
	Tinggi	0,003984099
Tekanan Darah	Normal	0,108782911
	Tinggi	0,500145408
	Sangat Tinggi	0,001982312
Kolesterol	Rendah	3,27439E-15
	Normal	3,59206E-10
	Tinggi	0,534941734
	Sangat Tinggi	8,40681E-05
Tringliserida	Rendah	0,000282893
	Normal	0,555853584
	Tinggi	0,212748831
	Sangat Tinggi	5,06136E-05
Elektrokardiogram	Depresi Segmen ST	0,04393693362
	Deviasi Segmen ST	1

	Elevasi Segmen ST	0,04393693362
Nyeri Dada	Ya	0,00386592
	Tidak	1
Sesak Nafas	Ya	1
	Tidak	0,00386592
Batuk	Ya	1
	Tidak	0,00386592

Berdasarkan Tabel 3selanjutnya memilih himpunan fuzzy pada masing-masing variabel yang mempunyai derajat keanggotaan terbesar, seperti yang disajikan pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Himpunan Fuzzy Dengan Derajat Keanggotaan Terbesar

Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Derajat Keanggotaan
Jenis Kelamin	Perempuan	1
Usia	Tua	0,957596266
Denyut Nadi	Normal	0,993092142
Tekanan Darah	Tinggi	0,500145408
Kolesterol	Rendah	0,488151917
Gula Darah	Tinggi	0,534941734
Trigliserida	Normal	0,555853584
EKG	Deviasi Segmen ST	1
Nyeri Dada	Tidak	1
Sesak Nafas	Ya	1
Batuk	Ya	1

Lakukan hal yang sama untuk pasien 2 hingga 15, sehingga diperoleh data seperti Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Himpunan Fuzzy Data Training

No	A	B	C	D
1	P	Tua	Normal	Tinggi
2	P	Tua	Normal	Tinggi
3	P	Muda	Normal	Tinggi
4	P	Muda	Normal	Sangat Tinggi
5	P	Muda	Tinggi	Sangat Tinggi
6	L	Muda	Tinggi	Sangat Tinggi
7	L	Muda	Tinggi	Sangat Tinggi
8	L	Muda	Tinggi	Sangat Tinggi
9	L	Muda	Normal	Rendah
10	P	Tua	Normal	Rendah
11	P	Tua	Normal	Rendah
12	L	Tua	Rendah	Rendah
13	L	Tua	Rendah	Rendah
14	L	Tua	Rendah	Rendah
15	L	Tua	Rendah	Rendah

Data selengkapnya dapat dilihat di lampiran 6 halaman 110. Berdasarkan hasil fuzzifikasi 70 data training dalam Tabel 4.6 dibuat aturan fuzzy menggunakan operator AND berikut: 1. If (JenisKelamin is laki-laki) and (Usia is muda) and (DenyutNadi is normal) and (TDsistolik is tinggi) and (Kolesterol is sangattinggi) and (GDS is tinggi) and (Trigliserida is sangattinggi) and (EKG is elevasisegmenST) and (NyeriDada is nyeri) and (SesakNafas is sesak) and (Batuk is tidakbatuk) then (HasilDiagnosa is PJKtipe3) 2. If (JenisKelamin is laki-laki) and (Usia is muda) and (DenyutNadi is tinggi) and (TDsistolik is tinggi) and (Kolesterol is tinggi) and (GDS is tinggi) and (Trigliserida is normal) and (EKG is elevasisegmenST) and (NyeriDada is nyeri) and (SesakNafas is sesak) and (Batuk is batuk) then (HasilDiagnosa is PJKtipe3)

. If (JenisKelamin is perempuan) and (Usia is tua) and (DenyutNadi is tinggi) and (TDSistolik is tinggi) and (Kolesterol is normal) and (GDS is sangatteringgi) and (Trigliserida is rendah) and (EKG is depresisegmenST) and (NyeriDada is nyeri) and (SesakNafas is tidaksesak) and (Batuk is tidakbatuk) then (HasilDiagnosa is PJKtipe1).

5. Melakukan Inferensi Fuzzy

Metode Inferensi yang digunakan dalam diagnosa penyakit jantung koroner ini adalah metode Mamdani atau sering dikenal sebagai metode Max-min. Berdasarkan aturan fuzzy yang telah dibuat, akan digunakan 70 aturan. Hasil fuzzifikasi kemudian digunakan untuk inferensi fuzzy dengan menggunakan metode Mamdani dengan menggunakan fungsi implikasi MIN. Fungsi MIN digunakan karena pada aturan jika-maka, operator yang digunakan pada antasenden adalah AND ( $\cap$ ). Pada operator AND, untuk memperoleh hasil implikasi maka diambil elemen yang mempunyai derajat keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan. Aturan fuzzy dapat dilihat pada lampiran 6 halaman 87. Pada Tabel 4.2 data pasien 1 telah diubah menjadi himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan terbesar. Misalkan pada aturan 1 sebagai berikut: If (JenisKelamin is laki-laki) and (Usia is muda) and (DenyutNadi is normal) and (TDSistolik is tinggi) and (Kolesterol is sangatteringgi) and (GDS is tinggi) and (Trigliserida is sangatteringgi) and (EKG is elevasisegmenST) and (NyeriDada is nyeri) and (SesakNafas is sesak) and (Batuk is tidakbatuk) then (HasilDiagnosa is PJKtipe3) Berdasarkan aturan tersebut akan dibuat implikasi dengan memasukkan data pasien 1 ke aturan sehingga diperoleh hasil implikasi berikut:

$$\begin{aligned} \mu A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H \cap I \cap J \cap K &= \min (\mu A (0); \mu B (68); \dots; \mu K (0)) \\ &= \min (0; 0,000527; \dots; 0,0033866) \\ &= 0 \end{aligned}$$

6. Melakukan Defuzzifikasi

Output yang dihasilkan dari proses inferensi fuzzy merupakan suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy. Defuzzifikasi ini bertujuan untuk mendapatkan nilai tegas pada output. Pada penelitian ini akan menggunakan metode defuzzifikasi Centroid dan metode defuzzifikasi MOM. Menurut (Wang Li-Xing, 1997:113), defuzzifikasi centroid lebih baik dibandingkan defuzzifikasi yang lainnya, oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan defuzzifikasi centroid dan sebagai pembandingnya digunakan pula defuzzifikasi Mean of Maximum (MOM).

- a. Metode Defuzzifikasi Centroid Dalam penelitian ini akan digunakan metode Centroid untuk sampel pasien 1 dalam menentukan hasil diagnosa. Diberikan rumus Centroid sebagai berikut :

$$Y^* = \frac{\int y \mu(y) dy}{\int \mu(y) dy}$$

Untuk memperoleh hasil defuzzifikasi, terlebih dahulu dihitung momen untuk setiap daerah. Momen untuk setiap daerah sebagai berikut :

Daerah D1 :

$$M1 = \int_0^{0,2556} (0,00386592) y dy$$

$$= 0,0000098378695$$

Daerah D2:

$$M2 = \int_{0,2256}^{0,3789} \left( e^{-\frac{0,5-y}{2(0,0823)}} \right) y dy$$

$$= 0,004968439474$$

Daerah D3 :

$$M3 = \int_{0,3789}^{0,6211} (0,00386063) y dy$$

$$= 0,04099780713$$

Daerah D4:

$$M4 = \int_{0,7744}^1 \left( e^{-\frac{0,5-y}{2(0,0823)}} \right) y dy$$

$$= 0,009504730817$$

Titik pusat diperoleh dari :

$$Y^* = \frac{0,00009837869507 + 0,004968439474 \cdot 17 + 0,0007737728569}{0,000872151552 + 0,01447317029 + 0,000872151552}$$

$$Y^* = 0,49999999998$$

b. Metode Defuzzifikasi MOM

Pada metode ini, solusi diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. Berdasarkan Gambar 4.14 yang berada pada domain [0,1], diperoleh nilai keanggotaan maksimum berada pada titik d1 dimana nilai d2= 0,3789 dan nilai d3 = 0,6211. Sehingga diperoleh nilai rata-rata untuk domain pasien 1 yaitu:

$$Y^* = \frac{d2+d3}{2} = \frac{(0,3789 + 0,6211)}{2} = 1$$

### C. Tingkat Keberhasilan Data Testing

Berikut hasil perbandingan antara diagnosa asli dengan diagnosa menggunakan sistemfuzzy :

1) Metode Defuzifikasi Centroid

Hasil perbandingan dengan metode defuzzifikasi Centroid diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Accuracy} = \frac{19}{20} \times 100\% = 95\%$$

2) MetodeDefuzifikasi MOM

Hasil perbandingan dengan metode defuzzifikasi MOM diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Accuracy} = \frac{18}{20} \times 100\% = 90\%$$

Berdasarkan hasil keakurasian antara defuzzifikasi centroid dan defuzzifikasi MOM menunjukkan bahwa metode defuzzifikasi centroid lebih baik dibandingkan model defuzzifikasi MOM untuk digunakan pada model diagnosa penyakit jantung koroner. Jadi tingkat kebenaran sistem dalam mendiagnosa PJ seorang pasien untuk metode centroid sebesar 95%.

## 4. KESIMPULAN

Dari penyelesaian penelitian ini diambil kesimpulan dengan adanya proses mendiagnosa penyakit dini jantung dengan bantuan sistem pakar dapat diketahui dengan mudah jenis penyakit yang dialami berdasarkan gejala (keluhan) penyakit jantung yang diderita serta dengan adanya metode yang diterapkan maka dapat membantu pihak terkait dalam melakukan diagnosa jantung memberikan hasil diagnosa dengan cepat. Pada penelitian ini juga didapatkan persentase dari penyelesaian permasalahan diagnosa penyakit jantung dengan menerapkan metode mamdani (centroid) sebesar 95%.

## UCAPAN TERIMAKASIH

1. Bapak John F. Marpaung dan Ibu Ritha Z. Tarigan, S.E.,MM. selaku pimpinan yayasan demokrat cemerlang.
2. Ibu Murni Marbun, S.Si., MM.,M.Kom, selaku Ketua STMIK Pelita Nusantara.
3. Bapak Jijon Raphita Sagala, M.Kom selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika.
4. Bapak Amran Sitohang, M.Kom selaku Ketua Program Studi Manajemen Informatika.
5. Ibu Sulindawaty, S.Kom.,M.Kom selaku ketua LPM STMIK Pelita Nusantara.
6. Bapak Penda Sudarto Hasugian, S.Kom.,M.Kom selaku ketua LPPM STMIK Pelita Nusantara.
7. Rekan-rekan dosen STMIK Pelita Nusantara.
8. RS Delima Medan

## REFERENCES

- [1] 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.
- [2] S. S. Manek, G. S. Mada, and Y. P. K. Kelen, "Pre-Eclampsia Diagnosis Expert System Using Fuzzy Inference System Mamdani," *J. Techno Nusa Mandiri*, vol. 20, no. 2, pp. 80–88, 2023, doi: 10.33480/techno.v20i2.4622.
- [3] S. Sumiati, H. T. Sigit, A. Triayudi, and M. Theresia, "Diagnosa Kelainan Jantung dengan Pendekatan Fuzzy Logic Mamdani," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 8, no. 2, pp. 149–157, 2022, doi: 10.15575/telka.v8n2.149-157.
- [4] N. Novianti, D. Pribadi, and R. A. Saputra, "Sistem Pakar Diagnosa Pulmonary TB Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *J. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 228–236, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i2.3927.
- [5] S. Sutrisno, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Gagal Jantung Pada Manusia Dengan Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web," *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 20–27, 2022, doi: 10.55338/jikomsi.v5i1.207.
- [6] R. Rizky and Z. Hakim, "Sistem Pakar Menentukan Penyakit Hipertensi Pada Ibu Hamil Di RSUD Adjudarmo Rangkas Bitung Provinsi Banten," vol. 09, pp. 30–34, 2020.
- [7] M. Silmi, E. A. Sarwoko, and F. Chaining, "SISTEM PAKAR BERBASIS WEB DAN MOBILE WEB UNTUK MENDIAGNOSIS PENYAKIT DARAH PADA MANUSIA DENGAN MENGGUNAKAN METODE INFERENSI FORWARD CHAINING Muhammad," *Muhamad Silmih*, vol. 4, pp. 31–38, 2018.
- [8] A. D. Puspitaningrum and A. S. Purnama, "Sistem Deteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Dengan Inferensi Fuzzy (Sugeno)," *Pros. Semin. Nas. Multimed. Artif. Intell.* 2018, no. November, pp. 1–11, 2018.
- [9] H. H. A. Rabbani, A. Jamaluddin, and A. Solehudin, "Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Jantung Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor Berbasis Website," *INFOTECH J.*, vol. 9, no. 2, pp. 442–451, 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i2.6401.
- [10] S. Muharni and S. Andriyanto, "Sistem Diagnosa Penyakit Jantung Berbasis Case Based Reasoning ( CBR )," 2021.

- [11] U. Athiyah *et al.*, “Diagnosa Resiko Penyakit Jantung Menggunakan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto,” *Infokes*, vol. 11, no. 1, pp. 31–40, 2021.
- [12] M. Nurkholifah, A. N. Am, and F. K. Oktorina, “Analisa Penyakit Jantung Menggunakan Algoritma Naïve Bayes,” vol. 4, no. 1, pp. 26–36, 2023.
- [13] D. Dona, H. Maradona, and M. Masdewi, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jantung Dengan Metode Case Based Reasoning (Cbr),” *Zo. J. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.31849/zn.v3i1.6442.
- [14] F. R. Relahat, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jantung Pada Masyarakat Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Android,” *J. TransIT*, vol. 9, no. 12, pp. 73–80, 2021.
- [15] P. T. Padi, “Implementasi metode fuzzy mamdani pada sistem pakar untuk diagnosis penyakit tanaman padi,” vol. 6, no. 2, pp. 91–98, 2020.