

Analisis Dempster Shafer Dalam Mendiagnosa Penyakit Coffea Canephora (Kopi Robusta)

Khairu Fahriz Ramadhan*, Afif Badawi

Fakultas Sains dan Teknologi, Sistem Komputer, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan

Jl. Gatot Subroto, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara

Email: ¹*akunasus0404@gmail.com, ²afifbadawi@dosen.pancabudi.ac.id

Email Penulis Korespondensi: akunasus0404@gmail.com

Submitted: 10/07/2023; Accepted: 31/07/2023; Published: 31/07/2023

Abstrak—Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia dan memiliki reputasi dalam menghasilkan kopi berkualitas tinggi. Sebagai negara yang berada di kawasan tropis dengan tanah yang subur, iklim, dan topografi yang sesuai, Indonesia memiliki kondisi yang ideal untuk menanam kopi. Berbagai varietas kopi di Indonesia, termasuk Arabika dan Robusta, tumbuh dengan baik di berbagai wilayah seperti Jawa, Sumatera, Sulawesi, Bali, Nusa Tenggara, Papua, dan Kalimantan. Beberapa varietas kopi khas Indonesia termasuk Kopi Gayo dari Aceh, Kopi Mandailing dari Sumatera Utara, Kopi Toraja dari Sulawesi Selatan, dan Kopi Bali dari Bali. Tanaman kopi dapat terserang berbagai penyakit, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan, kualitas, dan hasil produksi. Dengan pendekatan analisis Dempster-Shafer untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman kopi Robusta didasarkan pada teori teori kepercayaan (evidence theory) dan memberikan kerangka kerja yang kuat untuk memodelkan ketidakpastian dalam diagnosis penyakit. Langkah pertama adalah mengumpulkan data observasi dari berbagai indikator penyakit seperti perubahan warna daun, gejala pembusukan, dan pertumbuhan yang terhambat. Melalui perhitungan derajat kepercayaan dan ketidakpastian, kami dapat menghasilkan kesimpulan yang dapat dipercaya tentang keberadaan penyakit pada tanaman kopi Robusta. Selain itu, kami juga mengembangkan model Dempster-Shafer untuk mengidentifikasi stadium atau tingkat keparahan penyakit, yang dapat membantu petani dalam mengambil tindakan yang tepat. Hasil menunjukkan bahwa pendekatan analisis Dempster-Shafer memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan dalam mendiagnosa penyakit kopi Robusta. Model ini juga dapat memberikan informasi yang berharga dalam mengidentifikasi stadium penyakit, yang dapat mendukung pengelolaan dan pengendalian penyakit secara efektif.

Kata Kunci: Sistem Pakar; Dempster Shafer; Coffea Canephora (Kopi Robusta)

Abstract—Indonesia is one of the world's largest coffee producers and has a reputation for producing high quality coffee. As a country located in the tropics with fertile soil, climate, and suitable topography, Indonesia has ideal conditions for growing coffee. Various varieties of coffee in Indonesia, including Arabica and Robusta, grow well in various regions such as Java, Sumatra, Sulawesi, Bali, Nusa Tenggara, Papua and Kalimantan. Some of the typical Indonesian coffee varieties include Gayo Coffee from Aceh, Mandailing Coffee from North Sumatra, Toraja Coffee from South Sulawesi, and Bali Coffee from Bali. Coffee plants can be attacked by various diseases, which can affect growth, quality and yield. The Dempster-Shafer analysis approach for diagnosing disease in Robusta coffee plants is based on the theory of trust (evidence theory) and provides a strong framework for modeling uncertainty in disease diagnosis. The first step is to collect observational data on various disease indicators such as leaf discoloration, decay symptoms, and stunted growth. By calculating the degree of confidence and uncertainty, we can produce reliable conclusions about the presence of disease in Robusta coffee plants. In addition, we also developed the Dempster-Shafer model to identify the stage or severity of the disease, which can assist farmers in taking appropriate action. The results show that the Dempster-Shafer analysis approach provides accurate and reliable results in diagnosing Robusta coffee disease. This model can also provide valuable information in identifying disease stages, which can support effective disease management and control.

Keywords: Expert System; Dempster Shafer; Coffea Canephora (Robusta Coffee)

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar keempat di dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Colombia[1][2]. Tanaman kopi adalah tanaman tropis yang menghasilkan biji kopi yang digunakan untuk membuat minuman kopi. Tanaman kopi termasuk dalam genus Coffea dan keluarga Rubiaceae. Secara botani, tanaman kopi dapat berupa pohon atau semak, tergantung pada varietasnya. Tanaman kopi memiliki daun hijau yang lebat dan menghasilkan bunga putih yang harum. Setelah bunga mengalami penyerbukan, buah kopi (biasa disebut "ceri kopi") mulai berkembang. Biasanya, buah kopi berwarna merah ketika matang, namun ada juga beberapa varietas yang berwarna kuning atau oranye. Setelah dipanen, biji kopi perlu diproses sebelum dapat digunakan untuk membuat kopi.

Proses pengolahan biji kopi meliputi pengeringan, pengupasan kulit luar, dan pemisahan biji dari buahnya. Setelah itu, biji kopi akan dipanggang dan digiling sebelum digunakan untuk menyeduh kopi. Kopi merupakan salah satu komoditas pertanian utama di banyak negara dan menjadi minuman yang sangat populer di seluruh dunia. Kopi memiliki beragam rasa dan aroma tergantung pada jenis biji kopi, asal geografisnya, dan metode pemrosesan yang digunakan. Selain sebagai minuman, kopi juga menjadi sumber mata pencaharian bagi jutaan petani di berbagai negara di dunia[3].

Kopi Robusta adalah salah satu varietas kopi yang penting dan banyak ditanam di berbagai wilayah di dunia, terutama di daerah dengan iklim tropis. Salah satu keunggulan utama kopi Robusta adalah ketahanannya terhadap berbagai kondisi pertumbuhan. Kopi Robusta tumbuh subur di daerah dataran rendah hingga sedang,

biasanya pada ketinggian antara 200 hingga 800 meter di atas permukaan laut, meskipun ada juga yang tumbuh pada ketinggian lebih tinggi. Iklim tropis dengan musim hujan yang jelas dan tanah yang subur merupakan kondisi ideal untuk pertumbuhan kopi Robusta.

Tanaman kopi Robusta lebih tahan terhadap penyakit dan cuaca yang ekstrem dibandingkan dengan varietas Arabika. Ini membuatnya lebih mudah ditanam di berbagai jenis tanah dan ketinggian. Kopi Robusta memiliki kandungan kafein yang lebih tinggi daripada kopi Arabika. Biasanya, biji kopi Robusta mengandung sekitar 2,2-2,7% kafein, sedangkan kopi Arabika hanya sekitar 1,2-1,5%.

Kandungan kafein yang tinggi memberikan rasa yang lebih kuat dan pahit pada kopi Robusta. Secara umum, kopi Robusta memiliki rasa yang lebih kuat, pahit, dan kasar dibandingkan dengan kopi Arabika. Kopi Robusta cenderung memiliki cita rasa yang lebih berani dan lebih sedikit nuansa rasa buah-buahan atau bunga dibandingkan Arabika. Rasa kopi Robusta juga sering dianggap lebih tahan terhadap dicampur dengan susu atau digunakan dalam minuman kopi berbasis susu.

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) pertama kali ditemukan di wilayah Kongo di Afrika Tengah. Itulah sebabnya varietas kopi ini juga dikenal sebagai "kopi Kongo." Kemudian, tanaman kopi Robusta menyebar ke wilayah lain di Afrika, termasuk Uganda, Pantai Gading, dan Kamerun. Pada awalnya, kopi Robusta ditemukan sebagai tanaman liar, tumbuh di hutan-hutan lebat di wilayah-wilayah tersebut.

Namun, ketika penemuan potensi ekonomi kopi, khususnya untuk industri kopi instan, kopi Robusta mulai ditanam secara komersial dan dikembangkan di berbagai negara tropis di seluruh dunia. Selain di Afrika, produksi kopi Robusta juga telah menyebar ke wilayah lain seperti Asia Tenggara, termasuk Vietnam dan Indonesia, yang saat ini menjadi salah satu produsen kopi Robusta terbesar di dunia. Dengan begitu dalam kurun waktu 20 tahun konsumsi kopi akan mengalami peningkatan hingga mencapai 300 gram/kapita/tahun. Industri kopi di Indonesia sangat beragam, dimulai dari unit usaha kecil yang berskala industri rumahan sampai industri kopi berskala multinasional.

Produk yang dihasilkan tidak hanya diproduksi untuk kebutuhan dalam negeri melainkan juga untuk mengisi pasar di luar negeri. Dengan banyaknya jenis penyakit pada tanaman kopi tentu dari berbagai jenis penyakit tanaman kopi tersebut memiliki cara penanganan yang berbeda-beda pula, maka dari itu petani dituntut untuk mengetahui penyakit tanaman kopi mereka dengan tepat sehingga penanganan bisa dilakukan secara tepat pula. Dari permasalahan tersebut dibangun sebuah sistem yang dapat membantu petani, sistem yang dimaksud adalah sistem pakar. Dari pembahasan penelitian ini diharapkan perangkat lunak yang dirancang dapat membantu Petani kopi untuk mengetahui permasalahan terkait penyakit pada *Coffea Canephora*.

Berikut ini adalah beberapa penelitian terkait tanaman kopi pada sistem pakar antara lain F. Parnadi, 2018 yang menganalisis daya saing kopi dan berhasil melakukan proses pengecekan kualitas kopi sesuai analisa dari pakar. Lumbanraja, Favorisen R tahun 2020 Menggunakan Metode Breadth First Search yang dapat memberikan kemudahan bagi petani untuk mencari penyakit dan hamakopi serta solusi yang harus diambil oleh petani kopi. Penelitian Novianti tahun 2021 yang menggunakan Forward Chaining dalam mendiagnosa penyakit tanaman kopi[4]. Mohammad Denny Gunawan tahun 2020 yang dapat digunakan dalam menanggulangi masalah para petani Indonesia khususnya pada masalah hama tanaman kopi[5].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Sistem Pakar

Sistem Pakar adalah jenis sistem kecerdasan buatan yang dirancang untuk meniru pengetahuan dan kemampuan para ahli manusia dalam bidang tertentu. Tujuan utama dari sistem pakar adalah memberikan solusi atau rekomendasi yang serupa dengan apa yang diberikan oleh seorang ahli manusia, berdasarkan pengetahuan yang dimiliki sistem tersebut.[6]–[8]. Sistem pakar beroperasi dengan menganalisis masalah, membandingkannya dengan basis pengetahuan yang dimiliki, dan menghasilkan solusi atau jawaban berdasarkan pengetahuan yang ada.

Basis pengetahuan sistem pakar terdiri dari aturan-aturan yang dibuat berdasarkan pengetahuan dan pengalaman ahli manusia dalam bidang tertentu[9]–[11]. Mesin inferensi adalah komponen yang bertugas menerapkan pengetahuan yang ada dalam basis pengetahuan untuk menganalisis masalah atau situasi yang diberikan, menghasilkan pemahaman atau keputusan yang mirip dengan yang dihasilkan oleh seorang pakar manusia. Sistem pakar telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk kedokteran, keuangan, manufaktur, pertanian, otomotif, dan banyak lagi.

Kelebihan utama dari sistem pakar adalah kemampuannya untuk memberikan solusi yang konsisten dan cepat dalam situasi yang kompleks, serta mengatasi keterbatasan manusia dalam memproses sejumlah besar informasi dalam waktu singkat. Namun, sistem pakar juga memiliki keterbatasan, seperti ketergantungannya pada kualitas basis pengetahuan dan kemampuannya yang terbatas dalam mengatasi situasi yang tidak pernah ditemui sebelumnya[12]. Dengan demikian, sistem pakar dapat membantu memecahkan masalah kompleks, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan kualitas keputusan dalam domain yang spesifik. Pada sistem pakar ada dua bagian penting, yaitu development environment (lingkungan pengembangan) dan consultation environment (lingkungan konsultasi)[13].

Lingkungan pengembangan sistem pakar dapat sangat beragam tergantung pada tujuan dan lingkungan implementasi sistem pakar tersebut[14]. Pengembang harus memilih alat dan teknologi yang paling sesuai untuk mencapai tujuan sistem pakar yang diinginkan. Representasi Pengetahuan adalah sebuah cara yang dipergunakan dalam melakukan pengkodekan pengetahuan kedalam sebuah sistem pakar[15]. Representasi pengetahuan dimaksudkan untuk menangkap seluruh sifat-sifat penting dalam permasalahan yang akan diselesaikan dan membuat informasi itu dapat digunakan oleh prosedur pemecahan masalah[16].

2.2 Dempster Shafer

Dempster-Shafer Theory, juga dikenal sebagai Teori Evidensial atau Teori Kombinasi Evidensial, adalah suatu kerangka kerja matematis untuk menggabungkan dan menginterpretasikan berbagai bukti atau bukti parsial dalam sistem berbasis ketidakpastian[17]. Teori ini dinamai dari para matematikawan Glenn Dempster dan Arthur P. Dempster serta ilmuwan statistik Leonard J. Shafer, yang memperkenalkannya pada awal tahun 1960-an.[18]–[20].

Teori Dempster-Shafer, juga dikenal sebagai Teori Evidensial atau Teori Kombinasi Evidensial, adalah kerangka kerja matematis yang digunakan untuk menggabungkan dan menginterpretasikan bukti atau informasi dari berbagai sumber dalam situasi ketidakpastian. Teori ini memungkinkan kita untuk menghadapi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan atau penilaian dengan cara yang lebih formal dan rasional.

Dalam Teori Dempster-Shafer, terdapat dua ukuran utama yang digunakan untuk mengukur tingkat keyakinan:

1. Belief (Kepercayaan): Belief adalah ukuran tingkat keyakinan tertinggi pada suatu peristiwa atau hipotesis. Interval [Belief, ...] menunjukkan bahwa setidaknya kita percaya pada tingkat Belief terhadap peristiwa tersebut. Dengan kata lain, peristiwa tersebut memiliki probabilitas minimal sebesar tingkat Belief. Dimana nilai bel yaitu (0-0,9)
2. Plausibility (Kewajaran): Plausibility adalah ukuran tingkat keyakinan terendah pada suatu peristiwa atau hipotesis. Interval [..., Plausibility] menunjukkan bahwa paling tidak kita menganggap peristiwa tersebut memiliki tingkat Plausibility. Plausibility ini merupakan nilai terendah dari probabilitas bahwa peristiwa tersebut benar. Plausibility / Logis (Pls) dinotasikan sebagai : $Pl(s) = 1 - B(-s)$. Plausibility juga bernilai 0 samapai 1, jika yakin $-s$, maka dapat dikatakan $Bel(-s) = 1$ dan $Pl(-s) = 0$

Teori Dempster-Shafer, dikenal istilah "Frame of Discernment" yang dinotasikan dengan simbol $\emptyset$ (huruf O dengan garis diagonal). Frame of Discernment mengacu pada himpunan dari semua hipotesis atau peristiwa yang mungkin terjadi dalam suatu domain atau situasi. Dalam konteks Teori Dempster-Shafer, Frame of Discernment ($\emptyset$) merupakan himpunan yang terdiri dari semua elemen atau hipotesis yang relevan yang dapat diuji atau diamati dalam suatu situasi atau masalah. Setiap elemen dalam Frame of Discernment mungkin memiliki tingkat kepercayaan atau keyakinan yang berbeda-beda berdasarkan bukti atau informasi yang ada. Jumlah m dalam subset $\emptyset$ sama dengan Apabila tidak ada informasi apapun untuk memilih hipotesis, maka nilai $m ; m\{\emptyset\} = 1,0$

Dalam Teori Dempster-Shafer, diasumsikan bahwa hipotesis atau peristiwa dalam Frame of Discernment ($\emptyset$) adalah saling eksklusif dan saling lepas satu sama lain. Artinya, tidak ada dua hipotesis yang sama atau bersifat tumpang tindih di dalam Frame of Discernment.

Dalam Teori Dempster-Shafer, "Belief" (Kepercayaan) mengukur kekuatan atau tingkat keyakinan dalam mendukung suatu hipotesis atau peristiwa tertentu berdasarkan bukti atau informasi yang ada. Tingkat Belief menunjukkan sejauh mana bukti tersebut konsisten dengan hipotesis atau peristiwa tersebut. keterkaitan antara plausibility dan belief dapat dituliskan:

$$Pl(H) = 1 - Bel(H) \quad (1)$$

Plausibility juga bernilai 0 sampai 1. Jika kita yakin akan $-s$, maka dapat dikatakan bahwa $Bel(H)=1$, dan $Pl(H)=0$. Plausibility akan mengurangi tingkat kepercayaan dari evidence. Pada teori Dhempster Shafer kita mengenal adanya frame of discernment yang dinotasikan dengan $\emptyset$ dan mass function yang dinotasikan dengan m . Fungsi kombinasi m_1 dan m_2 sebagai m_3 dibentuk dengan persamaan berikut ini[5], [21].

$$m_3(Z) = \frac{\sum x \cap y = z m_1(x) m_2(y)}{1 - \sum x \cap y = \emptyset m_1(x) m_2(y)} \quad (2)$$

Keterangan :

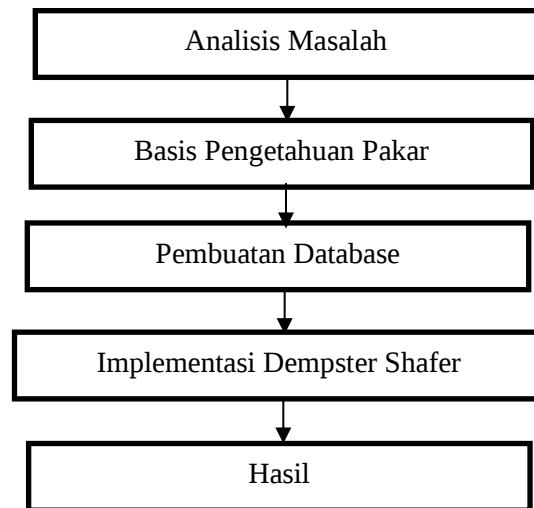
$m_1(X)$ adalah dentitas untuk gejala pertamam2 (Y) adalah dentitas untuk gejala kedua

$m_3(Z)$ adalah kombinasi dari kedua dentitas diatas

$\emptyset$ adalah semesta pembicaraan dari sekumpulan hipotesis (X' dan Y') X dan Y adalah subset dari Z

X' dan Y' adalah subset dari $\emptyset$

Selain itu, terdapat kerangka kerja yang harus diikuti untuk menyelesaikan penelitian ini. Di bawah ini adalah daftar kerangka kerja yang harus diikuti.



Gambar 1. Kerangka Proses Penelitian

Gambar 1 di atas menjelaskan bahwa analisis masalah didasarkan pada keterbatasan para ahli yang khusus menangani penyakit kopi, sehingga perlu dibuat suatu sistem yang memberikan solusi penanganan dini penyakit kopi. Sumber pengetahuan ahli dikumpulkan dari sejumlah informasi tentang penyakit pohon kopi yang dihadapi oleh petani kopi. Penelitian ini juga menggunakan referensi dari beberapa sumber teori, seperti artikel yang dimuat di jurnal nasional yang membahas tentang metode Dempster Shafer. Membuat database menggunakan data dari data penyakit, data gejala, dan data basis pengetahuan. Sistem yang dibangun dengan metode analisis Dempster-Shafer merupakan teori pembuktian matematis berdasarkan fungsi kepercayaan dan inferensi rasional, digunakan untuk menggabungkan data (bukti) yang terpisah untuk menghitung probabilitas suatu kejadian. Analisis Dempster-Shafer dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk diagnosis penyakit kopi dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem pendukung keputusan yang lebih kompleks dalam pengelolaan dan pengendalian penyakit pada tanaman kopi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui pendekatan kuantitatif untuk menguji kebenaran hipotesis tentang kemungkinan penyakit tanaman kopi Robusta menurut gejala yang dialami dengan menggunakan metode analisis Dempster Shafer[1]. Penelitian ini juga menggunakan metodologi penelitian dan pengembangan dengan tujuan membuat aplikasi berbasis Android yang dapat mendiagnosa tanaman kopi Robusta dengan menghitung Dempster Sahfer. Sumber data pengetahuan yang didapat dari seorang pakar tentunya akan menjadi acuan dasar untuk menarik kesimpulan yang tepat. Itulah mengapa tabel pengetahuan ini sangat dibutuhkan guna untuk menentukan proses perhitungan dari jenis penyakit tanaman kopi. Pada tabel 1 berikut merupakan nama penyakit tanaman kopi yang digunakan pada sistem yang akan dirancang.

Tabel 1. Data Penyakit Dan Solusi Tanaman Kopi robusta

No	Kode	Penyakit	Solusi
1	P001	Jamur Upas	Dengan melakukan pemotongan pada cabang yang sakit yang ukuran masih kecil, dipotong dibawah pangkal bagian yang sakit, potongan-potongan batang dan cabang yang sakit tersebut dikumpulkan kemudian dibakar.
2	P002	Bercak daun oleh Jamur Cercospora coffeicola	Mengurangi kelembaban kebun dengan mengurangi naungan air.

Berikut ini adalah gejala dari penyakit tanaman kopi, yang ditampilkan pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Gejala Penyakit Tanamaan Kopi

No	Kode	Gejala
1	G1	adanya miselium tipis
2	G2	terlihat benang-benang pada bagian bawah tanaman
3	G3	cabang atau ranting tanaman kopi yang mengalami layu mendadak
4	G4	terlihat lapisan hifa tipis di bagian tanaman kopi
5	G5	apisan hifa berkelir putih tadi menyebar di lentisel dan celah-celah

No	Kode	Gejala
6	G6	timbul lapisan kerak berwarna merah jambu
7	G7	muncul bintik-bintik kecil berkelir jingga kemerahan
8	G8	daun membusuk
9	G9	daun terlihat menjadi berwarna kecoklatan
10	G10	munculnya bercak-bercak berwarna kuning
11	G11	timbulnya bercak-bercak berwarna coklat pada permukaan buah kopi
12	G12	buah mengalami pembusukan sampai ke biji kopi

Penggunaan teknik Inference Engine, sebuah program yang mengontrol proses inferensi berdasarkan basis pengetahuan untuk menarik kesimpulan dari hasil diagnostik. Pertama-tama menentukan gejala tanaman kopi, kemudian menganalisis menjadi jelas apakah tanaman tersebut menderita penyakit, dan solusinya dibuat berdasarkan persentase yang diperoleh. Pada tabel 3 di bawah ini terlihat basis pengetahuan dari gejala penyakit tanaman kopi.

Tabel 3. Basis Pengetahuan

No	Gejala penyakit	P01	P02
1.	adanya miselium tipis	y	
2.	terlihat benang-benang pada bagian bawah tanaman	y	
3.	cabang atau ranting tanaman kopi yang mengalami layu mendadak	y	
4.	terlihat lapisan hifa tipis di bagian tanaman kopi	y	
5.	apian hifa berkelir putih tadi menyebar di lentisel dan celah-celah	y	
6.	timbul lapisan kerak berwarna merah jambu	y	
7.	muncul bintik-bintik kecil berkelir jingga kemerahan	y	
8.	daun membusuk	y	
9.	daun terlihat menjadi berwarna kecoklatan	y	y
10.	munculnya bercak-bercak berwarna kuning		y
11.	timbulnya bercak-bercak berwarna coklat pada permukaan buah kopi		y
12.	buah mengalami pembusukan sampai ke biji kopi		y

Dengan menginisialisasi nilai frekuensi gejala, bobot dapat diberikan pada gejala, yang kemudian digunakan dalam perhitungan gabungan menggunakan metode Dempster-Shafer. Tabel 4 di bawah ini adalah nilai frekuensi hasil diagnostik yang menjelaskan kepastian gejala.

Tabel 4. Nilai Range Persentase Kemungkinan Hasil Diagnosa

No	Nilai Bobot	Persentase Nilai Densitas	Keterangan
1	1	100%	Sangat Pasti
2	0,75 - 0,99	75%	Pasti
3	0,50 – 0,74	50%	Cukup Pasti
4	<0,50	25%	Kurang Pasti

Tabel 5 di bawah ini adalah tabel skor frekuensi gejala yang ditemukan pada penyakit tanaman kopi.

Tabel 5. Nilai Densitas

No	Kode Gejala	Gejala	Densitas
1	G1	adanya miselium tipis	0.49
2	G2	terlihat benang-benang pada bagian bawah tanaman	0.33
3	G3	cabang atau ranting tanaman kopi yang mengalami layu mendadak	0.60
4	G4	terlihat lapisan hifa tipis di bagian tanaman kopi	0.75
5	G5	apian hifa berkelir putih tadi menyebar di lentisel dan celah-celah	0.60
6	G6	timbul lapisan kerak berwarna merah jambu	0.55
7	G7	muncul bintik-bintik kecil berkelir jingga kemerahan	0.30
8	G8	daun membusuk	0.65
9	G9	daun terlihat menjadi berwarna kecoklatan	0.44
10	G10	munculnya bercak-bercak berwarna kuning	0.53
11	G11	timbulnya bercak-bercak berwarna coklat pada permukaan buah kopi	0.20
12	G12	buah mengalami pembusukan sampai ke biji kopi	0.45

Teori Dempster-Shafer merupakan suatu kerangka kerja matematis yang menyediakan cara formal untuk menggabungkan dan menginterpretasikan berbagai bukti atau informasi dari berbagai sumber dalam situasi ketidakpastian. Hal ini memungkinkan kita untuk menghadapi masalah di mana kita tidak memiliki informasi yang lengkap atau akurat dengan cara yang lebih sistematis dan rasional. Teori Dempster-Shafer, nilai 0 dan nilai 1 memiliki makna khusus dalam mengidentifikasi tingkat keyakinan atau ketidakpastian terkait dengan suatu hipotesis atau peristiwa. Nilai 0 (No Belief): Jika tingkat Belief suatu hipotesis atau peristiwa adalah 0, itu berarti bahwa bukti atau informasi yang ada tidak mendukung sama sekali hipotesis tersebut. Dengan kata lain, hipotesis tersebut tidak mungkin benar berdasarkan informasi yang ada. Ini mengidentifikasi bahwa tidak ada bukti yang mendukung hipotesis tersebut. Nilai 1 (Keyakinan Mutlak): Jika tingkat Belief suatu hipotesis atau peristiwa adalah 1, itu menunjukkan bahwa hipotesis tersebut benar atau pasti benar berdasarkan bukti atau informasi yang ada. Tingkat keyakinan ini menyatakan bahwa tidak ada ketidakpastian terkait dengan hipotesis tersebut.

Gejala 1 : daun membusuk

Apabila diketahui nilai kepercayaan setelah dilakukan observasi 'daun membusuk' sebagai gejala dari jamur Upas {P01} maka :

$$\text{Belief} : m1\{P01\} = 0.65$$

$$\text{Plausibility} : m1(\theta) = 1 - 0.65 = 0.35$$

Apabila diketahui nilai kepercayaan setelah dilakukan observasi 'daun terlihat menjadi berwarna kecoklatan' sebagai gejala dari jamur Upas {P01, P02} maka :

$$\text{Belief} : m2\{P01, P02\} = 0.44$$

$$\text{Plausibility} : m2(\theta) = 1 - 0.44 = 0.56$$

Maka didapat aturan kombinasi $m1\{P01\}$ dengan $m2\{P01, P02\}$

$$m1\{P01\} = 0.65 \times 0.44 = 0.286$$

$$m2(\theta) = 0.56 = 0.65 \times 0.56 = 0.364$$

$$m1(\theta) = 0.35 \times 0.44 = 0.154$$

$$(\theta) = 0.35 \times 0.56 = 0.196$$

Gejala 3 : munculnya bercak-bercak berwarna kuning

Apabila diketahui nilai kepercayaan setelah dilakukan observasi munculnya bercak-bercak berwarna kuning sebagai gejala dari {P02} maka :

$$\text{Belief} : m4\{P02\} = 0.53$$

$$\text{Plausibility} : m4(\theta) = 1 - 0.53 = 0.47$$

Maka didapat aturan kombinasi :

$$m3\{P01\} = 0.65 \times 0.53 = 0.3445$$

$$\{P01\} = 0.65 \times 0.47 = 0.3055$$

$$m3\{P01, P02\} = 0.154 \times 0.53 = 0.08162$$

$$\{P01, P02\} = 0.154 \times 0.47 = 0.07238$$

$$m3(\theta) = 0.196 \times 0.53 = 0.10388$$

$$(\theta) = 0.196 \times 0.47 = 0.09212$$

Dari hasil kombinasi dari tabel diperoleh nilai $m5$:

$$\{ \# \} = 0.3445$$

$$m5(P01) = \frac{0.3055}{1 - 0.3445} = 0.466056445$$

$$m5(P02) = \frac{0.08162 + 0.10388}{1 - 0.3445} = 0.282990084$$

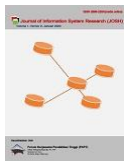
$$m5(P01, P02) = \frac{0.07238}{1 - 0.3445} = 0.110419527$$

$$m5(\theta) = \frac{0.09212}{1 - 0.3445} = 0.140533944$$

Nilai tertinggi adalah $m5\{P01\}$ dengan nilai 0.466056445 yang berarti nilai tertinggi terdapat pada penyakit jamur Upas. Jadi kesimpulan dari perhitungan Dempster Shafer adalah: "Penyakit tanaman kopi adalah penyakit jamur yang proporsinya 46,6%.

4. KESIMPULAN

Analisis Dempster-Shafer dapat dijadikan pendekatan yang efektif dan dapat diandalkan untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kopi Robusta. Melalui penerapan teori kepercayaan dan kerangka kerja Dempster-Shafer, dapat dilakukan pemodelan ketidakpastian dalam diagnosis penyakit dengan menggunakan bukti-bukti dari berbagai indikator penyakit. Dengan menggabungkan bukti-bukti tersebut, dapat diperoleh kesimpulan yang dapat dipercaya tentang keberadaan penyakit pada tanaman kopi Robusta. Selain itu, metode Dempster-Shafer juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi stadium atau tingkat keparahan penyakit, memberikan informasi yang penting dalam pengelolaan penyakit pada tanaman kopi Robusta. Melalui eksperimen dan evaluasi menggunakan dataset yang relevan, metode ini telah menunjukkan hasil yang akurat dengan nilai 0.466056445. Dengan demikian, pendekatan analisis Dempster-Shafer dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam diagnostik penyakit kopi Robusta dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem pendukung keputusan yang lebih canggih.



dalam pengelolaan dan pengendalian penyakit pada tanaman kopi. Dengan hasil kesimpulan penyakit yang dialami pada tanaman kopi tersebut adalah penyakit jamur upas dengan tingkat Persentase **46,6%**. Dengan peningkatan keberhasilan dalam mendiagnosis penyakit dan mengidentifikasi stadiumnya, diharapkan penelitian ini dapat membantu dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan industri kopi Robusta. Namun, perlu dilakukan penelitian lanjutan dan pengujian lebih lanjut untuk memvalidasi metode ini secara lebih luas dan memperluas aplikasinya dalam pengelolaan penyakit tanaman kopi Robusta secara praktis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi selaku homebase peneliti yang telah memberikan dukungan secara moril dan materi, terima kasih kepada rekan-rekan yang telah berkontribusi atas penelitian ini, khususnya Bapak Afif Badawi. Serta ucapan terima kasih kepada Bapak/Ibu yang mengelolah Journal of Information System Research (JOSH) yang telah meluangkan waktu untuk meriview penelitian ini, dan besar harapan kami agar kerjasama dalam penerbitan artikel antara Universitas Pembangunan Panca Budi dengan Budidarma terus berjalan dengan baik.

REFERENCES

- [1] B. Riansyah, D. Kurniawan, and M. Same, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kopi Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. Komputasi*, vol. 9, no. 1, 2021, doi: 10.23960/komputasi.v9i1.2420.
- [2] F. Parnadi, "Analisis Daya Saing Ekspor Kopi Indonesia di Pasar Internasional," *Junral Manaj. Bisnis dan Kewirausahaan*, vol. 2, no. 4, pp. 52–61, 2018.
- [3] S. A. Sabrina and W. F. Al Maki, "Klasifikasi Penyakit pada Tanaman Kopi Robusta Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network," *e-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 3, p. 119, 2022.
- [4] K. D. P. Novianti, I. M. D. K. Gunawan, and N. K. Sukerti, "Implementasi Forward Chaining Untuk Mendiagnosis Penyakit Tanaman Kopi," *Inser. Inf. Syst. Emerg. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, p. 88, 2021, doi: 10.23887/insert.v1i2.30547.
- [5] D. T. Yuwono, A. Fadlil, and S. Sunardi, "Implementasi Metode Dempster Shafer Pada Sistem Pakar Diagnosa Gangguan Kepribadian," *J. Sist. Inf. BISNIS*, vol. 9, no. 1, p. 25, May 2019, doi: 10.21456/vol9iss1pp25-31.
- [6] A. H. Nasyuha, "Implementasi Teorema Bayes Dalam Diagnosa Penyakit Ayam Broiler," vol. 4, pp. 1062–1068, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i4.2366.
- [7] H. Fahmi, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Mata Katarak Dengan Metode Certainty Factor Berbasis Web," *Matics*, vol. 11, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.18860/mat.v11i1.7673.
- [8] I. H. Santi and B. Andari, "Sistem pakar untuk mengidentifikasi jenis kulit wajah dengan metode certainty factor," *INTENSIF J. Ilm. Penelit. dan Penerapan Teknol. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 159–177, 2019.
- [9] A. H. Nasyuha, M. I. Perangin Angin, and M. M. Marsono, "Implementasi Dempster Shafer Dalam Diagnosa Penyakit Impetigo Pada Balita," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 3, p. 700, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i3.1901.
- [10] M. Zunaidi, U. Fatimah, S. Sitorus, and A. H. Nasyuha, "Analisis Teorema Bayes Dalam Mendiagnosa Penyakit Tanaman Pisang," vol. 5, pp. 1302–1308, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i4.3225.
- [11] M. Hutasuht and A. H. Nasyuha, "Analisis Aritmia (Gangguan Irama Jantung) Menerapkan Metode Certainty Factor," vol. 5, pp. 1386–1393, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i4.3289.
- [12] S. Sumiati, Akip Suhendar, and Fahriyanti, "CERTAINTY FACTOR UNTUK KLASIFIKASI KELAINAN JANTUNG BERDASARKAN REKAM MEDIS ELEKTROKARDIOGRAM," *JSii (Jurnal Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 1, pp. 49–52, Mar. 2021, doi: 10.30656/jsii.v8i1.3074.
- [13] N. Sulardi and A. Witanti, "Sistem Pakar Untuk Diagnosis Penyakit Anemia Menggunakan Teorema Bayes," *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2020, doi: 10.20884/1.jutif.2020.1.1.12.
- [14] R. Simalango and A. S. Sinaga, "Diagnosa Penyakit Ikan Hias Air Tawar Dengan Teorema Bayes," vol. 3, pp. 43–50, 2019.
- [15] H. Hafizah, T. Tugiono, and A. Azlan, "Sistem Pakar Untuk Pendiagnosaan Karies Gigi Menggunakan Teorema Bayes," *J-SISKO TECH (Jurnal Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD)*, vol. 4, no. 1, p. 103, 2021, doi: 10.53513/jsk.v4i1.2625.
- [16] P. T. Prasetyaningrum and N. B. Hangesti, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit Akibat Virus Menggunakan Teorema Bayes," *Telematika*, vol. 15, no. 2, p. 117, 2018, doi: 10.31315/telematika.v15i2.3128.
- [17] A. Rosana, G. Pasek, S. Wijaya, and F. Bimantoro, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit pada Manusia dengan Metode Dempster Shafer (Expert System of Diagnosing Skin Disease of Human being using Dempster Shafer Method)," *J-Cosine*, vol. 4, no. 2, pp. 129–138, 2020.
- [18] 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.
- [19] C. Nas, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tiroid Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. Teknol. Dan Open Source*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- [20] A. Ardiansyah and L. Muflikhah, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Kambing Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 8, pp. 2587–2594, 2018.
- [21] K. Kirman, A. Saputra, and J. Sukmana, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Lambung Dan Penanganannya Menggunakan Metode Dempster Shafer," *Pseudocode*, vol. 6, no. 1, pp. 58–66, 2019, doi: 10.33369/pseudocode.6.1.58-66.