

Implementasi Dempster-Shafer Theory Sebagai Mesin Inferensi Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Cerebral Palsy

Moh. Erkamim^{1*}, Mursalim Tonggiroh², Novi Yona Sidratul Munti³, Yuri Rahmanto⁴

¹Program Studi Sistem Informasi Kota Cerdas, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Yapis Papua, Jayapura, Indonesia

³Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, Kampar, Indonesia

⁴Program Studi Teknik Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia

Email: ^{1,*}erkamim@lecture.utp.ac.id, ²mursalim.t@gmail.com, ³noviyona99@gmail.com, ⁴yurirahmanto@teknokrat.ac.id

Email Penulis Korespondensi: erkamim@lecture.utp.ac.id

Submitted: 30/10/2023; Accepted: 25/12/2023; Published: 26/12/2023

Abstrak—Diagnosa dini dan intervensi yang tepat sangat penting untuk meminimalkan dampak jangka panjang dari penyakit Cerebral Palsy pada anak. Saat ini, diagnosis Cerebral Palsy pada anak-anak seringkali didasarkan pada pengamatan klinis, tes perkembangan, dan pencitraan otak. Diperlukannya pengetahuan medis dan pengamatan yang cermat oleh seorang profesional kesehatan yang berpengalaman, yang sering kali sulit diakses di berbagai daerah. Untuk itu diagnosa awal oleh orang tua menjadi sangat penting untuk melakukan tindakan terhadap anak penderita penyakit Cerebral Palsy. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar yang dapat melakukan diagnosa penyakit Cerebral Palsy pada anak menggunakan algoritma Dempster-Shafer Theory sebagai mesin inferensi agar memudahkan dalam mendiagnosa dan menghasilkan diagnosa yang tepat. Pendekatan Dempster-Shafer Theory bekerja dengan menghitung tingkat keyakinan atau kepercayaan terhadap suatu hipotesis atau kejadian tertentu berdasarkan evidensi yang ada. Sistem pakar yang dibangun berbasis website dengan kemampuan dapat melakukan diagnosa berdasarkan gejala dan menampilkan hasil diagnosa, definisi dari jenis penyakit Cerebral Palsy pada anak serta tindakan atau cara penanganannya. Berdasarkan pada hasil pengujian tingkat akurasi diperoleh nilai sebesar 90% dan tergolong pada kriteria “Baik”.

Kata Kunci: Cerebral Palsy; Dempster-Shafer Theory; Diagnosa Penyakit; Mesin Inferensi; Sistem Pakar

Abstract—Early diagnosis and appropriate intervention are very important to minimize the long-term impact of Cerebral Palsy in children. Currently, the diagnosis of Cerebral Palsy in children is often based on clinical observations, developmental tests, and brain imaging. It requires medical knowledge and careful observation by an experienced health professional, which is often difficult to access in many areas. For this reason, early diagnosis by parents is very important for taking action against children suffering from Cerebral Palsy. This research aims to develop an expert system that can diagnose Cerebral Palsy in children using the Dempster-Shafer Theory algorithm as an inference engine to make it easier to diagnose and produce the right diagnosis. The Dempster-Shafer Theory approach works by calculating the level of confidence or belief in a hypothesis or certain event based on existing evidence. An expert system built on a website has the ability to make diagnoses based on symptoms and display diagnosis results, definitions of the type of Cerebral Palsy disease in children, as well as actions or methods of treating it. Based on the test results, the accuracy level obtained was a value of 90% and was classified as “Good” criteria.

Keywords: Cerebral Palsy; Dempster-Shafer Theory; Disease Diagnosis; Inference Engine; Expert System

1. PENDAHULUAN

Penyakit Cerebral Palsy merupakan kelompok gangguan motorik permanen yang terjadi pada perkembangan otak anak sejak dini, mengakibatkan gangguan gerakan, koordinasi, dan postur tubuh [1]. Cerebral Palsy adalah salah satu gangguan neurologis paling umum yang memengaruhi anak-anak, dengan dampak yang signifikan pada kehidupan sehari-hari dan perkembangan anak [2]. Diagnosa dini dan intervensi yang tepat sangat penting untuk meminimalkan dampak jangka panjang dari penyakit Cerebral Palsy pada anak. Namun, diagnosa Cerebral Palsy pada anak bukanlah tugas yang mudah. Saat ini, diagnosis Cerebral Palsy pada anak-anak seringkali didasarkan pada pengamatan klinis, tes perkembangan, dan pencitraan otak [3]. Maka untuk mendiagnosa penyakit Cerebral Palsy dibutuhkan pengetahuan medis dan pengamatan yang cermat oleh seorang profesional kesehatan yang berpengalaman, yang sering kali sulit diakses di berbagai daerah. Sulitnya akses ini membuat orang tua tidak dapat melakukan diagnosa terhadap anaknya. Diagnosa awal oleh orang tua menjadi sangat penting untuk melakukan tindakan selanjutnya pada anak yang disinyalir terdapat gejala-gejala yang mengarah pada penyakit Cerebral Palsy. Maka, pengembangan sistem pakar menjadi alternatif untuk membantu dalam mendiagnosa awal agar untuk membantu dalam mengetahui apakah anak mengidap penyakit Cerebral Palsy. Sistem pakar merupakan suatu bentuk teknologi yang menggabungkan pengetahuan eksplisit dari para ahli dan aturan-aturan penilaian untuk mengambil keputusan yang kompleks [4]. Selain itu, sebuah sistem pakar memiliki kemampuan dalam memberikan informasi berdasarkan pengetahuan dalam bidang tertentu yang umumnya pengetahuan tersebut dimiliki oleh orang yang mempunyai kepakaran pada bidang tersebut [5]. Pada sebuah sistem pakar terdapat sub-bagian yang dapat melakukan penalaran yaitu mesin inferensi, dimana bagian ini berfungsi untuk menganalisis fakta, data, atau informasi yang diinputkan ke dalam sistem dan menghubungkannya dengan pengetahuan yang ada untuk mencapai kesimpulan atau rekomendasi [6].

Penelitian terkait pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit, gangguan ataupun permasalahan pada tumbuh kembang anak telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya dengan beragam penggunaan mesin

inferensi. Penelitian pertama mengenai penggunaan metode Forward Chaining untuk mendiagnosa malnutrisi pada anak dengan menghasilkan akurasi mencapai 90% yang didapatkan dari perbandingan hasil sistem dengan diagnosa oleh pakar [7]. Forward Chaining pendekatan penalaran yang dimulai dari fakta-fakta atau informasi awal yang sudah diketahui dan kemudian digunakan untuk mencapai suatu tujuan atau hipotesis. Penelitian berikutnya mengenai penerapan pendekatan Backward Chaining untuk diagnosa penyakit sistem syaraf pusat pada anak yang mendapatkan akurasi mencapai 80% [8]. Metode Backward Chaining kebalikan dari pendekatan Forward Chaining, dimana penalaran yang dimulai dari tujuan atau hipotesis yang ingin dicapai dan kemudian bekerja mundur untuk mencari fakta atau informasi yang mendukung tujuan tersebut. Penelitian selanjutnya yaitu tentang sistem pakar untuk mendiagnosis Down Syndrome pada anak menggunakan algoritma Certainty Factor [9]. Penelitian ini tidak mengukur kinerja atau akurasi dari sistem yang dikembangkan. Algoritma Certainty Factor yang digunakan bekerja dengan mengukur dan menggambarkan tingkat keyakinan suatu pernyataan atau hipotesis dalam suatu sistem berbasis pengetahuan. Penelitian lainnya, yaitu mengenai penggunaan mesin inferensi dengan metode Bayes' Theorem untuk mendiagnosa penyakit Guillain-Barre Syndrome [10]. Peneliti tidak melakukan pengukuran terhadap kinerja mesin inferensi yang diterapkan. Algoritma Bayes' Theorem menggunakan teori probabilitas untuk memperbarui atau merevisi estimasi probabilitas berdasarkan informasi baru yang diterima.

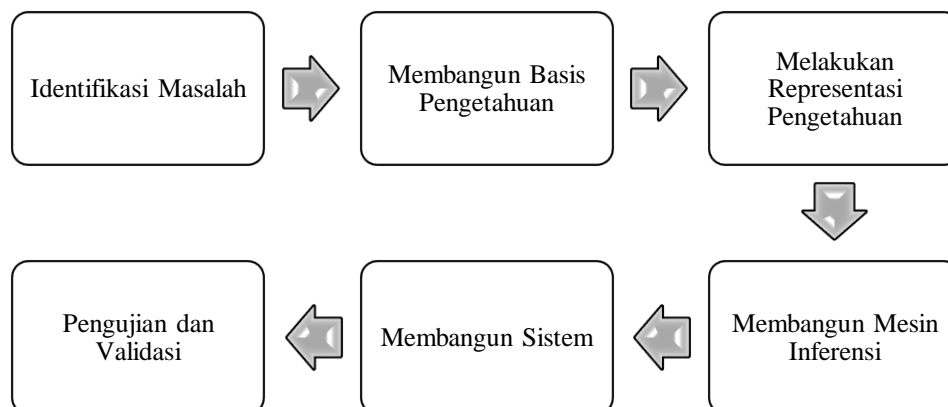
Berdasarkan penelitian terdahulu maka perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya yaitu pada penelitian ini menggunakan pendekatan Dempster-Shafer Theory sebagai mesin inferensi dan studi kasus yang digunakan yaitu diagnosa penyakit Cerebral Palsy pada anak. Selain itu pada penelitian ini untuk menentukan tingkat kepercayaan atau penetapan densitas digunakan teknik Expert Evaluation. Teknik ini digunakan untuk memberikan nilai densitas berdasarkan pemberian penilaian dari ahli tentang seberapa kuat keyakinan terhadap suatu hipotesis berdasarkan pengetahuannya, pengalaman, dan informasi yang ada [11]. Algoritma Dempster-Shafer Theory bekerja dengan menghitung tingkat kepercayaan terhadap setiap hipotesis dan menggabungkan bukti dari berbagai sumber dengan menggunakan aturan untuk mewakili kepercayaan terhadap berbagai kemungkinan [12]. Algoritma ini mampu mengatasi permasalahan di mana probabilitas klasik mungkin tidak cukup untuk menggambarkan ketidakpastian dengan tepat [13]. Dengan memungkinkan representasi dan pengelolaan ketidakpastian yang lebih fleksibel, Dempster-Shafer Theory memiliki aplikasi yang luas dalam pemanfaatannya sebagai mesin inferensi karena kemampuannya dalam analisis data kompleks.

Berdasarkan paparan sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar yang dapat mendiagnosa penyakit Cerebral Palsy pada anak menggunakan algoritma Dempster-Shafer Theory agar memudahkan dalam mendiagnosa dan menghasilkan diagnosa yang tepat. Pendekatan Dempster-Shafer Theory digunakan sebagai mesin inferensi dengan memperhitungkan faktor gabungan antar fakta sehingga mempengaruhi pada besaran peluang yang terjadi. Sistem pakar yang dikembangkan melakukan diagnosa dengan memasukkan gejala yang dialami dan dilengkapi dengan penjelasan mengenai jenis penyakit serta cara penanganannya. Untuk memudahkan dalam akses dan penggunaan sistem, maka sistem pakar ini dikembangkan berbasis website.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian langkah yang harus diikuti dalam rangka melakukan investigasi sistematis terhadap suatu masalah atau pertanyaan penelitian [14]. Langkah-langkah dalam penelitian ini divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1, secara terinci dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Identifikasi Masalah

Tujuan dari identifikasi masalah adalah untuk memahami dengan jelas apa yang menjadi isu utama yang perlu dipecahkan, dijelaskan, atau diinvestigasi [15]. Pokok permasalahan pada penelitian ini diperoleh melalui wawancara dan observasi. Berdasarkan observasi dan wawancara untuk mendiagnosa penyakit Cerebral Palsy pada anak bukanlah tugas yang mudah, hal ini dikarenakan diperlukan pengetahuan medis dan pengamatan yang cermat oleh seorang profesional kesehatan yang berpengalaman, yang sering kali sulit diakses di berbagai daerah. Untuk itu identifikasi dini terhadap gejala-gejala penyakit ini dapat membantu orangtua untuk mengetahui perkembangan anaknya sehingga dapat melakukan penanganan dengan tepat.

2) Membangun Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan atau knowledge base dalam sistem pakar merujuk pada komponen inti yang menyimpan pengetahuan eksplisit dan informasi yang digunakan untuk membuat keputusan atau memberikan solusi dalam konteks yang sesuai [16]. Biasanya, knowledge base terdiri dari basis data yang berisi fakta, aturan, pengetahuan domain, dan model-model yang diperlukan untuk pemecahan masalah. Pada tahap ini akan dikumpulkan pengetahuan-pengetahuan mengenai gejala, jenis penyakit dan cara penanganan untuk penyakit Cerebral Palsy yang didapatkan dari Dokter Spesialis Anak subdivisi Neurologi.

3) Melakukan Representasi Pengetahuan

Representasi pengetahuan merujuk pada cara informasi dan pengetahuan manusia disusun dan dimodelkan agar dapat dipahami dan digunakan oleh komputer atau sistem pakar [17]. Pada penelitian ini, pengetahuan yang telah didapatkan dari seorang pakar akan direpresentasikan dalam bentuk tabel keputusan sehingga dapat diketahui aturan dari gejala-gejala yang ada terhadap penyakitnya.

4) Membangun Mesin Inferensi

Mesin inferensi beroperasi dengan menganalisis fakta, data, atau informasi yang diinputkan ke dalam sistem dan menghubungkannya dengan pengetahuan yang ada untuk mencapai kesimpulan atau rekomendasi [18]. Pada penelitian ini mesin inferensi dibangun dengan menggunakan algoritma Dempster-Shafer Theory. Algoritma ini bekerja dengan menghitung tingkat kepercayaan terhadap setiap hipotesis dan menggabungkan bukti dari berbagai sumber dengan menggunakan aturan untuk mewakili kepercayaan terhadap berbagai kemungkinan [19]. Pada tahap ini akan dihasilkan mesin inferensi yang dapat menentukan diagnosa berdasarkan basis pengetahuan yang telah didapatkan.

5) Membangun Sistem

Membangun sistem atau proses implementasi sistem merujuk pada proses mengubah hasil analisis dan pemodelan kedalam Bahasa yang dimengerti oleh komputer untuk menjadi sebuah perangkat lunak [20]. Sistem pakar ini dikembangkan dengan berbasis website, sehingga digunakan code editor yakni Atom dengan MySQL sebagai databasenya.

6) Pengujian dan Validasi

Fase ini dilakukan untuk mengetahui kinerja atau menilai sejauh mana model maupun sistem yang telah dibuat mampu memberikan hasil yang tepat dan konsisten [21]. Uji yang dilakukan melalui pengujian akurasi, dimana model atau sistem dilakukan pengukuran terhadap kemampuannya dalam memprediksi hasil yang benar atau sesuai dengan data yang ada. Nilai akurasi didapatkan dengan membandingkan hasil yang diperoleh sistem dengan hasil diagnosa pakar. Nilai akurasi didapatkan dengan membandingkan hasil yang diperoleh sistem dengan hasil diagnosa pakar. Untuk mendapatkan nilai akurasi digunakan persamaan (1).

$$\text{Accuracy} = \frac{TB}{TU} \times 100\% \tag{1}$$

dimana, TB merupakan total dari prediksi benar dan TT merupakan total dari seluruh uji.

2.2 Algoritma Dempster-Shafer Theory

Algoritma Dempster-Shafer Theory merupakan pendekatan dalam teori kombinasi bukti yang digunakan untuk mengelola ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Teori ini dikembangkan oleh Glenn Shafer di tahun 1976 dan dikenal sebagai salah satu pendekatan yang sangat efektif dalam pengolahan data yang tidak lengkap atau ambigu [22]. Algoritma ini bekerja dengan menghitung tingkat kepercayaan terhadap setiap hipotesis dan menggabungkan bukti dari berbagai sumber dengan menggunakan aturan untuk mewakili kepercayaan terhadap berbagai kemungkinan [19]. Algoritma Dempster-Shafer Theory mampu mengatasi permasalahan di mana probabilitas klasik mungkin tidak cukup untuk menggambarkan ketidakpastian dengan tepat [13]. Dengan memungkinkan representasi dan pengelolaan ketidakpastian yang lebih fleksibel, algoritma ini memiliki aplikasi yang luas dalam pemanfaatannya sebagai mesin inferensi karena kemampuannya dalam analisis data kompleks.

Secara spesifik algoritma Dempster-Shafer Theory didasari pada pembuktian melalui tingkat kepercayaan atau yang disebut dengan belief serta memperhatikan pola pikir logis atau dikenal dengan plausibility, kemudian kombinasinya digunakan untuk membuktikan fenomena berdasarkan kalkulasi dari probabilitas yang ada [23]. Dalam Dempster-Shafer Theory, informasi diwakili oleh himpunan fungsi kepercayaan (belief functions) yang menunjukkan tingkat keyakinan terhadap berbagai proposisi atau kejadian [24]. Apabila belief memiliki nilai 0 berarti tidak memiliki evidence, sebaliknya apabila mendapatkan nilai 1 berarti ada evidence. Sehingga, fungsi belief dapat direpresentasikan melalui persamaan (2).

$$Bel(X) = \sum_{c \in X} m(Y) \tag{2}$$

dimana, $Bel(X)$ merujuk pada fungsi kepercayaan pada variabel (X), kemudian untuk $m(Y)$ merujuk pada mass function pada variabel (Y). Agar diperoleh nilai fungsi kepercayaan (plausibility), maka dihitung melalui persamaan (3).

$$Pls(X) = 1 - Bel(X') = 1 - \sum_{Y \in X'} m(X') \tag{3}$$

dimana, Pls merupakan fungsi kepercayaan yang memiliki nilai antara 0 sampai dengan 1. Akan tetapi, faktanya dalam pembangunan sistem pakar muncul unsur-unsur yang mengakibatkan terjadinya ketidakpastian dari jawaban pengguna. Segala yang mungkin tersebut dalam Dempster-Shafer Theory disebut dengan power set yang simbolnya yaitu $P(\theta)$. Sehingga, dalam mendapatkan nilainya dihitung melalui persamaan (4).

$$m = P(\theta) \tag{4}$$

dimana, m merujuk pada nilai mass function, kemudian $P(\theta)$ merepresentasikan nilai power set. Penggunaan Dempster-Shafer Theory berkembang dengan penggunaan evidence pada variabel ketidakpastian dalam menyelesaikan permasalahannya. Maka, untuk menyelesaikan permasalahan evidence yang jumlahnya banyak dipakai prosedur yang disebut dengan Dempster's rule of combination. Prosedur tersebut melakukan kombinasi diantara evidence yakni m_1 dan m_2 dengan persamaan (5).

$$m_1 \oplus m_2(Z) = \sum_{X \cap Y = Z} m_1(X)m_2(Y) \tag{5}$$

dimana, $m_1 \oplus m_2(Z)$ merujuk pada nilai mass function dalam suatu evidence, $m_1(X)$ merujuk pada mass function dalam suatu evidence (X), $m_2(Y)$ merujuk pada mass function dalam suatu evidence (Y), serta \oplus merujuk pada operator direct sum. Selanjutnya, untuk mendapatkan Dempster's rule of combination digunakan persamaan (5).

$$m_1 \oplus m_2(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_1(X)m_2(Y)}{1-k} \tag{6}$$

Pada persamaan (6), k merujuk pada jumlah evidential conflict, sehingga agar didapatkan nilai total dari k diterapkan persamaan (7).

$$k = \sum_{X \cap Y = \theta} m_1(X)m_2(Y) \tag{7}$$

dimana, $m_1 \oplus m_2$ merujuk pada pengkombinasian antara m_1 dan m_2 yang kemudian didapatkan hasil gabungan menjadi m_3 . Agar mempermudah dalam proses perhitungannya maka nilai dari pengkombinasian tersebut dapat diperoleh melalui persamaan (8).

$$m_3(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_1(X)m_2(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \theta} m_1(X)m_2(Y)} \tag{8}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengembangkan sistem pakar diagnosa penyakit Cerebral Palsy pada anak menggunakan algoritma Dempster-Shafer Theory diawali dengan mengumpulkan pengetahuan yang dibutuhkan melalui proses akuisisi pengetahuan. Proses akuisisi pengetahuan merujuk pada proses mengumpulkan, memahami, dan merekam pengetahuan eksplisit dan implisit dari sumber-sumber manusia atau sumber pengetahuan lainnya dalam suatu domain tertentu. Proses akuisisi pengetahuan ini akan menghasilkan basis pengetahuan yang nantinya digunakan dalam proses diagnosa pada sistem pakar. Pada penelitian ini pengetahuan yang dikumpulkan berhubungan dengan gejala, penyakit dan cara penanganannya yang didapatkan dari didapatkan dari Dokter Spesialis Anak subdivisi Neurologi. Pada studi kasus ini didapatkan sebanyak 4 jenis penyakit Cerebral Palsy. Daftar jenis penyakit tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Penyakit Cerebral Palsy

Kode Penyakit	Jenis Penyakit
P01	Cerebral Palsy Tipe Spastic
P02	Cerebral Palsy Tipe Dyskinetic
P03	Cerebral Palsy Tipe Ataxia
P04	Cerebral Palsy Tipe Mixed

Pada Tabel 1, berisi jenis penyakit Cerebral Palsy yang kemudian dari jenis penyakit tersebut dikumpulkan data gejala-gejalanya. Sehingga didapatkan daftar gejalanya sebanyak 25 gejala dan diberikan nilai densitas. Teknik yang digunakan untuk mendapatkan nilai densitas menggunakan teknik Expert Evaluation. Dimana ahli domain dapat memberikan masukan mengenai sejauh mana bukti atau informasi mendukung hipotesis tertentu. Nilai densitas massa dapat ditentukan berdasarkan penilaian ahli tentang seberapa kuatnya bukti tersebut. Nilai

pada Pls mempunyai rentang nilai 0 hingga 1, dimana jika tingkat keyakinan pakar mendekati nilai 1 maka gejala tersebut mendekati pasti. Daftar gejala, jenis penyakitnya beserta nilai densitasnya tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Gejala Beserta Nilai Densitasnya

Kode Gejala	Nama Gejala	Jenis Penyakit				Nilai Densitas
		P1	P2	P3	P4	
G1	Kejang otot yang tidak terkendali.	X				0,8
G2	Kontraksi otot yang tidak disengaja dan tidak dapat diprediksi.	X				0,8
G3	Kekakuan pada otot.	X				0,8
G4	Keterlambatan dalam mencapai melewati tonggak perkembangan motorik seperti merangkak atau berjalan.	X			X	0,6
G5	Ketidakmampuan berjalan atau berjalan dengan bantuan perangkat.	X			X	0,6
G6	Hiperrefleksia (reaksi refleks yang terlalu kuat) atau hiporefleksia (reaksi refleks yang lemah).	X			X	0,6
G7	Gerakan kaku atau tidak alami.	X	X			0,7
G8	Keterlambatan perkembangan motorik atau kemampuan gerak tubuh.	X			X	0,7
G9	Kesulitan mengendalikan gerakan tubuh.	X	X	X		0,6
G10	Gangguan gerakan refleks.	X			X	0,7
G11	Gangguan bicara atau komunikasi.	X	X		X	0,5
G12	Kejang atau epilepsy.	X	X	X	X	0,6
G13	Kesulitan mengontrol buang air kecil.	X	X		X	0,6
G14	Gangguan sensorik, seperti sensitif terhadap suara atau cahaya.	X		X	X	0,7
G15	Gerakan tubuh yang tidak terkoordinasi.	X		X		0,7
G16	Gangguan keseimbangan.		X		X	0,7
G17	Kesulitan dalam menjaga posisi tubuh yang benar		X		X	0,8
G18	Kesulitan menelan makanan,		X		X	0,6
G19	Gangguan pada kemampuan mengunyah.		X		X	0,6
G20	Kelainan postur yang mencolok, seperti posisi tubuh yang kaku.		X		X	0,7
G21	Mengalami masalah pada koordinasi gerakan.			X		0,8
G22	Kegagalan motorik halus, seperti kesulitan mengambil atau menggenggam objek.			X		0,8
G23	Kontraktur otot (otot kaku dan pendek karena kurangnya gerakan).			X	X	0,7
G24	Sering jatuh atau terjatuh.			X	X	0,7
G25	Kelemahan otot, terutama di satu sisi tubuh.			X	X	0,6

Pada Tabel 2 menunjukkan daftar gejala, jenis penyakitnya dan nilai densitas yang diberikan oleh pakar. Mesin inferensi yang digunakan pada penelitian ini menerapkan pendekatan Dempster-Shafer Theory. Pada konsep pendekatan Dempster-Shafer Theory dilakukan pencarian probabilitas yang didasari oleh tingkat kepercayaan yang digunakan dalam menggabungkan fakta-fakta yang ada. Sebagai studi kasus untuk menyelesaikan permasalahan diagnosa jenis gangguan belajar pada anak didapatkan gejala-gejala sebagai berikut:

Gejala 1 (G1) : Kejang otot yang tidak terkendali.

Gejala 2 (G7) : Gerakan kaku atau tidak alami.

Gejala 3 (G9) : Kesulitan mengendalikan gerakan tubuh.

Dari gejala yang telah didapatkan, selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan pendekatan Dempster-Shafer Theory secara step-by-step sebagai berikut:

Diperoleh Gejala 1 (G1) yaitu: Kejang otot yang tidak terkendali. Pakar telah menetapkan bahwa gejala ini memiliki nilai densitas sebesar 0,7. Dimana, gejala ini merupakan gejala pada penyakit Cerebral Palsy Tipe Spastic (P1). Sehingga nilai mass function dapat dihitung sebagai berikut:

$$m_1 \{P1\} = 0,8$$

$$m_1 \{\emptyset\} = 1 - 0,8 = 0,2$$

Selanjutnya, didapatkan Gejala 2 (G7) yaitu: Gerakan kaku atau tidak alami. Pakar telah menetapkan bahwa gejala ini memiliki nilai densitas sebesar 0,7. Dimana, gejala ini merupakan gejala pada penyakit Cerebral Palsy Tipe Spastic (P1) dan Cerebral Palsy Tipe Dyskinetic (P2). Sehingga nilai mass function adalah sebagai berikut:

$$m_2 \{P1, P2\} = 0,7$$

$$m_2 \{\emptyset\} = 1 - 0,7 = 0,3$$

Setelah nilai densitas untuk G1 dan G7 telah didapatkan, dilanjutkan dengan menghitung nilai kombinasi dari kedua densitas yaitu m_1 dan m_2 melalui penggunaan tabel aturan kombinasi melalui persamaan (8). Pengkombinasian dari dua densitas ini digunakan untuk memperoleh nilai keyakinan dari gejala baru. Penggunaan

table ini digunakan untuk memudahkan dalam perhitungan. Aturan penggabungan dari G1 dan G7 agar didapatkan nilai dari m_3 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kombinasi Aturan Untuk m_3

	{P1, P2}	(0,7)	θ	(0,3)	
{P1}	(0,8)	{P1}	(0,56)	{P1}	(0,24)
θ	(0,2)	{P1, P2}	(0,14)	θ	(0,06)

Pada Tabel 3 merupakan hasil penggabungan antara G1 dan G7 untuk memperoleh nilai kombinasi yang baru. Penggabungan densitas m_1 serta m_2 menjadi m_3 dihitung melalui persamaan (7). Proses perhitungan untuk mencari m_3 adalah sebagai berikut:

$$m_3 \{P1, P2\} = \frac{0,14}{1-0} = 0,14$$

$$m_3 \{P1\} = \frac{0,56+0,24}{1-0} = 0,8$$

$$m_3 \{\theta\} = \frac{0,06}{1-0} = 0,06$$

Kemudian, gejala berikutnya yaitu Gejala 3 (G9): Kesulitan mengendalikan gerakan tubuh. Pakar telah menetapkan bahwa gejala ini memiliki nilai densitas sebesar 0,6. Dimana, gejala ini merupakan gejala pada penyakit Cerebral Palsy Tipe Spastic (P1), Cerebral Palsy Tipe Dyskinetic (P2), Cerebral Palsy Tipe Ataxia (P3). Sehingga nilai mass function dapat dihitung sebagai berikut:

$$m_4 \{P1, P2, P3\} = 0,6$$

$$m_4 \{\theta\} = 1 - 0,6 = 0,4$$

Setelah didapatkan nilai densitas untuk G1, G7 dan G9, dilanjutkan dengan menghitung nilai kombinasinya melalui penggunaan tabel aturan kombinasi. Pengkombinasian tersebut kemudian disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kombinasi Aturan Untuk m_5

	{P1, P2, P3}	(0,6)	θ	(0,4)	
{P1, P2}	(0,14)	{P1, P2}	(0,084)	{P1, P2}	(0,056)
{P1}	(0,8)	{P1}	(0,48)	{P1}	(0,32)
θ	(0,06)	{P1, P2, P3}	(0,036)	θ	(0,024)

Pada Tabel 4 merupakan hasil penggabungan antara G1, G7 dan G9 untuk memperoleh nilai kombinasi yang baru. Penggabungan kombinasi densitas tersebut akan membentuk m_5 . Berdasarkan persamaan (8), maka proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$m_5 \{P1, P2\} = \frac{0,084+0,56}{1-0} = 0,18$$

$$m_5 \{P1, P2, P3\} = \frac{0,036}{1-0} = 0,036$$

$$m_5 \{P1\} = \frac{0,48+0,32}{1-0} = 0,8$$

$$m_3 \{\theta\} = \frac{0,024}{1-0} = 0,024$$

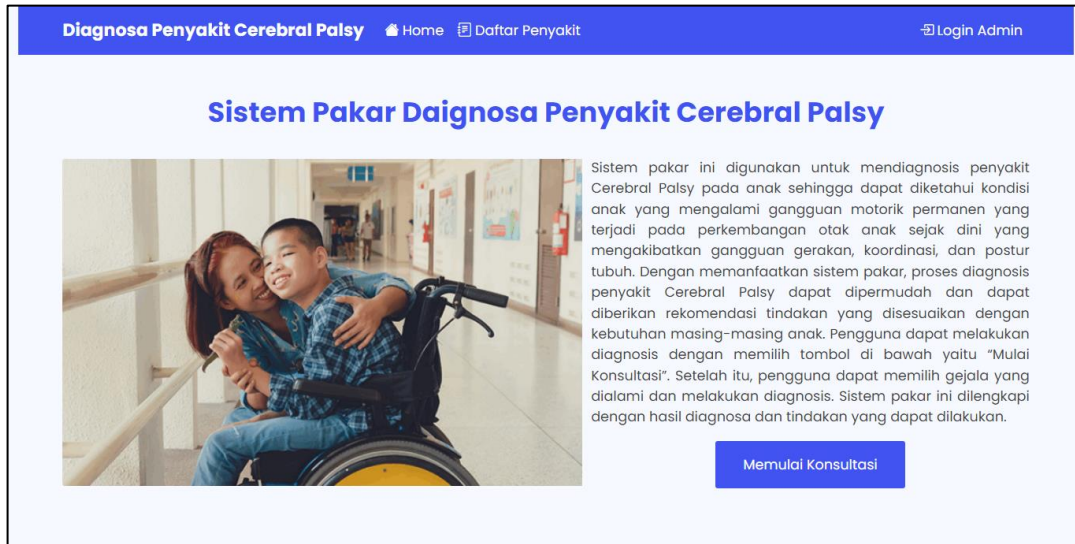
Berdasarkan hasil dari perhitungan kombinasi densitas m_5 , seluruh gejala pada studi kasus ini sudah dilakukan kombinasi. Sehingga, dapat dilihat bahwa nilai yang paling tinggi yaitu P1 yang mendapatkan nilai 0,8 atau 80%. Ini artinya hasil diagnosa berdasarkan studi kasus ini adalah penyakit Cerebral Palsy Tipe Spastic (P1).

Sistem pakar ini dikembangkan berbasis website menggunakan code editor yakni Atom dengan database MySQL. Sistem pakar diagnosa penyakit Cerebral Palsy ini mempunyai fitur-fitur seperti: pengelolaan data gejala, penyakit, aturan Dempster-Shafer Theory, melakukan diagnosa, melihat hasil diagnosa dan penanganannya. Pada sistem ini terdapat 2 (dua) jenis pengguna, yakni: administrator dan pengguna umum. Administrator dapat menginputkan data-data seperti data gejala, penyakit dan aturan Dempster-Shafer Theory. Tampilan user interface administrator untuk mengelola data gejala disajikan pada Gambar 2.



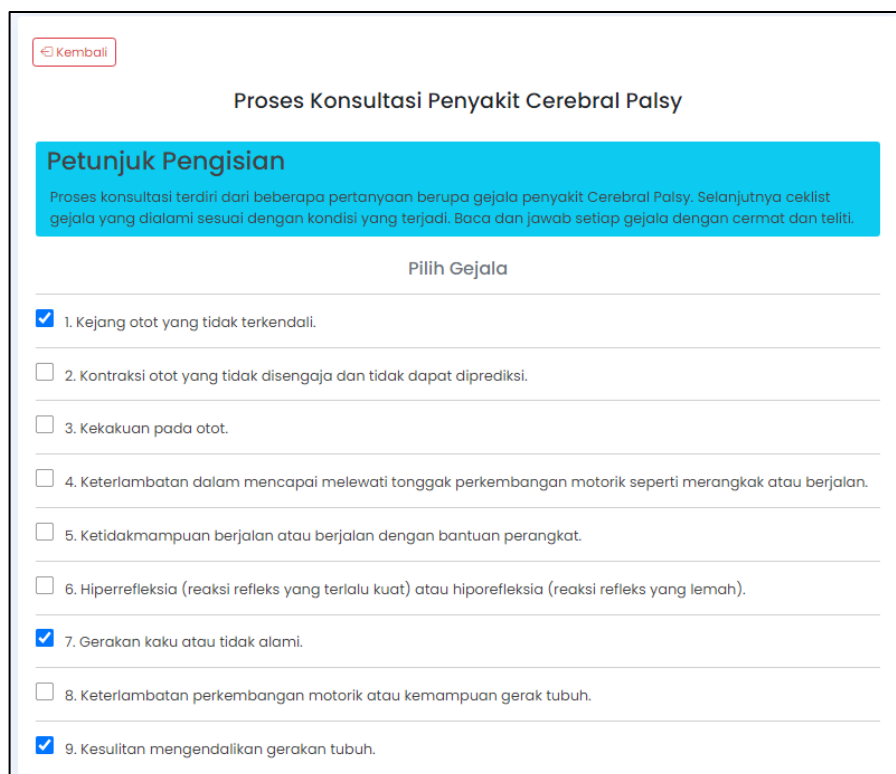
Gambar 2. User Interface Mengelola Data Gejala

Pada Gambar 2 terlihat tampilan form mengelola data gejala, pada menu tersebut pengguna dapat menambahkan, mengubah dan hapus data gejala. Begitu pula untuk menu administrator yang lain yaitu data gejala, penyakit dan aturan Dempster-Shafer Theory, pada menu-menu tersebut administrator dapat mengelola data-data tersebut. Sedangkan pengguna umum dapat melakukan diagnosa dan melihat daftar jenis gangguan belajar pada anak. Pengguna umum untuk menggunakan sistem ini pertama kali akan membuka menu utama. Pada menu utama ini disajikan fitur-fitur yang dapat diakses oleh pengguna diantaranya: mulai konsultasi dan daftar penyakit Cerebral Palsy pada anak. User interface untuk halaman menu utama untuk pengguna disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. User Interface Halaman Menu Utama Pengguna

Pada Gambar 3, memperlihatkan halaman menu utama sistem pakar yang berisi fitur-fitur berupa daftar penyakit dan memulai konsultasi. Untuk melakukan diagnosa pengguna dapat langsung mengklik button mulai konsultasi. Setelah halaman proses diagnosa terbuka, maka pengguna dapat mengisi gejala dengan disesuaikan dengan apa yang dialami oleh pengguna. User interface proses diagnosa tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. User Interface Proses Diagnosa

Pada Gambar 4, pengguna dapat mengisi gejala yang dialami dengan melakukan checklist sesuai dengan petunjuk yang ada pada sistem. Pada studi kasus ini terdapat 25 gejala terkait diagnosa penyakit Cerebral Palsy.

Setelah pengguna telah mengisi gejala yang dialami kemudian pengguna dapat menekan button diagnosa. Setelah itu, sistem akan menampilkan hasil diagnosa dengan menampilkan hasil perhitungan Dempster-Shafer Theory dilengkapi dengan definisi dan tindakannya. Tampilan user interface untuk hasil diagnosa tersaji pada Gambar 5.



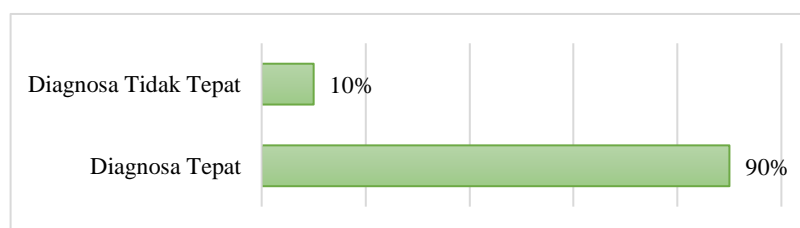
Gambar 5. User Interface Hasil Diagnosa

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil diagnosa dengan menampilkan jenis penyakit dan hasil perhitungan derajat kepercayaan dengan menggunakan pendekatan Dempster-Shafer Theory serta dilengkapi dengan tindakan atau cara penanganannya. Hasil perhitungan menggunakan studi kasus yang sama dengan perhitungan manual menunjukkan hasil yang tidak berbeda, ini artinya perhitungan yang dihasilkan oleh sistem yang dibangun dapat dikatakan “Valid”.

Sebelum sistem pakar yang digunakan, maka sistem ini perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar kinerja dari sistem yang dikembangkan dapat diukur dan telah sesuai dengan kebutuhan. Uji yang dilakukan yaitu pengujian akurasi dengan membandingkan hasil luaran dari sistem dengan diagnosa yang dihasilkan oleh pakar. Sampel uji yang diterapkan yaitu sebanyak 40 kasus uji yang dilakukan secara acak untuk gejala yang dialami. Dari kasus tersebut kemudian akan dibandingkan hasil yang didapatkan oleh sistem pakar dan hasil dari seorang pakar. Setelah dilakukan pengujian dari 40 kasus tersebut sistem dapat melakukan diagnosa dengan benar sebanyak 36 kasus dan untuk kasus yang terdiagnosa tidak benar sejumlah 4. Untuk mendapatkan tingkat akurasi, hasil yang telah diperoleh dihitung persamaan (8). Berikut ini proses perhitungan untuk mencari nilai akurasi:

$$\text{Accuracy} = \frac{36}{40} \times 100\% = 90\%$$

Berdasarkan hasil perolehan nilai akurasi tersebut didapatkan nilai 90%. Sehingga untuk persentase ketidaktepatannya adalah 10%. Untuk lebih jelasnya hasil uji akurasi ini dibuat dalam bentuk grafik yang tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Persentase Uji Akurasi

Pada Gambar 6, menunjukkan grafik hasil uji akurasi, dimana hasil diagnosa yang tepat sebesar 90%. Hasil tersebut kemudian ditransformasi pada pengelompokan tingkat akurasi berikut ini: nilai antara 76% hingga 100% masuk kategori “Baik”; nilai antara 56% hingga 75% masuk kategori “Cukup”; nilai antara 40% hingga 55% masuk kategori “Kurang Baik”; dan lebih kecil dari 40% masuk kategori “Tidak Baik” [25]. Sehingga, berlandaskan pada penilaian pada kriteria tersebut maka sistem pakar yang dikembangkan masuk dalam kriteria “Baik”. Akurasi ini dipengaruhi oleh kinerja algoritma Dempster-Shafer Theory mampu mengatasi masalah di mana terdapat beberapa sumber bukti atau data yang mungkin saling tumpang tindih atau tidak lengkap, dan diperlukan cara untuk menggabungkannya menjadi satu kesimpulan yang lebih kuat. Namun, diagnosa yang tidak tepat mencapai 10% ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya: algoritma ini tergantung pada pengetahuan

awal yang baik tentang domain masalah, seperti pengetahuan tentang derajat kepercayaan dan ketidakpastian yang akurat. Kesalahan dalam modelisasi pengetahuan awal dapat menghasilkan hasil yang tidak akurat. Selain itu, pada studi kasus diagnosa jenis penyakit Cerebral Palsy pada anak terdapat beberapa penyakit yang memiliki gejala yang serupa.

4. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan mengembangkan sistem pakar dengan menerapkan pendekatan Dempster-Shafer Theory sebagai mesin inferensi untuk diagnosis penyakit Cerebral Palsy pada anak. Pendekatan Dempster-Shafer Theory dalam penerapannya untuk mesin inferensi bekerja dengan menghitung tingkat keyakinan atau kepercayaan terhadap suatu hipotesis atau kejadian tertentu berdasarkan evidensi yang ada. Sistem pakar yang dibangun berbasis website dengan kemampuan dapat melakukan diagnosa berdasarkan gejala dan menampilkan hasil diagnosa, definisi dari jenis penyakit Cerebral Palsy pada anak serta tindakan atau cara penanganannya. Berdasarkan pada hasil pengujian tingkat akurasi diperoleh nilai sebesar 90% dan tergolong pada kriteria “Baik”. Hasil ini memperlihatkan bahwasanya pendekatan Dempster-Shafer Theory mampu dengan baik diimplementasikan sebagai mesin inferensi untuk mendiagnosa penyakit Cerebral Palsy pada anak. Namun, model yang dikembangkan perlu perbaikan untuk penelitian kedepan diantaranya perlu validitas terhadap tingkat kepercayaan yang ditetapkan, hal ini akan berpengaruh pada hasil diagnosa. Maka, dibutuhkan kombinasi algoritma Dempster-Shafer Theory dengan Fuzzy Logic, agar nilai keyakinan yang ditentukan oleh seorang pakar agar pengukuran kebenaran atau keanggotaan yang lebih fleksibel.

REFERENCES

- [1] A. R. Anindita, “Pelaksanaan Support Group Pada Orangtua Anak Dengan Cerebral Palsy,” *Focus J. Pekerj. Sos.*, vol. 2, no. 2, pp. 208–218, 2019.
- [2] N. Purnamasari, W. W. Rasidi, and N. Hasbiah, “Hubungan Antara Kemampuan Motorik Kasar Dan Kualitas Hidup Pada Anak Cerebral Palsy,” *J. Keperawatan dan Fisioter.*, vol. 5, no. 1, pp. 139–146, 2022, doi: 10.35451/jkf.v5i1.1371.
- [3] N. Sulistyawati and A. R. Mansur, “Identifikasi Faktor Penyebab dan Tanda Gejala Anak Dengan Cerebral Palsy,” *J. Kesehat. Karya Husada*, vol. 1, no. 7, pp. 77–88, 2019.
- [4] I. Gupta and G. Nagpal, *Artificial Intelligence and Expert Systems*. Herndon: Mercury Learning and Information, 2020.
- [5] D. Arisandi and I. P. Sari, *Sistem Pakar Dengan Fuzzy Expert System*. Ponorogo: Gracias Logis Kreatif, 2021.
- [6] A. Sucipto, Y. Fernando, R. I. Borman, and N. Mahmuda, “Penerapan Metode Certainty Factor Pada Diagnosa Penyakit Saraf Tulang Belakang,” *J. Ilm. FIFO*, vol. 10, no. 2, p. 18, 2019, doi: 10.22441/fifo.2018.v10i2.002.
- [7] R. M. Nur and S. Arlis, “Sistem Pakar dalam Mengidentifikasi Penyakit Malnutrisi pada Balita Metode Forward Chaining,” *J. KomtekInfo*, vol. 9, no. 1, pp. 6–11, 2022, doi: 10.35134/komtekinfo.v9i1.197.
- [8] F. Felix and L. W. Santoso, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Sistem Saraf Pusat dengan Metode Backward Chaining dan Certainty Factor,” *J. Infra*, vol. 10, no. 1, pp. 142–148, 2022.
- [9] S. S. Sundari, Y. H. Agustin, and H. Silmi, “Sistem Pakar Diagnosa Tingkat Retardasi Down Syndrome Pada Anak Menggunakan Metode Certainty Factor,” in *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknik Informatika (SENSITIF)*, 2019, pp. 289–300.
- [10] I. Arfyanti and M. Fahmi, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Guillain-Barre Syndrome dengan Menerapkan Algoritma Teorema Bayes,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 2, pp. 787–792, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i2.6065.
- [11] Y. Fernando, R. Napianto, and R. I. Borman, “Implementasi Algoritma Dempster-Shafer Theory Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Psikologis Gangguan Kontrol Impuls,” *Insearch (Information Syst. Res. J.)*, vol. 2, no. 2, pp. 46–54, 2022.
- [12] S. Pulungan, M. Fakhriza, and A. M. Harahap, “Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Kanker Nasofaring Sejak Dini Menggunakan Metode Dempster Shafer Berbasis Web,” *J. Ilm. Sist. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 59–86, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/juisik.v3i2.486>
- [13] R. Napianto, Y. Rahmanto, R. I. Borman, O. Lestari, and N. Nugroho, “Dhempster-Shafer Implementation in Overcoming Uncertainty in the Inference Engine for Diagnosing Oral Cavity Cancer,” *CSRID (Computer Sci. Res. Its Dev. Journal)*, vol. 13, no. 1, pp. 45–53, 2021, doi: 10.22303/csrid.13.1.2021.46-54.
- [14] R. D. Gunawan, R. Napianto, R. I. Borman, and I. Hanifah, “Penerapan Pengembangan Sistem Extreme Programming Pada Aplikasi Pencarian Dokter Spesialis di Bandar Lampung Berbasis Android,” *J. Format*, vol. 8, no. 2, pp. 148–157, 2019.
- [15] R. I. Borman, D. A. Megawaty, and A. Attohiroh, “Implementasi Metode TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Biji Kopi Robusta yang Bernilai Mutu Ekspor (Studi Kasus: PT. Indo Cafco Fajar Bulan Lampung),” *Fountain Informatics J.*, vol. 5, no. 1, pp. 14–20, 2020, doi: 10.21111/fij.v5i1.3828.
- [16] J. Liebowitz, *The Handbook of Applied Expert Systems*. New York: CRC Press, 2019.
- [17] C. Roysdon and H. D. White, *Expert Systems in Reference Services*. London: Taylor & Francis, 2019.
- [18] A. Herliana, V. A. Setiawan, and R. T. Prasetyo, “Penerapan Inferensi Backward Chaining Pada Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Tulang,” *J. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 50–60, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i1.2818.
- [19] I. D. Ananda, R. Kurniawan, N. Yanti, and F. Insani, “Sistem Pakar untuk Mendiagnosis Gangguan Tidur Menggunakan Metode Dempster Shafer,” *JIMP J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 6, no. 3, pp. 1–8, 2022.
- [20] R. D. Gunawan, R. Napianto, R. I. Borman, and I. Hanifah, “Implementation of Dijkstra’s Algorithm in Determining the Shortest Path (Case Study: Specialist Doctor Search in Bandar Lampung),” *Int. J. Inf. Syst. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 98–106, 2019.



- [21] R. I. Borman, R. Napianto, N. Nugroho, D. Pasha, Y. Rahmanto, and Y. E. P. Yudoutomo, “Implementation of PCA and KNN Algorithms in the Classification of Indonesian Medicinal Plants,” in *ICOMITEE 2021*, 2021, pp. 46–50.
- [22] F. Okmayura and N. Effendi, “Design of Expert System for Early Identification for Suspect Bullying On Vocational Students by Using Dempster Shafer Theory,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 48–61, 2019.
- [23] R. Napianto, Y. Rahmanto, R. I. Borman, O. Lestari, and N. Nugroho, “Dhempster-Shafer Implementation in Overcoming Uncertainty in the Inference Engine for Diagnosing Oral Cavity Cancer,” *CSRID (Computer Sci. Res. Its Dev. Journal)*, vol. 13, no. 1, pp. 45–53, 2021.
- [24] M. Safitri, F. Insani, N. Yanti, and L. Oktavia, “Sistem Pakar Diagnosa Gangguan Stress Pasca Trauma Menggunakan Metode Certainty Factor,” *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 4, pp. 594–603, 2023, doi: 10.30865/json.v4i4.6309.
- [25] H. Mayatopani, R. I. Borman, W. T. Atmojo, and A. Arisantoso, “Classification of Vehicle Types Using Backpropagation Neural Networks with Metric and Eccentricity Parameters,” *J. Ris. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 65–70, 2021, doi: 10.34288/jri.v4i1.293.