

ANALISIS KOMPARATIF METODE CERTAINTY FACTOR DAN FUZZY MAMDANI PADA SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT PARU-PARU

Darsin ¹⁾, Asep Afandi ²⁾

^{1, 2)} Sistem Informasi Institut Teknologi Bisnis dan Bahasa Dian Cipta Cendikia
email : [^{1\)}](mailto:itbadcc.darsin@gmail.com), [^{2\)}](mailto:asepafandi189@gmail.com)

Abstraksi

Penyakit paru-paru seperti Tuberkulosis, Pneumonia, dan Bronkitis masih menjadi permasalahan kesehatan yang signifikan karena memiliki tingkat kasus yang tinggi serta gejala yang hampir serupa sehingga menyebabkan ketidakpastian dalam proses diagnosis awal. Kondisi tersebut semakin sulit ditangani pada daerah dengan keterbatasan tenaga medis dan fasilitas kesehatan, termasuk di Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendukung keputusan berbasis Artificial Intelligence untuk membantu tenaga kesehatan dalam melakukan diagnosis awal dan mendukung kegiatan penyuluhan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani dalam mendiagnosis penyakit paru-paru berdasarkan tingkat keyakinan hasil diagnosis dan kestabilan nilai yang dihasilkan. Penelitian dilakukan di Puskesmas Jadi Rejo dengan menggunakan data gejala, penyakit, dan nilai keyakinan pakar yang diperoleh melalui observasi, wawancara tenaga kesehatan, serta studi literatur. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pembentukan basis pengetahuan, implementasi metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani, pengujian sistem berbasis web, serta analisis perbandingan hasil diagnosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Certainty Factor menghasilkan nilai diagnosis tertinggi sebesar 1,00 dan nilai 0,96 pada Tuberkulosis Paru, namun menghasilkan nilai tidak valid sebesar 1,195 pada Tuberkulosis Pneumonia. Sementara itu, metode Fuzzy Mamdani menghasilkan nilai yang lebih stabil dengan rentang 0,70 hingga 1,00 pada seluruh data uji. Berdasarkan hasil tersebut, metode Fuzzy Mamdani dinilai lebih konsisten dalam menangani ketidakpastian gejala karena seluruh hasil diagnosis berada pada rentang valid. Penelitian ini diharapkan dapat membantu proses diagnosis awal penyakit paru-paru dan mendukung penyuluhan kesehatan masyarakat di Kecamatan Way Pengubuan.

Kata Kunci:

Sistem Pakar, Certainty Factor, Fuzzy Mamdani, Diagnosis Penyakit Paru-Paru, Artificial Intelligence.

Abstract

Lung diseases such as Tuberculosis, Pneumonia, and Bronchitis remain significant health problems due to their high incidence rates and similar clinical symptoms, which often create uncertainty in the early diagnosis process. This condition becomes more challenging in areas with limited medical personnel and healthcare facilities, including Way Pengubuan District, Central Lampung Regency. Therefore, an Artificial Intelligence-based decision support system is needed to assist healthcare workers in conducting early diagnosis and supporting community health education programs. This study aims to compare the performance of the Certainty Factor and Fuzzy Mamdani methods in diagnosing lung diseases based on the confidence level of diagnostic results and the stability of the generated values. The research was conducted at Jadi Rejo Public Health Center using symptom data, disease data, and expert confidence values obtained through observation, interviews with healthcare workers, and literature studies. The research stages included data collection, knowledge base development, implementation of the Certainty Factor and Fuzzy Mamdani methods, web-based system testing, and comparative analysis of diagnostic results. The results showed that the Certainty Factor method produced the highest diagnostic value of 1.00 and a value of 0.96 for Pulmonary Tuberculosis, but generated an invalid value of 1.195 for Tuberculosis Pneumonia. Meanwhile, the Fuzzy Mamdani method produced more stable values ranging from 0.70 to 1.00 across all test data. Based on these results, the Fuzzy Mamdani method was considered more consistent in handling symptom uncertainty because all diagnostic results remained within the valid range. This research is expected to assist early diagnosis of lung diseases and support community health education activities in Way Pengubuan District.

Keywords:

Expert System, Certainty Factor, Fuzzy Mamdani, Lung Disease Diagnosis, Artificial Intelligence.

Pendahuluan

Penyakit paru-paru seperti Tuberkulosis, Pneumonia, dan Bronkitis masih menjadi salah satu

permasalahan kesehatan yang signifikan di Indonesia maupun dunia. Berdasarkan laporan World Health Organization, tuberkulosis termasuk salah satu penyakit infeksi dengan tingkat kematian

tertinggi di dunia, terutama di negara berkembang dengan keterbatasan layanan kesehatan[1]. Selain itu, pneumonia juga menjadi penyebab utama kematian akibat infeksi saluran pernapasan, khususnya pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia. Tingginya jumlah kasus penyakit paru-paru tidak selalu diimbangi dengan ketersediaan tenaga medis spesialis paru serta fasilitas diagnostik yang memadai, terutama di daerah dengan akses layanan kesehatan terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan proses diagnosis awal sering mengalami keterlambatan maupun ketidakakuratan sehingga berpotensi memperburuk kondisi pasien.

Permasalahan diagnosis penyakit paru-paru menjadi semakin kompleks karena banyak penyakit memiliki gejala klinis yang serupa, seperti batuk berkepanjangan, sesak napas, nyeri dada, demam, dan kelelahan. Kesamaan gejala tersebut menimbulkan ketidakpastian dalam proses diagnosis, baik bagi tenaga medis maupun sistem komputer berbasis pengetahuan. Ketidakpastian ini menjadi tantangan penting dalam pengembangan sistem pakar karena sistem harus mampu mengolah tingkat keyakinan dan ambiguitas gejala secara tepat untuk menghasilkan diagnosis yang mendekati keputusan pakar. Pendekatan berbasis Artificial Intelligence, khususnya sistem pakar menggunakan metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani, dinilai mampu membantu proses diagnosis awal pada kondisi keterbatasan sumber daya medis[2], [3].

Penelitian ini dilakukan di Puskesmas Jadi Rejo yang berada di Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada kebutuhan peningkatan layanan diagnosis awal penyakit paru-paru di wilayah tersebut, khususnya dalam mendukung kegiatan penyuluhan kesehatan kepada masyarakat. Kurangnya pemahaman masyarakat mengenai gejala awal penyakit paru-paru sering menyebabkan keterlambatan pemeriksaan dan penanganan medis. Oleh karena itu, sistem pakar yang dikembangkan diharapkan dapat membantu tenaga kesehatan dalam memberikan edukasi dan penyuluhan kepada warga Kecamatan Way Pengubuan terkait pengenalan gejala, tingkat risiko, serta pentingnya pemeriksaan dini terhadap penyakit paru-paru. Selain membantu proses diagnosis awal, sistem ini juga diharapkan menjadi media pendukung informasi kesehatan yang lebih mudah dipahami masyarakat.

Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa metode Certainty Factor (CF) dan Fuzzy Mamdani merupakan pendekatan yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem pakar kesehatan. Penelitian oleh Wafiq Khairiyah Azizah dan Debi Yandra Niska pada tahun 2024 menunjukkan bahwa metode Certainty Factor efektif digunakan dalam sistem pakar diagnosis penyakit paru-paru berbasis web karena mampu merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap gejala yang dialami pasien

[4]. Penelitian lain oleh Ilham Roni Yansyah dkk. tahun 2025 menjelaskan bahwa metode Fuzzy Mamdani mampu meningkatkan akurasi identifikasi penyakit melalui pengolahan data gejala yang bersifat samar atau linguistik sehingga mendukung efisiensi layanan kesehatan berbasis web [5].

Selain itu, Penelitian terbaru lainnya oleh N. L. Yadav dkk. tahun 2025 mengenai klasifikasi penyakit paru berbasis fuzzy decision support menunjukkan bahwa pendekatan fuzzy mampu meningkatkan performa identifikasi multi-penyakit paru dengan tingkat akurasi yang tinggi [6]. Kajian sistematis terbaru pada bidang respiratory medicine tahun 2026 juga menunjukkan bahwa pendekatan fuzzy logic, khususnya tipe Mamdani, menjadi salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam diagnosis penyakit pernapasan karena memiliki interpretasi klinis yang mudah dipahami serta mampu menangani ketidakpastian data medis secara efektif [7].

Meskipun berbagai penelitian terkait telah dilakukan, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada implementasi satu metode tertentu tanpa melakukan analisis komparatif secara langsung menggunakan dataset, gejala, dan parameter evaluasi yang sama. Akibatnya, belum terdapat kesimpulan yang jelas mengenai metode yang paling efektif untuk diterapkan pada sistem diagnosis awal penyakit paru-paru. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perbandingan performa metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani dalam mendiagnosis penyakit paru-paru berdasarkan tingkat akurasi diagnosis dan waktu komputasi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah berupa analisis objektif terhadap kedua metode tersebut serta menjadi dasar rekomendasi dalam pengembangan sistem pakar diagnosis penyakit paru-paru yang lebih akurat, adaptif, dan sesuai untuk kondisi keterbatasan sumber daya medis, khususnya dalam mendukung kegiatan edukasi dan penyuluhan kesehatan masyarakat di Kecamatan Way Pengubuan.

Tinjauan Pustaka

Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai sistem pakar untuk diagnosis penyakit paru-paru telah berkembang pesat dengan berbagai pendekatan metode. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Certainty Factor* (CF), yang mampu merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap suatu diagnosis. Penelitian oleh Aini et al[8] menunjukkan bahwa metode CF efektif dalam mendiagnosis penyakit tuberkulosis karena memiliki keunggulan dalam kemudahan implementasi serta interpretasi hasil yang jelas. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakpastian yang kompleks karena sangat bergantung pada subjektivitas penilaian pakar. Selain itu, metode *Fuzzy Mamdani*

juga широко digunakan dalam pengembangan sistem pakar karena kemampuannya dalam menangani data yang bersifat linguistik dan tidak pasti. Penelitian oleh Rodiah et al.[9] menunjukkan bahwa penerapan *Fuzzy Inference System* dapat meningkatkan fleksibilitas dalam proses diagnosis penyakit paru-paru. Meskipun demikian, metode ini memiliki kelemahan berupa kompleksitas proses komputasi serta subjektivitas dalam penentuan fungsi keanggotaan. Penelitian yang dilakukan oleh Jhondry dan Hansun[10] mengimplementasikan metode CF pada sistem pakar diagnosis penyakit pernapasan dan menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik.

Namun, hasil tersebut tetap dipengaruhi oleh subjektivitas dalam pemberian nilai kepastian oleh pakar. Sementara itu, Afandi dan Rustam[11] mengembangkan sistem pakar dengan pendekatan kombinasi antara metode CF dan Fuzzy Mamdani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan hybrid mampu meningkatkan akurasi diagnosis, meskipun berdampak pada meningkatnya kompleksitas sistem. Selanjutnya, Afandi dan Efendi [12] mengembangkan sistem pakar berbasis kombinasi metode Fuzzy dan CF yang menunjukkan peningkatan performa dalam proses diagnosis. Namun, pendekatan tersebut memerlukan perancangan sistem yang lebih kompleks.

Penelitian oleh Nabila dan Desiani[13] juga menunjukkan bahwa metode CF efektif dalam memberikan tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis berbasis gejala, tetapi belum dilakukan analisis perbandingan dengan metode lain yang memiliki kemampuan lebih baik dalam menangani ketidakpastian, seperti Fuzzy Mamdani.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa setiap metode memiliki karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan masing-masing. Metode CF unggul dalam aspek kesederhanaan dan interpretasi, sedangkan metode Fuzzy Mamdani lebih adaptif dalam menangani ketidakpastian data. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara khusus membandingkan kinerja kedua metode tersebut dalam kasus yang sama. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan analisis komparatif yang objektif serta menghasilkan rekomendasi metode yang paling optimal dalam diagnosis penyakit paru-paru.

Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada implementasi satu metode tanpa membandingkan performa kedua metode menggunakan dataset dan parameter evaluasi yang sama. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kontribusi pada analisis komparatif Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani dalam diagnosis penyakit paru-paru berbasis gejala.

Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan bagian dari Artificial Intelligence yang dirancang untuk meniru kemampuan pengambilan keputusan seorang pakar dalam menyelesaikan masalah tertentu. Sistem ini terdiri dari basis pengetahuan dan mesin inferensi yang digunakan untuk menghasilkan keputusan berdasarkan input gejala[14], [15].

Certainty Factor (CF)

Metode Certainty Factor digunakan untuk menyatakan tingkat keyakinan terhadap suatu hipotesis berdasarkan gejala yang ada. Nilai CF dirumuskan sebagai[11], [16]:

$$CF(H,E)=MB(H,E)-MD(H,E) \quad CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E) \\ MD(H,E)=MB(H,E)-CF(H,E)$$

di mana:

MB = Measure of Belief (tingkat kepercayaan)

MD = Measure of Disbelief (tingkat ketidakpercayaan)

Metode ini banyak digunakan karena sederhana dan mudah dipahami, namun memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakpastian yang kompleks

Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan teknik inferensi fuzzy yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dengan pendekatan aturan linguistik (*if-then*). Tahapannya meliputi fuzzifikasi, inferensi, agregasi, dan defuzzifikasi[12][17][18].

Pada proses inferensi, digunakan operator **MIN** untuk implikasi (AND), dan **MAX** untuk agregasi antar aturan. Secara matematis[11]:

Implikasi (MIN):

$$\mu A \cap B(x) = \min(\mu A(x), \mu B(x))$$

Agregasi (MAX)[12]:

$$\mu C(x) = \max(\mu C1(x), \mu C2(x), \dots, \mu Cn(x))$$

Metode Penelitian

Data penelitian diperoleh melalui observasi dan wawancara dengan tenaga kesehatan di Puskesmas Jadi Rejo Kecamatan Way Pengubuan Kabupaten Lampung Tengah. Data yang dikumpulkan meliputi jenis penyakit paru-paru, gejala, serta nilai keyakinan pakar terhadap hubungan gejala dan penyakit.

1. Sumber Data Penelitian

Data primer diperoleh melalui wawancara dan konsultasi langsung dengan tenaga kesehatan atau pakar di Puskesmas Jadi Rejo. Data ini meliputi:

- jenis penyakit paru-paru,
- daftar gejala,
- hubungan antara gejala dan penyakit,
- nilai keyakinan pakar terhadap masing-masing gejala.

Data sekunder diperoleh dari:

- jurnal ilmiah,
- buku sistem pakar,
- artikel kesehatan,
- referensi medis terkait penyakit paru-paru dan metode Certainty Factor serta Fuzzy Mamdani.

2. Keterlibatan Pakar (Expert Involvement)

Penelitian melibatkan tenaga kesehatan atau pakar medis dari Puskesmas Jadi Rejo sebagai sumber pengetahuan utama dalam pembentukan basis pengetahuan sistem pakar. Pakar berperan dalam:

- menentukan daftar gejala penyakit,
- menentukan relasi gejala dan penyakit,
- memberikan nilai bobot keyakinan,
- memvalidasi hasil diagnosis sistem.

Tabel 1. Observasi Lapangan

Kategori	Keterangan
Pakar	Tenaga kesehatan/Petugas medis
Lokasi	Puskesmas Jadi Rejo
Peran	Validasi gejala dan bobot penyakit

3. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan disusun berdasarkan hubungan antara gejala dan penyakit yang diperoleh dari pakar medis. Setiap penyakit memiliki sejumlah gejala yang direpresentasikan dalam bentuk aturan IF-THEN.

Tabel 2. Data Penyakit

Kode	Nama Penyakit
P1	Tuberkolosis Kelenjar Getah Bening
P2	Tuberkolosis Payudara
P3	Tuberkolosis Paru
P4	Tuberkolosis Tulang Belakang
P5	Tuberkolosis Pneumonia

Tabel 3. Data Gejala

Kode	Gejala
G01	Muncul benjolan pada leher, ketiak, atau sela paha

Kode	Gejala
G02	Tanda radang di sekitar benjolan
G03	Benjolan mudah digerakkan
G04	Benjolan terasa kenyal
G05	Benjolan semakin membesar
G06	Benjolan pecah mengeluarkan nanah
G07	Luka pada kulit akibat benjolan
G08	Penurunan nafsu makan
G09	Benjolan di payudara
G10	Nyeri pada payudara
G11	Radang di sekitar benjolan payudara
G12	Batuk lebih dari 3 minggu
G13	Demam lebih dari 3 minggu
G14	Rasa tidak enak badan
G15	Batuk darah
G16	Sesak nafas dan nyeri dada
G17	Berat badan menurun
G18	Berkeringat malam hari
G19	Nyeri/kaku pada punggung
G20	Enggan menggerakkan punggung
G21	Sulit membungkuk
G22	Nyeri berkurang saat istirahat
G23	Benjolan di tulang belakang
G24	Batuk 2-3 minggu
G25	Nyeri dada
G26	Kehilangan selera makan
G27	Napas cepat

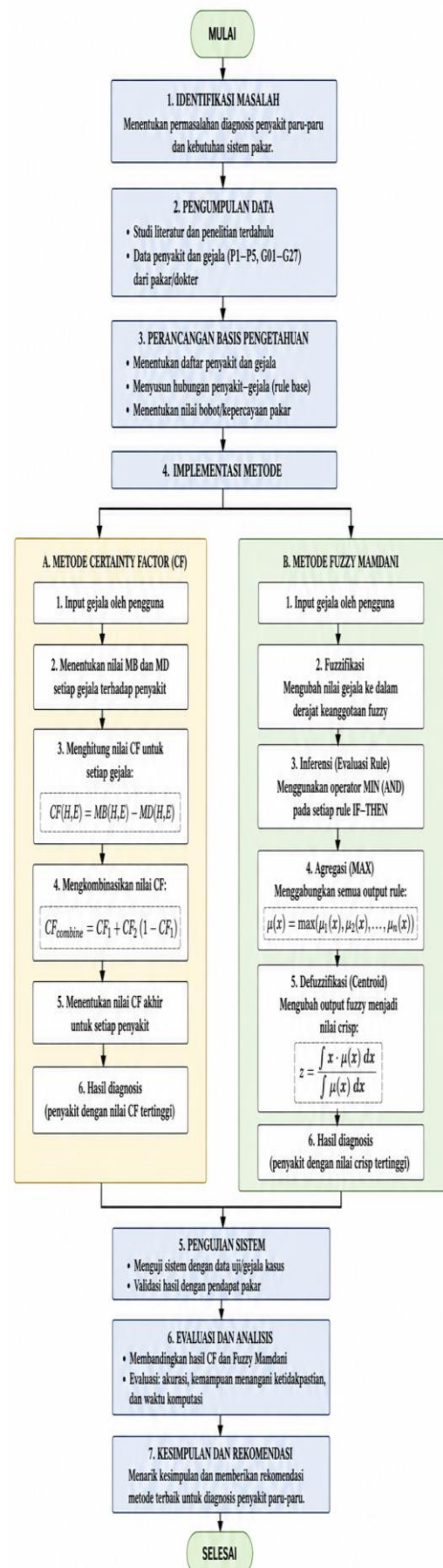
Tabel 3. Relasi Penyakit dan Gejala (Rule Base)

Gejala	P01	P02	P03	P04	P05
G01	-	-	X	-	X
G02	-	-	X	-	-
G03	-	X	X	-	-
G04	-	-	X	-	-
G05	X	-	X	-	X
G06	-	-	X	-	X
G07	-	X	X	-	-
G08	-	-	X	-	X
G09	X	-	-	-	-
G10	X	-	-	-	-
G11	X	-	-	-	-
G12	X	-	-	-	-
G13	X	-	-	-	-
G14	X	-	-	-	-
G15	X	-	-	-	-
G16	-	X	-	-	-
G17	-	X	-	-	-
G18	-	X	-	-	-
G19	-	-	-	X	-
G20	-	-	-	X	-
G21	-	-	-	X	-

Gejala P01 P02 P03 P04 P05

G22	-	-	-	X	-
G23	-	-	-	X	-
G24	-	-	-	-	X
G25	-	-	-	-	X

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data gejala dan penyakit di Puskesmas Jadi Rejo, pembentukan basis pengetahuan, implementasi metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani, pengujian sistem, serta analisis perbandingan hasil diagnosis berdasarkan akurasi dan waktu komputasi untuk mendukung diagnosis dan penyuluhan kesehatan Masyarakat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Metode Certainty Factor

Seorang pakar sering kali menganalisis informasi yang ada dengan ungkapan seperti “mungkin”, “kemungkinan besar”, “amper pasti”, untuk mengakomodasi hal ini kita menggunakan *Certainty Factor* (CF) guna menggambarkan tingkat keyakinan pakar terhadap masalah yang sedang terjadi [19], [20]. Faktor Kepastian (*Certainty Factor*) menyatakan kepercayaan dalam sebuah kejadian (fakta atau hipotesis) berdasarkan bukti atau penilaian pakar [21]. Salah satu cara dalam mendapatkan amper keyakinan (CF) dari sebuah *rule* amper dengan cara mewawancarai seorang pakar yaitu nilai CF(Rule) didapat dari interpretasi “term” pakar yang diubah menjadi nilai CF tertentu [22] sesuai ampe 1 berikut [11]:

Tabel 4. Nilai CF dan Interpretasi

Uncertain Term	CF
Definitely not (pasti tidak)	- 1.0
Almost certainly not (amper pasti tidak)	- 0.8
Probably not (kemungkinan besar tidak)	- 0.6
Maybe not (mungkin tidak)	- 0.4
Unknown (tidak tahu)	- 0.2 to 0.2
Maybe (mungkin)	0.4
Probably (kemungkinan besar)	0.6
Almost certainly (amper pasti)	0.8
Definitely (pasti)	1.0

Berdasarkan table 4, didapat bobot setiap gejala untuk setiap penyakit, Dimana pembobotan diberikan oleh pakar dari puskesmas Candi Rejo Way Pengubuan.

Table 4. Bobot Gejala

Nama Penyakit	Gejala	Bobot
Tuberkolosis Kelenjar Getah Bening	Munculnya benjolan- benjolan pada bagian yang mengalami gangguan kelenjar. Seperti leher, sela paha dan ketiak (G09)	1,0
	Ada tanda-tanda radang didaerah sekitar benjolan kelenjar (G18)	0,8
	Benjolan kelenjar mudah digerakkan (G11)	0,8
	Benjolan kelenjar yang timbul terasa kenyal (G12)	0,8
	Membesarnya benjolan kelenjar yang mengakibatkan hari demi hari kondisinya semakin memburuk dan merusak tubuh (G13)	1,0
	Benjolan kelenjar pecah dan mengeluarkan cairan seperti nanah kotor (G14)	0,8
	Terdapat luka pada jaringan kulit atau kulit yang disebabkan pecahnya benjolan kelenjar getah bening (G15)	1,0
	Penurunan nafsu makan (G05)	0,8

Nama Penyakit	Gejala	Bobot
Tuberkolosis Payudara	Timbulnya benjolan dipayudara (G16)	1,0
	Rasa nyeri dibagian payudara (G17)	0,8
	Adanya tanda radang disekitar benjolan yang timbul dipayudara (G18)	0,8
	Batuk terus-menerus dan berdahak selama 3 minggu/lebih (G01)	0,8
	Demam selama 3 minggu atau lebih (G03)	0,6
	Rasa kurang enak badan (G07)	0,8
Tuberkolosis Paru	Dahak bercampur darah atau batuk darah (G02)	0,6
	Demam selama 3 minggu atau lebih (G03)	0,6
	Sesak nafas dan nyeri dada (G04)	0,6
	Penurunan nafsu makan (G05)	0,8
	Berat badan turun (G06)	0,8
	Rasa kurang enak badan, lemah, melaise (G07)	0,8
Tuberkolosis Tulang Belakang (spondilitasi)	Berkeringat dimalam hari walaupun tidak melakukan apa-apa (G08)	0,6
	Rasa nyeri pada bagian punggung/mengalami kekakuan punggung (G19)	1,0
	Penderita enggan menggerakkan punggungnya (G20)	1,0
	Penderita mendadak untuk membungkung atau mengangkat barang dari lantai, bila diminta penderita akan menekuk lututnya agar punggung tetap lurus (G21)	1,0
	Rasa nyeri pada punggung berkurang bila penderita beristirahat (G22)	1,0
	Timbulnya benjolan dibagian punggung atau tulang belakang (G23)	0,6
Tuberkolosis Pneumonia	Batuk lebih dari 2-3 minggu (G01)	0,8
	Nyeri dada (G24)	1,0
	Penurunan berat badan (G06)	0,6
	Kehilangan selera makan (G05)	1,0
	Berkeringat malam hari (G08)	0,7
	Napas cepat (G25)	0,8

Dari data table 3 didapat perhitungan sebagai berikut:

Penyakit Tuberkolosis Getah Bening :

$$P001 = MB(A,09) + (MB(A,09) * (1 - MB(A,09))) = 1,0 + (1,0 * (1-1,0)) = 1$$

Penyakit Tuberkolosis Payudara:

$$\begin{aligned} P002 &= MB(B,G16) + MB(B,G17) + \\ &(MB(B,G03)*(1 - MB(B,G16 - MB(B,G01)7))) \\ &= 1,0 + 0,8 + (0,6 * (1 - 1,0 - 0,8)) = 1 \end{aligned}$$

Penyakit Tuberkolosis Paru :

$$\begin{aligned} P003 &= MB(C,G05) + (MB(C,G05) * (1 - \\ &MB(C,G05))) \\ &= 0,80 + (0,80 * (1 - 0,80)) = 0,96 \end{aligned}$$

Penyakit Tuberkolosis Tulang Belakang :

$$\begin{aligned} P004 &= MB(D,G32) + (MB(D,G32) * (1 - \\ &MB(D,G32))) \\ &= 0,90 + (0,90 * (1 - 0,90)) = 0,99 \end{aligned}$$

Penyakit Tuberkolosis Pneumonia:

$$\begin{aligned} P005 &= MB(E,G47) + MB(E,G43) + \\ &(MB(E,G28)*(1 - MB(E,G47) - MB(E,G43))) \\ &= 0,85 + 0,8 + (0,7 * (1 - 0,85 - 0,8)) = 1,195 \end{aligned}$$

Fuzzy mamdani

Pada penelitian saat ini penulis menggunakan Fuzzy mamdani dalam metode Max(Maximum) pada sistem pakar ini.

a. Penyakit Tuberkolosis Getah Bening

IF Munculnya benjolan-benjolan pada bagian yg mengalami gangguan kelenjar seperti leher,sela paha,dan ketiak (1,0)

AND Ada tanda-tanda didaerah sekitar benjolan kelenjar (0,8)

AND Benjolan kelenjar mudah digerakan (0,8)

AND Benjolan kelenjar yang timbul terasa kenyal (0,8)

AND Membesarnya benjolan kelenjar yang mengakibatkan hari demi hari kondisinya semakin memburuk & merusak tubuh (1,0)

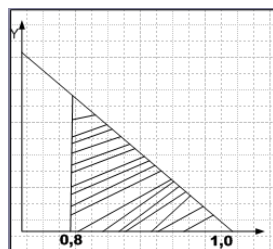
AND Benjolan kelenjar pecah & mengeluarkan cairan seperti nanah kotor(0,8)

AND Terdapat luka pada jaringan kulit yang disebabkan pecahnya benjolan kelenjar getah bening(1,0)

AND Penurunan nafsu makan(0,8)

THEN Penyakit Tuberkolosis Getah Bening

Berdasarkan nilai bobot dari setiap gejala didapat area grafik seperti dibawah ini:



Gambar 3. Garfik Hasil Penyakit Tuberkolosis Getah Bening

$$\begin{aligned} \mu_{df}(xi) &= \max(\mu_{df}(xi), \mu_{kf}(xi)) \\ &= \max(0,8;1,0) = \max(1,0) \end{aligned}$$

b. Penyakit Tuberkolosis Payudara

IF Timbulnya benjolan di payudara (1,0)

AND Rasa nyeri dibagian payudara(0,8)

AND Adanya tanda radang disekitar benjolan yan timbul dipayudara (0,8)

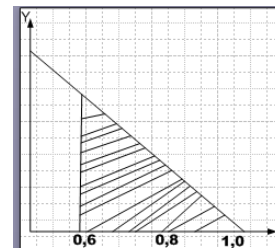
AND Batuk terus-menerus & berdahak selama 3 minggu atau lebih (0,8)

AND Demam selama 3 minggu (0,6)

AND Rasa kurang enak badan (1,0)

THEN Penyakit Tuberkolosis Payudara

Berdasarkan nilai bobot dari setiap gejala didapat area grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4. Garfik Hasil Penyakit Tuberkolosis Payudara

$$\mu_{df}(xi) = \max(\mu_{df}(xi), \mu_{kf}(xi))$$

$$= \max(0,8;1,0)$$

$$\mu_{df}(xi) = \max(1,0)$$

c. Penyakit Tuberkolosis Paru

IF Dahak bercampur darah atau batuk darah (0,6)

AND Demam selama 3 minggu atau lebih (0,6)

AND Sesak nafas & nyeri dada (0,6)

AND Penurunan nafsu makan(0,8)

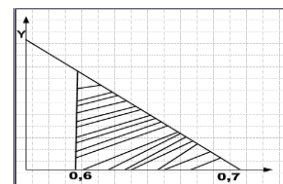
AND Berat badan turun (0,8)

AND Rasa kurang enak badan,lemah,malaise(0,8)

AND Berkeringat dimalam hari walaupun tidak melakukan apa-apa (0,6)

THEN Penyakit Tuberkolosis Paru

Berdasarkan nilai bobot dari setiap gejala didapat area grafik seperti dibawah ini:



Gambar 5. Garfik Hasil Penyakit Tuberkolosis Paru

$$\mu_{df}(xi) = \text{Max}(\mu_{df}(xi), \mu_{kf}(xi))$$

$$= \text{Max}(0,6;0,7)$$

$$= \text{Max}(0,7)$$

d. Penyakit Tuberkolosis Tulang Belakang

IF Rasa nyeri pada bagian punggung atau mengalami kekakuan punggung (1,0)

AND Penderita enggan menggerakan punggungnya (1,0)

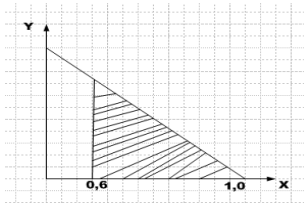
AND Penderita menolak untuk membungkuk atau mengangkat barang dari lantai bila diminta penderita akan menekuk lututnya agar punggung tetap lurus (1,0)

AND Rasa nyeri pada punggung berkurang bila penderita beristirahat (1,0)

AND Timbulnya benjolan dibagian punggung atau tulang belakang (0,6)

THEN Penyakit Tuberkolosis Tulang Belakang

Berdasarkan nilai bobot dari setiap gejala didapat area grafik seperti dibawah ini:



Gambar 6. Garfik Hasil Penyakit Tuberkolosis Tulang Belakang

$$\begin{aligned}\mu_{df}(xi) &= \text{Max}(\mu_{df}(xi), \mu_{kf}(xi)) \\ &= \text{Max}(0,6; 1,0) \\ &= \text{Max}(1,0)\end{aligned}$$

e. Penyakit Tuberkolosis Pneumonia

IF Batuk lebih dari 2-3minggu (0,8)

AND Nyeri dada (1,0)

AND Penurunan berat badan(0,6)

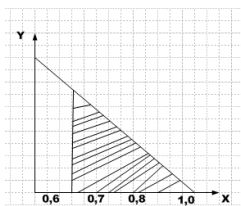
AND Kehilangan selera makan (1,0)

AND Berkeringat malam hari (0,7)

AND Napas cepat (0,8)

THEN Penyakit Tuberkolosis Pneuomnia.

Berdasarkan nilai bobot dari setiap gejala didapat area grafik seperti dibawah ini:



Gambar 7. Garfik Hasil Penyakit Tuberkolosis Pneuomnia

$$\begin{aligned}\mu_{df}(xi) &= \text{Max}(\mu_{df}(xi), \mu_{kf}(xi)) \\ &= \text{Max}(0,8; 1,0) \\ &= \text{Max}(0,8)\end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Metode Certainty Factor

Kode	Penyakit	Nilai CF	Keterangan
P01	Tuberkolosis Kelenjar Getah Bening	1.00	Sangat yakin
P02	Tuberkolosis Payudara	1.00	Sangat yakin
P03	Tuberkolosis Paru	0.96	Hampir pasti
P04	Tuberkolosis Tulang	0.99	Sangat yakin

Kode	Penyakit	Nilai CF	Keterangan
	Belakang		
P05	Tuberkolosis Pneumonia	1.195	Tidak valid (>1)

Berdasarkan Tabel 5, metode Certainty Factor menghasilkan nilai keyakinan diagnosis yang tinggi pada sebagian besar penyakit. Namun, pada P05 diperoleh nilai lebih dari 1, sehingga menunjukkan adanya ketidakstabilan perhitungan atau proses kombinasi CF yang belum terkontrol dengan baik.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Fuzzy Mamdani (Max)

Kode	Penyakit	Fuzzy Mamdani	Keterangan
P01	Tuberkolosis Kelenjar Getah Bening	1.00	Sangat tinggi
P02	Tuberkolosis Payudara	1.00	Sangat tinggi
P03	Tuberkolosis Paru	0.70	Sedang
P04	Tuberkolosis Tulang Belakang	1.00	Sangat tinggi
P05	Tuberkolosis Pneumonia	0,8	Sangat tinggi

Berdasarkan Tabel 6, metode Fuzzy Mamdani menghasilkan nilai diagnosis yang stabil karena seluruh nilai berada pada rentang valid 0 hingga 1. Hal ini menunjukkan bahwa metode fuzzy mampu menangani ketidakpastian gejala dengan lebih konsisten.

Untuk mengetahui perbedaan performa antara metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani, dilakukan perbandingan hasil diagnosis dari kedua metode berdasarkan nilai akhir yang diperoleh pada masing-masing penyakit. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat tingkat konsistensi, kestabilan nilai, serta kemampuan masing-masing metode dalam menangani ketidakpastian gejala penyakit paru-paru.

Tabel 7. Perbandingan Hasil CF dan Fuzzy Mamdani

Kode	Penyakit	CF	Fuzzy Mamdani	Analisis
P01	TB Kelenjar Getah Bening	1.00	1.00	Konsisten
P02	TB Payudara	1.00	1.00	Konsisten
P03	TB Paru	0.96	0.70	CF lebih tinggi
P04	TB Tulang Belakang	0.99	1.00	Hampir sama
P05	TB Pneumonia	1.195	0,8	CF tidak stabil

Berdasarkan Tabel 7, kedua metode menghasilkan diagnosis yang hampir sama pada beberapa penyakit. Namun, metode Certainty Factor menghasilkan nilai lebih tinggi pada beberapa kasus, sedangkan Fuzzy Mamdani memberikan hasil yang lebih stabil dan konsisten dalam rentang nilai valid.

Pembahasan

Berdasarkan Tabel 4–6, metode CertaintyFactor dan Fuzzy Mamdani menunjukkan hasil yang relatif konsisten pada beberapa penyakit seperti Tuberkulosis Kelenjar Getah Bening dan Tuberkulosis Payudara dengan nilai maksimum. Namun, terdapat perbedaan pada kasus Tuberkulosis Paru, di mana metode Certainty Factor menghasilkan nilai lebih tinggi dibandingkan Fuzzy Mamdani.

Selain itu, pada Tuberkulosis Pneumonia, metode Certainty Factor menghasilkan nilai lebih dari 1 (1.195) yang secara teori tidak valid karena nilai CF seharusnya berada pada rentang -1 hingga 1. Hal ini menunjukkan kelemahan metode Certainty Factor dalam proses kombinasi nilai jika tidak dilakukan normalisasi dengan benar. Sebaliknya, metode Fuzzy Mamdani menggunakan operator MAX sehingga menghasilkan nilai yang stabil dan tetap berada dalam rentang 0 hingga 1.

Secara umum, metode Certainty Factor unggul dalam memberikan tingkat keyakinan yang detail, namun rentan terhadap kesalahan kombinasi nilai. Sementara itu, metode Fuzzy Mamdani lebih stabil dalam menangani ketidakpastian, meskipun kurang detail dalam membedakan tingkat keyakinan antar penyakit.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, metode Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit paru-paru berdasarkan gejala yang dimasukkan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Certainty Factor menghasilkan nilai diagnosis tertinggi sebesar 1,00 pada beberapa jenis penyakit dan nilai 0,96 pada Tuberkulosis Paru, namun pada Tuberkulosis Pneumonia menghasilkan nilai 1,195 yang berada di luar rentang valid. Sementara itu, metode Fuzzy Mamdani menghasilkan nilai diagnosis yang lebih stabil dengan rentang nilai antara 0,70 hingga 1,00 pada seluruh penyakit yang diuji. Berdasarkan hasil tersebut, metode Fuzzy Mamdani dinilai lebih konsisten dalam menangani ketidakpastian gejala karena seluruh nilai berada pada rentang valid 0 hingga 1, sedangkan metode Certainty Factor lebih unggul dalam merepresentasikan tingkat keyakinan pakar secara detail. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk membandingkan performa kedua metode berdasarkan hasil diagnosis dan kestabilan nilai telah tercapai. Sistem yang dikembangkan juga diharapkan dapat membantu proses diagnosis awal serta mendukung kegiatan penyuluhan kesehatan masyarakat di Kecamatan Way Pengubuan..

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah data uji yang lebih banyak serta melibatkan lebih banyak pakar medis agar hasil diagnosis

menjadi lebih akurat dan objektif. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur validasi otomatis, riwayat pasien, serta implementasi metode hybrid antara Certainty Factor dan Fuzzy Mamdani untuk meningkatkan akurasi dan kestabilan hasil diagnosis penyakit paru-paru berbasis web atau Mobile.

Daftar Pustaka

- [1] I. I. J. Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, "global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health," <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme>. [Online]. Available: <https://www.who.int/teams/global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health/tb-reports/global-tuberculosis-report-2025>
- [2] H. Edward, "Model of Inexact," vol. 379, pp. 351–379, 1975.
- [3] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," 1965. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- [4] W. K. Azizah and D. Y. Niska, "Penerapan Metode Certainty Factor untuk Mengidentifikasi Penyakit Paru-Paru pada Manusia Berbasis Web," *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 23, no. 1, p. 46, 2024, doi: 10.53513/jis.v23i1.9506.
- [5] I. R. Yansyah, D. M. U. Atmaja, A. R. Hakim, and N. Suwaryo, "Implementasi Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit Lambung Menggunakan Pendekatan Fuzzy Mamdani Berbasis Website," *J. JTik (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 9, no. 2, pp. 748–756, 2025, doi: 10.35870/jtik.v9i2.3534.
- [6] N. L. Yadav, S. Singh, R. Kumar, and D. K. Nishad, *Transfer learning with fuzzy decision support for multi-class lung disease classification: performance analysis of pre-trained CNN models*, vol. 15, no. 1. 2025. doi: 10.1038/s41598-025-19114-3.
- [7] T. Kettle, T. M. McKeever, S. Gonem, G. Figueredo, and I. Bogdanovica, "Fuzzy logic in respiratory medicine: a systematic review of predictive and diagnostic applications," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 212, no. February, p. 106347, 2026, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2026.106347.
- [8] N. Aini, R. Ramadiani, and H. R. Hatta, "Sistem Pakar Pendiagnosa Penyakit Tuberkulosis," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 12, no. 1, p. 56, 2017, doi: 10.30872/jim.v12i1.224.
- [9] M. Sebagai Penunjang Diagnosis Kanker Paru Rodiah, E. Haryatmi, and M. Yuda Mashuri, "Penerapan Fuzzy Logic Inference

- System Metode,” no. 1.
- [10] M. Jhondry and S. Hansun, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pernapasan dengan Metode Certainty Factor,” *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 9, no. 2, p. 164, 2024, doi: 10.30998/string.v9i2.23361.
- [11] A. Afandi and R. Rustam, “Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Kelapa Sawit Dengan Metode Fuzzy Mamdani Dan Certainty Factor Studi Kasus : ‘Kelompok Tani Desa Banjar Kertarahayu,’” *J. Inf. dan Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–12, 2020, doi: 10.35959/jik.v8i2.179.
- [12] A. Afandi and D. M. Efendi, “Broiler Expert System using Fuzzy Max , Certainty Factor and Forward Chaining Method,” vol. 13, no. 2, pp. 2440–2453, 2020.
- [13] A. A. Nabila and A. Desiani, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tuberkulosis Dengan Metode Certainty,” *J. Artif. Intell. Softw. Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2023, doi: 10.30811/jaise.v3i1.3901.
- [14] M. F. S. Darsin, “Perancangan sistem pendagnosa dengan METODE CASE BASED REASONING (CBR),” *J. Sist. Inf. dan Sains Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, 2019.
- [15] D. M. E. Asep Afandi1, “Implementasi Sistem Pakar Metode Forward Chaining dan Certainty Factor pada Ayam Pedaging,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 02, pp. 101–112, 2020, [Online]. Available: <https://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/241>
- [16] Y. H. Agustin, A. Mulyani, and P. Sopandi, “Implementasi Metode Certainty Faktor Pada Sistem Diagnosa Penyakit Ayam Pedaging (Broiler),” *J. Algoritma.*, vol. 21, no. 2, pp. 332–342, 2024, doi: 10.33364/algoritma/v.21-2.1526.
- [17] D. Amni, S. Pd, M. Kom, A. Teknik, and A. K. Kerinci, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Pada Pemilihan Bidang Pekerjaan Sesuai Kompetensi (Studi Kasus Di Atak Kerinci),” *Simtika*, vol. 6, no. 2, pp. 15–22, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.undhari.ac.id/index.php/simtika/article/view/1121>
- [18] F. A. Sihombing, “Kajian Fuzzy Metode Mamdani dan Fuzzy Metode Sugeno serta Implementasinya,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 4940–4955, 2024.
- [19] R. S. Putra and Y. Yuhandri, “Sistem Pakar dalam Menganalisis Gangguan Jiwa Menggunakan Metode Certainty Factor,” *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 3, pp. 227–232, 2021, doi: 10.37034/jsisfotek.v3i4.70.
- [20] N. S. W. Ginting and A. S. RMS, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kacang Kedelai Menggunakan Metode Certainty Factor,” *J. KomtekInfo*, vol. 5, no. 2, pp. 36–41, 2018, doi: 10.35134/komtekinfo.v5i2.23.
- [21] P. Krause and D. Clark, “The Certainty Factor Model,” *Represent. Uncertain Knowl.*, no. 1, pp. 52–67, 1993, doi: 10.1007/978-94-011-2084-5_3.
- [22] S. Maryana and D. Suhartini, “Implementasi Certainty Factor Untuk Diagnosa Penyakit Sapi,” *Chain J. Comput. Technol. Comput. Eng. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 14–20, 2023, doi: 10.58602/chain.v1i1.5.