

A Dempster-Shafer Approach for Uncertainty Management in Diagnosing Eye Diseases

Luthfi Priyanto Aji*¹, Suprpto²

¹Prodi S2 Ilmu Komputer; FMIPA UGM, Yogyakarta

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: *¹luthfi.priyanto.a@mail.ugm.ac.id, ²sprpto@ugm.ac.id

Abstract

Expert system can be used as a consultant that could give an advice to users as well as an assistant to experts. One way to help diagnose eye disease is to create an expert system as a media consultation therefore the eye disease could be identified based on the symptoms. Expert system in this research is built using using forward chaining search method and dempster shafer method to handle the uncertainty. The dempster shafer method is a non monotonic method that is used to look for inconsistencies due to the addition or subtraction of the new facts that will change the existing rules. This research aims to handle the uncertainty of the diagnose eye disease with increase the accuracy of the system in determine the level of confidence of a disease that has been generated by the expert system. The expected results of this research is to provide a media consultation that is able to diagnose eye diseases and increasing the level of system confidence to diagnose an eye disease. This expert system is tested by comparing diagnose results from an expert and the comparasion results show accuracy rate is 96%.

Keywords— Conflict Resolution, Dempster Shafer, Diagnose, Eyes, Expert System

Abstrak

Sistem pakar dapat berfungsi sebagai konsultan yang memberi saran kepada pengguna sekaligus sebagai asisten bagi pakar. Salah satu cara untuk membantu dalam diagnosis penyakit mata seseorang yaitu dengan membuat sebuah sistem pakar sebagai media konsultasi sehingga dapat mengetahui penyakit mata seseorang berdasarkan gejala-gejala yang muncul. Sistem pakar yang dibangun menerapkan metode pencarian menggunakan metode forward chaining dan metode penanganan ketidakpastian menggunakan metode dempster shafer. Metode dempster shafer merupakan metode penalaran non monotonis yang digunakan untuk mencari ketidakkonsistenan akibat adanya penambahan maupun pengurangan fakta baru yang akan mengubah aturan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk menangani ketidakpastian diagnosis penyakit mata dengan meningkatkan akurasi sistem dalam menentukan tingkat kepercayaan suatu penyakit yang telah dihasilkan oleh sistem pakar. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan suatu media konsultasi yang mampu mendiagnosis penyakit mata dan tingkat kepercayaan sistem terhadap penyakit. Pengujian sistem ini dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosis dari seorang pakar dan hasil perbandingan memperlihatkan tingkat akurasinya sebesar 96%.

Kata kunci—Dempster Shafer, Diagnosis, Konflik Resolusi, Mata, Sistem Pakar,

1. PENDAHULUAN

Penyakit mata merupakan penyakit dengan jumlah penderita yang terus meningkat tiap tahunnya di Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian angka kebutaan di Indonesia mencapai 1,2% dari jumlah penduduk Indonesia [1]. Penyebab utama dari kebutaan ini adalah glukoma, katarak, kelainan kornea, kelainan refraksi, kelainan nutrisi dan lain-lain. Seiring dengan penurunan kualitas dan gaya hidup seseorang saat ini seperti pola makan, olahraga, istirahat, bekerja, tingkat stres dan usia. Sebagian besar dari masyarakat tidak terlatih secara medis sehingga apabila mengalami gejala penyakit yang diderita belum tentu dapat memahami cara-cara penanggulangannya. Sangat disayangkan apabila gejala-gejala yang sebenarnya dapat ditangani lebih awal menjadi penyakit yang lebih serius akibat kurangnya pengetahuan. Meskipun sebenarnya pengetahuan bisa diperoleh dari buku-buku atau situs-situs internet yang membahas tentang kesehatan [2].

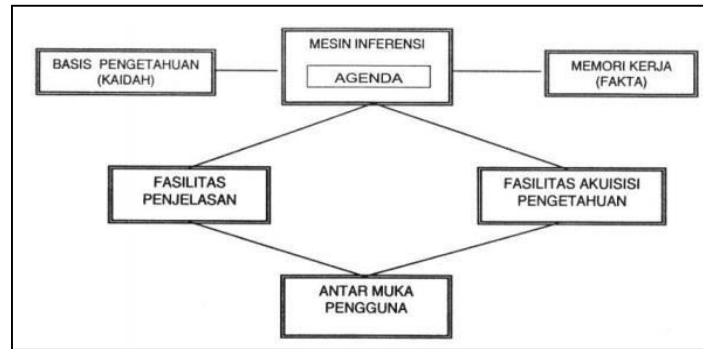
Beberapa penelitian yang melakukan riset mengenai penyakit mata menggunakan metode penelitian serta basis pengetahuan yang beragam diantaranya yaitu penelitian [3] dan [4] dalam diagnosis penyakit mata menggunakan *Neural Network* dan *Backpropagation* serta menggunakan *Decision Tree* dan *Neural Network*. Pelatihan tersebut menggunakan data rekam medis penderita penyakit mata. Penelitian [5] dan [6] menggunakan metode *Dempster Shafer* yang menyimpulkan bahwa sistem pakar yang dibangun dapat memberikan hasil beserta tingkat kebenarannya berdasarkan nilai kepercayaan yang dimiliki oleh gejala tiap masing-masing kasus. Penelitian [7] menjelaskan bahwa sistem pakar dapat dibangun dengan metode *non monotonis* selain *Dempster Shafer* [8] yaitu *Certainty Factor* yang juga digunakan untuk alat bantu diagnosis penyakit. Penelitian yang pernah dilakukan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda. Kelebihan suatu komponen dapat melengkapi kekurangan komponen lainnya. Terlebih lagi, masalah diagnosis penyakit mata tiap individu memiliki beragam kemungkinan [9] yang seringkali menjadi suatu masalah yang kompleks sehingga untuk mendiagnosis penyakit mata memerlukan suatu model penyelesaian yang dinamis agar dapat mengatasi masalah tersebut dengan baik. Salah satu cara untuk mendiagnosis penyakit mata seseorang yaitu dengan membuat sebuah sistem pakar sebagai media konsultasi dalam mendiagnosis penyakit mata [10]–[13].

Proses pelacakan kesimpulan untuk memperoleh suatu keputusan terkadang sering mengalami faktor penghambat [14]. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan terhadap pengetahuan yang menyebabkan proses penentuan kesimpulan juga mengalami perubahan. Peristiwa ini dalam sistem pakar disebut faktor ketidakpastian. Metode *Dempster Shafer* merupakan metode penalaran *non monotonis* yang digunakan untuk mencari ketidakkonsistenan akibat adanya penambahan dan pengurangan fakta baru yang akan mengubah aturan yang ada sekaligus dapat mengetahui persentase dari penyakit yang mungkin diderita. Pemanfaatan sistem pakar ini untuk diagnosis penyakit mata dengan teorema *Dempster Shafer* untuk mencari besarnya nilai kepercayaan gejala terhadap kemungkinan terkena penyakit mata.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Sistem

Dempster Shafer untuk diagnosis penyakit mata adalah sistem pakar yang dapat membantu mendiagnosis penyakit mata berdasarkan gejala-gejala yang muncul dan mempengaruhi tiap pasien. Sesuai dengan struktur sistem pakar menurut [15], model arsitektur sistem pakar menggunakan metode *Dempster Shafer* untuk diagnosis penyakit mata dapat digambarkan seperti Gambar 1.



Gambar 1 Model arsitektur sistem pakar untuk diagnosis penyakit mata

Sistem pakar untuk diagnosis penyakit mata ini merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit mata berdasarkan gejala-gejala yang dimasukkan pada sistem. Sistem dapat memberikan hasil diagnosis penyakit mata yang diderita dan nilai kepercayaan terhadap hasil identifikasi sistem. Metode yang digunakan untuk proses diagnosis menggunakan metode *Dempster Shafer* untuk menangani masalah ketidakpastian dari gejala-gejala di dalam sistem pakar ini. Maka analisis kebutuhan sistem pakar yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

- Sistem dapat digunakan oleh *user* yang sudah terdaftar.
- Sistem dapat digunakan oleh paramedis untuk melakukan pemeriksaan pasien.
- Sistem dapat digunakan pakar untuk menambah, mengubah dan menghapus data seperti data penyakit, data gejala-gejala penyakit, data aturan dan data relasi.
- Untuk menambah, mengubah dan menghapus data, *user* harus melewati proses otentifikasi.
- Sistem dapat memberikan hasil diagnosis penyakit mata pasien dan nilai kepercayaan terhadap hasil diagnosis.

2. 2 Teori Dempster Shafer

Dempster Shafer Theory (DST) pertama kali diperkenalkan oleh Dempster, yang melakukan percobaan model ketidakpastian menggunakan *range* probabilitas tunggal. Kemudian pada tahun 1976 Shafer mempublikasikan teori Dempster tersebut pada sebuah buku yang berjudul *Mathematical Theory of Evident* [7]. Dalam DST tingkat kepercayaan dari suatu *evidence* disebut *degree of belief* dan diasumsikan sebagai *mass* (direpresentasikan dengan *m*) dari objek atau juga disebut *Basic Probability Assigment*. Pada DST tidak memaksakan suatu kepercayaan untuk diberikan kepada ketidaktahuan atau sanggahan pada sebuah hipotesa, namun nilai *mass* hanya diberikan kepada *subset* didalam *environment* yang diyakini untuk diberikan tingkat kepercayaan. Secara umum teori *Dempster Shafer* ditulis dalam suatu interval [7]. Penulisan persamaan (1) secara umum:

$$[\textit{belief}, \textit{plausibility}] \quad (1)$$

- Belief* (Bel) adalah ukuran kekuatan *evidence* dalam mendukung suatu himpunan proposisi. Jika bernilai 0 maka mengindikasikan bahwa tidak ada *evidence*, dan jika bernilai 1 menunjukkan adanya kepastian. *Belief* dapat diformulasikan sebagai berikut pada persamaan (2) [7]:

$$\textit{Bel}(X) = \sum_{Y \subseteq X} m(Y) \quad (2)$$

2. *Plausibility* (Pls)

Plausibility (Pls) akan mengurangi tingkat kepastian dari *evidence*, dinotasikan sebagai

berikut pada persamaan (3) [7]:

$$Pls(X) = 1 - Bel(X) = 1 - \sum_{Y \subseteq X} m(Y) \quad (3)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Bel(X) &= Belief(X) \\ Pls(X) &= Plausibility(X) \\ m(Y) &= mass\ function\ dari\ (Y) \\ m(X) &= mass\ function\ dari\ (X) \end{aligned}$$

Perbedaan antara DST dengan teori probabilitas, pada DST nilai *mass* diberikan kepada *subset* dari satu set himpunan, sedangkan pada teori probabilitik dikaitkan dengan elemen-elemen yang ada didalam satu set himpunan. Setiap *mass* dapat dinyatakan sebagai fungsi yang menyatakan setiap elemen dari *power set* ke bilangan real antara interval 0 hingga 1 terlihat pada persamaan (4) [7].

$$M : P(\Theta) \rightarrow [0,1] \quad (4)$$

Apabila diketahui X adalah *subset* dari θ , dengan m_1 sebagai fungsi densitasnya, dan Y juga merupakan *subset* dari θ , dengan m_2 sebagai fungsi densitasnya, maka dapat dibentuk fungsi kombinasi m_1 dan m_2 sebagai m_3 , ditampilkan pada persamaan (5) [7]:

$$m_3 = \sum_{X \cap Y = Z} m_1(X)m_2(Y) \quad (5)$$

Pada proses kombinasi *evidence* memungkinkan untuk terjadinya suatu konflik antar *evidence*. Konflik *evidence* terjadi ketika tidak adanya elemen yang dihasilkan pada *cross product* antar *evidence*, sebagai contoh kombinasi antara *evidence* $m\{A\}$ dan $m\{B\}$ yang tidak menghasilkan elemen \emptyset . Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan proses normalisasi *evidence* dengan mendefinisikan *evidential conflict* (k) kedalam *Dempster Shafer of Combination* pada persamaan (6). Persamaan (7) didistribusikan ke dalam persamaan (6) menjadi persamaan (8) [7]:

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

$$K = \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X)m_2(Y) \quad (7)$$

$$m_1 \oplus m_2(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_1(X)m_2(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X)m_2(Y)} \quad (8)$$

Keterangan :

$m_1 \oplus m_2(Z)$ = merupakan hasil dari kombinasi *evidence* (X) dari *evidence* (Y)

$m_1(X)$ = *mass function* dari *evidence* (X)

$m_2(Y)$ = *mass function* dari *evidence* (Y)

K = *mass evidence conflict*

2. 3 Representasi Pengetahuan

Representasi dilakukan setelah proses akuisisi pengetahuan dilakukan. Tujuan representasi adalah untuk mengembangkan suatu struktur yang akan membantu pengkodean pengetahuan ke dalam program. Representasi pengetahuan yang digunakan dalam sistem pakar ini adalah berbentuk *production rule* atau aturan produksi.

2. 3.1 Tabel Keputusan dan Himpunan Aturan

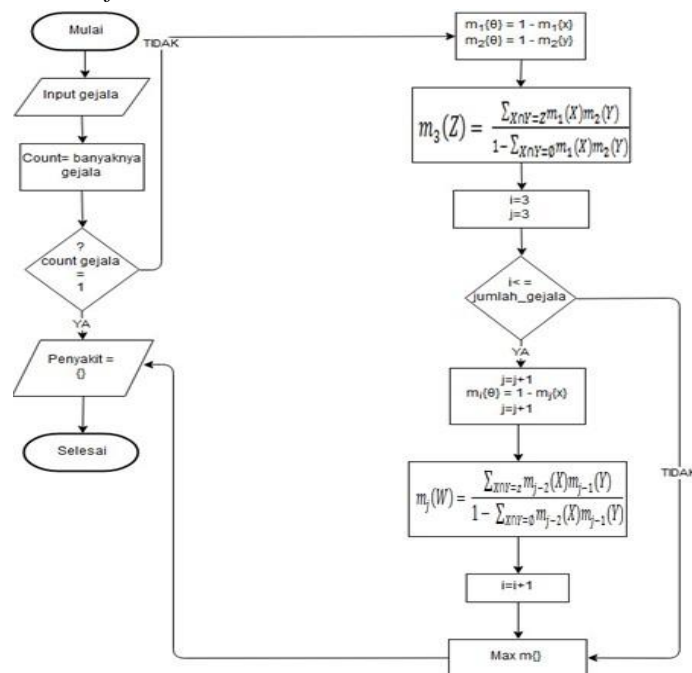
Tabel keputusan merupakan salah satu cara yang digunakan untuk membuat basis pengetahuan. Pada sistem pakar untuk diagnosis penyakit mata ini dapat diklasifikasikan menjadi 8 kelompok penyakit mata yaitu Glukoma, Hordeolum, Katarak, Keratitis, Konjungtivitis, Miopi, Pterigium dan Ulkus Kornea. Tabel keputusan untuk diagnosis penyakit mata dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Tabel Keputusan Untuk Diagnosis Penyakit Mata

Kode	Nama Gejala	Penyakit							
		GL	HO	KA	KE	KO	MI	PT	UL
G01	Kepala pusing	√				√	√	√	√
G02	Mata nyeri	√	√			√	√	√	√
G03	Mata berat/tebal/pegal	√				√	√		√
G04	Mata gatal				√	√		√	√
G05	Mata ngeres								√
G06	Mata perih/ pedih	√			√	√		√	√
G07	Mata senut-senut				√	√	√		√
G08	Mata panas				√	√			√
G09	Mata ngganjel	√	√		√	√	√	√	√
G10	Mata sakit parah	√			√				
G11	Pandangan putih	√					√		
G12	Pandangan silau	√		√			√	√	√
G13	Pandangan kabur	√		√	√		√	√	√
G14	Pandangan gelap			√			√		
G15	Pandangan berkabut	√		√	√				
G16	Pandangan tidak jelas bagian tepi mata	√							
G17	Pandangan seperti ada benang			√					
G18	Pandangan jarak jauh tidak jelas						√		
G19	Pandangan benda jadi dobel	√		√			√		
G20	Pandangan bercak-bercak hitam	√		√					
G21	Mata merah	√	√		√	√		√	√
G22	Mata berair	√	√	√	√	√		√	√
G23	Mata bengkak				√	√			
G24	Mata lengket		√						
G25	Kornea bercak putih				√				√
G26	Kornea tampak putih								√
G27	Kornea terlihat keruh				√				√
G28	Keluar banyak kotoran		√			√			
G29	Tumbuh selaput							√	
G30	Benjolan di kelopak mata		√						

1. IF kepala pusing AND mata nyeri AND mata berat/tebal/pegal AND mata perih/pedih AND mata ngganjel AND mata sakit parah AND pandangan putih AND pandangan silau AND pandangan kabur AND pandangan berkabut AND pandangan tidak jelas bagian tepi mata AND pandangan benda jadi dobel AND pandangan bercak-bercak hitam AND mata merah AND mata berair THEN Glukoma.
2. IF mata nyeri AND mata ngganjel AND mata merah AND mata berair AND mata lengket AND keluar banyak kotoran AND benjolan di kelopak mata THEN Hordeolum.
3. IF pandangan silau AND pandangan kabur AND pandangan gelap AND pandangan berkabut AND pandangan seperti ada benang AND pandangan benda jadi dobel AND pandangan bercak-bercak hitam AND mata berair THEN Katarak.
4. IF mata gatal AND mata perih/pedih AND mata senut-senut AND mata panas AND mata ngganjel AND mata sakit parah AND pandangan kabur AND pandangan berkabut AND mata merah AND mata bengkak AND kornea bercak putih AND kornea terlihat keruh THEN Keratitis.
5. IF kepala pusing AND mata nyeri AND mata berat/tebal/pegal AND mata gatal AND mata perih/pedih AND mata senut-senut AND mata panas AND mata ngganjel AND mata merah AND mata berair AND mata bengkak AND keluar banyak kotoran THEN Konjungtivitis.
6. IF kepala pusing AND mata nyeri AND mata berat/tebal/pegal AND mata senut-senut AND mata ngganjel AND pandangan putih AND pandangan silau AND pandangan kabur AND pandangan gelap AND pandangan jarak jauh tidak jelas pandangan benda jadi dobel THEN Miopi.
7. IF kepala pusing AND mata nyeri AND mata gatal AND mata perih/pedih AND mata ngganjel AND pandangan silau AND pandangan kabur AND mata merah AND mata berair AND tumbuh selaput THEN Pterigium.
8. IF kepala pusing AND mata nyeri AND mata berat/tebal/pegal AND mata gatal AND mata ngeres AND mata perih/pedih AND mata senut-senut AND mata panas AND mata ngganjel AND pandangan silau AND pandangan kabur AND mata merah AND mata berair AND kornea bercak putih AND kornea tampak putih AND kornea terlihat keruh THEN Ulkus Kornea.

2. 4 Perancangan Mesin Inferensi



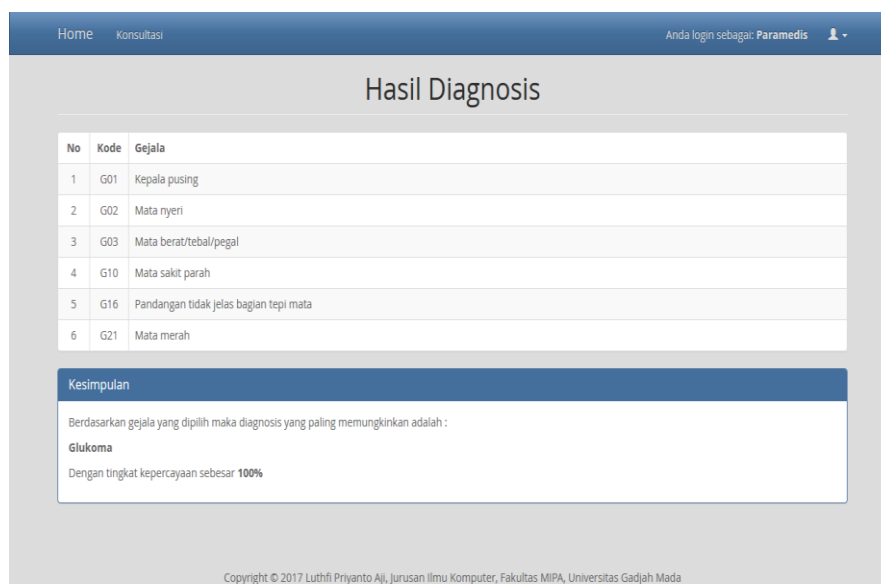
Gambar 2 Mekanisme Dempster Shafer

Pada sistem ini inferensi dilakukan untuk mendiagnosis penyakit mata berdasarkan sekumpulan fakta-fakta tentang suatu gejala penyakit mata (g_1) yang memiliki nilai *belief* g_1 (m_1) berdasarkan hasil pemeriksaan, kemudian dilakukan perhitungan *mass function* (m) berdasarkan nilai *belief* g_1 (m_1) (3). Selanjutnya dilakukan pengecekan banyaknya gejala yang ada, jika = 1 maka akan langsung ditemukan diagnosis penyakit $\{x\}$, tetapi jika jawaban ≥ 2 maka dilakukan perhitungan untuk tiap gejala (g_i) dan dengan nilai *belief* g_i ($m_i \{y\}$).

Setelah diketahui kemungkinan gejala = 2 maka dilakukan proses (8), untuk X adalah subset dari θ , dengan m_1 sebagai nilai *belief* dan Y juga merupakan subset dari θ dengan m_2 sebagai nilai *belief*. Dilakukan pengecekan gejala hingga habis, jika selesai maka (m) akan dipilih dari nilai maksimal diantara nilai (m) yang lain dan berikutnya pencarian hasil diagnosis akan didapat berdasarkan nilai densitas terbesar, tetapi jika tidak maka akan dilakukan pengecekan lagi terhadap gejala yang ada hingga selesai proses pengecekan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dilakukan terhadap 25 kasus dengan *input* yang berbeda. Pembahasan meliputi perbandingan *output* dari 25 kasus yang telah diuji melalui sistem dengan seorang pakar. Proses pengujian *Dempster Shafer* ini adalah untuk memperoleh kebenaran atas hasil konsultasi penyakit mata, sehingga *user* dalam hal ini adalah paramedis dapat memperoleh nilai keyakinan dan hasil diagnosis. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah membahas perhitungan untuk memperoleh nilai kepastian yang telah didapat dari proses konsultasi, hasil pengujian yang dilakukan bersama pakar, serta pembuktian dari beberapa kasus terkait dengan penyakit mata. Kasus pertama yang diuji melalui sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing 'Home' and 'Konsultasi'. On the right, it says 'Anda login sebagai: Paramedis'. The main heading is 'Hasil Diagnosis'. Below this is a table with the following data:

No	Kode	Gejala
1	G01	Kepala pusing
2	G02	Mata nyeri
3	G03	Mata berat/tebal/pegal
4	G10	Mata sakit parah
5	G16	Pandangan tidak jelas bagian tepi mata
6	G21	Mata merah

Below the table is a section titled 'Kesimpulan' (Conclusion) with the following text:

Berdasarkan gejala yang dipilih maka diagnosis yang paling memungkinkan adalah :
Glukoma
 Dengan tingkat kepercayaan sebesar 100%

At the bottom of the page, there is a copyright notice: 'Copyright © 2017 Luthfi Priyanto Aji, Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada'.

Gambar 3 Kasus pertama

Output yang dihasilkan:

- Gejala yang dimiliki : Kepala pusing, mata nyeri, mata berat/tebal/pegal, mata sakit parah, pandangan tidak jelas bagian tepi mata dan mata merah
- Penyakit yang mungkin diderita : Glukoma

1. Gejala 1: Kepala pusing (G01)

Langkah pertama menghitung nilai *belief* dan *plausibility* dari gejala kepala pusing (G01), yang merupakan identifikasi gejala dari penyakit GL, KO, MI, PT dan UL dengan rumus (2) dan (3), maka:

$$\begin{aligned} m_1 \{GL, KO, MI, PT, UL\} &= 0,60 \\ m_1 \{\theta\} &= 1 - m_1 (G01) \\ &= 1 - 0,60 = 0,40 \end{aligned}$$

2. Gejala 2: Mata sakit parah (G02)

Kemudian apabila diketahui adanya fakta baru atau adanya gejala baru yang muncul yaitu mata nyeri (G02), yang merupakan gejala dari penyakit GL, HO, KO, MI, PT dan UL dengan rumus (2) dan (3), maka:

$$\begin{aligned} m_2 \{GL, HO, KO, MI, PT, UL\} &= 0,50 \\ m_2 \{\theta\} &= 1 - m_2 (G10) \\ &= 1 - 0,50 = 0,50 \end{aligned}$$

Jika diilustrasikan dalam Tabel 2:

Tabel 2 Ilustrasi kombinasi nilai keyakinan G01 dan G02

	$m_2\{GL, HO, KO, MI, PT, UL\}$ 0,50	$m_2 \{\theta\}$ 0,50
$m_1\{GL, KO, MI, PT, UL\}$ 0,60	$\{GL, KO, MI, PT, UL\}$ 0,30	$\{GL, KO, MI, PT, UL\}$ 0,30
$m_1 \{\theta\}$ 0,40	$\{GL, HO, KO, MI, PT, UL\}$ 0,20	$\{\theta\}$ 0,20

Selanjutnya menghitung tingkat keyakinan kombinasi dengan persamaan (8), maka:

$$\begin{aligned} m_3 \{GL, KO, MI, PT, UL\} &= \frac{0,30+0,30}{1-0} = 0,60 \\ m_3 \{GL, HO, KO, MI, PT, UL\} &= \frac{0,20}{1-0} = 0,20 \\ m_3 \{\theta\} &= \frac{0,20}{1-0} = 0,20 \end{aligned}$$

Nilai keyakinan paling kuat adalah penyakit $\{GL, KO, MI, PT, UL\}$ yaitu 0,60 yang didapatkan dari dua gejala G01 dan G02.

3. Gejala 3: Mata berat/tebal/pegal (G03)

Kemudian apabila diketahui adanya fakta baru atau adanya gejala baru yang muncul yaitu mata berat/tebal/pegal (G03), yang merupakan gejala dari penyakit GL, KO, MI dan UL dengan rumus (2) dan (3), maka:

$$\begin{aligned} m_4 \{GL, KO, MI, UL\} &= 0,70 \\ m_4 \{\theta\} &= 1 - m_4 (G03) \\ &= 1 - 0,70 \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

Jika diilustrasikan dalam Tabel 3:

Tabel 3 Ilustrasi kombinasi nilai keyakinan G01, G10 dan G03

	$m_4\{GL, KO, MI, UL\}$ 0,70	$m_4 \{\theta\}$ 0,30
$m_3\{GL, KO, MI, PT, UL\}$ 0,60	$\{GL, KO, MI, UL\}$ 0,42	$\{GL, KO, MI, PT, UL\}$ 0,18
$m_3\{GL, HO, KO, MI, PT, UL\}$ 0,20	$\{GL, KO, MI, UL\}$ 0,14	$\{GL, HO, KO, MI, PT, UL\}$ 0,06
$m_3\{\theta\}$ 0,20	$\{GL, KO, MI, UL\}$ 0,14	$\{\theta\}$ 0,06

Selanjutnya menghitung tingkat keyakinan kombinasi dengan persamaan (8), maka:

$$\begin{aligned}
 m_5 \{GL, KO, MI, UL\} &= \frac{0,42+0,14+0,14}{1-0} = 0,70 \\
 m_5 \{GL, KO, MI, PT, UL\} &= \frac{0,18}{1-0} = 0,18 \\
 m_5 \{GL, HO, KO, MI, PT, UL\} &= \frac{0,06}{1-0} = 0,06 \\
 m_5 \{\emptyset\} &= \frac{0,06}{1-0} = 0,06
 \end{aligned}$$

Nilai keyakinan paling kuat adalah penyakit {GL, KO, MI, UL} yaitu 0,70 yang didapatkan dari tiga gejala G01, G10 dan G03.

4. Gejala 4: Mata sakit parah (G10)

Kemudian apabila diketahui adanya fakta baru atau adanya gejala baru yang muncul yaitu mata sakit parah (G10), yang merupakan gejala dari penyakit GL dan KE dengan rumus (2) dan (3), maka:

$$\begin{aligned}
 m_6 \{GL, KE\} &= 0,90 \\
 m_6 \{\emptyset\} &= 1 - m_6(G10) \\
 &= 1 - 0,90 \\
 &= 0,10
 \end{aligned}$$

Jika diilustrasikan dalam Tabel 4:

Tabel 4 Ilustrasi kombinasi nilai keyakinan G01, G02, G03 dan G10

	$m_6\{GL, KE\} 0,90$	$m_6 \{\emptyset\} 0,10$
$m_5\{GL, KO, MI, UL\} 0,70$	{GL} 0,63	{GL, KO, MI, UL} 0,07
$m_5\{GL, KO, MI, PT, UL\} 0,18$	{GL} 0,162	{GL, KO, MI, PT, UL} 0,018
$m_5\{GL, HO, KO, MI, PT, UL\} 0,06$	{GL} 0,054	{GL, HO, KO, MI, PT, UL} 0,006
$m_5\{\emptyset\} 0,06$	{GL, KE} 0,054	{\emptyset} 0,006

Selanjutnya menghitung tingkat keyakinan kombinasi dengan persamaan (8), maka:

$$\begin{aligned}
 m_7 \{GL\} &= \frac{0,63+0,162+0,054}{1-0} = 0,846 \\
 m_7 \{GL, KO, MI, UL\} &= \frac{0,07}{1-0} = 0,07 \\
 m_7 \{GL, KO, MI, PT, UL\} &= \frac{0,018}{1-0} = 0,018 \\
 m_7 \{GL, HO, KO, MI, PT, UL\} &= \frac{0,006}{1-0} = 0,006 \\
 m_7 \{GL, KE\} &= \frac{0,054}{1-0} = 0,054 \\
 m_7 \{\emptyset\} &= \frac{0,006}{1-0} = 0,006
 \end{aligned}$$

Nilai keyakinan paling kuat adalah penyakit {GL} yaitu 0,846 yang didapatkan dari empat gejala G01, G10, G03 dan G10.

5. Gejala 5: Pandangan tidak jelas bagian tepi mata (G16)

Kemudian apabila diketahui adanya fakta baru atau adanya gejala baru yang muncul yaitu pandangan tidak jelas bagian tepi mata (G16), yang merupakan gejala dari penyakit GL dengan rumus (2) dan (3), maka:

$$\begin{aligned} m_8 \{GL\} &= 1 \\ m_8 \{\theta\} &= 1 - m_8 \{GL\} \\ &= 1 - 1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Jika diilustrasikan dalam Tabel 5:

Tabel 5 Ilustrasi kombinasi nilai keyakinan G01, G02,G03,G10 dan G16

	$m_8\{GL\}$ 1	$m_8\{\theta\}$ 0
$m_7\{GL\}$ 0,846	$\{GL\}$ 0,846	$\{GL\}$ 0
$m_7\{GL,KO,MI,UL\}$ 0,07	$\{GL\}$ 0,07	$\{GL,KO,MI,UL\}$ 0
$m_7\{GL,KO,MI,PT,UL\}$ 0,018	$\{GL\}$ 0,018	$\{GL,KO,MI,PT,UL\}$ 0
$m_7\{GL,HO,KO,MI,PT,UL\}$ 0,006	$\{GL\}$ 0,006	$\{GL,HO,KO,MI,PT,UL\}$ 0
$m_7\{GL,KE\}$ 0,054	$\{GL\}$ 0,054	$\{GL,KE\}$ 0
$m_7\{\theta\}$ 0,006	$\{GL\}$ 0,006	$\{\theta\}$ 0

Selanjutnya menghitung tingkat keyakinan kombinasi dengan persamaan (8), maka:

$$\begin{aligned} m_9 \{GL\} &= \frac{0,846+0,07+0,018+0,006+0,054+0,006+0}{1-0} = 1 \\ m_9 \{GL,KO,MI,UL\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\ m_9 \{GL,KO,MI,PT,UL\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\ m_9 \{GL,HO,KO,MI,PT,UL\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\ m_9 \{GL,KE\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\ m_9 \{\theta\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \end{aligned}$$

Nilai keyakinan paling kuat adalah penyakit $\{GL\}$ yaitu 1 yang didapatkan dari lima gejala G01, G10, G03, G10 dan G16.

6. Gejala 6: Mata merah (G21)

Kemudian apabila diketahui adanya fakta baru atau adanya gejala baru yang muncul yaitu mata merah (G21), yang merupakan gejala dari penyakit GL, HO, KE, KO dan PT dengan rumus (2) dan (3), maka:

$$\begin{aligned} m_{10} \{GL,HO,KE,KO,PT\} &= 1 \\ m_{10} \{\theta\} &= 1 - m_{10} \{G21\} \\ &= 1 - 0,60 \\ &= 0,40 \end{aligned}$$

Jika diilustrasikan dalam Tabel 6:

Tabel 6 Ilustrasi kombinasi nilai keyakinan G01, G02,G03,G10,G16 dan G21

	$m_{10}\{GL,HO,KE,KO,PT\}$ 0,60	$m_{10}\{\theta\}$ 0,40
--	---------------------------------	-------------------------

$m_9\{GL\} 1$	$\{GL\} 0,60$	$\{GL\} 0,40$
$m_9\{GL,KO,MI,UL\} 0$	$\{GL,KO\} 0$	$\{GL,KO,MI,UL\} 0$
$m_9\{GL,KO,MI,PT,UL\} 0$	$\{GL,KO,PT\} 0$	$\{GL,KO,MI,PT,UL\} 0$
$m_9\{GL,HO,KO,MI,PT,UL\} 0$	$\{GL,HO,KO,PT\} 0$	$\{GL,HO,KO,MI,PT,UL\} 0$
$m_9\{GL,KE\} 0$	$\{GL,KE\} 0$	$\{GL,KE\} 0$
$m_9\{\emptyset\} 0$	$\{GL,HO,KE,KO,PT\} 0$	$\{\emptyset\} 0$

Selanjutnya menghitung tingkat keyakinan kombinasi dengan persamaan (8), maka:

$$\begin{aligned}
 m_{11} \{GL\} &= \frac{0,60+0,40}{1-0} = 1 \\
 m_{11} \{GL,KO\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\
 m_{11} \{GL,KO,MI,UL\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\
 m_{11} \{GL,KO,PT\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\
 m_{11} \{GL,KO,MI,PT,UL\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\
 m_{11} \{GL,HO,KO,PT\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\
 m_{11} \{GL,HO,KO,MI,PT,UL\} &= \frac{0}{1-0} = 0 \\
 m_{11} \{GL,KE\} &= 0/1-0 = 0 \\
 m_{11} \{GL,HO,KE,KO,PT\} &= 0/1-0 = 0 \\
 m_{11} \{\emptyset\} &= 0/1-0 = 0
 \end{aligned}$$

Dengan adanya keenam gejala yaitu G01, G02, G03, G10, G16 dan G21 maka diperoleh nilai keyakinan paling kuat adalah Glukoma yaitu sebesar 100 %. Tabel 7 merupakan rincian perbandingan antara hasil perhitungan pakar dan hasil perhitungan sistem.

Tabel 7 Hasil pengujian 25 kasus

Kasus	Gejala	Pakar	Sistem	Tingkat Keyakinan	Akurasi
1	G01,G02,G03,G10,G16,G21	GL	GL	100%	1
2	G03,G06,G09,G10,G16,G20,G21	GL	GL	100%	1
3	G02,G21,G28,G30	HO	HO	100%	1
4	G02,G22,G28,G30	HO	HO	100%	1
5	G12,G13,G15,G17,G19	KA	KA	100%	1
6	G12,G13,G19,G22	KA	GL,KA,MI	48%	0
7	G10,G13,G21,G23,G28	KE	KE	98%	1
...
...
...
22	G06,G09,G12,G21,G29	PT	PT	100%	1

23	G04,G13,G29	PT	PT	100%	1
24	G03,G07,G13,G22,G26	UL	UL	100%	1
25	G04,G06,G07,G13,G26	UL	UL	100%	1

Dari hasil ujicoba 25 kasus data rekam medis Rumah Sakit Mata Dr. YAP Yogyakarta didapatkan hasil bahwa kasus tersebut menggunakan rule serta hasil diagnosis yang sesuai dengan yang ditentukan oleh pakar yaitu dokter spesialis mata. Hasil dari ujicoba 25 kasus ini dapat dijadikan persentase bahwa dengan pengetahuan pakar yang dipergunakan didapatkan hasil 96% dari nilai kebenaran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode *Dempster Shafer* dapat memberikan perkiraan nilai keyakinan terhadap suatu hasil diagnosis penyakit mata, dengan melakukan perhitungan kombinasi antara gejala-gejala yang sama akan diperoleh nilai keyakinan yang paling tinggi, atau yang paling dominan. Dari beberapa kasus yang diuji diperoleh hasil diagnosis yang sama antara sistem pakar dengan seorang pakar. Hasil pengujian dilakukan terhadap 25 kasus dengan nilai akurasi sebesar 96%. Nilai akurasi 96% dengan membandingkan hasil dari sistem pakar dan hasil yang diperoleh dari seorang pakar untuk masing-masing kasus. Ketidakakuratan sebesar 4% dalam penelitian ini disebabkan karena masukan gejala dari pengguna yang kurang spesifik sehingga keluaran dari sistem ini ada yang lebih dari satu penyakit yang memiliki gejala hampir sama sehingga *Dempster Shafer* akan menghitung setiap nilai belief yang saling berkaitan.

5. SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lain bisa mencoba dengan membandingkan nilai keakuratan dari penelitian ini dengan menggunakan metode penanganan ketidakpastian yang lain seperti menggunakan metode Bayes, *Certainty Factor*, *Fuzzy* dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ilyas and S. R. Yulianti, "Ilmu penyakit mata edisi kelima," *Fak. Kedokt. Univ. Indones.*, 2014.
- [2] N. Alfity *et al.*, "Increasing Public Awareness Through the Provision of Trash Bins and Information Boards at Karang Empat Beach," *MEKONGGA J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 41–46, 2024.
- [3] M. M. Syiam, "A neural network expert system for diagnosing eye diseases," in *Proceedings of the tenth conference on Artificial Intelligence for Applications*, IEEE, 1994, pp. 491–492.
- [4] L. G. Kabari and E. O. Nwachukwu, "Decision support system using decision tree and neural networks," *Comput. Eng. Intell. Syst.*, vol. 4, no. 7, pp. 8–20, 2013.
- [5] R. Kurniawan, N. Yanti, and M. Z. A. Nazri, "Expert systems for self-diagnosing of eye diseases using Naïve Bayes," in *2014 International Conference of Advanced Informatics: Concept, Theory and Application (ICAICTA)*, IEEE, 2014, pp. 113–116.
- [6] A. Maselena and M. Muslihudin, "Ebola virus disease detection using Dempster-Shafer evidence theory," in *2015 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC)*, IEEE, 2015, pp. 579–582.
- [7] D. Daniel and G. Virginia, "Implementasi sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit dengan gejala demam menggunakan metode certainty factor," *J. Inform.*, vol. 6, no. 1,

- 2010.
- [8] W. O. N. Aisyah, A. T. Sumpala, Y. P. Pasrun, M. Muchtar, and A. Malik, "Implementation of the Dempster Shafer Method in an Expert System for Diagnosing Solanum Lycopersicum Pests and Diseases," *Media Inf. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–42, 2024.
 - [9] M. I. S. Zay, R. Mustakim, W. T. Cahya, Z. Amelia, and P. Rosyani, "Analisa Perbandingan Metode Fuzzy Dalam Menentukan keakuratan mendiagnosa Penyakit Mata," *Bul. Ilm. Ilmu Komput. dan Multimed.*, vol. 1, no. 2, pp. 274–277, 2023.
 - [10] I. Ismail, N. Nursakti, and S. Suwandi, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Mata Menggunakan Metode Forward Chaining Pada Rusd Latemmamala Soppeng," *J. RISTER Ris. Sist. Cerdas*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2024.
 - [11] A. Praselia and T. Ardiansah, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Mata Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 405–415, 2024.
 - [12] M. N. Bagaskara, D. Hartanti, and V. Atina, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Mata Dengan Metode Certainty Factor," *J. FASILKOM*, vol. 14, no. 2, pp. 484–490, 2024.
 - [13] D. Lin *et al.*, "Application of Comprehensive Artificial intelligence Retinal Expert (CARE) system: a national real-world evidence study," *Lancet Digit. Heal.*, vol. 3, no. 8, pp. e486–e495, 2021.
 - [14] I. Asriani, M. Muchtar, R. R. Ismail, A. Paliling, K. Sya'ban, and R. Karim, "Expert System for Determining Diseases and Pests in Seaweed Using Forward Chaining (Case Study: Watorumbe Village, Mawasangka Tengah)," *Media Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–60, 2024.
 - [15] J. d Giarratano and G. Riley, "Expert System: Principles And Programming, edisi 3," *Thomson Course Technol.*, 2005.

