

# Sistem Pakar Diagnosis Tuberkulosis (TB) Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Dan Dempster-Shafer

Fuad Nasher<sup>\*1</sup>, Syania Sukmawati<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Suryakancana, Indonesia  
fuad.nasher@gmail.com<sup>1</sup>, syaniasukmawati23@gmail.com<sup>2</sup>

## Informasi Artikel

### Kata Kunci:

sistem pakar; tuberkulosis; diagnosis; fuzzy tsukamoto; dempster-shafer

### Histori Artikel:

Disubmit 19 Juni 2025

Direvisi 29 Juli 2025

Diterima 30 Juli 2025

Tersedia Daring 31 Juli 2025

### Sitasi:

F. Nasher and S. Sukmawati, "Sistem Pakar Diagnosis Tuberkulosis (TB) Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Dan Dempster-Shafer," Pros. Semin. Nas. Tek. Univ. Suryakancana, vol. 2, no. 1, 2025.

\*Penulis Korespondensi.

Fuad Nasher

Alamat E-mail:

[fuad.nasher@gmail.com](mailto:fuad.nasher@gmail.com)

## Abstrak

*Penyakit Tuberkulosis (TB) adalah penyakit menular yang masih menjadi perhatian serius di Indonesia. Gejala awal TB yang mirip dengan penyakit biasa menyebabkan keterlambatan deteksi, ditambah dengan rendahnya pemahaman masyarakat terhadap gejala awal TB. Sebagian besar pasien datang dalam kondisi lanjut karena gejala awal sering diabaikan atau disalahartikan. Selain itu, proses identifikasi kasus masih bergantung pada laporan manual dari Posyandu, Posbindu, Kader PMO dan masyarakat sekitar, sehingga memperlambat deteksi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pakar diagnosis tuberkulosis berdasarkan gejala dan faktor risiko yang dirasakan pengguna. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan, yaitu metode Fuzzy Tsukamoto dan metode Dempster-Shafer. Metode Fuzzy Tsukamoto digunakan untuk menangani ketidakpastian pada data gejala yang bersifat samar, sementara metode Dempster-Shafer digunakan untuk menggabungkan hasil gejala yang ditangani Fuzzy Tsukamoto dengan faktor risiko untuk menghasilkan tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis. Melalui perancangan sistem ini, diharapkan pengguna dapat melakukan deteksi dini secara mandiri sebelum melakukan pemeriksaan langsung ke fasilitas kesehatan. Sistem ini dirancang sebagai alat bantu tambahan yang bersifat pendukung terhadap pemeriksaan medis. Sistem pakar diagnosis tuberkulosis (TB) dengan metode Fuzzy Tsukamoto dan Dempster-shafer berbasis web.*

## 1. Pendahuluan

Sistem Pakar (*Expert System*) adalah sistem berbasis pengetahuan, salah satu cabang keilmuan dalam kecerdasan buatan. Sistem ini bekerja dengan menggunakan pengetahuan dan metode analisis yang telah didefinisikan terlebih dahulu oleh pakar yang sesuai dengan bidang keahliannya. Sistem ini disebut sistem pakar karena fungsi dan perannya sama seperti seorang ahli yang harus memiliki pengetahuan, pengalaman dalam memecahkan suatu persoalan [1]. Dengan sistem pakar ini diharapkan, pengguna dapat memecahkan masalah tertentu, tanpa bantuan ahli di bidangnya. Sistem pakar dapat diterapkan pada segala bidang seperti pada kesehatan, keuangan, pertanian, hukum, dan masih banyak lagi. Dalam bidang kesehatan salah satunya sistem pakar dapat membantu dalam mendiagnosis penyakit, dengan menganalisis gejala yang terdapat pada pasien sesuai dengan pengetahuan yang sudah diberikan oleh pakar.

Salah satu penerapan sistem pakar di bidang kesehatan adalah mendiagnosis penyakit seperti Tuberkulosis (TB). Tuberkulosis merupakan penyakit menular yang masih menjadi perhatian serius di Indonesia. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* ini paling sering menyerang paru-paru, namun dapat juga menyerang organ lain seperti kelenjar getah bening, tulang, usus dan sistem saraf. TB merupakan salah satu 10 penyebab kematian tertinggi di seluruh dunia dan penyebab utama kematian dari agen infeksius. Secara global diperkirakan 10.6 juta (range 9,8-11,3 juta) orang sakit TB, 1,4 juta (range 1,3-1,5 juta) kematian akibat TB termasuk HIV-negatif dan 187.000 kematian (range 158.000–218.000) termasuk HIV-positif [2].

Berdasarkan data dari Puskesmas Cugenang terdapat 125 kasus TB pada tahun 2024. Diketahui bahwa beberapa pasien datang dalam kondisi yang sudah ke tahap lanjut atau parah, hal ini terjadi karena keterlambatan dalam mengenali tanda-tanda penyakit yang sering kali tidak dianggap berbahaya oleh penderita. Gejala awal TB seringkali sulit dibedakan dari penyakit pernapasan biasa, seperti flu atau batuk biasa. Penyebaran penyakit ini terjadi melalui batuk atau bersin oleh orang yang telah mengidap penyakit TB paru, melalui air liur yang terkontaminasi dan terhirup orang sehat yang kekebalan tubuhnya lemah [3]. Selain itu, proses identifikasi kasus suspek TB banyak bergantung pada laporan dari kader, posyandu dan posbindu. Ditambah juga keterbatasan pemahaman masyarakat yang masih rendah mengenai gejala awal TB, seperti batuk berkepanjangan, demam berkepanjangan dan penurunan berat badan yang turun drastis sering disalahartikan sebagai penyakit ringan oleh penderita. Akibatnya, banyak kasus TB terdeteksi saat sudah dalam kondisi yang parah, sehingga penanganan menjadi lebih sulit dan tentunya meningkatkan risiko penularan yang lebih luas di masyarakat. Selain itu berbagai faktor risiko juga meningkatkan kemungkinan seseorang terkena atau tertular penyakit TB. Seperti kelompok yang rentan terkena TB adalah anak-anak dan lansia. Penyebaran penyakit ini menjadi lebih rentan jika terjadi dalam lingkungan keluarga yang sudah terdapat anggota yang terpapar TB. Penderita diabetes dan sistem kekebalan tubuh

yang lemah memiliki risiko lebih tinggi tertular. Pada musim hujan, risiko penularan TB semakin meningkat akibat kondisi lingkungan yang lembap dan sirkulasi udara yang terbatas.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan ini yaitu menerapkan sistem pakar yang merupakan solusi tepat untuk membantu masyarakat melakukan deteksi dini secara mandiri. Sistem pakar ini tidak hanya dapat membantu masyarakat dalam melakukan diagnosis awal berdasarkan gejala dan faktor risiko yang dirasakan, tetapi juga dapat membantu puskesmas dalam pemantauan kasus TB dengan lebih efektif. Dengan menggunakan dua metode pada sistem pakar yaitu Fuzzy Tsukamoto dan Dempster-Shafer.

Metode Fuzzy Tsukamoto digunakan untuk menangani data gejala yang bersifat tidak pasti dan samar, Dengan parameter yang memiliki ketidakpastian, maka konsep logika fuzzy dapat digunakan dalam memecahkan masalah tersebut dikarenakan logika fuzzy memiliki karakteristik dan keunggulan dalam menangani masalah yang bersifat tidak pasti [4]. Metode ini cocok digunakan karena mampu menangani ketidakpastian dari data gejala. Sementara metode Dempster-Shafer digunakan untuk menggabungkan hasil gejala dari metode fuzzy tsukamoto dengan informasi dari faktor risiko untuk memberikan keyakinan pada hasil diagnosis. Dempster-shafer memungkinkan penggabungan bukti dari berbagai sumber untuk menghasilkan kesimpulan yang lebih akurat [5]. Metode ini dipilih karena dapat mendukung kombinasi beberapa sumber informasi dan mampu menghasilkan tingkat keyakinan terhadap diagnosis meskipun informasi yang ada tidak lengkap. Dengan menggunakan dua pendekatan ini diharapkan sistem dapat memberikan hasil diagnosis yang akurat, karena sistem ini tidak hanya mempertimbangkan ketidakpastian pada data gejala, tetapi juga memperkuat keputusan diagnosis melalui kombinasi bukti dari berbagai sumber.

Oleh karena itu, peneliti melakukan perancangan sistem pakar diagnosis TB dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto dan dempster-shafer untuk mendukung upaya pencegahan, deteksi dini, dan penanganan TB di masyarakat dengan mendeteksi penyakit TB berdasarkan gejala dan faktor risiko yang dirasakan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

#### a. Wawancara dan Observasi

Metode ini digunakan untuk mengumpulkan data informasi mengenai tuberkulosis (TB) dengan mengunjungi Puskesmas Cugenang untuk mengetahui permasalahan yang ada ditempat tersebut.

#### b. Tinjauan Pustaka

Dalam perancangan sistem pakar dibutuhkan sebuah daftar pustaka sebagai acuan. Beberapa kumpulan literatur yang akan dikaji kembali sesuai dengan topik permasalahan.

#### c. Metode Rekayasa Perangkat Lunak

Metode rekayasa perangkat lunak yang digunakan adalah metode waterfall. Menurut pressman (2010) model waterfall atau kadang disebut klasik *life cycle* adalah sebuah sistematis yang berurutan untuk pengembangan perangkat lunak. Berikut tahapan-tahapan metode waterfall menurut pressman :

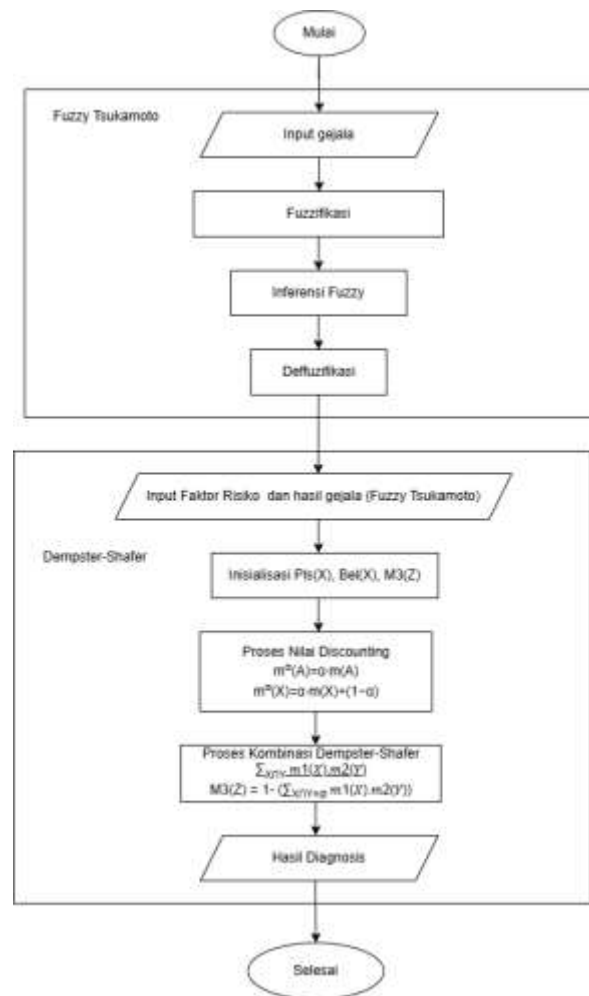
1. *Communication* : Pada tahap ini melakukan wawancara dan observasi ke tempat Puskesmas Cugenang.
2. *Planning* : Pada tahap ini merancang sistem sesuai dengan hasil wawancara dan observasi yaitu akan membuat sebuah "Sistem Pakar Diagnosis Tuberkulosis (TB) Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto dan Metode Dempster-Shafer". Sesuai jadwal yang telah direncanakan.
3. *Modeling* : Pada tahap ini melakukan analisis serta desain terhadap perancangan sistem yang telah direncanakan, dengan menggunakan UML (Unified Modeling Language).
4. *Construction* : Pada tahap ini melakukan coding dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan framework Laravel. Setelah coding selesai maka akan dilakukan testing dengan menggunakan Blackbox pada aplikasi yang dibuat.
5. *Deployment* : Pada tahap ini melakukan implementasi aplikasi kepada pihak instansi serta umpan balik dari pihak instansi.:

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Basis Pengetahuan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan penyusunan informasi yang akan digunakan oleh sistem pakar untuk menganalisis gejala dan faktor risiko dalam menentukan diagnosis. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem pakar memiliki informasi yang cukup untuk memberikan hasil analisis yang akurat dan sesuai dengan metode yang diterapkan.

Berikut merupakan alur dari pemecahan masalah dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dan Dempster-shafer



Gambar 1. Flowchart Metode Fuzzy Tsukamoto dan Dempster-shafer

1. Mulai, yaitu mulai menjalankan sistem.
2. Input gejala penyakit TB, yaitu pengguna menginputkan gejala-gejala yang dirasakan.
3. Menentukan fuzzifikasi, yaitu sistem akan mengubah nilai input (gejala) yang awalnya bersifat crisp menjadi nilai derajat keanggotaan fuzzy dalam rentang 0 sampai 1..
4. Menghitung Inferensi fuzzy, yaitu nilai  $\alpha$ -predikat, lalu sistem akan menghitung nilai  $\alpha$  predikat dengan fungsi MIN untuk setiap aturan yang berlaku.
5. Deffuzifikasi, yaitu sistem akan melakukan deffuzifikasi dengan mengubah keluaran fuzzy yang diperoleh dari inferensi (MIN) menjadi nilai tegas atau crisp.
6. Input faktor risiko dan hasil gejala (fuzzy tsukamoto), yaitu pengguna menginputkan faktor risiko dan sistem menggabungkan dengan hasil fuzzy tsukamoto
7. Inisialisasi pls(x), bel(x), M3(z), yaitu melakukan proses inisialisasi terhadap Plausibility dan Belief dengan setiap risiko yang ada.
8. Discounting faktor risiko, yaitu melakukan discounting pada inputan risiko, yaitu sistem melakukan penyesuaian bobot faktor risiko berdasarkan tingkat kepercayaan terhadap faktor risiko.
9. Kombinasi Dempster-shafer, yaitu sistem menggabungkan semua nilai massa kepercayaan menggunakan rumus kombinasi dempster-shafer untuk memperoleh keyakinan akhir.
10. Hasil diagnosis kemudian ditampilkan oleh sistem.
11. Selesai.

Tabel 1. Data Penyakit

| NO | Kode_Penyakit | Penyakit | Keterangan                                                               |
|----|---------------|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. | P001          | TB Paru  | Penyakit Tuberkulosis yang menyerang dan menginfeksi di bagian paru paru |

| NO | Kode_Penyakit | Penyakit    | Keterangan                                                                                                     |
|----|---------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | P002          | TB Kelenjar | Penyakit Tuberkulosis yang menyerang di bagian getah bening, biasanya terjadi pembesaran getah bening di leher |
| 3. | P003          | TB Usus     | Penyakit Tuberkulosis ini menyerang usus                                                                       |
| 4. | P004          | TB Otak     | Penyakit Tuberkulosis ini menyerang di bagian selaput otak atau biasa di sebut meningitis.                     |

*Tabel 2. Data Gejala*

| Fungsi | Kode Gejala | Variabel                                                                                  | Himpunan | Domain         |
|--------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| Input  | G001        | Demam (hari)                                                                              | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G002        |                                                                                           | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G003        | Penurunan berat badan (kg)                                                                | Ringan   | $\leq 5$ kg    |
|        | G004        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$ Kg   |
|        | G005        | Lemah, letih, lesu dan pucat (tingkatan)                                                  | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G006        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G007        | Penurunan nafsu makan (tingkatan)                                                         | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G008        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G009        | Batuk berdahak lebih dari 2 minggu (hari)                                                 | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G010        |                                                                                           | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G011        | Nyeri di dada saat bernafas (tingkatan)                                                   | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G012        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G013        | Sesak nafas (hari)                                                                        | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G014        |                                                                                           | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G015        | Batuk Berdarah (hari)                                                                     | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G016        |                                                                                           | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G017        | Terdapat benjolan pada bagian tubuh seperti leher, ketiak, atau daerah lipatan lain. (cm) | Ringan   | $\leq 5$ Cm    |
|        | G018        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$ m    |
|        | G019        | Benjolan membesar dan terasa nyeri/sakit (tingkatan)                                      | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G020        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G001        | Benjolan berranah atau berdarah (tingkatan)                                               | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G002        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G003        | Terdapat radang (kemerahan/pembengkakan) pada daerah benjolan (tingkatan)                 | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G004        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G005        | Mual dan muntah (hari)                                                                    | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G006        |                                                                                           | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G007        | Gangguan buang air besar atau Diare (hari)                                                | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G008        |                                                                                           | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G009        | Nyeri perut (tingkatan)                                                                   | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G010        |                                                                                           | Berat    | $\geq 10$      |

| Fungsi | Kode_Gejala | Variabel                                          | Himpunan | Domain         |
|--------|-------------|---------------------------------------------------|----------|----------------|
|        | G011        | BAB bercampur darah (tingkatan)                   | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G012        |                                                   | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G013        | Sakit kepala (hari)                               | Ringan   | $\leq 7$ Hari  |
|        | G014        |                                                   | Berat    | $\geq 14$ Hari |
|        | G015        | Kaku leher (tingkatan)                            | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G016        |                                                   | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G017        | Kejang dan berulang (tingkatan)                   | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G018        |                                                   | Berat    | $\geq 10$      |
|        | G019        | Penurunan kesadaran (tingkatan)                   | Ringan   | $\leq 5$       |
|        | G020        |                                                   | Berat    | $\geq 10$      |
| Output |             | Jenis TB (TB Paru, TB Kelenjar, TB Usus, TB Otak) | Rendah   | 0-50           |
|        |             |                                                   | Sedang   | 45- 75         |
|        |             |                                                   | Tinggi   | 70-100         |

Tabel 3. Tabel Keputusan

| Kode Gejala | Kode Penyakit |      |      |      |
|-------------|---------------|------|------|------|
|             | P001          | P002 | P003 | P004 |
| G001        | ✓             | ✓    | ✓    | ✓    |
| G002        | ✓             | ✓    | ✓    | ✓    |
| G003        | ✓             | ✓    | ✓    | ✓    |
| G004        | ✓             | ✓    | ✓    | ✓    |
| G005        | ✓             |      |      |      |
| G006        | ✓             |      |      |      |
| G007        | ✓             |      |      |      |
| G008        | ✓             |      |      |      |
| G009        |               | ✓    |      |      |
| G010        |               | ✓    |      |      |
| G011        |               | ✓    |      |      |
| G012        |               | ✓    |      |      |
| G013        |               |      | ✓    |      |
| G014        |               |      | ✓    |      |
| G015        |               |      | ✓    |      |
| G016        |               |      | ✓    |      |
| G017        |               |      |      | ✓    |
| G018        |               |      |      | ✓    |
| G019        |               |      |      | ✓    |
| G020        |               |      |      | ✓    |

Tabel 4. Data Risiko

| No. | Kode | Riwayat Kontak atau Faktor Risiko                                                                         | Bobot |
|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.  | R001 | HIV/AIDS                                                                                                  | 0,4   |
| 2.  | R002 | Kondisi kesehatan lain seperti diabetes, penyakit paru dan penyakit lainnya yang meningkatkan risiko TB . | 0,3   |
| 3.  | R003 | Tinggal di lingkungan padat penduduk dan ventilasi buruk.                                                 | 0,6   |
| 4.  | R004 | Kontak dengan penderita TB BTA positif.                                                                   | 0,5   |
| 5.  | R005 | Mempunyai Riwayat TBC sebelumnya                                                                          | 0,5   |
| 6.  | R006 | Riwayat keluarga TB (tinggal serumah)                                                                     | 0,5   |
| 7.  | R007 | Merokok                                                                                                   | 0,2   |
| 8.  | R008 | Konsumsi Alkohol                                                                                          | 0,2   |
| 9.  | R009 | Kekurangan Gizi                                                                                           | 0,3   |

| No. | Kode | Riwayat Kontak atau Faktor Risiko | Bobot |
|-----|------|-----------------------------------|-------|
| 10. | R010 | Usia Ekstrem (balita & lansia)    | 0,3   |

Data faktor risiko ini berisi informasi mengenai faktor-faktor yang dapat meningkatkan kemungkinan seseorang terkena penyakit TB. Berbeda dengan data gejala yang digunakan untuk diagnosis utama, data faktor risiko berfungsi sebagai faktor tambahan yang dapat menambahkan keyakinan terhadap hasil diagnosis.

**Tabel 5. Nilai Kepercayaan Terhadap Faktor Risiko**

| Nilai Kepercayaan | Kepercayaan Terhadap Faktor Risiko |
|-------------------|------------------------------------|
| 0,2               | Tidak                              |
| 0,4               | Kurang Yakin                       |
| 0,6               | Cukup Yakin                        |
| 0,8               | Yakin                              |
| 1                 | Sangat Yakin                       |

**Tabel 6. Tingkat Persentase Kemungkinan TB**

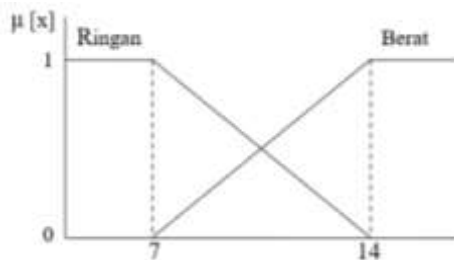
| Tingkat Persentase | Tingkat Kemungkinan |
|--------------------|---------------------|
| 0% -50%            | Kemungkinan Rendah  |
| 51% - 79%          | Kemungkinan Sedang  |
| 81% - 99%          | Besar Kemungkinan   |
| 100%               | Sangat Yakin        |

### 3.1.1 Perhitungan Fuzzy Tsukamoto

- Menentukan Fungsi Keanggotaan

Contoh : Batuk berdahak : 10 hari, Nyeri dada : 7, sesak nafas : 8 hari, batuk berdarah : 10 hari.

- Batuk berdahak (hari)



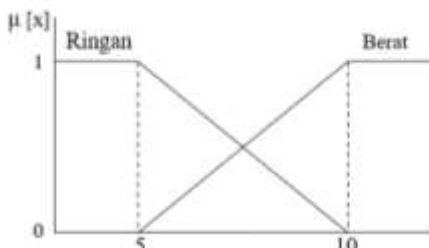
$$\mu_{Ringan}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{14-x}{14-7}, & 7 < x < 14 \\ 0, & x \geq 14 \end{cases}$$

$$\mu_{Berat}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{14-7}, & 7 < x < 14 \\ 1, & x \geq 14 \end{cases}$$

$$\mu_{Ringan}[10] = (14-10) / (14-7) = 0,57$$

$$\mu_{Berat}[10] = (10-7) / (14-7) = 0,43$$

- Nyeri dada (tingkatan)



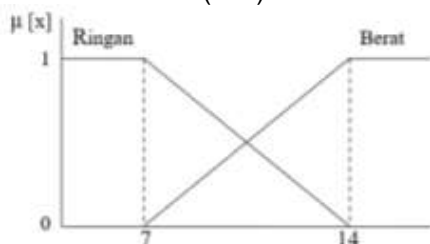
$$\mu_{Ringan}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{10-x}{10-5}, & 5 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{Berat}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10-5}, & 5 < x < 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{Ringan}[7] = (10-7) / (10-5) = 0,6$$

$$\mu_{Berat}[7] = (7-5) / (10-5) = 0,4$$

- Sesak nafas (hari)



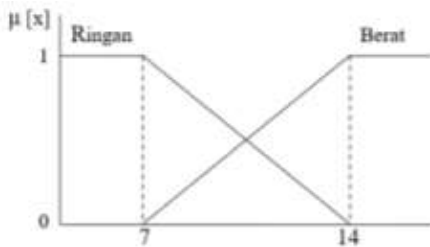
$$\mu_{Ringan}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{14-x}{14-7}, & 7 < x < 14 \\ 0, & x \geq 14 \end{cases}$$

$$\mu_{Berat}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{14-7}, & 7 < x < 14 \\ 1, & x \geq 14 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ringan}}[8] = (14-8) / (14-7) = 0,86$$

$$\mu_{\text{Berat}}[8] = (8-7) / (14-7) = 0,14$$

#### 4. Batuk Berdarah (hari)



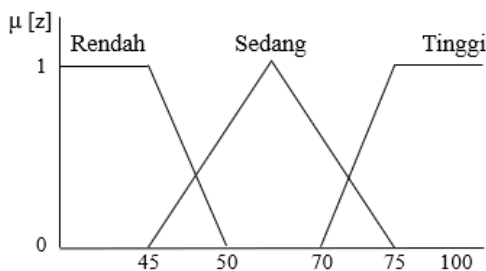
$$\mu_{\text{Ringan}}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{14-x}{14-7}, & 7 < x \leq 14 \\ 0, & x > 14 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Berat}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{14-7}, & 7 < x \leq 14 \\ 1, & x > 14 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ringan}}[10] = (14-10) / (14-7) = 0,57$$

$$\mu_{\text{Berat}}[10] = (10-7) / (14-7) = 0,43$$

#### 5. Output Kemungkinan TB



$$\mu_{\text{Rendah}}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 45 \\ \frac{50-z}{50-45}, & 45 < z \leq 50 \\ 0, & z > 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[z] = \begin{cases} 0, & z \leq 45 \text{ atau } z \geq 75 \\ \frac{z-45}{50-45}, & 45 < z \leq 50 \\ \frac{75-z}{75-70}, & 70 < z \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[z] = \begin{cases} 0, & z \leq 70 \\ \frac{z-70}{75-70}, & 70 < z \leq 75 \\ 1, & z > 75 \end{cases}$$

#### b. Inferensi

- [R1] IF Batuk berdahak Ringan AND Nyeri dada Ringan AND Sesak napas Ringan AND Batuk berdarah Ringan THEN TB Paru Rendah

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \text{Min} (\mu_{\text{BatukBerdahakRingan}}(10), \mu_{\text{NyeridadaRingan}}(7), \mu_{\text{SesaknapasRingan}}(8), \\ &\quad \mu_{\text{BatukdarahRingan}}(10)) \\ &= \text{Min} (0,57; 0,6; 0,86; 0,57) \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

- [R3] IF Demam Berat AND Penurunan berat badan Ringan AND Lemah, letih, lesu dan pucat Berat AND Penurunan nafsu makan Ringan AND Batuk berdahak Berat AND Nyeri dada Ringan AND Sesak napas Ringan AND Batuk berdarah Ringan THEN TB Paru Sedang

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \text{Min} (\mu_{\text{BatukBerdahakBerat}}(10), \mu_{\text{NyeridadaRingan}}(7), \mu_{\text{SesaknapasRingan}}(8), \\ &\quad \mu_{\text{BatukdarahRingan}}(10)) \\ &= \text{Min} (0,43; 0,6; 0,86; 0,57) \\ &= 0,43 \end{aligned}$$

#### c. Defuzzifikasi

- Menentukan nilai Z

Lihat himpunan Output Kemungkinan TB

$$\text{Rule 1 TB Paru Rendah } (50-z)/5 = 0,57 \rightarrow z = 47,2$$

$$\text{Rule 2 TB Paru Sedang } (z-45)/5 = 0,43 \rightarrow z = 47,2$$

- Menghitung nilai Z

$$z = (0,57 \times 47,2 + 0,43 \times 47,2) / (0,57 + 0,43) = 47$$

Jadi hasil dari perhitungan menggunakan fuzzy tsukamoto adalah kemungkinan terkena TB adalah 47 dengan gejala merujuk ke penyakit TB Paru.

#### 3.1.2 Perhitungan Dempster-Shafer

Contoh : Setelah pasien melakukan diagnosis gejala yang dirasakan dan diperoleh hasilnya sebesar 47 TB Paru. Selanjutnya pasien mempunyai riwayat keluarga TB dan tempat tinggal padat penduduk. Maka dari itu dilakukan perhitungan dempster-shafer sebagai berikut :

- Gejala :

$$M1 \{TB\} = 0,47$$

$$M1 \{\emptyset\} = 1 - 0,47 = 0,53$$

- Risiko 1 : Mempunyai riwayat keluarga TB

$$M2 \{TB\} = 0,5$$

$$M2 \{\Theta\} = 1 - 0,5 = 0,5$$

Discounting dengan kepercayaan 10%

$$\alpha = 0,1$$

$$M2 \{TB\} = 0,1 \times 0,5 = 0,05$$

$$M2 \{\Theta\} = (1 - 0,1) + 0,1 \times 0,5 = 0,9 + 0,05 = 0,95$$

|                 |                 |                |
|-----------------|-----------------|----------------|
|                 | 0,05<br>M2 {TB} | 0,95<br>M2 {Θ} |
| M1 {TB}<br>0,47 | {TB}<br>0,023   | {TB}<br>0,447  |
| M1 {Θ}<br>0,53  | {TB}<br>0,027   | {Θ}<br>0,503   |

$$M3 \{TB\} = 0,023 + 0,447 + 0,027 / 1 - 0 = 0,497$$

$$M3 \{\Theta\} = 0,503$$

- Risiko 2 : Tinggal di lingkungan padat penduduk dan ventilasi buruk.

$$M4 \{TB\} = 0,6$$

$$M4 \{\Theta\} = 1 - 0,6 = 0,4$$

Discounting dengan kepercayaan 10%

$$\alpha = 0,1$$

$$M4 \{TB\} = 0,1 \times 0,6 = 0,06$$

$$M4 \{\Theta\} = (1 - 0,1) + 0,1 \times 0,4 = 0,9 + 0,04 = 0,94$$

|                  |                 |                |
|------------------|-----------------|----------------|
|                  | 0,06<br>M4 {TB} | 0,94<br>M4 {Θ} |
| M3 {TB}<br>0,497 | {TB}<br>0,030   | {TB}<br>0,467  |
| M3 {Θ}<br>0,503  | {TB}<br>0,030   | {Θ}<br>0,473   |

$$M5 \{TB\} = 0,030 + 0,467 + 0,030 / 1 - 0 = 0,527$$

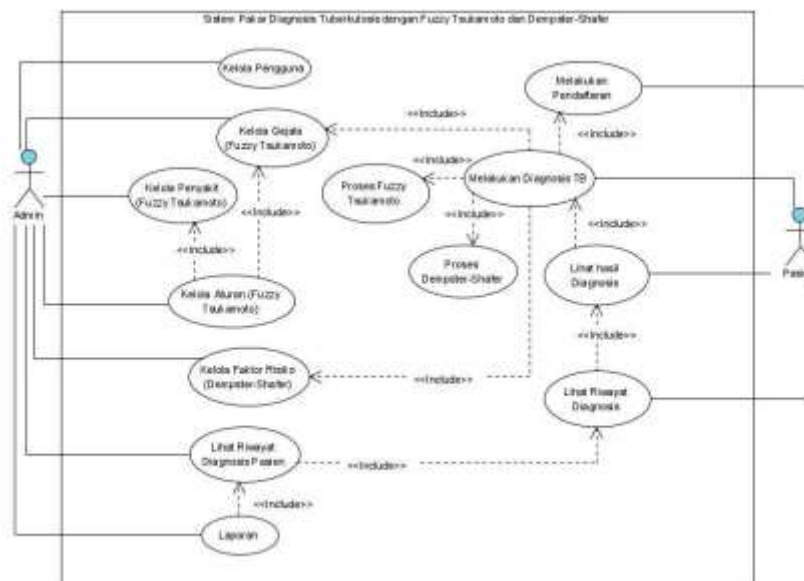
$$M5 \{\Theta\} = 0,473$$

Hasil akhirnya adalah 52,7 % kemungkinan sedang pasien terkena TB Paru.

## 3.2. Perancangan

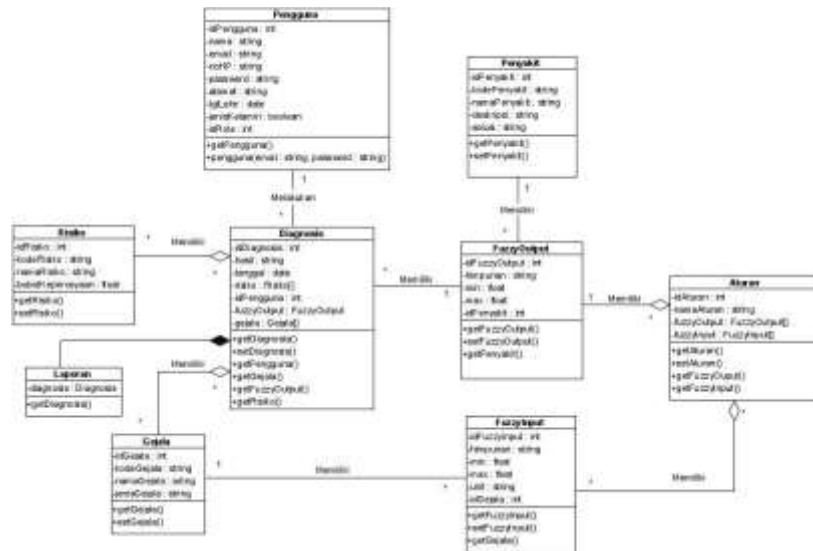
### 3.2.1 Use Case Diagram

Use case diagram adalah diagram yang menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna) dengan sistem yang dikembangkan, melalui skenario yang merepresentasikan fungsionalitas yang diharapkan dari sistem.



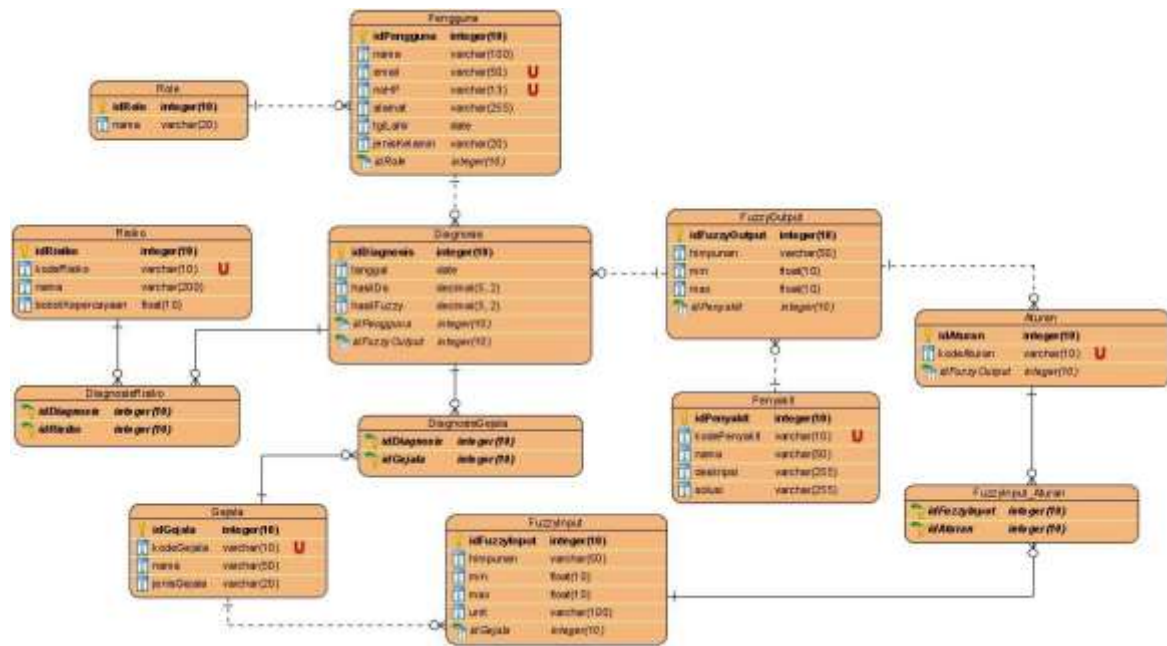
Gambar 2 Use Case Diagram

Class diagram adalah diagram yang memodelkan struktur dari sistem, dengan merepresentasikan kelas-kelas, atribut, metode (operasi), dan hubungan antar kelas seperti asosiasi, generalisasi, dan agregasi.



Berdasarkan class diagram diatas, terdapat sembilan class yaitu, pengguna, diagnosis, risiko, gejala, penyakit, fuzzyInput, fuzzyOutput, dan aturan. Dalam pengguna ada atribut role yang akan memisahkan hak akses admin dan pasien. Hubungan antar kelas pengguna dan diagnosis adalah asosiasi, karena diagnosis terkait dengan pengguna, tetapi pengguna tidak bergantung pada eksistensi diagnosis. Hubungan antar kelas risiko dan diagnosis adalah agregasi, karena diagnosis bergantung pada keberadaan risiko, tapi risiko tidak sepenuhnya dimiliki oleh diagnosis, risiko dapat eksis terpisah. Hubungan antar kelas gejala dan diagnosis adalah agregasi, karena diagnosis bergantung pada keberadaan gejala, tapi gejala tidak sepenuhnya dimiliki oleh diagnosis, gejala dapat eksis terpisah. Hubungan antar kelas diagnosis fuzzyOutput adalah asosiasi, karena diagnosis terkait dengan fuzzyOutput. Hubungan antar kelas fuzzyOutput dan penyakit adalah asosiasi, karena fuzzyOutput terkait dengan penyakit, tetapi penyakit tidak bergantung pada eksistensi fuzzyOutput. Hubungan antar kelas fuzzyOutput dan aturan adalah agregasi, karena aturan bergantung pada keberadaan fuzzyOutput, tapi fuzzyOutput tidak sepenuhnya dimiliki oleh aturan, fuzzyOutput dapat eksis terpisah. Hubungan antar kelas fuzzyInput dan aturan adalah agregasi, karena aturan bergantung pada keberadaan fuzzyInput, tapi fuzzyInput tidak sepenuhnya dimiliki oleh aturan, fuzzyInput dapat eksis terpisah. Hubungan antar kelas fuzzyInput dan gejala adalah asosiasi, karena fuzzyInput terkait dengan gejala, tetapi gejala tidak bergantung pada eksistensi fuzzyInput. Laporan dan diagnosis adalah komposisi karena laporan membutuhkan diagnosis.

Entity Relationship Diagram adalah model konseptual yang digunakan untuk merancang struktur basis data dengan cara memodelkan entitas, atribut, dan hubungan antar entitas yang mencerminkan kebutuhan data dalam suatu sistem.



Gambar 4. Entity Relationship Diagram

Berdasarkan ERD diatas terdapat dua belas entitas yaitu, pengguna, role, diagnosis, diagnosisRisiko, risiko, gejala, diagnosisGejala, fuzzyOuput, penyakit, aturan, fuzzyInput, fuzzyInputAturan. Relasi pengguna dengan role adalah many to one, karena satu role bisa dimiliki oleh banyak pengguna, tapi satu pengguna hanya satu role. pengguna dan diagnosis adalah one to many karena, satu pengguna dapat melakukan banyak diagnosis, dan satu diagnosis hanya dimiliki satu pengguna. Relasi risiko dengan diagnosis adalah many to many dengan tabel penghubung diagnosisRisiko, karena satu diagnosis banyak risiko dan satu risiko dapat muncul di banyak diagnosis. Relasi diagnosis dan gejala adalah many to many dengan tabel penghubung diagnosisGejala, karena satu diagnosis banyak gejala dan satu gejala dapat muncul di banyak diagnosis. Relasi fuzzyOutput dan diagnosis adalah one to many, karena satu fuzzyOutput bisa muncul di banyak diagnosis. Relasi fuzzyOutput dengan penyakit adalah many to one, karena satu penyakit banyak fuzzyOutput. Relasi fuzzyOutput dengan aturan adalah one to many, karena satu fuzzyOutput banyak aturan. Relasi fuzzyInput dengan aturan adalah many to many dengan tabel penghubung fuzzyInputAturan, karena satu aturan banyak fuzzyInput dan satu fuzzyInput dipakai di banyak aturan. Relasi gejala dengan fuzzyInput adalah one to many, karena setiap satu gejala banyak fuzzyInput.

## 4. Implementasi

### 4.1 Implementasi Antar Muka

Hasil dari perancangan yang sudah dibuat kemudian diimplementasikan ke dalam halaman antarmuka yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman.

#### a. Halaman Beranda

Pada sistem ini, halaman pertama yang diakses adalah halaman Beranda. Ada beberapa menu di halaman ini, antara lain adalah menu Diagnosis, Seputar TB, Tentang, dan Riwayat (pengguna yang sudah login). Berikut adalah tampilan dari halaman utama yang ditampilkan pada Gambar 5.



#### b. Halaman Diagnosis

Halaman Diagnosis terdiri dari tiga bagian utama, yaitu Form Gejala, Form Risiko, dan Hasil Diagnosis.

#### 1) Form Gejala

Pada bagian ini, pengguna dapat memilih gejala-gejala yang sedang dirasakan. Daftar gejala ditampilkan dalam bentuk pilihan, dan pengguna dapat mencentang sesuai dengan kondisi yang dialami. Berikut adalah tampilan dari halaman utama yang ditampilkan pada Gambar 8.

**Gambar 6. Tampilan Form**

#### 2) Form Faktor Risiko

Setelah memilih gejala, pengguna diarahkan untuk mengisi faktor risiko yang mungkin dimiliki. Berikut adalah tampilan dari halaman utama yang ditampilkan pada Gambar 9.

#### 3) Hasil Diagnosis

Setelah pengguna mengisi form gejala dan risiko, sistem akan memproses data tersebut menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dan Dempster-Shafer. Hasil diagnosis akan ditampilkan dalam bentuk tingkat kemungkinan menderita TB. Berikut adalah tampilan dari halaman utama yang ditampilkan pada Gambar 10.

#### c. Halaman Riwayat

Halaman ini menampilkan daftar riwayat diagnosis yang telah dilakukan oleh pengguna. Setiap data riwayat mencakup informasi seperti tanggal pemeriksaan, gejala yang dipilih, hasil diagnosis, serta tingkat kemungkinan menderita TB. Halaman ini memudahkan pengguna untuk melihat kembali hasil-hasil diagnosis sebelumnya.

## 4.2 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menjamin kualitas dan juga mengetahui kelemahan dari sistem yang dibuat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menjamin bahwa sistem aplikasi dengan yang dibangun pada aplikasi sistem pakar diagnosis TB ini memiliki kualitas yang handal untuk dipergunakan dalam aplikasi ini. pengujian perangkat

lunak ini menggunakan metode blackbox. Berikut pengujian black box pada aplikasi sistem pakar diagnosis tuberkulosis (TB). Berikut adalah pengujian pada halaman diagnosis.

#### a. Diagnosis Form Gejala

*Tabel 7. Hasil Pengujian Sistem Pada Halaman Form Gejala*

| Menu        | Skenario Pengujian                                | Aksi               | Input                        | Output                                                 | Status   |
|-------------|---------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|----------|
| Form Gejala | Mengisi form gejala dengan data yang valid.       | Klik Tombol Lanjut | Data gejala yang valid       | Menampilkan halaman form faktor risiko                 | Berhasil |
|             | Mengisi form gejala dengan data yang tidak valid. | Klik Tombol Lanjut | Data gejala yang tidak valid | Menampilkan notifikasi bahwa input gejala tidak valid. | Berhasil |

#### b. Diagnosis Form Faktor Risiko

*Tabel 8. Hasil Pengujian Sistem Pada Halaman Form Faktor Risiko*

| Menu               | Skenario Pengujian                                | Aksi               | Input                        | Output                                                 | Status   |
|--------------------|---------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|----------|
| Form Faktor Risiko | Mengisi form risiko dengan data yang valid.       | Klik Tombol Lanjut | Data risiko yang valid       | Menampilkan halaman hasil diagnosis                    | Berhasil |
|                    | Mengisi form risiko dengan data yang tidak valid. | Klik Tombol Lanjut | Data risiko yang tidak valid | Menampilkan notifikasi bahwa input risiko tidak valid. | Berhasil |

#### c. Hasil Diagnosis

*Tabel 9. Hasil Pengujian Sistem Pada Halaman Hasil Diagnosis*

| Menu            | Skenario Pengujian                                                    | Aksi | Input                             | Output                                                             | Status   |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|
| Hasil Diagnosis | Menampilkan hasil diagnosis berdasarkan input gejala dan risiko valid |      | Data gejala dan risiko yang valid | Menampilkan hasil penyakit beserta persentase kemungkinan Penyakit | Berhasil |

## 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian terkait sistem pakar diagnosis tuberkulosis (TB) yang menggunakan metode fuzzy tsukamoto dan dempster-shafer. Berdasarkan analisis gejala yang dirasakan pasien, perhitungan menggunakan fuzzy tsukamoto menunjukkan kemungkinan awal TB Paru sebesar 47 %. Selanjutnya, ketika gejala ini digabungkan dengan data risiko menggunakan metode dempster-shafer, tingkat keyakinan diagnosis TB meningkat menjadi 52,7%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggabungan informasi dari berbagai sumber sangat penting untuk mendapatkan diagnosis yang lebih akurat. Sistem ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan keterlambatan deteksi dini di masyarakat. Ke depan sistem ini memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut seperti penerapan dengan *machine learning*. Selain itu, penambahan data gejala dan faktor risiko yang lebih bervariasi akan memperkuat keandalan sistem.

## Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Suryakencana yang telah menjadi wadah bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian jurnal ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang besar bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia.

## Referensi

- [1] R. Febriyanto, R. Supardi, and E. P. Rohmawan, "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Dalam Diagnosa Kerusakan Listrik Rumah Tangga," *J. Media Infotama*, vol. 20, no. 1, pp. 113–120, 2024, [Online]. Available: <https://kerusakanlistrik.yms.my.id/sehingga>
- [2] D. J. P. dan P. Kementerian Kesehatan Indonesia, "Laporan Program Penanggulangan Tuberkulosis Tahun 2022," *Kemenkes RI*, pp. 1–147, 2023, [Online]. Available: [https://tbindonesia.or.id/pustaka\\_tbc/laporan-tahunan-program-tbc-2021/](https://tbindonesia.or.id/pustaka_tbc/laporan-tahunan-program-tbc-2021/)
- [3] D. Abdullah, M. Rahmi, and Z. Yunizar, "Implementasi Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Tuberculosis Paru Menggunakan Fuzzy Tsukamoto," *VARIASI Maj. Ilm. Univ. Almuslim*, vol. 13, no. 3, pp. 153–157, 2022, doi: 10.51179/vrs.v13i3.860.
- [4] J. N. Baraputri and F. I. Sanjaya, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Sapi," vol. 6, no. 2, pp. 1144–1152, 2025, doi: 10.47065/josh.v6i2.6568.
- [5] A. T. Muhammad Rafi Fadhilah, "Penerapan Metode Dempster Shafer dalam Mendiagnosa Penyakit Pneumonia," *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 2169–2178, 2024, doi: 10.47065/bits.v3i2.176.