

SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT DIABETES MELITUS MENGUNAKAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DAN FORWARD CHAINING

Anggun Lenteraningati, Jajam Haerul Jaman, Chaerur Rozikin

Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang
1910631170161@student.unsika.ac.id)

ABSTRAK

Penyakit diabetes melitus atau kencing manis merupakan penyakit menahun tidak menular. Berdasarkan hasil riskesdas tahun 2018 terhadap remaja umur ≥ 15 tahun, bertambah sebesar 0,5% dibanding tahun 2013. Sistem pakar merupakan suatu sistem komputer yang dapat membantu menyelesaikan permasalahan yang ada dengan menggunakan pengetahuan pakar yang tersimpan di basis pengetahuan. Metode *Fuzzy Inference System* dan *Forward Chaining* merupakan metode inferensi berbasis aturan, metode ini dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mendiagnosis penyakit diabetes melitus berdasarkan gejala. Terdapat sebanyak 19 gejala penyakit diabetes melitus yang digunakan dalam penelitian. Gejala-gejala tersebut merupakan gejala umum yang biasa dialami oleh penderita penyakit diabetes melitus. Sedangkan variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko penyakit diabetes melitus adalah variabel makan, minum dan buang air kecil di malam hari. Hasil dari penelitian ini yaitu sistem pakar berbasis *website* yang dapat membantu mendiagnosis penyakit diabetes melitus berdasarkan gejala yang dialami dengan keluaran berupa jenis diabetes yang diderita, tingkat risiko dan solusinya. Berdasarkan hasil evaluasi sistem dengan menggunakan metode *User Acceptance Test* (UAT) dari segi manfaat dan tampilan, tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem pakar diagnosis penyakit diabetes melitus yaitu sangat baik dengan nilai persentase manfaat sebesar 81,4% dan nilai persentase tampilan sebesar 83,2%.

Kata kunci : *Diabetes Melitus, Forward Chaining, Fuzzy Inference System, Sistem Pakar, User Acceptent Test*

1. PENDAHULUAN

Penyakit diabetes melitus atau kencing manis merupakan penyakit menahun tidak menular. Penyakit ini disebabkan oleh tingginya kadar glukosa dalam tubuh yang melewati batas normal. Berdasarkan hasil penelitian yang diadakan pada tahun 2018 oleh RISKESDAS (Riset Kesehatan Dasar), hasil diagnosis dokter terhadap remaja berumur ≤ 15 tahun menunjukkan bahwa jumlah remaja yang menderita diabetes melitus di Indonesia mencapai 2%. Hal ini membuktikan bahwa terjadi penambahan jumlah penderita penyakit diabetes melitus sebesar 0,5% jika dibandingkan dengan hasil RISKESDAS pada tahun 2013. Berdasarkan hasil pengecekan kadar glukosa, persentase penderita penyakit diabetes melitus bertambah dari 6,9% menjadi 8,5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hanya sebanyak 25% yang menyadari bahwa dirinya menderita diabetes melitus [1].

Alasan penderita penyakit diabetes melitus tidak menyadari menderita penyakit diabetes melitus adalah karena minimnya pengetahuan terkait penyakit diabetes melitus, gejala yang mirip dengan kondisi sakit biasa dan jarang melakukan konsultasi ke dokter. Terdapat beberapa alasan yang menyebabkan masyarakat jarang melakukan konsultasi ke dokter karena mahalnya biaya pemeriksaan, ketersediaan dokter di setiap daerah, jauhnya jarak rumah dengan tempat praktik dokter dan waktu yang dikeluarkan untuk pergi ke tempat praktik dokter [2].

Sistem pakar merupakan sistem yang menggunakan pengetahuan pakar yang tersimpan

dalam suatu sistem komputer dengan tujuan menyelesaikan suatu permasalahan yang memerlukan kemampuan yang dimiliki oleh seorang pakar. Seperti namanya, sistem pakar sangat bertumpu dengan pengetahuan yang diperoleh dari pakar yang memberikan keahliannya dan pengalaman yang dimilikinya [3].

Berdasarkan penjelasan yang diberikan di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Diabetes Menggunakan Metode *Fuzzy Inference System* dan *Forward chaining*”. Penggunaan metode *Fuzzy Inference System* pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan persentase nilai dari gejala dan untuk menentukan tingkat risiko dari penyakit diabetes melitus yang dialami. Sedangkan penggunaan metode *Forward chaining* ini bertujuan untuk mencari fakta-fakta yang ada untuk mendapatkan kesimpulan. Dalam penelitian ini fakta-fakta yang dimaksud yaitu gejala-gejala umum yang dialami penderita diabetes melitus dan kesimpulan yang dimaksud yaitu hasil diagnosa jenis penyakit diabetes melitus yang diderita dan solusi yang disarankan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pakar

Menurut Kusumadewi, Sistem pakar merupakan suatu prosedur komputer yang dibuat dengan tujuan untuk meniru pengetahuan pakar dengan cara pemindahan pengetahuan ke program komputer untuk bisa menangani suatu permasalahan seperti seorang pakar atau ahli [4].

Sedangkan menurut Kuniati dkk dalam penelitiannya, secara umum sistem pakar yaitu sistem yang dibuat supaya mampu meniru keahlian seorang pakar melalui pengetahuan yang diberikan, dengan tujuan supaya mampu mengatasi suatu masalah yang ada layaknya seorang pakar dalam menyelesaikan masalah [5].

2.2. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof. Lotfi A. Zadeh. Salah satu ciri pertama dari penalaran logika *fuzzy* adalah derajat keanggotaan atau nilai keanggotaan [6]

Menurut Kusumadewi et al [7], logika *fuzzy* digunakan untuk sejumlah alasan, yaitu :

1. Konsep yang mudah dipahami. Dalam penalaran *fuzzy*, konsep matematis sangat sederhana dan mudah dipahami.
2. Fleksibel.
3. Dapat mentoleransi data-data yang sangat tepat.
4. Dapat memodelkan secara kompleks fungsi-fungsi non linier
5. Dapat merancang dan menerapkan pengalaman dari pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan terlebih dahulu.
6. Dapat berkolaborasi secara konvensional dengan teknik-teknik kendali.
7. Didasari dari bahasa alami.

2.3. Fuzzy Inference System

Fuzzy inference system merupakan kerangka kerja komputasi yang disebut sebagai sistem penalaran *fuzzy* yang didasari dari teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* dalam bentuk pernyataan IF-THEN, dan penalaran *fuzzy*. Untuk memperoleh nilai yang jelas sebagai *output* sistem, hasil gabungan di *defuzzifikasi*[8]. Struktur sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. Basis aturan atau *rule base*, yang terdiri dari aturan *fuzzy IF-THEN*.
2. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam aturan *fuzzy* dijelaskan dalam *database* atau basis data.
3. Mekanisme penalaran proses untuk mendapatkan kesimpulan berdasarkan fakta dan aturan yang dikumpulkan [7].

Tiga tahap umumnya digunakan untuk mengimplementasikan pendekatan logika *fuzzy*, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap *fuzzifikasi*, yaitu pemetaan dari *input* tetap ke himpunan *fuzzy*.
2. Tahap inferensi, yaitu tahap pembentukan aturan *fuzzy*.
3. Tahap *defuzzifikasi* yaitu tahap mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tertentu [6].

2.4. Forward Chaining

Forward chaining merupakan skema yang dipakai pada suatu sistem pakar dengan tujuan untuk memperoleh keputusan/kesimpulan yang diawali

melalui fakta-fakta yang ada [9] dengan bagian *IF* dari *rules IF-THEN* [10].

Terdapat beberapa tahapan metode *Forward Chaining* dalam pembuatan sistem pakar, antara lain :

1. Mendefinisikan masalah dengan menentukan domain masalah dan akuisisi pengetahuan.
2. Mendefinisikan data masukan untuk kebutuhan metode *Forward Chaining* ketika memulai inferensi.
3. Mendefinisikan struktur pengendalian data dengan tujuan membantu mengatur pengekseskuan aturan.
4. Menuliskan kode dasar domain pengetahuan.
5. Menguji sistem untuk mengetahui bagaimana sistem beroperasi.
6. Merancang antarmuka untuk basis pengetahuan.
7. Mengembangkan sistem.
8. Mengevaluasi sistem yang telah dikembangkan.

2.5. Expert System Development Life Cycle

ESDLC atau Siklus Hidup Pengembangan Sistem Pakar adalah suatu pendekatan sistematis untuk membangun sistem pakar yang efektif dan efisien. Menurut Durkin, metode ESDLC terdiri dari 6 (enam) tahapan, yaitu Penilaian (*assessment*), Akuisisi Pengetahuan (*knowledge acquisition*), Desain (*design*), Pengujian (*test*), Dokumentasi (*documentation*), dan Pemeliharaan (*maintenance*).

2.6. Unified Modeling Language (UML)

UML adalah sekumpulan *tools* atau peralatan berupa diagram untuk perancangan sebuah sistem yang nantinya diimplementasikan. UML merupakan metodologi di dalam pengembangan sistem berorientasi objek dan alat untuk mendukung pengembangan sistem.

UML terdiri dari beberapa diagram diantaranya *Use Case Diagram*, *Class Diagram*, *Activity Diagram* dan *Sequence Diagram*.

a. Use Case Diagram

Use Case Diagram merupakan diagram yang mengilustrasikan interaksi antara *actor* dengan sistem. *Use case* juga mendeskripsikan fungsionalitas yang diharapkan dari suatu sistem [11].

Komponen *Use Case Diagram* terdiri dari *use case*, *actor*, *system boundary*, *association*, *generalization*, *extend*, dan *include*. *Use case* bisa mempunyai banyak *extend*, di mana arah relasi *extend* diawali dari *extend* ke arah *use case* utama.

b. Class diagram

Class diagram merupakan salah satu diagram UML yang biasa digunakan untuk mengilustrasikan struktur kelas dalam suatu sistem. *Class diagram* juga dapat digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antar kelas serta menjelaskan rincian masing-masing kelas pada model desain (*logical view*) dari suatu sistem. Menurut Utama dalam [11], *class diagram* mengilustrasikan struktur dan deskripsi *class*,

package dan objek sekaligus hubungan antar kelas. Terdapat 3 (tiga) area pokok *class diagram* yaitu nama *class*, atribut dan metoda.

c. *Activity diagram*

Activity diagram atau diagram aktivitas merupakan diagram yang digunakan untuk mengilustrasikan setiap alur aktivitas dalam suatu sistem. Diagram aktivitas juga bisa digunakan untuk menggambarkan proses serupa yang mungkin saja terjadi di dalam sebagian aktivitas.

d. *Sequence Diagram*

Menurut Andi dalam [12], *Sequence diagram* merupakan diagram yang mendeskripsikan urutan proses dari setiap *use case* yang dibuat. Terdapat 4 komponen *sequence diagram* yaitu *actor*, *interface* atau *boundary*, proses pembacaan atau *control*, nama *table* atau *entity*. *Boundary* adalah *class* yang berinteraksi secara langsung dengan *actor*. *Control* atau *controller* adalah *class* yang berperan sebagai penghubung antara *boundary* dan *entity*, sedangkan *entity* merupakan *class* tempat menyimpan data

2.7. Black-Box Testing

Menurut Fatoni dalam [13], *Black-box testing* atau yang dikenal dengan pengujian fungsional merupakan suatu cara pengujian aplikasi tanpa harus mengetahui seperti apa struktur dalam program yang diuji. Melalui hasil dari pengujian *black-box testing* dapat diketahui apa saja permasalahan dalam program yang perlu diperbaiki

2.8. User Acceptance Testing (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) biasanya dilakukan sebelum diluncurkannya suatu fitur pada sebuah aplikasi. Menurut Syafarwan dalam [13], pelaksanaan pengujian *User Acceptance Testing* dapat membantu pengembang untuk memahami apakah rancangan yang sudah dibangun telah sesuai harapan pengguna atau masih perlu diperbaiki kembali. Dalam penerapannya teknik ini biasa dilakukan pada saat akhir proses pengujian atau ketika sistem sudah siap digunakan. Adapun maksud dari dilakukannya pengujian ini adalah untuk membangun perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2.9. Diabetes Melitus

Kadar glukosa yang lebih tinggi dari batas normal didefinisikan sebagai diabetes melitus, penyakit (kronis) yang bermanifestasi sebagai gangguan metabolisme. Jenis diabetes melitus dikategorikan berdasarkan apa yang menyebabkan peningkatan kadar gula darah [1]. Ada beberapa jenis penyakit kencing manis, antara lain:

- Diabetes Melitus Tipe 1. Diabetes melitus ini terjadi karena adanya kerusakan pada sel beta pankreas, sehingga meningkatkan kadar glukosa dan mencegah produksi insulin, dan menyebabkan seseorang terkena diabetes melitus tipe 1. Pada diabetes melitus tipe ini pankreas yang seharusnya

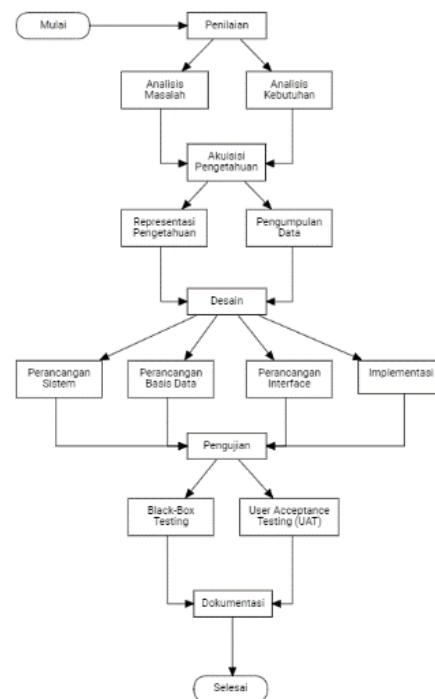
menghasilkan hormon insulin untuk memecah gula darah tidak dapat menghasilkan hormon insulin.

- Diabetes Melitus Tipe 2. Diabetes melitus tipe ini adalah diabetes melitus yang diakibatkan karena terjadi penurunan sekresi insulin rendah pankreas, sehingga menyebabkan peningkatan gula darah.
- Diabetes Melitus Gestasional, Peningkatan gula darah selama kehamilan adalah ciri yang menentukan dari jenis diabetes melitus ini. Ketika kadar gula darah kembali normal setelah melahirkan, kelainan ini biasanya bermanifestasi pada minggu ke-24 kehamilan.

3. METODE PENELITIAN

Metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan konvensional dengan metode ESDLC (*Expert System Development Life Cycle*). Alasan metode ESDLC digunakan sebagai metode pengembangan adalah karena metode ESDLC merupakan metode pengembangan perangkat lunak khusus untuk pengembangan sistem pakar. Metode ESDLC memiliki proses yang terus berulang karena adanya tambahan pengetahuan baru di mana sesudah sistem selesai dibuat dan diuji coba. Selain itu, metode ESDLC memiliki pendekatan lebih spesifik dalam pengembangan sistem pakar.

Sedangkan metode yang digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan pakar yaitu metode *Fuzzy Inference System* dan *Forward Chaining*. *Fuzzy Inference System* digunakan untuk mendapatkan nilai akurasi dari sistem pakar yang dibuat dan *Forward Chaining* dipilih untuk mengumpulkan fakta-fakta yang ada sehingga menghasilkan kesimpulan. Rancangan penelitian dari sistem pakar diagnosis diabetes melitus ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Dari Gambar 2 dapat dilihat alur rancangan penelitian dari pembuatan sistem pakar diagnosis penyakit diabetes mellitus ini. Terdapat 5 tahap metode ESDLC yang digunakan dalam penelitian, yaitu : penilaian, akuisisi pengetahuan, desain, implementasi, dan dokumentasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Melitus Menggunakan *Fuzzy Inference System* dan *Forward Chaining* ini, dilakukan melalui kegiatan studi literatur dan wawancara langsung dengan pakar bernama dr. Arif Gunawan, Sp.PD salah satu dokter spesialis penyakit dalam di RSUD Karawang.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan dr. Arif Gunawan, Sp.PD selaku dokter spesialis penyakit dalam di RSUD Karawang, diperoleh sebanyak 19 gejala penyakit diabetes melitus dan 3 tipe penyakit diabetes melitus yang disusun dalam tabel Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Gejala diabetes melitus

No.	Gejala
1	Sering merasa lapar
2	Sering merasa haus
3	Sering buang air kecil di malam hari
4	Penurunan berat badan tidak normal dalam 2 – 4 minggu
5	Mudah lelah
6	Kesemutan
7	Kulit terasa panas atau seperti tertusuk-tusuk jarum
8	Rasa kebas di kulit
9	Kram
10	Kelelahan
11	Mudah mengantuk
12	Penglihatan kabur
13	Gigi mulai goyah dan mudah lepas
14	Kemampuan seksual menurun
15	Impotensi
16	Keturunan penderita diabetes melitus
17	Sedang hamil
18	Umur < 30 tahun
19	Umur > 30 tahun

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat sebanyak 19 gejala penyakit yang biasa dialami oleh penderita diabetes melitus.

Tabel 2. Jenis/tipe diabetes melitus

No.	Nama Penyakit
1	Diabetes Melitus Tipe 1
2	Diabetes Melitus Tipe 2
3	Diabetes Melitus Gestasional

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat 3 tipe penyakit diabetes melitus. Selanjutnya untuk mempermudah pengelolaan data ke dalam sistem pakar, setiap gejala penyakit diabetes dan jenis diabetes yang ada diberi kode unik. Tabel kode gejala dan kode jenis diabetes melitus dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kode gejala

Kode Gejala	Gejala
G01	Sering merasa lapar
G02	Sering merasa haus
G03	Sering buang air kecil di malam hari
G04	Penurunan berat badan tidak normal dalam 2 – 4 minggu
G05	Mudah lelah
G06	Kesemutan
G07	Kulit terasa panas atau seperti tertusuk-tusuk jarum
G08	Rasa kebas di kulit
G09	Kram
G10	Kelelahan
G11	Mudah mengantuk
G12	Penglihatan kabur
G13	Gigi mulai goyah dan mudah lepas
G14	Kemampuan seksual menurun
G15	Impotensi
G16	Keturunan penderita diabetes melitus
G17	Sedang hamil
G18	Umur < 30 tahun
G19	Umur > 30 tahun

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa terdapat 19 kode gejala yang terdapat dalam penelitian ini. Setiap kode gejala diawali dengan huruf G yang merupakan singkatan dari kata Gejala.

Tabel 4. Kode Tipe Diabetes Melitus

Kode Jenis	Tipe Diabetes	Deskripsi
TDM01	Diabetes Melitus Tipe 1	Kondisi di mana tubuh tidak lagi memproduksi insulin karena kenaikan kadar gula darah dalam tubuh. Hal ini disebabkan karena terjadi kerusakan pada sel <i>beta-pancreas</i> .
TDM02	Diabetes Melitus Tipe 2	Kondisi di mana terjadi kenaikan gula darah karena rendahnya sekresi insulin oleh kelenjar pankreas. Penyebab diabetes melitus tipe 2 ini karena faktor hereditas dan obesitas sehingga terjadi resistensi insulin. Sehingga mengakibatkan otot menjadi tidak bisa memakai glukosa dalam tubuh.
TDM03	Diabetes Melitus Gestasional	Diabetes yang terjadi karena kenaikan kadar gula darah pada masa kehamilan. Diabetes melitus ini biasanya terjadi pada minggu ke-24 usia kandungan. Kadar gula darah penderita diabetes melitus jenis ini akan kembali normal setelah proses melahirkan.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa terdapat 3 Kode tipe diabetes melitus. TDM pada awal kode merupakan singkatan dari Tipe Diabetes Melitus. Pada Tabel 4 juga terdapat deskripsi dari masing-masing tipe diabetes melitus.

Berdasarkan hasil wawancara bersama dr Arif Gunawan, Sp.PD, maka diperoleh relasi antara setiap gejala dengan setiap jenis penyakit diabetes melitus yang disusun dalam Tabel 5.

Tabel 5. Relasi gejala dengan tipe diabetes melitus

Kode Gejala	Kode Penyakit		
	TDM01	TDM02	TDM03
G01	√	√	√
G02	√	√	√
G03	√	√	√
G04	√	√	√
G05	√	√	√
G06	√	√	√
G07	√	√	√
G08	√	√	√
G09	√	√	√
G10	√	√	√
G11	√	√	√
G12	√	√	√
G13	√	√	√
G14	√	√	
G15	√	√	
G16	√	√	√
G17			√
G18	√		
G19		√	

Dari Tabel 5 dapat dilihat relasi antara gejala dengan tipe diabetes melitus.

4.1. Fuzzy Inference System

Setelah semua data telah terkumpul langkah selanjutnya yaitu penerapan metode *Fuzzy Inference System*. Berikut langkah-langkah penerapan *Fuzzy Inference System* menggunakan metode Tsukamoto :

1. Menentukan Variabel Input dan Output

Variabel *Input* : Makan, Minum, dan Buang Air Kecil.

Variabel *Output* : Tingkat Risiko

2. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Dari 4 variabel yang telah ditentukan sebelumnya, selanjutnya dilakukan pembentukan himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel. Berikut hasil pembentukan himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel :

- Variabel Makan dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy* yaitu NORMAL dan SERING.
- Variabel Minum dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy* yaitu NORMAL dan BANYAK.
- Variabel Buang Air Kecil dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy* yaitu NORMAL dan SERING.
- Variabel Tingkat Risiko dibagi menjadi 3 himpunan yaitu RENDAH, SEDANG dan TINGGI.

3. Pembentukan Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy.

Setelah pembentukan himpunan *fuzzy* selesai dilakukan, tahap selanjutnya yaitu pembentukan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*. Kurva fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* setiap variabel dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

4. Menentukan Derajat Keanggotaan Himpunan Fuzzy.

- Pada *input* variabel MAKAN terdiri atas himpunan *fuzzy* NORMAL dan SERING. Derajat keanggotaan dari himpunan NORMAL berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{mknNORMAL}[w] = \begin{cases} 1 & x \leq 1 \\ \frac{5-x}{5-1} & 1 \leq w \leq 5 \\ 0 & w \geq 5 \end{cases} \quad (1)$$

Sedangkan untuk derajat keanggotaan dari himpunan SERING berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{mknSERING}[w] = \begin{cases} 0 & w \leq 3 \\ \frac{w-3}{8-3} & 3 \leq w \leq 8 \\ 1 & w \geq 8 \end{cases} \quad (2)$$

- Pada *input* variabel MINUM terdiri atas himpunan *fuzzy* NORMAL dan BANYAK. Derajat keanggotaan dari himpunan NORMAL berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{mnmmNORMAL}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 270 \\ \frac{3000-x}{3000-270} & 270 \leq x \leq 3000 \\ 0 & x \geq 3000 \end{cases} \quad (3)$$

Sedangkan untuk derajat keanggotaan dari himpunan BANYAK berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{mnmmBANYAK}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2000 \\ \frac{x-2000}{3500-2000} & 2000 \leq x \leq 3500 \\ 1 & x \geq 3500 \end{cases} \quad (4)$$

- Pada *input* variabel BUANG AIR KECIL terdiri atas himpunan *fuzzy* NORMAL dan SERING. Derajat keanggotaan dari himpunan NORMAL berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{bakNORMAL}[y] = \begin{cases} 1 & y \leq 0 \\ \frac{2-y}{2-0} & 0 \leq y \leq 2 \\ 0 & y \geq 2 \end{cases} \quad (5)$$

Sedangkan untuk derajat keanggotaan dari himpunan SERING berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{bakSERING}[y] = \begin{cases} 0 & y \leq 2 \\ \frac{y-2}{5-2} & 2 \leq y \leq 5 \\ 1 & y \geq 5 \end{cases} \quad (6)$$

- Pada *output* variabel TINGKAT RISIKO terdiri atas himpunan *fuzzy* RENDAH, SEDANG dan TINGGI. Derajat keanggotaan dari himpunan NORMAL berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{trRENDAH}[z] = \begin{cases} 1 & z \leq 0.01 \\ \frac{0.50-z}{0.50-0.01} & 0.01 \leq z \leq 0.50 \\ 0 & z \geq 0.50 \end{cases} \quad (7)$$

Derajat keanggotaan dari himpunan SEDANG berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{trSEDANG}[z] = \begin{cases} 0 & z \leq 0.25 \\ \frac{z-0.25}{0.50-0.25} & 0.25 \leq z \leq 0.50 \\ \frac{0.50-z}{0.75-0.50} & 0.50 \leq z \leq 0.75 \\ 1 & z \geq 0.75 \end{cases} \quad (8)$$

Sedangkan untuk derajat keanggotaan dari himpunan TINGGI berdasarkan kurva ditentukan oleh rumus :

$$\mu_{trTINGGI}[z] = \begin{cases} 0 & z \leq 0.50 \\ \frac{z-0.50}{1-0.50} & 0.50 \leq z \leq 1 \\ 1 & z \geq 1 \end{cases} \quad (9)$$

5. Pembentukan Aturan

Berikut 8 aturan (*rule*) yang digunakan dalam menentukan tingkat risiko menderita penyakit diabetes melitus :

[Rule 1] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum Normal **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko RENDAH.

[Rule 2] **IF** Makan SERING **AND** Minum NORMAL **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko SEDANG.

[Rule 3] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko SEDANG.

[Rule 4] **IF** Makan SERING **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

[Rule 5] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum NORMAL **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko SEDANG.

[Rule 6] **IF** Makan SERING **AND** Minum NORMAL **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

[Rule 7] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

[Rule 8] **IF** Makan SERING **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

6. Menghitung Nilai α -predikat

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai α – *predikat* berdasarkan aturan yang telah dibentuk. Karena operator yang digunakan dalam pembentukan aturan (*rule*) adalah operator AND, maka fungsi yang digunakan yaitu fungsi MIN.

[Rule 1] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum Normal **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko RENDAH.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknNORMAL} \cap \mu_{nmnNORMAL} \cap \mu_{bakNORMAL}) \quad (10)$$

[Rule 2] **IF** Makan SERING **AND** Minum NORMAL **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknSERING} \cap \mu_{nmnNORMAL} \cap \mu_{bakNORMAL}) \quad (11)$$

[Rule 3] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknNORMAL} \cap \mu_{nmnBANYAK} \cap \mu_{bakNORMAL}) \quad (12)$$

[Rule 4] **IF** Makan SERING **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil NORMAL **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknSERING} \cap \mu_{nmnBANYAK} \cap \mu_{bakNORMAL}) \quad (13)$$

[Rule 5] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum NORMAL **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknNORMAL} \cap \mu_{nmnNORMAL} \cap \mu_{bakSERING}) \quad (14)$$

[Rule 6] **IF** Makan SERING **AND** Minum NORMAL **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknSERING} \cap \mu_{nmnNORMAL} \cap \mu_{bakSERING}) \quad (15)$$

[Rule 7] **IF** Makan NORMAL **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknNORMAL} \cap \mu_{nmnBANYAK} \cap \mu_{bakSERING}) \quad (16)$$

[Rule 8] **IF** Makan SERING **AND** Minum BANYAK **AND** Buang Air Kecil SERING **THEN** Tingkat Risiko TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat} = \min(\mu_{mknSERING} \cap \mu_{nmnBANYAK} \cap \mu_{bakSERING}) \quad (17)$$

7. Defuzzifikasi

Proses *defuzzifikasi* yaitu proses menentukan nilai *output* akhir. Nilai akhir z ditentukan dari rata-rata berbobot masing-masing aturan. Berikut rumus penentuan nilai *output* akhir dalam menentukan tingkat risiko :

$$Z = \frac{(\text{apred}_1 * z_1) + (\text{apred}_2 * z_2) + (\text{apred}_3 * z_3) + (\text{apred}_4 * z_4) + (\text{apred}_5 * z_5) + (\text{apred}_6 * z_6) + (\text{apred}_7 * z_7) + (\text{apred}_8 * z_8)}{\text{apred}_1 + \text{apred}_2 + \text{apred}_3 + \text{apred}_4 + \text{apred}_5 + \text{apred}_6 + \text{apred}_7 + \text{apred}_8} \quad (18)$$

4.2. Forward Chaining

Berdasarkan hubungan relasi gejala diabetes melitus dan jenis diabetes melitus yang telah diperoleh melalui proses wawancara, langkah selanjutnya fakta-fakta tersebut diubah menjadi aturan atau *rules* dengan menggunakan penalaran *IF-THEN*. Aturan atau *rules* yang digunakan pada sistem pakar disusun dalam Tabel 6.

Tabel 6. Aturan atau rules

Rule	IF	THEN
1	G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G18	TDM01
2	G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G19	TDM02
3	G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09, G10, G11, G12, G13, G16, G17	TDM03

Dari tabel dapat dilihat terdapat 3 aturan/*rules* sistem pakar diagnosis diabetes melitus menggunakan penalaran *IF-THEN*.

4.3. Black-Box Testing

Pada tahap ini dilakukan *Black-Box* Testing tampilan pengguna dan tampilan admin. Pengujian ini dilakukan untuk memeriksa fungsionalitas dari setiap tombol dan menu yang tersedia dan memastikan respon sistem telah sesuai harapan.

4.4. User Acceptance Test

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon pengguna pada saat menggunakan sistem pakar. Pengujian dilakukan dengan cara membagikan kuesioner *online* kepada 30 responden yang terdiri dari pelajar, mahasiswa, karyawan, pedagang, dan ibu rumah tangga pada rentang usia antara 18 sampai 45 tahun.

Penentuan skala dan bobot nilai kuesioner dengan menggunakan skala *likert*. Selanjutnya hasil kuesioner dihitung dengan rumus untuk mengetahui berapa persentase nilai yang diperoleh. Perhitungan persentase ini dilakukan untuk menarik kesimpulan apakah sistem dapat diterima atau tidak.

Berdasarkan hasil kuesioner *online* yang dibagikan kepada 30 responden menunjukkan bahwa pengguna dalam penelitian ini terdiri dari 14 laki-laki dan 16 perempuan dengan rentang usia antara 21 sampai 27 tahun. Selanjutnya jumlah frekuensi dari setiap pertanyaan dikelompokkan berdasarkan nilai skala *likert* dari segi tampilan dan manfaat sistem pakar. Jumlah frekuensi dari setiap pertanyaan disusun dalam Tabel 7.

Tabel 7 Hasil kuesioner

No.	Pertanyaan	Nilai				
		SS	S	N	TS	STS
Tampilan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Melitus						
1.	Apakah tampilan sistem pakar diagnosis penyakit diabetes melitus cukup menarik?	14	12	4	0	0
2.	Apakah tampilan halaman tes diagnosis mudah dipahami?	11	12	7	0	0
3.	Apakah tampilan halaman hasil diagnosis mudah dipahami?	12	10	8	0	0
4.	Apakah tata letak tombol dan fungsi dari setiap tombol mudah dimengerti?	8	17	5	0	0
5.	Apakah tahapan penggunaan sistem pakar diagnosis penyakit diabetes melitus mudah dimengerti?	12	9	9	0	0
Manfaat Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Melitus						
1.	Apakah sistem pakar diagnosis penyakit diabetes melitus dapat digunakan dengan baik?	8	14	8	0	0
2.	Apakah pertanyaan-pertanyaan yang diberikan pada saat tes diagnosis diabetes melitus mudah dimengerti?	11	17	2	0	0
3.	Apakah hasil diagnosis sistem pakar mudah untuk dimengerti?	12	9	6	3	0
4.	Apakah sistem pakar diagnosis penyakit diabetes melitus dapat membantu Anda dalam mendiagnosis diabetes melitus?	14	6	6	4	0
5.	Apakah sistem pakar diagnosis penyakit diabetes melitus yang dibuat sudah sesuai dengan kebutuhan dan bermanfaat bagi Anda dalam mendiagnosis diabetes melitus?	15	5	7	3	

Dari Tabel 7 dapat dilihat dari segi tampilan terdapat sebanyak 14 responden yang memberikan nilai SS (sangat setuju) jika tampilan sistem pakar cukup menarik. Sedangkan dari segi manfaat terdapat sebanyak 15 responden memberikan nilai SS (sangat setuju) jika sistem pakar sudah sesuai dengan kebutuhan dan bermanfaat bagi dalam mendiagnosis diabetes melitus.

Setelah jumlah frekuensi dari setiap jawaban diketahui, langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah perkalian antara jumlah frekuensi dengan bobot nilai dari setiap jawaban. Setelah hasil perkalian diperoleh, langkah selanjutnya menghitung total skor dari segi tampilan dan manfaat. Hasil dari perhitungan jumlah bobot setiap frekuensi dan total skor dari segi tampilan dan manfaat disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Total skor hasil kuesioner

Pertanyaan	Nilai	Jumlah	Bobot	Jumlah * Bobot
Tampilan	SS	57	5	285
	S	60	4	240
	N	33	3	99
	TS	0	2	0
	STS	0	1	0
Total Skor				624
Manfaat	SS	60	5	300
	S	51	4	204
	N	29	3	87
	TS	10	2	20
	STS	0	1	0
Total Skor				611

Dari Tabel 8 dapat dilihat total skor hasil kuesioner dari segi tampilan sebesar 624 dengan jumlah nilai SS sebanyak 57 dan total skor hasil kuesioner dari segi manfaat sebesar 611 dengan jumlah nilai SS sebanyak 60.

Setelah total skor dari segi tampilan dan manfaat diketahui, langkah selanjutnya menghitung nilai maksimal dengan rumus formula berikut:

$$\text{"Nilai Max"} = \frac{\text{Jumlah Responden} * \text{Jumlah Pertanyaan} * \text{Nilai Bobot Tertinggi}}{\text{Jumlah Pertanyaan} * \text{Nilai Bobot Tertinggi}} \quad (19)$$

$$\text{Nilai Max} = 30 * 5 * 5$$

$$\text{Nilai Max} = 750$$

Berdasarkan rumus formula di atas diperoleh nilai maksimal dari segi tampilan dan manfaat adalah 750. Langkah selanjutnya yaitu menghitung persentase nilai dari segi tampilan dan manfaat dengan rumus formula berikut :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Nilai Max}} \times 100\% \quad (20)$$

1. Persentase Tampilan

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Nilai Max}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{624}{750} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = 83,2 \%$$

2. Persentase Manfaat

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Nilai Max}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{611}{750} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = 81,4\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem pakar berdasarkan Kriteria Interpretasi Nilai dari segi tampilan dan manfaat yaitu sangat baik.

4.5. Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem untuk mengetahui apakah hasil sistem telah sesuai dengan

pakar. Hasil pengujian sistem dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Hasil Pengujian Sistem

Gejala Penyakit	Hasil Pakar	Hasil Sistem	Ket.
G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G18	TDM01	TDM01	Sesuai
G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G19	TDM02	TDM02	Sesuai
G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07, G08, G09, G10, G11, G12, G13, G16, G17	TDM03	TDM03	Sesuai

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa hasil sistem telah sesuai dengan pakar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini, yaitu: Berdasarkan hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem dapat mendiagnosis penyakit diabetes melitus berdasarkan gejala yang dialami sesuai dengan aturan/rules. Berdasarkan hasil pengujian *Black-Box Testing* menunjukkan bahwa fungsionalitas sistem pakar bekerja dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian *User Acceptance Test* menunjukkan bahwa tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem pakar dari segi tampilan dan manfaat yaitu sangat baik dengan nilai persentase 83,2% dari segi tampilan dan 81,4% dari segi manfaat.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, yaitu : Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan pengecekan tingkat keakuratan/kepercayaan penyakit dan bukan hanya berdasarkan gejala tetapi dari faktor lainnya, aplikasi sistem pakar diagnosis penyakit diabetes ini diharapkan dapat dikembangkan menjadi aplikasi berbasis *mobile* untuk memudahkan pengguna dalam mengakses dan menggunakan aplikasi, sistem pakar ini diharapkan dapat dikembangkan lagi dengan metode dan bahasa pemrograman lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Infodatin 2020 Diabetes Melitus".
- [2] N. Nur and N. Rasyid, "Sistem Pakar Diagnosa Diabetes Melitus menggunakan Metode Fuzzy Logic dan Certainty Factor," 2023.
- [3] A. NurJumala, N. A. Prasetyo, and H. W. Utomo, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Rhinitis Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 1, p. 69, Feb. 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i1.3815.

- [4] N. Ahmad, "Metode Forward Chaining untuk Deteksi Penyakit Pada Tanaman Kentang," Halaman, 2020. [Online]. Available: www.journal.ar-raniry.ac.id/index.php/jintech
- [5] N. I. Kurniati, R. Reza El Akbar, and P. Wijaksonoc, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Autisme Pada Anak," 2019.
- [6] F. Masykur, R. Gernowo, J. Fisika, and F. Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, "Implementasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Web," 2012.
- [7] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, *LOGIKA FUZZY Dengan MATLAB (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)*. Jayapangus Press Books, 2018. [Online]. Available: <http://jayapanguspress.org>
- [8] H. K. Wardana, I. Ummah, and L. A. Fitriyah, "Sistem Pakar Fuzzy dengan Metode Sugeno Untuk Diagnosa Penyakit Diabetes Mellitus," *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, vol. 19, no. 2, p. 118, Jun. 2022, doi: 10.20527/flux.v19i2.9607.
- [9] D. Arifah, L. Isyriyah, R. Artikel, and K. Kunci, "Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika Rancang Model Expert System Pada Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus Dengan Metode Forward Chaining Info Artikel ABSTRAK," vol. 7, pp. 51–61, 2021, [Online]. Available: <http://http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>
- [10] S. Tampubolon, "RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Skistosomiasis Menggunakan Kombinasi Forward Chaining Dan Fuzzy Logic Takagi Sugeno Kang," *Media Online*, vol. 2, no. 3, pp. 128–131, 2022, [Online]. Available: <https://djournals.com/resolusi>
- [11] M. Diklat, U. A. Andri ST, and M. Widyaiswara Ahli Muda, "MATERI PELENGKAP MODUL (BAHAN AJAR) DIKLAT FUNGSIONAL PRANATA KOMPUTER TINGKAT AHLI Disusun oleh."
- [12] A. N. Rachman, "SISTEM INFORMASI WISATA DI AMPERA WATERPARK," vol. 4, no. 2, 2018.
- [13] E. L. Hady, K. Haryono, and N. W. Rahayu, "User Acceptance Testing (UAT) pada Purwarupa Sistem Tabungan Santri (Studi Kasus: Pondok Pesantren Al-Mawaddah)," 2020.