

Implementasi Metode Certainty Factor Untuk Mendiagnosis Penyakit Malaria

Linda Perdana Wanti*, Wafa Ulfiyah

Jurusan Komputer dan Bisnis, Program Studi D4 Rekayasa Keamanan Siber, Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, Indonesia

Email: ¹*linda_perdana@pnc.ac.id, ²wafa_ulfiyah@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: linda_perdana@pnc.ac.id

Abstrak—Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh parasit plasmodium yang ditularkan melalui gigitan nyamuk anopheles betina yang terinfeksi. Penyakit ini banyak terjadi di daerah tropis dan subtropis, termasuk di Indonesia. Gejala malaria umumnya muncul antara 10-15 hari setelah gigitan nyamuk yang terinfeksi dan meliputi demam tinggi, menggigil, berkeriang, sakit kepala, mual muntah, nyeri otot dan kelelahan. Identifikasi pertama kali dilakukan ketika pasien datang ke fasilitas kesehatan dan mungkin fase penyakit sudah di fase yang parah. Perlunya sebuah sistem yang dapat mengidentifikasi penyakit malaria secara cepat dan tepat dibutuhkan untuk keadaan darurat agar pasien mendapatkan penanganan lebih dini, dan ini merupakan salah satu tindakan preventif untuk mengurangi korban akibat penyakit malaria. Sistem yang tepat dibangun untuk mengatasi hal tersebut adalah sistem pakar. Metode certainty faktor (CF) dipilih untuk sistem pakar diagnosis penyakit malaria karena menangani ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. CF adalah nilai numerik yang digunakan untuk merepresentasikan tingkat kepercayaan atau keyakinan terhadap suatu hipotesis atau kesimpulan berdasarkan bukti yang ada. Hasil penelitian ini adalah tingkat akurasi diagnosis sistem pakar menggunakan metode certainty factor sebesar 98,35% jika dibandingkan dengan diagnosis pakar. Hal tersebut berarti bahwa metode certainty factor terbukti dapat mendiagnosis penyakit malaria secara tepat sesuai dengan gejala yang dialami oleh pasien.

Kata Kunci: Certainty Factor; Gejala; Sistem Pakar; Malaria; Penyakit; Diagnosis

Abstract—Malaria is a disease caused by the plasmodium parasite transmitted through the bite of an infected female anopheles mosquito. This disease often occurs in tropical and subtropical areas, including Indonesia. Symptoms of malaria generally appear between 10-15 days after the bite of an infected mosquito and include high fever, chills, sweating, headache, nausea, vomiting, muscle aches, and fatigue. The first identification is carried out when the patient comes to a health facility and perhaps the disease is already in a severe phase. A system that can identify malaria quickly and precisely is needed for emergencies so that patients receive early treatment, and this is one of the preventive measures to reduce casualties due to malaria. The right system built to overcome this is expert. The certainty factor (CF) method was chosen for the malaria diagnosis expert system because it handles uncertainty in decision-making. CF is a numerical value used to represent confidence or confidence in a hypothesis or conclusion based on existing evidence. The result of this research is that the level of accuracy of expert system diagnosis using the certainty factor method is 98,35% when compared with expert diagnosis. This means that the certainty factor method has been proven to be able to diagnose malaria accurately according to the symptoms experienced by the patient.

Keywords: Certainty Factor; Symptoms; Expert System; Malaria; Disease; Diagnosis

1. PENDAHULUAN

Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh parasit plasmodium yang ditularkan melalui gigitan nyamuk anopheles betina yang terinfeksi [1]. Penyakit ini banyak terjadi di daerah tropis dan subtropis, termasuk di Indonesia [2]. Gejala malaria umumnya muncul antara 10-15 hari setelah gigitan nyamuk yang terinfeksi dan meliputi demam tinggi, menggigil, berkeriang, sakit kepala, mual muntah, nyeri otot dan kelelahan [3]. Pada kasus yang parah, malaria dapat menyebabkan komplikasi serius seperti anemia berat, gangguan pernapasan, gagal ginjal, dan bahkan kematian [4]. Malaria didiagnosis melalui tes darah untuk mendeteksi keberadaan parasit plasmodium [5]. Pengobatan malaria melibatkan penggunaan obat antimalaria seperti: Chloroquine, Artemisinin-based combination therapies (ACTs), Mefloquine, dan Atovaquone-proguanil [6]. Masalah yang terjadi pada saat ini adalah sebagian besar dari masyarakat enggan untuk pergi ke dokter, sehingga saat mengalami gejala penyakit belum tentu langsung periksa ke dokter dan akhirnya terlambat ditangani [7]. Keterlambatan penanganan dapat memperparah gejala yang ditimbulkan. Identifikasi pertama kali dilakukan ketika pasien datang ke fasilitas kesehatan dan mungkin fase penyakit sudah di fase yang parah [8]. Perlunya sebuah sistem yang dapat mengidentifikasi penyakit malaria secara cepat dan tepat dibutuhkan untuk keadaan darurat agar pasien mendapatkan penanganan lebih dini, dan ini merupakan salah satu tindakan preventif untuk mengurangi korban akibat penyakit malaria [9]. Penyebab lainnya juga ialah lambatnya proses untuk mendapatkan pengobatan secara langsung, banyaknya antrian serta jarak rumah sakit yang jauh. Pasien harus terlebih dahulu ke rumah sakit dan mendapatkan pengobatan secepatnya.

Sistem pakar adalah sistem komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan pengambilan keputusan seorang ahli manusia dalam domain tertentu [10]. Sistem ini menggunakan pengetahuan dan aturan yang didefinisikan oleh ahli untuk memecahkan masalah atau memberikan saran di bidang yang spesifik [11]. Sistem pakar akan bertindak seperti seorang pakar. Sistem pakar adalah sistem berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan mempunyai kemampuan dalam memecahkan masalah yang biasanya hanya dapat dipecahkan oleh seorang pakar dalam bidang tertentu [12]. Sistem pakar akan memberikan daftar gejala-gejala sampai bisa mengidentifikasikan suatu objek berdasarkan jawaban yang diterimanya [13]. Sistem pakar merupakan alat yang sangat berguna dalam berbagai bidang untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan memberikan saran yang didasarkan pada pengetahuan ahli [14]. Dengan mengotomatisasi proses pengambilan keputusan, sistem ini dapat meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan penyebaran

pengetahuan secara luas [15]. Beberapa komponen sistem pakar diantaranya adalah yang pertama basis pengetahuan (knowledge base): berisi fakta dan aturan tentang domain masalah [16]. Basis pengetahuan ini adalah kumpulan informasi yang diinput oleh pakar di bidang tersebut [17]. Kedua mesin inferensi (inference engine): komponen ini memproses informasi yang ada di basis pengetahuan untuk membuat keputusan atau memberikan saran [18]. Mesin inferensi menggunakan logika dan aturan-aturan yang telah ditetapkan untuk menyimpulkan solusi dari data yang diberikan [19]. Ketiga antarmuka pengguna (user interface): bagian ini memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem pakar [20]. Pengguna dapat memasukkan data atau pertanyaan, dan menerima jawaban atau saran dari sistem. Keempat modul penjelasan (explanation module): memberikan penjelasan tentang bagaimana sistem mencapai kesimpulan atau saran tertentu [21]. Ini membantu pengguna memahami alasan di balik keputusan yang diambil oleh sistem [22]. Dan yang terakhir adalah modul akuisisi pengetahuan (knowledge acquisition module): membantu dalam mengumpulkan dan memperbarui informasi dari pakar untuk memperkaya basis pengetahuan [23].

Salah satu bidang yang dinilai amat kompleks adalah proses mendiagnosa suatu penyakit dalam bidang kedokteran [24]. Hal ini disebabkan oleh ketidakpastian yang ditemukan pada proses diagnosa penyakit [25]. Timbulnya ketidakpastian ini dapat disebabkan oleh kurangnya informasi yang diberikan pasien [26]. Ketidakpastian ini bisa terletak pada data atau informasi fisik dan dapat juga terletak pada penyampaian preferensi yang diberikan oleh dokter [27]. Sehingga dapat digunakan certainty factor yang berperan untuk penanganan gejala yang mengandung unsur ketidakpastian [28]. Metode Certainty Factor (CF) adalah sebuah teknik dalam sistem pakar yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam pengambilan keputusan [29]. CF adalah nilai numerik yang digunakan untuk merepresentasikan tingkat kepercayaan atau keyakinan terhadap suatu hipotesis atau kesimpulan berdasarkan bukti yang ada [30]. Certainty factor banyak digunakan dalam sistem pakar untuk berbagai aplikasi seperti diagnosis medis, penilaian risiko, dan pengambilan keputusan lainnya [31]. Contohnya, dalam diagnosis medis, CF digunakan untuk menentukan seberapa besar keyakinan bahwa seorang pasien menderita suatu penyakit berdasarkan gejala yang ada [32]. Nilai CF yang lebih besar dari 0 menunjukkan keyakinan terhadap kebenaran hipotesis, sedangkan nilai CF yang lebih kecil dari 0 menunjukkan keyakinan terhadap kebatalan hipotesis [33].

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan antara lain oleh [18] yang membangun sistem pakar untuk mendeteksi penyakit usus halus menggunakan metode Dempster Shafer. Tujuan dibangunnya sistem pakar ini adalah untuk memudahkan masyarakat dalam mengetahui penyakit usus halus yang diderita dan dapat pengecekan secara dini, dimana metode tahap mencari keyakinan diagnosa menggunakan metode Dempster Shafer. Hasil akhir dari penelitian ini adalah diagnosis yang akurat dengan sampel data gejala yang digunakan sebesar 32% dengan diagnosa penyakit penyumbatan saluran usus halus. Penelitian yang kedua oleh [34] yang mendiagnosis penyakit demam berdarah menggunakan certainty factor. Sistem pakar demam berdarah dengue menggunakan metode certainty factor untuk menghitung nilai persentase terjangkitnya penyakit. Pengembangan aplikasi sistem pakar dapat membantu dalam deteksi dini penyakit demam berdarah dengue dengan gejala klinis atau gejala yang terlihat atau dirasakan oleh penderita. Luaran dari sistem pakar demam berdarah dengue adalah nilai persentase terjangkitnya penyakit demam berdarah dengue. Penelitian lain yaitu [35] yang mengembangkan sistem pakar menggunakan metode Forward Chaining untuk diagnosa penyakit tanaman karet. Pengembangan sistem pakar ini merupakan solusi terbaik untuk mengenali gejala-gejala penyakit pada tanaman karet sedini mungkin, mengetahui penyebab penyakit dan cara pengendaliannya. Dalam pembuatan sistem ini dibutuhkan pakar yang ahli di bidang penyakit karet untuk mendapatkan data-data yang akurat mengenai informasi penyakit karet. Sistem pakar diagnosa penyakit karet ini dirancang menggunakan bahasa pemrograman php berbasis web. Perancangan basis pengetahuan dalam sistem ini dibuat secara dinamis agar memudahkan dalam mengelola data seperti menambah, mengubah dan menghapus data. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sudah pernah dilakukan adalah bahwa metode yang digunakan pada sistem pakar dipenelitian ini adalah metode certainty factor dimana metode ini dimanfaatkan karena certainty factor memungkinkan sistem pakar untuk bekerja dengan data yang tidak pasti dan memberikan hasil yang lebih realistis dalam pengambilan keputusan [36]. Hasil penelitian ini berupa sistem pakar yang dapat mengidentifikasi penyakit malaria berdasarkan gejala-gejala yang dialami oleh pasien. Kontribusi hasil penelitian ini berupa sistem pakar dapat membantu petugas medis dalam mendeskripsikan keadaan pasien secara lengkap berdasarkan gejala yang dialami oleh pasien sebelum dilakukan tindakan screening dan pemeriksaan klinis lebih lanjut oleh tenaga medis seperti pemeriksaan laboratorium, pemeriksaan thorax, dan pemeriksaan penunjang lain yang diperlukan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah suatu cara sistematis yang digunakan dalam penelitian untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data guna menjawab pertanyaan penelitian. Secara umum, tahapan penelitian dapat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu identifikasi kebutuhan dan merumuskan masalah untuk menemukan masalah yang menarik dan relevan untuk diteliti, membatasi masalah agar lebih spesifik dan fokus dan merumuskan masalah dalam bentuk pertanyaan yang jelas dan spesifik. Pada tahap ini juga dianalisis tentang kebutuhan fungsional sistem dan kebutuhan non fungsional sistem. Pengumpulan data dilakukan untuk menentukan data primer dan data sekunder yang digunakan pada proses penelitian. Kemudian tahapan selanjutnya adalah desain aplikasi sistem pakar untuk mendeteksi penyakit malaria dan dilanjutkan dengan pembuatan aplikasi tersebut. Aplikasi sistem pakar kemudian dicek apakah masih memerlukan perbaikan atau tidak, apabila masih maka perbaikan bisa dimulai dari tahap analisis kebutuhan atau tahapan lainnya

disesuaikan dengan perbaikan yang diperlukan. Apabila tidak diperlukan perbaikan maka tahapan penelitian dilanjutkan dengan mengimplementasikan sistem pakar kepada pengguna dan pembuatan laporan sebagai dokumentasi akhir dari tahapan penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian[37]

2.2 Metode Certainty Factor

Metode certainty factor atau faktor kepastian adalah suatu metode yang digunakan untuk menyatakan kepastian dalam sebuah kejadian (hipotesis atau fakta) yang didasarkan pada penilaian pakar atau bukti yang ada [38]. Metode ini memungkinkan sistem pakar untuk menangani ketidakpastian dalam proses penarikan kesimpulan [39]. Nilai CF diwakili oleh angka antara -1 dan 1, dengan interpretasi yaitu 1 (kepastian positif) yang menunjukkan keyakinan penuh bahwa hipotesis tersebut benar, 0 (ketidakpastian) yang menunjukkan tidak ada informasi yang mendukung atau menentang hipotesis, dan -1 (kepastian negatif) yang menunjukkan keyakinan penuh bahwa hipotesis tersebut salah [40]. Nilai CF yang lebih besar dari 0 menunjukkan keyakinan terhadap kebenaran hipotesis, sedangkan nilai CF yang lebih kecil dari 0 menunjukkan keyakinan terhadap kebatalan hipotesis [41]. Metode CF menyediakan aturan untuk menggabungkan nilai CF dari beberapa bukti atau aturan [42]:

- Penjumlahan CF positif: Jika beberapa bukti mendukung hipotesis, nilai CF digabungkan dengan menjumlahkannya.
- Penjumlahan CF negatif: Jika beberapa bukti menentang hipotesis, nilai CF digabungkan dengan menjumlahkannya dan mengalikan hasilnya dengan -1.
- Menggabungkan CF positif dan negatif: Aturan yang lebih kompleks digunakan untuk menggabungkan CF positif dan negatif.

CF (E, H): Merupakan Certainty Factor dari bukti E terhadap hipotesis H. Dihitung berdasarkan dua komponen, yaitu MB (Measure of Belief): Tingkat kepercayaan bahwa bukti mendukung hipotesis, dan MD (Measure of Disbelief): Tingkat ketidakpercayaan bahwa bukti mendukung hipotesis. CF dapat dihitung dengan rumus [43]:

$$CF(E, H) = MB(E, H) - MD(E, H) \quad (1)$$

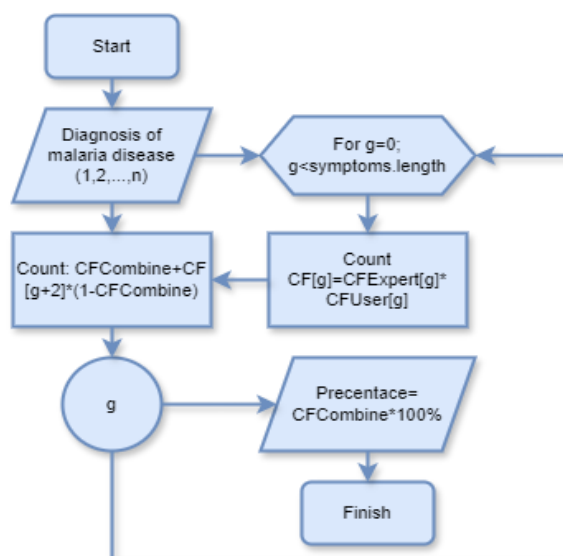
Kombinasi CF dilakukan jika ada beberapa bukti yang mendukung atau menentang hipotesis yang sama, CF dapat dikombinasikan menggunakan rumus [44]:

- Untuk bukti yang mendukung

$$CF \text{ Combined} = CF1 + CF2(1 - CF1) \quad (2)$$

- Untuk bukti yang menentang

$$CF \text{ Combined} = CF1 + CF2(1 + CF1) \quad (3)$$



Gambar 2. Tahapan Metode Certainty Factor[41]

Perhitungan Certainty Factor (CF) dalam sistem pakar umumnya dilakukan dalam beberapa tahapan berikut:

a. Menentukan CF Awal

CF untuk fakta yang pasti memiliki CF = 1. Fakta yang tidak pasti memiliki CF antara 0 dan 1, bergantung pada tingkat keyakinan terhadap fakta tersebut. CF untuk gejala dihitung berdasarkan hubungannya dengan fakta dan hipotesis [25].

b. Menghitung CF Kombinasi

Menggabungkan CF dari beberapa gejala yang menggunakan aturan kombinasi CF yang sesuai untuk menggabungkan CF dari beberapa gejala yang mendukung atau menentang hipotesis. Aturan umum yang digunakan untuk penjumlahan CF positif apabila beberapa gejala mendukung hipotesis, jumlahkan CF combine. Penjumlahan CF negatif apabila beberapa gejala menentang hipotesis, jumlahkan CF mereka dan kalikan hasilnya dengan -1. Kombinasi CF positif dan negatif maka menggunakan aturan yang lebih kompleks untuk menggabungkan CF positif dan negatif. Untuk menghitung CF akhir untuk hipotesis maka perlu menggabungkan CF kombinasi dari semua gejala yang relevan untuk mendapatkan CF akhir untuk hipotesis[9].

c. Menafsirkan Hasil

Nilai CF akhir antara -1 dan 1 menunjukkan tingkat kepastian terhadap hipotesis 1 untuk kepastian penuh bahwa hipotesis benar, 0 maka tidak ada informasi yang mendukung atau menentang hipotesis, dan -1 untuk kepastian penuh bahwa hipotesis salah. Nilai CF yang lebih besar dari 0 menunjukkan keyakinan terhadap kebenaran hipotesis. Nilai CF yang lebih kecil dari 0 [29].

Perhitungan Certainty Factor melibatkan beberapa tahapan untuk menentukan tingkat kepastian terhadap hipotesis berdasarkan fakta, gejala, dan aturan yang ada dalam sistem pakar. Hasil perhitungan CF membantu sistem untuk menarik kesimpulan dan memberikan penjelasan yang informatif kepada pengguna [38].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis penyakit malaria yang dibagi menjadi empat kategori Malaria Tertiana, Malaria Tropika, Malaria Quartana, dan Malaria Ovale. Malaria Tertiana diidentifikasi dari gejalanya muncul setiap 3 hari sekali, dengan pola demam, menggigil, dan berkeriangat selama 6-10 jam, merupakan jenis malaria yang paling umum di Indonesia, relatif mudah diobati, namun dapat kambuh kembali jika tidak diobati dengan benar. Malaria Tropika disebabkan oleh parasit Plasmodium falciparum. Jenis malaria yang paling berbahaya dan dapat berakibat fatal. Gejalanya mirip dengan malaria vivax, tetapi lebih parah dan dapat menyebabkan komplikasi serius seperti gagal ginjal, koma, dan kematian. Pengobatan harus segera dilakukan untuk mencegah komplikasi. Untuk Malaria Quartana Disebabkan oleh parasit Plasmodium malariae. Gejalanya muncul setiap 4 hari sekali, dengan pola demam, menggigil, dan berkeriangat selama 7-12 jam, kurang umum dibandingkan malaria vivax dan falciparum dan pengobatannya sama dengan malaria vivax. Malaria Ovale Disebabkan oleh parasit Plasmodium ovale. Gejalanya mirip dengan malaria vivax, tetapi muncul setiap 3 hari sekali dengan pola yang berbeda. Kurang umum dibandingkan malaria vivax dan falciparum dan pengobatannya sama dengan malaria vivax. Tabel jenis penyakit ditunjukkan pada Tabel 1 dimana setiap jenis penyakit dikodekan dengan D1 sampai dengan D4. Untuk gejala penyakit malaria ditunjukkan pada Tabel 3 dimana setiap gejala penyakit yang dialami oleh pasien dikodekan dengan S1 sampai dengan S23 karena terdapat 23 gejala penyakit malaria yang diidentifikasi dari gejala yang dialami oleh pasien. Selanjutnya tabel aturan ditunjukkan pada Tabel 2 dimana aturan yang digunakan terdapat 4 aturan yang merujuk ke

masing-masing penyakit. Aturan yang digunakan untuk mendeteksi penyakit malaria dengan mengidentifikasi setiap gejala yang dialami oleh pasien dikodekan dengan R1 sampai dengan R4. Penjelasan masing-masing tabel adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis Penyakit Malaria[15]

Kode Penyakit	Jenis Penyakit
D1	Malaria Tertiana
D2	Malaria Tropika
D3	Malaria Quartana
D4	Malaria Ovale

Tabel 2. Tabel Aturan[15]

Kode Aturan	Deskripsi
R1	IF S1 AND S2 AND S3 AND S11 AND S15 AND S22 AND S23 THEN D1
R2	IF S1 AND S2 AND S5 AND S6 AND S7 AND S9 AND S13 AND S14 AND S17 AND S18 AND S20 AND S21 AND S23 THEN D2
R3	S1 AND S2 AND S4 AND S5 AND S6 AND S7 AND S16 AND S22 AND S23 THEN D3
R4	S1 AND S3 AND S5 AND S6 AND S10 AND S16 AND S19 AND S22 AND S23 THEN D4

Tabel 3. Gejala Penyakit Malaria[15]

Kode Gejala	Deskripsi	CF User	CF Expert
S1	Demam	0,6	0,8
S2	Menggigil	0,8	0,8
S3	Berkeringat	0,8	0,8
S4	Sakit Kepala	0,8	0,8
S5	Pingsan	0,6	0,6
S6	Animea	0,6	0,8
S7	Denyut Nadi Melambat	0,4	0,8
S8	Pusing	0,6	0,6
S9	Hilang Kesadaran	0,6	0,8
S10	Muncul Bintik Merah	0,4	0,6
S11	Badan Letih dan Lemah	0,6	0,8
S12	Muka Pucat	0,8	0,8
S13	Muntah	0,8	0,8
S14	Diare	0,4	0,8
S15	Muka Merah	0,4	0,6
S16	Badan Pegal	0,6	0,6
S17	Kejang-kejang	0,4	0,6
S18	Dehidrasi	0,6	0,8
S19	Sesak Nafas	0,8	0,6
S20	Mual	0,6	0,8
S21	Gagal Ginjal	0,6	0,8
S22	Nyeri Otot	0,6	0,8
S23	Nafsu Makan Menurun	0,6	0,8

Selanjutnya dilakukan identifikasi penyakit malaria yang dialami oleh seorang pasien dengan menghitung nilai kepercayaan dari setiap gejala yang dialami oleh pasien dengan melibatkan mesin inferensi yang terdapat pada sistem pakar. Mesin inferensi bertugas menarik suatu kesimpulan jenis penyakit malaria yang diderita oleh pasien dengan menganalisis gejala-gejala yang dialami oleh pasien berdasarkan aturan yang ada [28]. Mesin inferensi memproses informasi yang disimpan dalam basis pengetahuan, yang terdiri dari fakta dan aturan. Fakta adalah pernyataan yang mewakili informasi yang diketahui tentang dunia [12]. Aturan adalah pernyataan yang menghubungkan fakta dan memungkinkan mesin inferensi untuk menyimpulkan informasi baru [45]. Mesin inferensi memilih aturan yang relevan dari basis pengetahuan berdasarkan fakta yang tersedia dan mengevaluasi kondisi dalam aturan untuk menentukan apakah aturan tersebut dapat diterapkan [26]. Apabila aturan dapat diterapkan, mesin inferensi menarik kesimpulan yang terkandung dalam aturan. Mesin inferensi mengulangi proses ini sampai tidak ada lagi aturan yang dapat diterapkan atau kesimpulan yang diinginkan tercapai [46]. Proses dimulai dengan mengumpulkan informasi yang ada, kemudian melakukan pencocokan sampai menghasilkan kesimpulan, lalu dilanjutkan dengan perhitungan certainty factor yaitu menghitung nilai CF gejala [43]. Pasien X datang dengan keluhan demam, menggigil, sakit kepala sampai pingsan dengan bintik merah yang muncul di tangan, kaki, punggung dan sebagian dada, kemudian pasien juga mengeluhkan mual disertai diare serta nafsu makan yang menurun. Gejala yang dialami pasien adalah : S1, S2, S4, S5, S10, S14, S20 dan S23. Perhitungannya ditunjukkan oleh tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Nilai CF Gejala [15]

Kode Penyakit	Kode Gejala	CF Expert	CF User
D1	S1	0,8	0,6
	S2	0,6	0,8
	S20	0,8	0,6
D2	S1	0,8	0,6
	S2	0,6	0,8
	S5	0,6	0,6
	S14	0,8	0,4
	S20	0,8	0,6
D3	S23	0,8	0,6
	S1	0,8	0,6
	S2	0,6	0,8
	S4	0,8	0,8
	S5	0,6	0,6
D4	S23	0,8	0,6
	S1	0,8	0,6
	S2	0,6	0,8
	S5	0,6	0,6
	S10	0,8	0,6
	S23	0,8	0,6

Untuk perhitungan pencarian nilai CF Combine setiap penyakit dijelaskan sebagai berikut:

a. Malaria Tertiana

Menghitung CF gejala

$$CF(H)E = CF \text{ Expert} \times CF \text{ User}$$

$$CF1(S1) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

$$CF2(S2) = 0,6 \times 0,8 = 0,48$$

$$CF3(S20) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

Menghitung CF kombinasi CF(H|CF1, CF2), Combine = CF1 + CF2 (1-CF1)

$$CF \text{ C1} = CF1 + CF2(1-CF1) = 0,48 + 0,48 (1 - 0,48) = 0,7296$$

$$CF \text{ C2} = CF \text{ C1} + CF2(1 - CF \text{ C1}) = 0,7296 + 0,48 (1 - 0,7296) = 0,8594$$

$$CF \text{ C3} = CF \text{ C2} + CF3(1 - CF \text{ C2}) = 0,8594 + 0,48 (1 - 0,8594) = 0,9269$$

Maka dari gejala yang dialami pasien, nilai kepastian penyakit malaria tertiana sebesar 0,9269 atau 92,96%.

b. Malaria Tropika

Menghitung CF gejala

$$CF(H)E = CF \text{ Expert} \times CF \text{ User}$$

$$CF1(S1) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

$$CF2(S2) = 0,6 \times 0,8 = 0,48$$

$$CF3(S5) = 0,6 \times 0,6 = 0,36$$

$$CF4(S14) = 0,8 \times 0,4 = 0,32$$

$$CF5(S20) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

$$CF6(S23) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

Menghitung CF kombinasi CF(H|CF1, CF2), Combine = CF1 + CF2 (1-CF1)

$$CF \text{ C1} = CF1 + CF2(1-CF1) = 0,48 + 0,48 (1 - 0,48) = 0,7296$$

$$CF \text{ C2} = CF \text{ C1} + CF2(1 - CF \text{ C1}) = 0,7296 + 0,48 (1 - 0,7296) = 0,8594$$

$$CF \text{ C3} = CF \text{ C2} + CF3(1 - CF \text{ C2}) = 0,8594 + 0,36 (1 - 0,8594) = 0,9100$$

$$CF \text{ C4} = CF \text{ C3} + CF4(1 - CF \text{ C3}) = 0,9100 + 0,32 (1 - 0,9100) = 0,9388$$

$$CF \text{ C5} = CF \text{ C4} + CF5(1 - CF \text{ C4}) = 0,9388 + 0,48 (1 - 0,9388) = 0,9682$$

$$CF \text{ C6} = CF \text{ C5} + CF6(1 - CF \text{ C5}) = 0,9682 + 0,48 (1 - 0,9682) = 0,9835$$

Maka dari gejala yang dialami pasien, nilai kepastian penyakit malaria tropika sebesar 0,9835 atau 98,35%.

c. Malaria Ovale

Menghitung CF gejala

$$CF(H)E = CF \text{ Expert} \times CF \text{ User}$$

$$CF1(S1) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

$$CF2(S2) = 0,6 \times 0,8 = 0,48$$

$$CF3(S4) = 0,8 \times 0,8 = 0,64$$

$$CF4(S5) = 0,6 \times 0,6 = 0,36$$

$$CF5(S23) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

Menghitung CF kombinasi CF(H|CF1, CF2), Combine = CF1 + CF2 (1-CF1)

$$CF \text{ C1} = CF1 + CF2(1-CF1) = 0,48 + 0,48 (1 - 0,48) = 0,7296$$

$$CF\ C2 = CF\ C1 + CF2(1 - CF\ C1) = 0,7296 + 0,48 (1 - 0,7296) = 0,8594$$

$$CF\ C3 = CF\ C2 + CF3(1 - CF\ C2) = 0,8594 + 0,64 (1 - 0,8594) = 0,9494$$

$$CF\ C4 = CF\ C3 + CF4(1 - CF\ C3) = 0,9494 + 0,36 (1 - 0,9494) = 0,9676$$

$$CF\ C5 = CF\ C4 + CF5(1 - CF\ C4) = 0,9676 + 0,48 (1 - 0,9676) = 0,9832$$

Maka dari gejala yang dialami pasien, nilai kepastian penyakit malaria ovale sebesar 0,9832 atau 98,32%.

d. Malaria Quartana

Menghitung CF gejala

$$CF(H)E = CF\ Expert \times CF\ User$$

$$CF1(S1) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

$$CF2(S2) = 0,6 \times 0,8 = 0,48$$

$$CF3(S5) = 0,6 \times 0,6 = 0,36$$

$$CF4(S10) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

$$CF5(S23) = 0,8 \times 0,6 = 0,48$$

Menghitung CF kombinasi CF(H|CF1, CF2), Combine = CF1 + CF2 (1-CF1)

$$CF\ C1 = CF1 + CF2(1 - CF1) = 0,48 + 0,48 (1 - 0,48) = 0,7296$$

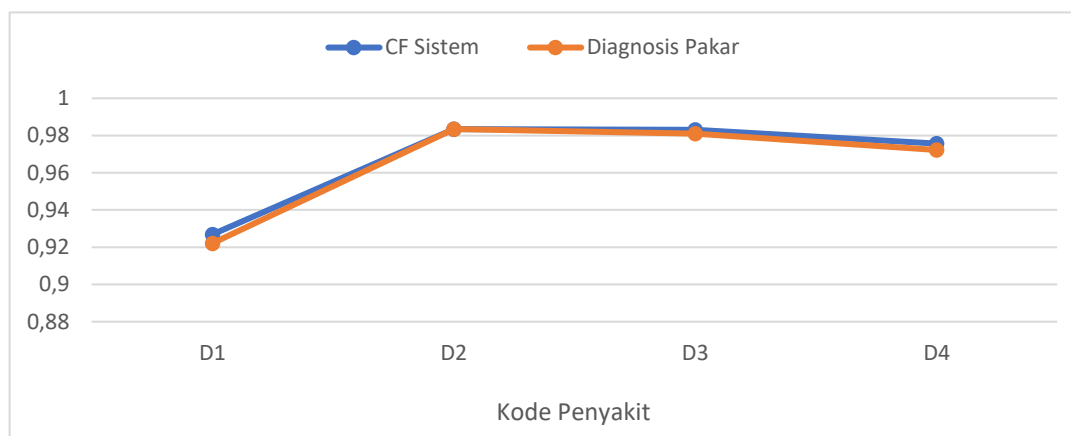
$$CF\ C2 = CF\ C1 + CF2(1 - CF\ C1) = 0,7296 + 0,48 (1 - 0,7296) = 0,8594$$

$$CF\ C3 = CF\ C2 + CF3(1 - CF\ C2) = 0,8594 + 0,36 (1 - 0,8594) = 0,9100$$

$$CF\ C4 = CF\ C3 + CF4(1 - CF\ C3) = 0,9100 + 0,48 (1 - 0,9100) = 0,9532$$

$$CF\ C5 = CF\ C4 + CF5(1 - CF\ C4) = 0,9532 + 0,48 (1 - 0,9532) = 0,9757$$

Maka dari gejala yang dialami pasien, nilai kepastian penyakit malaria ovale sebesar 0,9757 atau 97,57%.



Gambar 3. Perbandingan Diagnosis Pakar dengan Perhitungan Certainty Factor

Hasil perhitungan menunjukkan nilai keyakinan untuk penyakit dengan kode D1 yaitu malaria tertiana sebesar 0,927. Untuk nilai keyakinan penyakit dengan kode D2 yaitu malaria tropika sebesar 0,9835. Untuk nilai keyakinan penyakit dengan kode D3 yaitu malaria quartana adalah sebesar 0,9832 dan yang terakhir nilai keyakinan untuk penyakit dengan kode D4 yaitu malaria ovale sebesar 0,9757. Dari nilai keyakinan keempat kategori penyakit malaria tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa nilai keyakinan terbesar berdasarkan gejala yang dialami oleh pasien, maka pasien teridentifikasi mengalami penyakit malaria tropika. Hasil perhitungan menggunakan metode certainty factor dibandingkan dengan diagnosis pakar. Perbandingan tersebut ditunjukkan pada gambar 3 untuk setiap kode penyakit dari penyakit dengan kode D1 sampai penyakit dengan kode D4. Garis biru menunjukkan hasil diagnosis penyakit malaria menggunakan perhitungan metode certainty factor dan garis orange menunjukkan hasil diagnosis penyakit malaria berdasarkan pengetahuan pakar.

4. KESIMPULAN

Penggunaan metode certainty factor dalam identifikasi penyakit malaria menawarkan solusi yang efektif dan efisien dalam meningkatkan diagnosis, penanganan, dan pengobatan malaria, terutama di daerah yang memiliki keterbatasan sumber daya medis. Pada perhitungan yang sudah dilakukan, berdasarkan gejala yang dialami oleh pasien yaitu demam, menggigil, sakit kepala, pingsan, muncul bintik merah, mual, diare, nafsu makan yang menurun maka diidentifikasi menggunakan sistem pakar yang mengimplementasikan metode certainty factor, pasien tersebut mengalami penyakit malaria tropika dengan nilai kepercayaan sebesar 0,9835. Dengan menggunakan CF, proses pengambilan keputusan menjadi lebih cepat karena sistem dapat memberikan rekomendasi berdasarkan perhitungan matematis yang cepat dan akurat. Ini sangat penting dalam situasi darurat atau di daerah dengan akses terbatas ke fasilitas kesehatan. Metode CF memungkinkan peningkatan akurasi dalam diagnosis malaria dengan menggabungkan tingkat keyakinan dari berbagai gejala dan tanda klinis yang diamati. Ini membantu dalam mengurangi ketidakpastian dan memberikan diagnosis yang lebih andal. CF mampu menangani ketidakpastian dalam data medis, yang sering kali menjadi tantangan dalam diagnosis penyakit. Dengan memanfaatkan CF, sistem dapat memberikan penilaian yang lebih tepat berdasarkan data yang tidak

pasti atau parsial. Metode CF dapat diimplementasikan dalam berbagai sistem diagnostik berbasis komputer, termasuk sistem pakar dan aplikasi kesehatan mobile. Ini memberikan fleksibilitas dalam penggunaannya sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. CF memungkinkan pemantauan berkelanjutan terhadap kondisi pasien dan evaluasi efektivitas pengobatan. Sistem dapat diperbarui secara berkala dengan data baru untuk meningkatkan akurasi diagnosis dan pengobatan.

REFERENCES

- [1] M. Ngongo and Y. Rada, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Malaria Berbasis Website Menggunakan Metode Forward Chaining," *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 18, no. 2, p. 37, 2023, doi: 10.30587/e-link.v18i2.5996.
- [2] M. N. Aliandu, Y. Rada, and D. A. Sitaniapessy, "Indonesian Journal of Thousand Literacies SISTEM PAKAR DIAGNOSIS AWAL PENYAKIT MALARIA TERHADAP MANUSIA MENGGUNAKAN METODE DEMSPTER SHAFFER THEORY," *Indones. J. Thousand Literacies IJTL*, vol. 1, no. 4, pp. 361–480, 2023, doi: 10.57254/ijtl.v1i4.47.
- [3] A. L. Kalua, Veronika H, and D. T. Salaki, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria dengan Certainty Factor dan Forward Chaining," *J. Inf. Technol. Softw. Eng. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–34, 2022, doi: 10.58602/itsecs.v1i1.10.
- [4] R. B. Ate, F. E. Neno, and P. Mikku Ate, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria Dengan Metode Naive Bayes Puskesmas Weekombak," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 776–785, 2023, doi: 10.47709/digitech.v3i2.2900.
- [5] P. F. Orun, Y. A. Pranoto, and A. Faisol, "Penerapan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor Pada Sistem Pakar Untuk Diagnosis Penyakit Malaria Di Kabupaten Mimika Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 325–335, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4618.
- [6] Giovillando, A. Desiani, and E. Setyo Cahyono, "Analisis Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar dalam Diagnosa Penyakit Malaria," *J. Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 45–53, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/core>
- [7] Hendrawaty, M. Mina, and Azhar, "Sistem Pakar Berbasis Web Untuk Diagnosis Malaria, Demam Berdarah, dan Campak Menggunakan Metode Pengambilan Keputusan Fuzzy Multiple Criteria," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 152–158, 2020, [Online]. Available: <https://www.jurnal.uui.ac.id/index.php/jics/article/view/2046>
- [8] Y. Nunna et al., "Penerapan Metode Forward Chaining Untuk Mendiagnosa Penyakit Malaria Dan Pencegahannya Berbasis Web di Rs . Karitas Elopada," *J. Informatics Bussines*, vol. 01, no. 03, pp. 132–139, 2023.
- [9] J. Jumarni, M. N. Sutoyo, and ..., "Kombinasi Metode Certainty Factor Dan Forward Chaining Pada Sistem Pakar diagnosis Penyakit Malaria Berbasis Web," *Pros.*, vol. 1, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://epublikasi.digitallinnovation.com/index.php/semptin/article/view/67%0Ahttps://epublikasi.digitallinnovation.com/index.php/semptin/article/download/67/59>
- [10] L. P. Wanti and S. Romadhon, "Implementasi Forward Chaining Method Pada Sistem Pakar Untuk Deteksi Dini Penyakit Ikan," *Infotekmesin*, Aug. 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i2.248.
- [11] I Putu Dody Suarnatha and I Made Agus Oka Gunawan, "Implementasi Metode Certainty Factor dalam Sistem Pakar Deteksi Penyakit Pencernaan pada Manusia," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3872.
- [12] M. Brilliant, "Sistem Pakar Metode Case-Based Reasoning Untuk Deteksi Penyakit Stunting Pada Anak," *J. SIMADA (Sistem Inf. dan Manaj. Basis Data)*, vol. 5, no. 2, pp. 13–22, 2022.
- [13] T. Lerisa, B. Sembiring, A. Alhafiz, and T. Syahputra, "Sistem Pakar Mendiagnosa Radang Usus Pada Pencernaan Manusia Dengan Metode Dempster Shafer," *J. Sist. Inf. Tgd*, vol. 2, no. 3, pp. 443–451, 2023.
- [14] L. P. Wanti, K. Y. Laksono, and R. Purwanto, "Implementasi Metode User Centered Design Pada Sistem Pendukung Keputusan Peramalan Penjualan Ikan Hias," *J. ICT Inf. Commun. Technol.*, vol. 18, no. 1, pp. 26–33, 2019, doi: 10.36054/jict-ikmi.v18i1.39.
- [15] I. Bahroni, L. P. Wanti, N. W. Rahadi, A. A. Hartono, and R. Purwanto, "Implementation of Forward Chaining for Diagnosis of Dengue Hemorrhagic Fever," *J. Innov. Inf. Technol. Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–42, 2022, doi: 10.35970/jinita.v4i1.1204.
- [16] L. P. Wanti, I. N. Azroha, and M. N. Faiz, "Implementasi User Centered Design Pada Sistem Pakar Diagnosis Gangguan Perkembangan Motorik Kasar Pada Anak Usia Dini," *Media Apl.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [17] N. Sulardi and A. Witanti, "SISTEM PAKAR UNTUK DIAGNOSIS PENYAKIT ANEMIA MENGGUNAKAN," vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2020.
- [18] F. Nugroho and A. U. Bani, "Penerapan Metode Dempster Shafer Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Usus Halus," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 243, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3468.
- [19] G. Abaci, A. Selamat, and J. Al Dallal, "A fuzzy logic expert system to predict module fault proneness using unlabeled data," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 32, no. 6, pp. 684–699, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2018.08.003.
- [20] I. Giri Waluyo, "Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Penyakit Telinga Hidung dan Tenggorokan (THT) menggunakan Metode Forward Chaining," *TIN Terap. Inform. Nusantara*, vol. 4, no. 3, pp. 223–228, 2023, doi: 10.47065/tin.v4i3.4173.
- [21] B. Sapriatin and A. F. Sianturi, "JURNAL MEDIA INFORMATIKA [JUMIN] Penerapan Teorema Bayes Mendeteksi Stunting pada Balita," *J. Media Inform.*, vol. 3, pp. 24–37, 2021.
- [22] M. Mathew, R. K. Chakraborty, and M. J. Ryan, "A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 96, no. October, p. 103988, 2020, doi: 10.1016/j.engappai.2020.103988.
- [23] B. K. Nuhu, I. Aliyu, M. A. Adegboye, J. K. Ryu, O. M. Olaniyi, and C. G. Lim, "Distributed network-based structural health monitoring expert system," *Build. Res. Inf.*, vol. 49, no. 1, pp. 144–159, 2021, doi: 10.1080/09613218.2020.1854083.
- [24] C. Nas, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tiroid Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. Teknol. Dan Open Source*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2019, doi: 10.36378/jtos.v2i1.114.
- [25] D. D. S. Fatimah, Y. Septiana, and G. Ramadhan, "Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Stunting Berbasis Web Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Algoritma*, vol. 19, no. 2, pp. 547–557, 2022, doi: 10.33364/algoritma/v.19-2.1144.
- [26] L. P. Wanti and Lina Puspitasari, "Optimization of the Fuzzy Logic Method for Autism Spectrum Disorder Diagnosis," *J. RESTI*

- (*Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi*), vol. 6, no. 1, pp. 16–24, 2022, doi: 10.29207/resti.v6i1.3599.
- [27] D. Aldo, “Sistem Pakar Diagnosis Hama Dan Penyakit Bawang Merah Menggunakan Metode Dempster Shafer,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 85–93, 2020, doi: 10.34010/komputika.v9i2.2884.
- [28] R. Rachman, “Penerapan Sistem Pakar Untuk Diagnosa Autis Dengan Metode Forward Chaining,” *J. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 218–225, 2019, doi: 10.31311/ji.v6i2.5522.
- [29] S. Dwisavitri, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Telinga, Hidung, Dan Tenggorokan (Tht) Dengan Menggunakan Metode Forward Chaining Dan ...,” *Publ. Tugas Akhir S-1 PSTI FT-UNRAM*, 2020, [Online]. Available: <http://begawe.unram.ac.id/index.php/ta/article/view/69>
- [30] B. Dirgantara and H. Hairani, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit THT Menggunakan Inferensi Forward Chaining dan Metode Certainty Factor,” *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.30812/bite.v3i1.1241.
- [31] I. W. Sutoyo, A. P. Widodo, and A. F. Rochim, “Decision support system for handling intervention on toddlers stunting cases in Indonesia using the certainty factor method,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1943, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1943/1/012110.
- [32] M. M. Sigalingging, D. Andeswari, and Y. Setiawan, “Perbandingan Certainty Factor dan Dempster Shafer Mendiagnosis Penyakit THT(Telinga Hidung Tenggorokan) dengan Sistem Pakar,” *J. Rekursif*, vol. 7, no. 2, pp. 125–133, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/rekursif/article/view/6972>
- [33] A. Azareh *et al.*, “Modelling gully-erosion susceptibility in a semi-arid region, Iran: Investigation of applicability of certainty factor and maximum entropy models,” *Sci. Total Environ.*, vol. 655, pp. 684–696, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.235.
- [34] G. Salsabila, R. Arafiah, and F. H. Indiyah, “Sistem Pakar Diagnosa Demam Berdarah Dengue Menggunakan Metode Certainty Factor,” *J-KOMA J. Ilmu ...*, vol. 15, no. 2, 2020, [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jkoma/article/view/15164>
- [35] S. Rofiqoh, D. Kurniadi, and A. Riansyah, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Karet Menggunakan Metode Forward Chaining,” *Ranc. Bangun e-CRM pada Pasar Murah Solo*, vol. 1, no. 1, pp. 54–60, 2020.
- [36] J. Yuan, S. Zhang, S. Wang, F. Wang, and L. Zhao, “Process abnormality identification by fuzzy logic rules and expert estimated thresholds derived certainty factor,” *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 209, no. August 2020, p. 104232, 2021, doi: 10.1016/j.chemolab.2020.104232.
- [37] L. P. Wanti *et al.*, “Pemanfaatan Teknologi Informasi untuk Pengembangan Desa Wisata Widarapayung Wetan melalui Pemberdayaan Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis),” *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 128–135, 2022, doi: 10.31849/dinamisia.v6i1.8385.
- [38] D. Santra, S. K. Basu, J. K. Mandal, and S. Goswami, “Rough set based lattice structure for knowledge representation in medical expert systems: Low back pain management case study,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 145, p. 113084, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2019.113084.
- [39] N. Zuhriyah and G. Priyandoko, “Sistem Pakar Mendeteksi Gangguan Gizi Pada Anak Balita Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web,” *Publishing-Widyagama.Ac.Id*, no. Ciastech, pp. 551–560, 2020.
- [40] J. Wang *et al.*, “Refined micro-scale geological disaster susceptibility evaluation based on UAV tilt photography data and weighted certainty factor method in Qingchuan County,” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 189, no. November, p. 110005, 2020, doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.110005.
- [41] L. Wanti, N. Prasetya, L. Sari, and L. Puspitasari, “Optimization of Certainty Factor Method to Detect Preeclampsia in Women Pregnant,” in *Icast 2021*, 2023, pp. 147–155. doi: 10.5220/0010941400003260.
- [42] N. W. A. Prasetya, L. P. Wanti, L. Sari, and L. Puspitasari, “Sistem Pakar Deteksi Dini Penyakit Preeklamsia pada Ibu Hamil Menggunakan Metode Certainty Factor,” *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 168–177, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1050.
- [43] C. Jiang, W. Fan, N. Yu, and E. Liu, “Spatial modeling of gully head erosion on the Loess Plateau using a certainty factor and random forest model,” *Sci. Total Environ.*, vol. 783, p. 147040, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147040.
- [44] D. Supriyadi *et al.*, “Analisis Sistem Pakar Diagnosa Penyakit THT Menggunakan Metode Certainty Factor,” *OKTAL J. Ilmu Komput. dan Sains*, vol. 1, no. 06, pp. 652–657, 2022, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bisik>
- [45] O. Alhabashneh, “Fuzzy-based adaptive framework for module advising expert system,” *Ann. Emerg. Technol. Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 13–27, 2021, doi: 10.33166/AETiC.2021.01.002.
- [46] A. Saibene, M. Assale, and M. Giltri, “Expert systems: Definitions, advantages and issues in medical field applications,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 177, no. July 2020, p. 114900, 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.114900.