

Penerapan Teorema Bayes Untuk Mendiagnosa Hama dan Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit

Rika Handayani¹, A. Sidiq Purnomo²

^{1,2}Informatika/Universitas Mercu Buana Yogyakarta

e-mail: *rikahandayani2710@gmail.com, sidiq@mercubuana-yogya.ac.id

Abstract – Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is an oil-producing plantation crop. Indonesia is the world's largest producer of palm oil. The oil palm is grown and cultivated throughout Indonesia, with an extensive distribution in Aceh, Sumatra, Java, Borneo, and Sulawesi. The most common issues occurred in the oil palm cultivation are the low crop productivity, the high cost of production, and the counter-productive of government policies. One of the factors that can impede the productivity and growth of oil palm is the presence of pests on the crop. The objective of this research is to identify, diagnose, and provide information regarding pests and diseases affecting the oil palm crop. Hence, an expert system utilizing the Teorema Bayes method has been developed for the purpose of diagnosing pests and diseases on the oil palm crop. The data applied in this research consists of 19 pests and diseases, along with the symptoms of the disease on the oil palm crop, which were obtained from an expert. The system was created and developed using the programming language such as PHP, the Framework CodeIgniter, and the MySQL database. This research achieved an accuracy level of 93.33% based on 30 examined data sets, with the results indicating the potential diseases experienced by oil palm crops and suggestions for the eradication. The examination results demonstrate that the developed expert system is capable of identifying pests and diseases on the oil palm crops with a high degree of effectiveness.

Keywords - Expert System, Diagnose, Oil Palm, Bayes

Abstrak – Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan sebagai penghasil minyak. Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Kelapa sawit tumbuh dan dibudidayakan hampir di seluruh Indonesia, dengan penyebaran yang luas di daerah Aceh, Sumatera, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Permasalahan umum yang terjadi dalam budidaya kelapa sawit meliputi produktivitas tanaman yang rendah, biaya produksi yang tinggi, dan kebijakan pemerintah yang kontra produktif. Salah satu faktor yang dapat mengurangi produktivitas dan pertumbuhan kelapa sawit adalah adanya penyakit pada tanaman tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mendiagnosa serta memberikan informasi tentang hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah sistem pakar menggunakan metode Teorema Bayes untuk mendiagnosa hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 19 hama dan penyakit serta 45 gejala penyakit pada tanaman kelapa sawit yang diperoleh dari seorang pakar. Sistem ini dibuat dan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP, Framework CodeIgniter dan database MySQL. Penelitian ini mencapai tingkat akurasi 93.33% dari 30 data pengujian, dengan output berupa persentase kemungkinan penyakit yang dialami oleh tanaman kelapa sawit serta saran pemberantasannya. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa sistem pakar yang dikembangkan mampu mengidentifikasi hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit secara efektif.

Kata Kunci – Sistem Pakar, Diagnosa, Kelapa Sawit, Bayes

I. PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* dan *Elaeis oleifera*) merupakan tanaman tropis yang berasal dari wilayah Afrika Barat, Amerika Tengah dan Selatan. Tanaman ini mempunyai batang yang tegak dan tinggi, dengan daun yang panjang dan berbentuk seperti bulu ayam. Tingginya dapat mencapai 20-30 meter dan memiliki umur produktif selama 25-30 tahun [1]. Beberapa ahli berpendapat bahwa kelapa sawit berasal dari kawasan Amerika Selatan yaitu Brazil, karena jumlah spesies kelapa

sawit yang lebih banyak ditemukan di hutan Brazil daripada di Afrika Barat [2]. Kelapa sawit termasuk dalam jenis tanaman industri yang digunakan dalam berbagai produk seperti minyak masak, bahan bakar, sabun dan lilin [3].

Seperti yang telah diketahui, selain perusahaan perkebunan, masyarakat juga menanam kelapa sawit sebagai sumber pendapatan. Namun, terdapat perbedaan yang signifikan dalam hasil produksi antara perusahaan perkebunan dan masyarakat petani kelapa sawit. Perbedaan ini tentu mempengaruhi cara perawatan dan penanggulangan hama serta penyakit pada kelapa sawit. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memahami metode perawatan yang tepat dan faktor-faktor yang dapat menghambat pertumbuhan kelapa sawit agar menghasilkan minyak yang berkualitas dan melimpah [4]. Dikarenakan nilai ekonomi yang tinggi, pengembangan usaha perkebunan kelapa sawit patut mendapat perhatian, mengingat kontribusinya yang signifikan terhadap ekonomi nasional. Oleh karena itu, peningkatan pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit dianggap penting. Salah satu faktor yang dapat menghambat pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit adalah adanya penyakit tanaman yang dapat dikenali dari berbagai gejala seperti bercak atau perubahan warna pada daun, batang, akar, dan juga hasil buah sawit [5]. Apabila tidak segera diatasi, hal tersebut dapat menyebabkan penurunan perkembangan dan produktivitas kelapa sawit [6]. Hama merupakan salah satu jenis organisme atau hewan yang merusak tanaman dan dapat berperan sebagai penyebab penyakit [7]. Dilihat secara umum, hama mencakup segala bentuk gangguan pada manusia, tanaman, ataupun hewan. Namun, dalam pengertian yang lebih spesifik hama merujuk kepada hewan-hewan yang merusak tanaman dan menyebabkan kerugian. Oleh karena itu, jika ada hewan yang berada pada tanaman atau tumbuhan tetapi tidak menimbulkan kerugian, maka hewan tersebut tidak dapat dikategorikan sebagai hama [8]. Hama yang menyerang tanaman sawit diantaranya adalah nematode, tungau, kumbang, babi dan lain lain. Disisi lain, penyakit pada tanaman merupakan kelainan atau gangguan yang disebabkan karena berbagai faktor, termasuk bakteri, jamur, virus, serangga serta kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu yang tidak sesuai, serta kualitas tanah yang buruk [9]. Untuk penyakit yang menyerang tanaman sawit yaitu busuk tandan, busuk pangkal batang, busuk kuncup, akar, dan sebagainya. Diagnosa terhadap hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit harus dilakukan dengan cepat dan akurat.

Untuk membantu mengenali dan mendiagnosa hama dan pada penyakit kelapa sawit dibuatlah sebuah sistem pakar untuk mendiagnosa hama dan penyakit tanaman kelapa sawit. Sistem pakar ini merupakan bagian dari AI (*Artificial Intelligence*) yang memanfaatkan pemakai secara luas *knowledge* untuk menyelesaikan masalah secara khusus [10]. Seperti dalam bidang kesehatan (kedokteran), sistem pakar ini dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mendiagnosa penyakit berdasarkan gejala-gejala yang dialami oleh pasien [11]. Tujuan dari sistem pakar adalah mentransfer keahlian (*transferring expertise*) dari seorang ahli atau sumber pengetahuan ke dalam komputer, lalu menyalurkan keahlian tersebut dari komputer kepada pengguna biasa (bukan pakar) [12]. Penelitian ini menggunakan metode Teorema Bayes, yang dikembangkan oleh Thomas Bayes, seorang pendeta asal Inggris [13]. Teorema Bayes merupakan metode untuk menangani ketidakpastian [14]. Teorema ini menjelaskan hubungan antara probabilitas terjadinya peristiwa A dengan kondisi peristiwa B telah terjadi, serta probabilitas terjadinya peristiwa AB dengan kondisi peristiwa A telah terjadi. Prinsip dasar teorema ini adalah bahwa tambahan informasi dapat memperbaiki estimasi probabilitas [15] [16]. Metode Bayes adalah salah satu teknik yang efektif dalam mesin pembelajaran berdasarkan data training, dimana probabilitas bersyarat menjadi dasar utamanya. Metode Bayes juga digunakan untuk memperkirakan parameter dengan menggabungkan informasi dari sampel yang ada dan informasi sebelumnya yang telah tersedia [17] [18].

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan perancangan dan pembangunan sistem pakar yang dapat mendiagnosa dan mengidentifikasi hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit menggunakan metode Teorema Bayes, yang bertujuan untuk memudahkan dalam mengidentifikasi atau mendiagnosa serta memberikan informasi tentang hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit dengan melihat dari beberapa gejala yang dialami serta memberikan solusi pemberantasannya. Sistem ini menggabungkan berbagai aturan dan kesimpulan yang diberikan oleh pakar atau ahli dalam bidangnya.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Pada penelitian sebelumnya “Sistem Pakar Diagnosa Jenis Kecanduan Narkoba Menggunakan *Teorema Bayes*” 32 data yang diperoleh dari rekam medis digunakan untuk mendeteksi 4 jenis kecanduan narkoba. Hasilnya menunjukkan bahwa dari 32 data tersebut, 27 sesuai dan 5 tidak sesuai, sehingga akurasi sistemnya adalah 84.38%. Dalam penelitian ini masih memiliki kesamaan dimana data yang didapat dari pakar kemudian diimplementasikan ke dalam sistem menggunakan metode teorema bayes dengan parameter-parameter yang spesifik [19].

Dalam penelitian “Penerapan Metode *Forward Chaining* Pada Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Kelapa Sawit” terdapat dua tahap pengujian yang dilakukan pada sistem pakar tersebut, yakni pengujian fungsional dan pengujian kepakaran sistem. Pengujian fungsional menggunakan metode *Black Box* dengan teknik *Equivalence Partitioning* (EP) sementara pengujian sistem dilakukan oleh pengguna sistem berdasarkan hasil pengujian dengan metode *Black Box*. Hasil pengujian kepakaran menunjukkan bahwa sistem dapat mengidentifikasi penyakit tanaman kelapa sawit sebagaimana yang diharapkan, dimana pengujian dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada 35 orang responden (pakar) dan hasilnya menunjukkan 89,2 % dari mereka merasa puas. Penelitian ini masih mempunyai persamaan dimana melibatkan penggunaan data gejala dan penyakit pada tanaman kelapa sawit yang diperoleh dari seorang pakar [20].

Penelitian yang berjudul “Penerapan Metode Teorema Bayes Untuk Mendeteksi Hama Pada Tanaman Padi Mayas Kalimantan Timur” menerapkan 32 gejala untuk mengidentifikasi 10 jenis hama yang menyerang padi mayas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 90% dari sepuluh kasus uji membuktikan kesesuaian sistem ini untuk digunakan [21].

Penelitian sebelumnya tentang “Sistem Pakar Dalam Mendiagnosa *Rift Valley Fever Phlebovirus* Domba Menggunakan Metode *Theorema Bayes*” menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil beroperasi secara

efektif. Metode Teorema Bayes yang diterapkan dalam menyelesaikan masalah juga terbukti efektif, menghasilkan perhitungan yang akurat [22].

Berdasarkan penelitian yang terkait, maka penulis tertarik untuk menggunakan metode teorema bayes karena metode ini dapat digunakan dalam berbagai macam permasalahan dan mudah dipahami bagi para pemula. Metode teorema bayes dapat menghasilkan tingkat kepastian dan perhitungan yang akurat.

III. METODE PENELITIAN

A. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, penulis mengumpulkan data menggunakan beberapa cara, diantaranya:

a. Wawancara

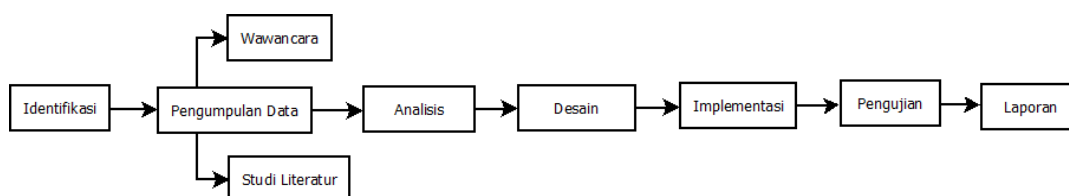
Wawancara dilakukan dengan seorang ahli mengenai hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit untuk mengidentifikasi jenis hama dan penyakit, gejala-gejala, tingkat kepastian, serta metode pengendaliannya guna menentukan jenis hama dan penyakit yang menyerang tanaman kelapa sawit.

b. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menentukan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang akan diteliti dan memperoleh referensi yang kuat sebagai dasar penerapan metode tersebut dalam penelitian ini. Hal ini dilakukan dengan mempelajari artikel dan jurnal yang relevan dengan masalah yang akan dibahas.

B. Rancangan Penelitian

Dalam proses penelitian, beberapa langkah penting perlu dilakukan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Berikut adalah alur penelitian yang akan dilakukan :

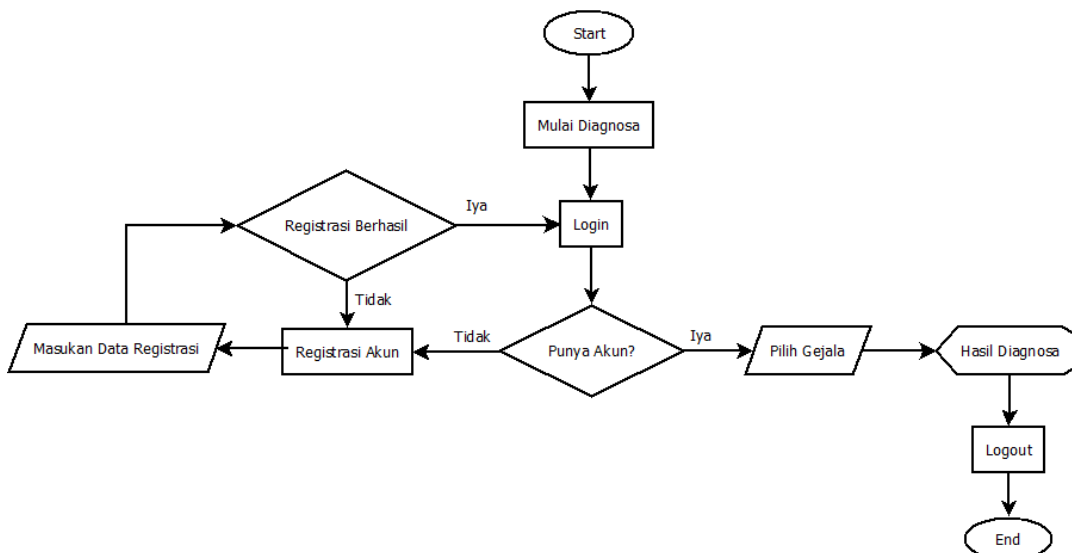
1. Identifikasi dan perencanaan yaitu mengidentifikasi kebutuhan pengguna, kebutuhan fungsional sistem.
2. Pengumpulan data dimana pada tahap ini melakukan wawancara, studi literatur untuk mendapatkan gagasan pemikiran, dan mengumpulkan referensi sebagai pendukung. Selanjutnya identifikasi masalah ini menjabarkan masalah dan merumuskan masalah.
3. Analisis merujuk pada suatu teknik atau metode untuk menyelesaikan masalah dengan menggambarkan sistem sebagai serangkaian komponen dan memeriksa cara kerja dan interaksi antara komponen-komponen tersebut untuk mencapai tujuan sistem. Model yang dipakai dalam penelitian ini adalah Teorema Bayes.
4. Desain melibatkan pembuatan *interface* dengan menggunakan HTML, CSS serta desain database menggunakan MySQL.
5. Implementasi melibatkan penggunaan bahasa pemrograman PHP dan database MySQL dalam penerapannya.
6. Pengujian ditujukan untuk menguji dan mengetahui kinerja sistem secara cepat dan lebih efektif.
7. Laporan, pada tahap ini dilakukan penulisan atau dokumentasi hasil analisis dari sistem yang telah dibangun.

C. Tahap Desain Sistem

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai desain atau antarmuka sistem.

a. Flowchart Sistem

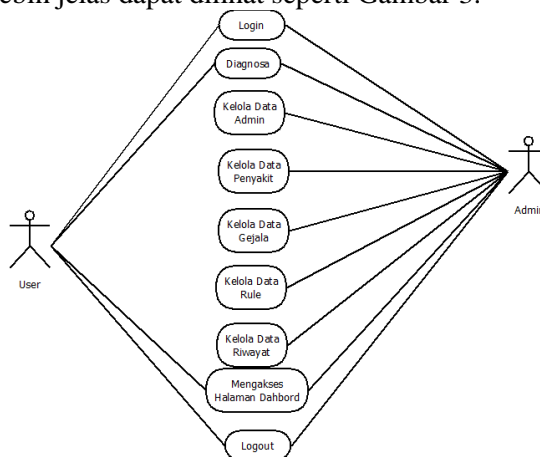
Flowchart sistem adalah diagram yang menggambarkan tahapan atau proses kerja yang berlangsung dalam sistem secara keseluruhan, serta menjelaskan urutan setiap prosedur di dalam sistem [23]. *Flowchart* sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Sistem

b. Use Case Diagram

Use case diagram dapat membantu pengguna memahami kegunaan sistem dan menjelaskan fungsionalitas yang diharapkan dari sistem tersebut [24]. Selain itu, use case diagram memberikan gambaran lengkap dengan aktor yang terlibat, bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas yang dapat dilakukan oleh masing-masing aktor. Untuk lebih jelas dapat dilihat seperti Gambar 3.



Gambar 3. Use Case Diagram

D. Karakteristik Data

Untuk keperluan penelitian ini, dibutuhkan beberapa informasi seperti data mengenai hama dan penyakit, gejala beserta bobot probabilitasnya, yang diperoleh melalui hasil wawancara dengan seorang pakar.

Informasi mengenai hama dan penyakit yang menyerang tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada TABEL I.

TABEL I
HAMA DAN PENYAKIT

Kode	Nama Hama dan Penyakit
P1	Nematoda
P2	Babi
P3	Tungau
P4	Ulat Api
P5	Ulat kantong
P6	Penggerak tandan buah
P7	Belalang
P8	Kumbang malam
P9	Kutu daun
P10	Tikus
P11	Daun bibit muda (<i>antracnose</i>)

Kode	Nama Hama dan Penyakit
P12	Busuk tandan (<i>bunch rot</i>)
P13	Busuk pangkal batang (<i>basal stem rot</i>)
P14	Busuk batang atas (<i>upper stem rot</i>)
P15	Busuk kering pangkal batang (<i>dry basal rot</i>)
P16	Busuk kuncup (<i>spear rot</i>)
P17	Garis kuning (<i>patch yellow</i>)
P18	Akar (<i>blast disease</i>)
P19	Tajuk (<i>crown disease</i>)

Data mengenai gejala dari pakar untuk mendiagnosa hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit, untuk lebih jelas ditunjukkan pada TABEL II.

TABEL II
DATA GEJALA
Nama Gejala

Kode	Nama Gejala
G1	Daun mengering
G2	Daun berwarna kuning
G3	Tercabut atau terbongkarnya tanaman kelapa sawit
G4	Daun berlubang
G5	Daun tidak utuh
G6	Buah muda atau buah tua terlihat berlubang-lubang
G7	Kerusakan pada bibit
G8	Dibagian tepi daun tampak bekas gigitan
G9	Diatas daun sering terdapat kotoran kumbang
G10	Kerusakan pada jaringan akar
G11	Kerusakan pada pelepah
G12	Daun mati
G13	Pembusukan pada tandan
G14	Tanaman mati
G15	Pucuk daun berubah warna
G16	Pembentukan bunga terhambat
G17	Pucuk membusuk dan berwarna kecoklatan
G18	Bercak atau bintik pada daun
G19	Akar menjadi lunak
G20	Daun sobek atau tidak ada sama sekali
G21	Tandan bunga atau bunga tombak tidak membuka
G22	Daun baru yang akan membuka tergulung
G23	Daun baru yang akan membuka tumbuh tegak
G24	Tidak menghasilkan buah
G25	Bekas umbut dimakan
G26	Kerusakan pada daun bagian bawah
G27	Daun berwarna perunggu mengkilap
G28	Tanaman kehilangan daun sekitar 90%
G29	Produksi menurun sekitar 60%
G30	Produksi menurun sekitar 27%
G31	Tajuk bagian bawah berwarna abu-abu
G32	Produksi menurun sampai 40%
G33	Pertumbuhan tanaman lebih kurus dan merana
G34	Pada tanaman yang sudah menghasilkan terjadi kerusakan pada buah mentah maupun masak
G35	Kerusakan pada titik tumbuh
G36	Warna coklat dan hitam di antara tulang daun
G37	Kerusakan pada tanaman yang berumur 3-10 tahun
G38	Ada benang-benang (miselium) berwarna putih mengkilap berwarna putih
G39	Pericarp menjadi lembek dan busuk

Kode	Nama Gejala
G40	Warna buah menjadi kecoklatan dan berubah lagi menjadi kehitam-hitaman
G41	Pembusukan pada batang
G42	Batang yang membusuk sekitar 2 m diatas tanah berwarna coklat keabu-abuan
G43	Pucuk membengkok dan melengkung
G44	Daun gugur
G45	Daun menjadi layu

Basis aturan merupakan kumpulan aturan yang digunakan dalam sistem berbasis pengetahuan untuk mengambil keputusan atau menyelesaikan masalah. Biasanya terdiri dari premis (Kondisi atau syarat) dan konklusi (tindakan atau hasil yang diharapkan). Basis aturan dapat dilihat pada TABEL III.

TABEL III
BASIS ATURAN

Kode Gejala	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
G1	✓		✓		✓			✓			✓						✓	✓	✓
G2	✓								✓		✓								
G3		✓																	
G4				✓	✓			✓											
G5					✓		✓												
G6						✓													
G7			✓				✓			✓									
G8							✓												
G9								✓											
G10									✓										
G11										✓			✓						✓
G12											✓			✓					
G13															✓				
G14										✓			✓		✓				
G15														✓					
G16															✓				
G17																✓			
G18			✓														✓		
G19																		✓	
G20																			✓
G21	✓																		
G22	✓																		
G23	✓																		
G24	✓																		
G25		✓																	
G26			✓	✓															
G27			✓																
G28				✓															
G29				✓															
G30				✓															
G31					✓														
G32					✓														
G33								✓											
G34										✓									
G35										✓									
G36											✓								
G37												✓							
G38													✓						
G39														✓					
G40															✓				
G41																✓			

Kode Gejala	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
G42														✓					
G43																✓			
G44																	✓		
G45																			✓

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penerapan Metode Bayes

Teorema Bayes merupakan metode untuk menentukan probabilitas bersyarat, yaitu probabilitas terjadinya suatu peristiwa dengan mempertimbangkan adanya hubungan dengan satu atau lebih peristiwa lainnya. Secara umum, Teorema Bayes dapat dinyatakan seperti pada Persamaan 1 [25].

$$P(H|X) = \frac{P(X|H).P(H)}{P(X)} \quad (1)$$

Dimana

X = data dengan *class* yang belum diketahui

H = hipotesis data x merupakan suatu class spesifik

P(H|X) = probabilitas hipotesis H jika diberikan *evidence* X

P(X|H) = probabilitas munculnya *evidence* X jika diketahui hipotesis H

P(H) = probabilitas hipotesis H tanpa memandang *evidence* apapun

P(X) = probabilitas *evidence* X

B. Perhitungan Teorema Bayes

Data sampel uji, diketahui pada salah satu tanaman kelapa sawit terdapat beberapa gejala yang diduga terkena hama nematoda, ditunjukkan pada TABEL IV.

TABEL IV
DATA SAMPEL

No	Kode Gejala	Gejala
1	G22	Daun baru tergulung
2	G23	Daun baru yang akan membuka tumbuh tegak
3	G24	Tidak menghasilkan buah
4	G15	Pucuk daun berubah warna
5	G42	Batang yang membusuk sekitar 2 m diatas tanah berwarna coklat keabu-abuan

Perhitungan Bayes

1. Mendefinisikan Nilai Probabilitas

Menentukan terlebih dahulu nilai probabilitas dari tiap *evidence* untuk tiap hipotesis berdasarkan data kasus yang tersedia.

1. P01 = Nematoda

$$G22 = P(E|H22) = 0.8$$

$$G23 = P(E|H23) = 0.6$$

$$G24 = P(E|H24) = 0.9$$

2. P14 = Busuk batang atas

$$G15 = P(E|H15) = 0.7$$

$$G42 = P(E|H42) = 0.7$$

2. Menjumlahkan Nilai Probabilitas

Menjumlahkan nilai probabilitas dari tiap *evidence* untuk setiap hipotesis, seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.

$$\sum_{k=1}^n P\left(\frac{E}{Hk}\right) = G1 + \dots + Gn \quad (2)$$

1. P01 = Nematoda

$$\sum_{k=1}^n P\left(\frac{E}{Hk}\right) = 0.8 + 0.6 + 0.9 = 2.3$$

2. P14 = Busuk batang atas

$$\sum_{k=1}^n P\left(\frac{E}{Hk}\right) = 0.7 + 0.7 = 1.4$$

3. Mencari Nilai Probabilitas Hipotesa Memandang H Tanpa Memandang Evidence

Membagi nilai probabilitas *evidence* awal dengan hasil probabilitas berdasarkan data sampel baru, seperti Persamaan 3.

$$P(Hi) \frac{P(E|Hi)}{\sum_{k=1}^n P\left(\frac{E}{Hk}\right)} \quad (3)$$

1. P01 = Nematoda
 $(P|H22) = 0.8 / 2.3 = 0.35$
 $(P|H23) = 0.6 / 2.3 = 0.26$
 $(P|H24) = 0.9 / 2.3 = 0.39$
2. P14 = Busuk batang atas
 $(P|H15) = 0.7 / 1.4 = 0.5$
 $(P|H42) = 0.7 / 1.4 = 0.5$

4. Mencari Probabilitas Hipotesa Memandang Evidence

Mengalikan nilai probabilitas *evidence* awal dengan nilai probabilitas hipotesa tanpa memandang *evidence* dan menjumlahkan hasil perkaliannya untuk setiap hipotesa, seperti pada Persamaan 4.

$$\sum_{k=n}^n P(Hi) * P(E|H1) + \dots + P(Hi) * P(E|Hi) \quad (4)$$

1. P01 = Nematoda

$$\sum_{k=n}^n = (0.8 * 0.35) + (0.6 * 0.26) + (0.9 * 0.39) = 0.79$$

2. P14 = Busuk batang atas

$$\sum_{k=n}^n = (0.7 * 0.35) + (0.7 * 0.35) = 0.7$$

5. Mencari Hipotesa H Jika Diberikan Evidence E

Mengalikan hasil nilai probabilitas hipotesa tanpa memandang *evidence* dengan nilai probabilitas awal, kemudian dibagi dengan hasil probabilitas hipotesa dengan memandang *evidence*, seperti Persamaan 5.

$$P(Hi|Ei) \frac{P(Hi) * P(E|Hi)}{\sum_k P\left(\frac{E}{Hk}\right)} \quad (5)$$

1. P01 = Nematoda

$$P(H22|E22) = \frac{0.8 * 0.35}{0.79} = 0.35$$

$$P(H23|E23) = \frac{0.6 * 0.26}{0.79} = 0.20$$

$$P(H24|E24) = \frac{0.9 * 0.39}{0.79} = 0.44$$

2. P14 = Busuk batang atas

$$P(H15|E15) = \frac{0.7 * 0.35}{0.7} = 0.5$$

$$P(H42|E42) = \frac{0.7 * 0.35}{0.7} = 0.5$$

6. Mencari Nilai Kesimpulan

Mengalikan nilai probabilitas *evidence* awal atau P(E|Hi) dengan nilai hipotesa Hi benar ketika diberikan *evidence* E atau P(Hi|E) dan mengakumulasi perkalian, seperti Persamaan 6.

$$\sum_{k=n}^n \text{bayes} = P(E|Hi) * P(Hi|Ei) + \dots + P(E|Hi) * P(Hi|Ei) \quad (6)$$

1. P01 = Nematoda

$$\sum_{k=n}^n \text{bayes} = (0.8 * 0.35) + (0.6 * 0.20) + (0.9 * 0.44) = 0.8 = 80\%$$

2. P14 = Busuk batang atas

$$\sum_{k=n}^n \text{bayes} = (0.7 * 0.5) + (0.7 * 0.5) = 0.7 = 70\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan Bayes yang dilakukan sebelumnya, P01 menunjukkan nilai diagnosis tertinggi yaitu 0.8. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tanaman kelapa sawit tersebut menderita Nematoda.

Validasi

Validasi berikut merupakan hasil yang didapat dengan persetujuan pakar dan sistem menggunakan inferensi dan perhitungan teorema bayes. Validasi ditunjukkan pada TABEL V.

TABEL V
VALIDASI HASIL DIAGNOSA

No.	Nama Penyakit	Pakar	Sistem	Validasi
1.	Nematoda	P	P	Sesuai
2.	Babi	P	P	Sesuai
3.	Tungau	P	P	Sesuai
4.	Ulat api	P	P	Sesuai
5.	Ulat kantong	P	P	Sesuai
6.	Penggerak tandan buah	P	P	Sesuai
7.	Belalang	P	P	Sesuai
8.	Kumbang malam	P	P	Sesuai
9.	Kutu daun	P	P	Sesuai
10.	Tikus	P	P	Sesuai
11.	Daun bibit muda (<i>antracnose</i>)	P	N	Tidak Sesuai
12.	Busuk tandan (<i>bunch rot</i>)	P	P	Sesuai
13.	Busuk pangkal batang (<i>basal stem rot</i>)	P	P	Sesuai
14.	Busuk batang atas (<i>upper stem rot</i>)	P	P	Sesuai
15.	Busuk kering pangkal batang (<i>dry basal rot</i>)	P	N	Tidak Sesuai
16.	Busuk kuncup (<i>spear rot</i>)	P	P	Sesuai
17.	Garis kuning (<i>patch yellow</i>)	P	P	Sesuai
18.	Akar (<i>blast disease</i>)	P	P	Sesuai
19.	Tajuk (<i>crown disease</i>)	P	P	Sesuai
20.	Nematoda	P	P	Sesuai
21.	Busuk tandan (<i>bunch rot</i>)	P	P	Sesuai
22.	Akar (<i>blast disease</i>)	P	P	Sesuai
23.	Tikus	P	P	Sesuai
24.	Nematoda	P	P	Sesuai
25.	Kumbang malam	P	P	Sesuai
26.	Busuk batang atas (<i>upper stem rot</i>)	P	P	Sesuai
27.	Garis kuning (<i>patch yellow</i>)	P	P	Sesuai
28.	Ulat kantong	P	P	Sesuai
29.	Ulat api	P	P	Sesuai
30.	Tungau	P	P	Sesuai

Dari 30 data diagnosa yang diuji, terdapat persentase validasi pada TABEL VI.

TABEL VI
PERSENTASE VALIDASI

Validasi Sistem	Jumlah Data	Persentase
Sesuai	28	93.33%
Tidak sesuai	2	6.67%

Persentase akurasi data memiliki detail sebagai berikut

$$\text{Tingkat akurasi} = \frac{\text{Jumlah data sesuai}}{\text{Total data}} \times 100$$

$$\text{Tingkat akurasi} = \frac{28}{30} \times 100$$

$$\text{Tingkat akurasi} = 93.33\%$$

C. Implementasi

Implementasi dari sistem pakar diimplementasikan ke dalam sebuah website yang dirancang menggunakan PHP, database MySQL dan framework CodeIgniter.

Halaman Home

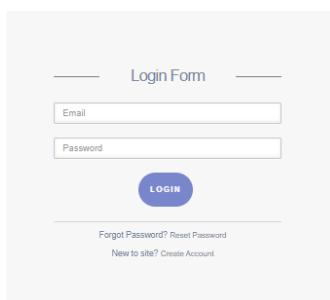
Halaman *home* menampilkan berupa judul penelitian dan informasi lainnya. Seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Halaman Home

Halaman Login

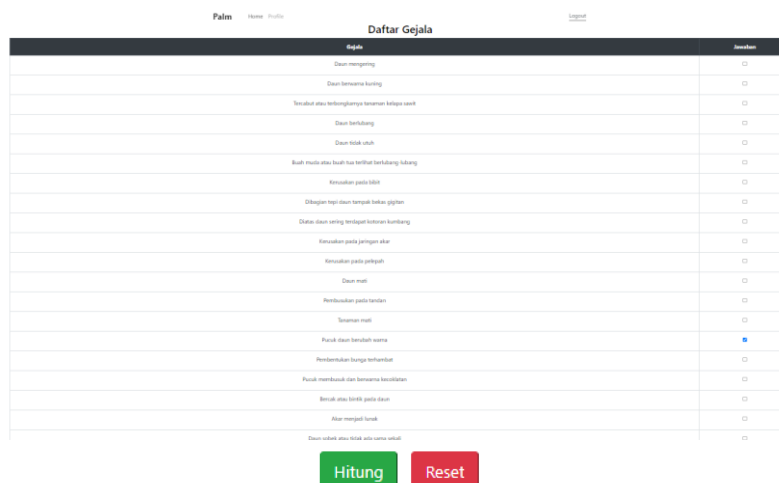
Untuk memulai diagnosa pengguna harus login terlebih dahulu dengan memasukan *username* dan *password*. Gambaran untuk halaman *login* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman Login

Halaman Diagnosa

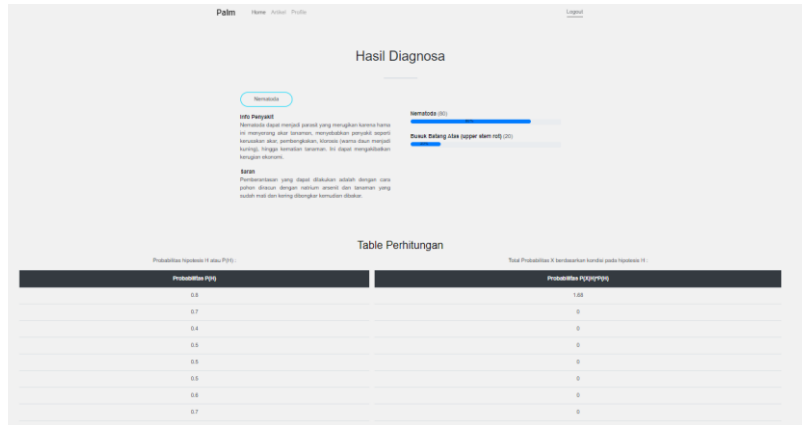
Halaman diagnosa adalah halaman yang memuat gejala-gejala pada tanaman kelapa sawit. Pengguna menggunakan halaman ini untuk melakukan diagnosa dengan cara memilih beberapa gejala yang ada. Setelah memilih gejala-gejala tersebut pengguna harus mengklik tombol hitung. Untuk gambaran yang lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Diagnosa

Halaman Hasil Diagnosa

Halaman hasil diagnosa menampilkan hasil diagnosa berdasarkan gejala yang sudah dipilih sebelumnya. Dan pada halaman ini, proses perhitungan teorema bayes dilakukan, dimana pengguna dapat melihat hama dan penyakit dengan persentase tertinggi. Halaman hasil diagnosa ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Hasil Diagnosa

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dengan judul “Penerapan Teorema Bayes Untuk Mendiagnosa Hama dan Penyakit Pada Tanaman Kelapa Sawit”, maka dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi awal serta mendiagnosa hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit berdasarkan gejala yang diinputkan. Berdasarkan penelitian terhadap lima gejala yang diinputkan oleh user, sistem menunjukkan hasil persentase tertinggi yaitu 80% adanya hama Nematoda. Hasil ini sesuai dengan pendapat pakar, yang menyatakan bahwa lima gejala tersebut menunjukkan hama Nematoda. Tujuan dari sistem ini dibuat untuk memudahkan para petani dalam menangani masalah berupa hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit dengan melihat dari beberapa gejala yang dialami. Sistem ini juga menghasilkan nilai rata-rata akurasi sistem dengan persentase 93.33% dari 30 data yang telah diuji coba.

Diharapkan kedepannya sistem ini dapat dikembangkan lagi dengan menambah penyakit, gejala atau menggunakan metode yang lain sesuai kebutuhan sehingga dapat diimplementasikan lebih baik dan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua atas semua pengorbanan, doa, motivasi, nasehat, semangat, kasih sayang, cinta serta kepercayaan, dimana penulis telah diberikan izin merantau keluar kota untuk menggapai cita-citanya dan selalu mendukung keputusan atau pilihan dalam hidup penulis. Terima kasih juga kepada mba dan adik penulis atas doa, dukungan dan motivasi untuk terus berjuang dan pantang menyerah untuk menyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa, terima kasih kepada semua pihak yang telah menemani penulis dan memberikan masukan serta pemikiran demi kelancaran penyusunan skripsi ini. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri yang telah berjuang dan bertahan sampai akhir, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sangat baik dan maksimal. Ini adalah pencapaian yang luar biasa untuk itu mari merayakan diri sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. I. T. Sipayung, “MENGENAL POHON KELAPA SAWIT DAN KARAKTERISTIKNYA,” *palmoilina asia*, 16 Maret 2024. [Online]. Available: <https://palmoilina.asia/sawit-hub/pohon-kelapa-sawit/>. [Diakses 16 Maret 2024].
- [2] E. Octaviani, L. O. Bakrim, Suliman dan . A. Susanto, “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Tanaman Kelapa Sawit Pada PT. Tani Prima Makmur,” *Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 7 , no. 2, pp. 74-81, Juli 2022.
- [3] Y. C. Khairani dan G. W. Nurcahyo, “Sistem Pakar dalam Mengidentifikasi Tingkat Keparahan Penyakit pada Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Framework Codeigniter,” *Jurnal Informasi dan Teknologi*, vol. 3 , no. 1, pp. 53-57, 2021.

- [4] R. Philips dan Gusrianty, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kelapa Sawit Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi*, vol. 4, no. 3, pp. 105-112, 2022.
- [5] Surianti dan N. A. Banyal, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS ANDROID," *Jurnal Ilmiah Matrik*, vol. 23, no. 1, pp. 28-33, April 2021.
- [6] A. Aldianto, "SISTEM PAKAR IDENTIFIKASI HAMA PADA TANAMAN KELAPA SAWIT DENGAN METODE CERTAINTY FACTOR BERBASIS WEB," *JuPerSaTeK*, vol. 3, no. 1, pp. 1-11, 2020.
- [7] I. Octaviani dan S. Ikawati, "Inventarisasi Hama dan Musuh Alami pada Tanaman Padi di Kecamatan Pulau Laut Timur," *Jurnal Pertanian Terpadu*, vol. 10, pp. 24-36, 2022.
- [8] P. D. I. H. A. Anshary, M.P., ASEAN.En, "Pengelolaan Hama Terpadu," *PERLINTAN*, 28 Juni 2023. [Online]. Available: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/pengertian-hama-dan-penyakit-tanaman>. [Diakses 20 Maret 2024].
- [9] A. M. Sari, "Penyakit Tanaman : Pengertian, Gejala, Beserta Jenisnya," Fakultas Pertanian UMSU, 5 May 2023. [Online]. Available: <https://faperta.umsu.ac.id/2023/05/05/penyakit-tanaman-pengertian-gejala-beserta-jenisnya/>. [Diakses 20 Maret 2024].
- [10] R. A. Siregar, D. Rahmadiansyah dan M. I. Perangin-Angin, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Pada Pohon Kelapa Sawit Menggunakan Metode Certainty Factor," *Sains dan Komputer (SAINTIKOM)*, p. 11, 2021.
- [11] I. Arfyanti dan M. Fahmi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Guillain-Barre Syndrome dengan Menerapkan Algoritma Teorema Bayes," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 7, no. 2, pp. 787-792, 2023.
- [12] J. A. Widians, N. Puspitasari dan A. A. M. Putri, "Penerapan Teorema Bayes dalam Sistem Pakar Anggrek Hitam," *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 15, no. 2, pp. 75-80, 2020.
- [13] A. Wenda, K. A. A. Suryanto, S. N. Alam dan K. Suhada, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Paru-Paru dengan Menggunakan Metode Teorema Bayes," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 7, no. 1, pp. 82-88, 2023.
- [14] S. N. Arif, M. Syahril, S. Kusnasari dan H. Winata, "Sistem Pakar Mendiagnosa Kerusakan Handphone Oppo Dengan Menggunakan Teorema Bayes," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. 4, no. 1, pp. 112-126, 2021.
- [15] Y. R. Nasution, S. dan F. M. Amanda, "Penerapan Metode Bayes Pada Aplikasi Deteksi Ketergantungan Terhadap Pengguna Game Online," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 10, no. 2, pp. 675-685, 2023.
- [16] S. S. dan M. O., "Disease Diagnosis Expert System At Chili Plants Using Bayes Method," *Journal Of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, vol. 2, pp. 292-296, 2020.
- [17] I. Andika, D. Maharani dan M., "Penerapan Teorema Bayes Pada Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Domba," *EDUMATIC: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 252-259, 2022.
- [18] S. Nurarif, I. Zulkarnain, H. Winata, J. Hutagalung dan P. S. Ramadhan, "Sistem Pakar Dalam Mendiagnosa Penyakit Cholelithiasis Menggunakan Metode Teorema Bayes," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. 6, no. 1, pp. 227-234, 2023.
- [19] I. A. Setiadhi, "Sistem Pakar Diagnosa Jenis Kecanduan Narkoba Menggunakan Teorema Bayes," *Jurnal Information System & Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 1, pp. 61-69, 2021.
- [20] D. Marcelina, E. Yulianti dan Z. R. Mair, "Penerapan Metode Forward Chaining Pada Sistem Pakar Identifikasi Tanaman Kelapa Sawit," *JURNAL ILMIAH INFORMATIKA GLOBAL*, vol. Volume 13, pp. 107-115, 2022.
- [21] N. Puspitasari, H. Hamdani, H. R. Hatta, A. Septiarini dan S., "PENERAPAN METODE TEOREMA BAYES UNTUK MENDETEKSI HAMA PADA TANAMAN PADI MAYAS KALIMANTAN TIMUR," *SINTECH JOURNAL*, vol. 4, no. 2, pp. 155-162, 2021.
- [22] M. Yetri, B. Andika, Z. Azmi, A. F. Boy dan I., "SISTEM PAKAR DALAM MENDIAGNOSA RIFT VALLEY FEVER PHLEBOVIRUS DOMBA MENGGUNAKAN METODE THEOREMA BAYES," *Journal of Science and Social Research*, vol. VI, no. 1, pp. 255-264, 2023.
- [23] R. Setiawan, "Flowchart Adalah: Fungsi, Jenis, Simbol, dan Contohnya," *dicoding*, 4 August 2021. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/flowchart-adalah/>. [Diakses 2 April 2024].
- [24] T. B. Kurniawan, "Perancangan Sistem Aplikasi Pemesanan Makanan dan Minuman Pada Cafeteria NO Caffe di Tanjung Balai Karimun Menggunakan Bahasa Pemrograman PHP dan MySQL," *J. Tikar*, vol. 1, no. 2, pp. 192-206, 2020.

- [25] R. Rachman dan S. Moritami, "Sistem Pakar Deteksi Penyakit Refraksi Mata Dengan Metode Teorema Bayes Berbasis Web," *JURNAL INFORMATIKA*, vol. 7 , no. 1, pp. 68-76, 2020.