

Analisis dan Desain Sistem Diagnosa Dini Penyakit *Tuberculosis* Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Daerah Raha, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara

Liana Eka Rianton¹, Nisa Miftachurohmah², Umi Mahdiyah³

^{1,2}Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka

³Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: *¹lianaekarianton733@gmail.com, ²nisa.informatics@gmail.com, ³umimahdiyah@gmail.com

Abstrak – Tuberkulosis merupakan penyakit menular kronis yang masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat, terutama di daerah dengan keterbatasan tenaga medis spesialis. Proses diagnosis dini sering kali terkendala oleh keterbatasan sumber daya, waktu tunggu pasien, serta ketidakpastian dalam penilaian gejala klinis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem pakar diagnosis dini tuberkulosis berbasis komputer dengan mengintegrasikan metode *forward chaining* dan *fuzzy logic*. Pendekatan *forward chaining* digunakan untuk memodelkan proses penalaran medis secara runut berdasarkan fakta gejala, sedangkan *fuzzy logic* diterapkan untuk merepresentasikan ketidakpastian dan tingkat keparahan gejala yang bersifat linguistik. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan basis pengetahuan, pemodelan aturan inferensi, serta perancangan arsitektur dan antarmuka sistem menggunakan *Unified Modeling Language (UML)*. Hasil penelitian ini berupa rancangan konseptual sistem pakar yang mencakup struktur data gejala dan penyakit, aturan inferensi, mekanisme penalaran, serta alur interaksi pengguna dan pakar. Rancangan sistem ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem diagnosa dini untuk membantu skrining awal tuberkulosis secara sistematis dan terstruktur, khususnya pada fasilitas layanan kesehatan dengan keterbatasan tenaga ahli.

Kata Kunci — Analisis, Desain, Sistem Diagnosa, Tuberkulosis, *Forward Chaining*, *Fuzzy Logic*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong pemanfaatan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dalam berbagai bidang, termasuk sektor kesehatan. Salah satu cabang kecerdasan buatan yang banyak digunakan dalam sistem pendukung keputusan medis adalah sistem pakar (*expert system*), yaitu sistem berbasis komputer yang meniru cara berpikir seorang pakar dalam menyelesaikan permasalahan spesifik menggunakan basis pengetahuan dan mekanisme inferensi [1], [2]. Sistem pakar dinilai mampu membantu proses pengambilan keputusan awal, terutama pada kondisi keterbatasan tenaga medis spesialis di fasilitas layanan kesehatan daerah.

Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit menular kronis yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* dan masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia. Proses diagnosis TBC umumnya melibatkan pemeriksaan klinis, radiologis, dan laboratorium yang membutuhkan waktu, biaya, serta ketersediaan tenaga medis berpengalaman [3], [4]. Di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Raha, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, memiliki keterbatasan dokter spesialis paru menyebabkan pasien sering mengalami keterlambatan dalam memperoleh diagnosis awal, sehingga berpotensi meningkatkan risiko penularan dan memperburuk kondisi klinis pasien. Data Dinas Kesehatan Kabupaten Muna yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa jumlah kasus TBC dalam periode 2020–2023 masih relatif tinggi dan cenderung fluktuatif, menandakan bahwa TBC tetap menjadi isu kesehatan yang membutuhkan pendekatan penanganan yang lebih efektif dan inovatif. Kondisi ini mendorong perlunya sistem pendukung diagnosis dini yang mampu membantu proses skrining awal secara cepat dan sistematis.

Metode *forward chaining* merupakan teknik inferensi berbasis aturan yang bekerja dengan cara menelusuri fakta awal menuju kesimpulan secara runut maju (*data-driven reasoning*) [5]. Metode ini sangat sesuai untuk proses diagnosis medis yang dimulai dari gejala pasien menuju kemungkinan penyakit. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan ketika berhadapan dengan data gejala yang bersifat tidak pasti atau memiliki tingkat keparahan yang bervariasi. Untuk mengatasi ketidakpastian tersebut, logika fuzzy (*fuzzy logic*) dapat digunakan karena mampu merepresentasikan nilai linguistik dan derajat keanggotaan antara 0 hingga 1, sehingga lebih mendekati cara berpikir manusia dalam pengambilan keputusan medis [6], [7]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan fuzzy logic dalam sistem diagnosis penyakit mampu meningkatkan fleksibilitas dan interpretabilitas hasil [8].

Penelitian ini mengintegrasikan metode *forward chaining* sebagai mekanisme inferensi deterministik dengan *fuzzy logic* sebagai pemodel ketidakpastian gejala, khususnya pada konteks rumah sakit daerah dengan keterbatasan sumber daya medis. Penelitian ini difokuskan pada analisis kebutuhan, perancangan arsitektur sistem,

pemodelan basis pengetahuan, dan alur inferensi, sebagai fondasi pengembangan sistem pakar diagnosis TBC berbasis web yang siap diimplementasikan pada tahap penelitian selanjutnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis dan desain sistem dengan tujuan menghasilkan rancangan sistem pakar diagnosis dini Tuberkulosis yang terstruktur, terukur, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Metodologi penelitian disusun secara kronologis sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian rekayasa perangkat lunak dan sistem pakar [9], [10].

Penelitian bersifat deskriptif-rekayasa (*descriptive engineering research*), yang berfokus pada:

1. analisis kebutuhan sistem,
2. perancangan basis pengetahuan,
3. pemodelan mekanisme inferensi,
4. desain sistem, dan
5. desain antarmuka pengguna.

Penelitian ini belum mencakup tahap implementasi penuh maupun pengujian performa numerik, karena fokus utama adalah menghasilkan desain sistem yang valid secara konseptual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa artefak desain sistem yang mencakup analisis kebutuhan sistem, desain sistem, basis pengetahuan, dan alur inferensi diagnosis dini Tuberkulosis. Desain sistem menunjukkan bahwa integrasi *forward chaining* dan *fuzzy logic* dapat diimplementasikan secara sistematis untuk mendukung proses skrining awal penyakit TBC.

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi secara rinci kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari sistem diagnosa dini penyakit Tuberkulosis berbasis sistem pakar. Tahap ini menjadi fondasi utama dalam perancangan sistem, karena menentukan ruang lingkup, fungsi, serta batasan sistem agar sesuai dengan permasalahan yang dihadapi dan kebutuhan pengguna akhir. Analisis kebutuhan disusun berdasarkan studi literatur, observasi proses diagnosis awal TBC di fasilitas layanan kesehatan, serta karakteristik metode *forward chaining* dan *fuzzy logic* yang akan digunakan dalam sistem.

3.1.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional mendeskripsikan layanan dan fungsi utama yang harus disediakan oleh sistem agar dapat menjalankan proses diagnosa dini Tuberkulosis secara logis dan terstruktur.

1. Manajemen Pengguna (*User Management*)
Sistem harus mampu mengelola tiga jenis pengguna, yaitu:
 - a. Pengguna/ Pasien, yang melakukan konsultasi dengan menginputkan gejala.
 - b. Dokter/Pakar, yang berperan dalam memvalidasi hasil diagnosa dan memberikan rekomendasi tindak lanjut.
 - c. Admin, yang mengelola basis pengetahuan dan data sistem.
2. Input Data Gejala
Sistem harus menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk:
 - a. Memilih gejala yang dirasakan berdasarkan daftar gejala Tuberkulosis.
 - b. Menentukan tingkat keparahan gejala dalam bentuk nilai linguistik (misalnya ringan, sedang, berat) yang akan diproses menggunakan *fuzzy logic*.
3. Basis Pengetahuan Penyakit
Sistem harus memiliki basis pengetahuan yang memuat:
 - a. Daftar penyakit Tuberkulosis (TBC Paru, TBC Kelenjar, TBC Tulang, dan lain-lain).
 - b. Aturan (rule) diagnosis berbasis *IF-THEN* yang digunakan dalam mekanisme *forward chaining*.
 - c. Nilai keanggotaan *fuzzy* untuk setiap gejala.
4. Proses Inferensi *Forward Chaining*
Sistem harus mampu:
 - a. Melakukan penalaran runut maju (*forward reasoning*) dari fakta berupa gejala yang diinputkan.
 - b. Mencocokkan fakta dengan premis aturan hingga menghasilkan kandidat penyakit.
5. Proses Inferensi *Fuzzy Logic*
Sistem harus mampu:
 - a. Mengonversi input gejala ke dalam nilai derajat keanggotaan *fuzzy*.

- b. Melakukan inferensi fuzzy menggunakan operator logika (misalnya MIN untuk AND).
 - c. Menghasilkan tingkat keyakinan diagnosis secara linguistik maupun numerik.
6. *Output* Hasil Diagnosa
Sistem harus menampilkan:
 - a. Jenis penyakit Tuberkulosis yang paling sesuai berdasarkan hasil inferensi.
 - b. Tingkat keyakinan diagnosis sebagai informasi pendukung keputusan.
 - c. Rekomendasi tindak lanjut medis awal (bersifat informatif).
7. Penyimpanan dan Laporan Data
Sistem harus mampu:
 - a. Menyimpan riwayat konsultasi pengguna.
 - b. Menyediakan laporan hasil diagnosa bagi dokter dan admin untuk keperluan monitoring dan evaluasi.

3.1.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional berkaitan dengan kualitas sistem agar dapat digunakan secara efektif, aman, dan berkelanjutan.

1. *Usability* (Kemudahan Penggunaan)
Sistem harus memiliki antarmuka yang sederhana, intuitif, dan mudah dipahami oleh pengguna non-teknis.
2. *Reliability* (Keandalan)
Sistem harus mampu menjalankan proses inferensi secara konsisten berdasarkan aturan dan nilai fuzzy yang telah ditentukan.
3. *Security* (Keamanan)
Sistem harus:
 - a. Menerapkan autentikasi pengguna.
 - b. Melindungi data medis pengguna dari akses tidak sah.
4. *Scalability* (Skalabilitas)
Sistem harus dirancang agar mudah dikembangkan, baik dari sisi penambahan aturan, gejala, maupun jenis penyakit.
5. *Maintainability* (Kemudahan Pemeliharaan)
Struktur sistem dan basis pengetahuan harus mudah diperbarui oleh admin tanpa perlu perubahan besar pada sistem inti.
6. *Portability* (Keterpindahan Platform)
Sistem dirancang berbasis *web* agar dapat diakses melalui berbagai perangkat tanpa ketergantungan sistem operasi tertentu.

3.1.3 Kebutuhan Non-Fungsional

Data yang dibutuhkan sistem meliputi:

- a. Data gejala Tuberkulosis.

Tabel 1. Fakta Gejala

Kode Gejala	Nama Gejala
G01	Demam Bertingkat yang dimulai dari rendah
G02	Batuk berdarah atau dahak bercampur darah
G03	Demam
G04	Penurunan Berat Badan
G05	Keringat Malam
G06	Nyeri Dada
G07	Batuk berkepanjangan lebih dari tiga minggu
G08	Pembengkakan kelenjar getah bening, sering kali terasa di leher
G09	Kelenjar yang bengkak bisa terasa keras, nyeri atau lunak
G10	Demam tinggi
G11	Kelelahan
G12	Nyeri Kronis pada tulang atau sendi
G13	Kelemahan otot
G14	Kelumpuhan bisa terjadi jika tulang belakang terinfeksi
G15	Sakit kepala hebat
G16	Leher Kaku
G17	Penurunan kesadaran atau kebingungan
G18	Kejang-kejang
G19	Nafsu makan menurun
G20	Sakit perut yang tidak hilang
G21	Diare panjang
G22	Perut kembung
G23	Nyeri pinggang atau punggung bawah
G24	Darah dalam urin
G25	Buang air kecil lebih sering atau terasa nyeri

G26	Luka atau bisul yang tidak kunjung sembuh
G27	Pembengkakan didaerah yang terkena
G28	Kulit yang terasa gatal atau sakit
G29	Benjolan kecil atau nodul dibawah kulit

b. Data penyakit Tuberkulosis.

Tabel 2. Fakta Penyakit

ID Penyakit	Nama penyakit
P1	TBC Paru
P2	TBC Kelenjar
P3	TBC Tulang
P4	TBC Selaput Otak
P5	TBC Usus
P6	TBC Ginjal
P7	TBC Kulit

c. Data aturan *forward chaining*.

d. Data nilai keanggotaan *fuzzy*.

e. Data pengguna dan riwayat konsultasi.

Seluruh data tersebut harus disimpan dalam basis data terstruktur untuk mendukung proses inferensi dan pelaporan.

3.2 Perancangan Basis Pengetahuan

Berikut perhitungan *forward chaining* dan *fuzzy logic* dengan memasukan 6 fakta gejala penyakit Tuberkulosis yang dimasukan pengguna.

a. Fakta *Forward Chaining*

Tabel 3. Fakta Gejala

No.	Fakta yang di rasakan pengguna
F1	Batuk lebih dari 3 minggu
F2	Batuk yang di sertai darah
F3	Demam
F4	Keringat malam
F5	Penurunan berat badan
F6	Nafsu makan menurun

b. *Rule Forward Chaining*

Dari fakta gejala diatas bisa disimpulkan suatu rule untuk mendiagnosa dini penyakit tuberculosis. Berikut adalah rule unruk diagnosa dini penyakit tuberculosis.

Tabel 4. *Rule Forward Chaining*

Rules (R)	IF	THEN
1	F1 AND F2 AND F3 AND F4 AND F5 AND F6	P1
2	F3 AND F4 AND F5 AND F6	P2
3	F3 AND F5 AND F6	P3
4	F3 AND F5 AND F6 AND F1	P5

Berdasarkan dari beberapa Rule diatas maka disimpulkan bahwa dari F1 hingga F6 lebih lebih dominan ke penyakit TB Paru.

3.3 Pemodelan Mekanisme Inferensi

3.3.1 Konversi Fakta *Forward Chaining* ke Nilai *Fuzzy*

Berdasarkan fakta yang diperoleh dari forward chaining maka langkah berikutnya adalah mengkonversi ke nilai fuzzy agar mengetahui nilai keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu).

Tabel 5. Nilai Keanggotaan *Fuzzy*

Fakta	Keterangan	Nilai <i>fuzzy</i>
F1	Batuk > 3 minggu	1.0
F2	Batuk yang di sertai darah	0.9
F3	Demam	0.8
F4	Keringat malam	0.8
F5	Berat badan menurun	0.9
F6	Nafsu makan menurun	0.8

a. Inferensi *Fuzzy*

Berikut Adalah rumus perhitungan inferensi *fuzzy*.

$$\mu_{Rule} = MIN (\mu F1, \mu F2, \mu F3, \mu F4, \mu F5, \mu F6)$$

Keterangan:

- μ_{Rule} adalah nilai inferensi Tingkat aktivasi rule *fuzzy*
- MIN menggunakan operator AND ditentukan derajat keanggotaan paling rendah
- $\mu F1, \mu F2, \mu F3, \mu F4, \mu F5, \mu F6$ Derajat keanggotaan masing-masing fakta.
- Berdasarkan rumus tersebut maka:
- Nilai TB Paru
$$\begin{aligned}\mu (TB Paru) &= MIN (F1, F2, F3, F4, F5, F6) \\ &= MIN (1.0, 0.9, 0.8, 0.8, 0.9, 0.8) \\ &= 0.8\end{aligned}$$

b. Defuzzyfikasi

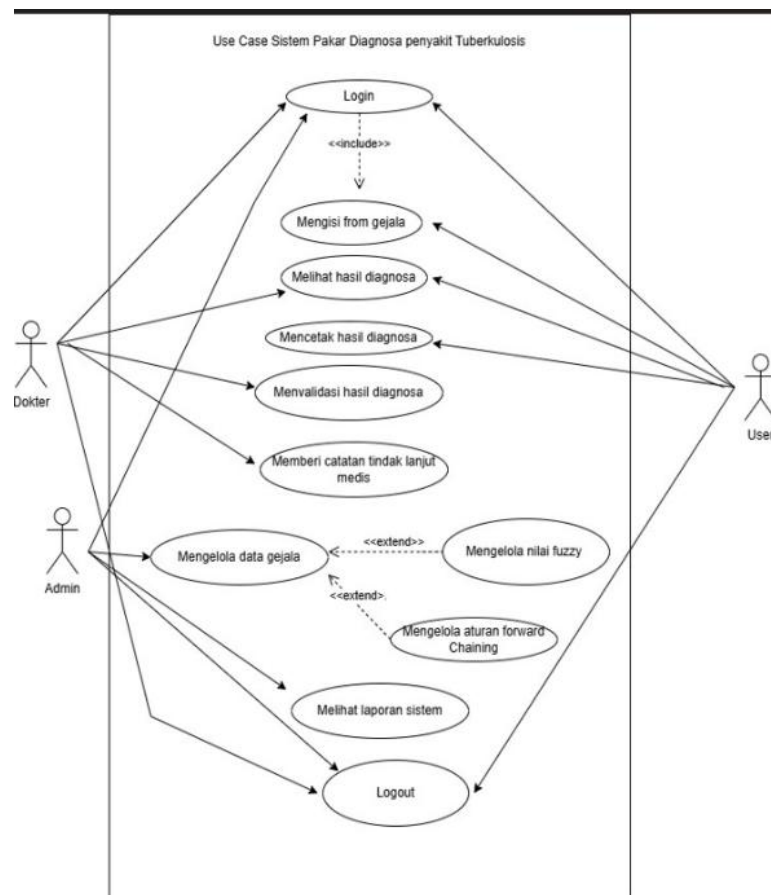
Setelah semua Rule(aturan) di inferensi dan menghasilkan nilai keanggotaan *fuzzy* maka hasil defuzzykasi dengan menggunakan metode maximum membership dan dipadukan dengan metode pendekatan adalah TB Paru dengan tingkat keyakinan 0.8 atau 80%.

3.4 Desain Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap pengembangan setelah analisis sistem dilakukan. Pada tahap ini penulis akan merancang user interface dan alur sistem yang akan berjalan dengan menggunakan konsep UML dengan software draw.io.

3.4.1 Use Case Diagram

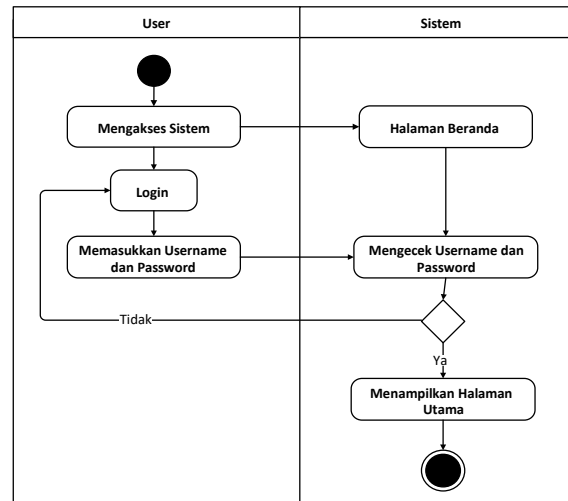
Pada Gambar 1. berikut menjelaskan tentang peran masing-masing proses dimulai dari *Login* untuk semua actor. Peran *user* yaitu mengisi *form* gejala, melihat hasil diagnosa, serta mencetak hasil diagnosa. Peran dokter yaitu melihat hasil diagnose,mengevaluasi hasil diagnosa dengan melakukan validasi,lalu memberikan catatan tindak lanjut medis kepada pasien. Peran admin yaitu mengelola data gejala, nilai fuzzy, aturan forward chaining dan melihat laporan di sistem karena admin sebagai monitoring yang mengontrol sistem.Semua aktor bisa mengakhiri aktivitas melalui fitur Logout.



Gambar 1. Use Case Diagram

3.4.2 Activity Diagram Login

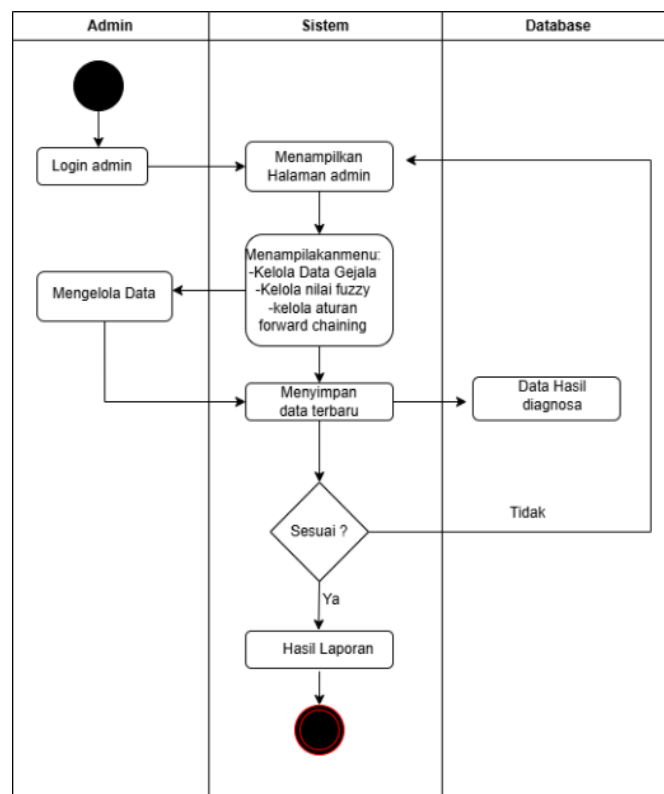
Pada gambar 2. dibawah ini admin mengakses sistem, kemudian sistem menampilkan halaman beranda, admin mengklik menu *login* admin, admin memasukkan *username* dan *password*, username dan password akan dicek oleh sistem apabila *username* dan *password* sesuai dengan database, maka sistem akan menampilkan menu utama, jika *username* dan *password* tidak sesuai dengan database, sistem akan menampilkan kesalahan dan kembali ke form login.



Gambar 2. Use Case Diagram Login

3.4.3 Activity Diagram Admin

Pada Gambar 3. berikut dimulai dari *admin* melakukan *login*, kemudian sistem menampilkan halaman admin untuk memilih menu mengelola data gejala, nilai *fuzzy*, dan mengelola aturan *forward chaining*. Setelah itu admin mengelola data kemudian sistem akan menyimpan data terbaru ke dalam database. Selanjutnya, sistem melakukan pengecekan data yang dimasukkan sudah sesuai, jika tidak maka akan kembali ke halaman *login* seperti awal tetapi jika sesuai maka sistem menampilkan hasil laporan.



Gambar 3. Activity Diagram Admin

3.5 Desain Anatarmuka Pengguna



Gambar 4. Tampilan Halaman Awal



Gambar 5. Tampilan Halaman Gejala User

Gambar 5 merupakan halaman user yang menampilkan gejala pada Sistem Pakar Diagnosa Dini Penyakit Tuberkulosis. Halaman ini digunakan untuk menampilkan dan memilih gejala yang berkaitan dengan tuberkulosis. Gejala ditampilkan dalam bentuk tabel yang berisi kode dan deskripsi gejala, dilengkapi dengan fitur pencarian, tambahkan data gejala, serta tombol kirim untuk melanjutkan ke proses analisis dan penentuan hasil diagnosa oleh sistem. Kemudian pada bagian kiri halaman terdapat menu navigasi yang memudahkan pengguna berpindah antar fitur, seperti menu Gejala, lihat hasil diagnosa, cetak hasil diagnosa, serta tombol log out.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan analisis dan desain sistem pakar diagnosis dini Tuberkulosis yang mengintegrasikan metode forward chaining dan fuzzy logic. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode tersebut dapat dikombinasikan secara konseptual untuk membangun mekanisme diagnosis yang sistematis, fleksibel, dan mendekati cara berpikir tenaga medis dalam menangani ketidakpastian gejala. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada perancangan arsitektur sistem, basis pengetahuan, serta alur inferensi yang dirancang khusus untuk konteks rumah sakit daerah dengan keterbatasan sumber daya medis. Desain sistem yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi landasan yang valid dan siap diimplementasikan pada tahap pengembangan selanjutnya. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengimplementasikan sistem yang telah dirancang, melakukan pengujian fungsional dan evaluasi kinerja sistem, serta melibatkan pakar medis secara langsung untuk validasi hasil diagnosis.

5 SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan tahap implementasi dan pengujian sistem pakar diagnosis dini tuberkulosis yang telah dirancang, sehingga kinerja metode *Forward Chaining* dan *Fuzzy Logic* dapat dievaluasi secara empiris melalui data kasus nyata. Selain itu, basis pengetahuan dan aturan inferensi perlu divalidasi secara langsung oleh tenaga medis profesional agar tingkat keandalan sistem semakin meningkat. Pengembangan lanjutan juga dapat mempertimbangkan penambahan variabel klinis maupun hasil pemeriksaan penunjang, integrasi dengan rekam medis elektronik, serta penerapan metode kecerdasan buatan lain sebagai pembanding guna meningkatkan akurasi dan fleksibilitas sistem sebagai alat bantu pendukung keputusan medis.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Rich and K. Knight, *Artificial Intelligence*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1991.
- [2] P. Jackson, *Introduction to Expert Systems*, 3rd ed. Addison-Wesley, 1999.
- [3] World Health Organization, “Global Tuberculosis Report,” 2023. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11688.14084>
- [4] A. Zumla et al., “Tuberculosis,” *The Lancet*, vol. 393, no. 10181, pp. 1642–1656, 2019. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30308-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30308-3)
- [5] G. Giarratano and G. Riley, *Expert Systems: Principles and Programming*, 4th ed. Boston: PWS, 2005.
- [6] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- [7] T. J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, 4th ed. Wiley, 2021. <https://doi.org/10.1002/9781119541523>
- [8] N. Novianti et al., “Expert system for pulmonary TB diagnosis using fuzzy logic,” *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [9] R. Pressman and B. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, 9th ed. McGraw-Hill, 2020.
- [10] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Pearson, 2016.