

Implementasi *Certainty Factor* dalam Sistem Pakar untuk Mendiagnosis Penyakit pada Kelapa Sawit

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v11i3.11886>

Riwayat Artikel

Received: 25 Mei 2025 | Final Revision: 8 November 2025 | Accepted: 22 November 2025

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Nadiva Azro Fathinah^{#1}, Suryani [✉]#2, Anita Desiani^{#3}

[#]Matematika, Universitas Sriwijaya

Jln. Raya Palembang-Prabumulih km. 32, Indralaya, 30662, Indonesia

¹nadivaaf95@gmail.com

²udarakarsa@gmail.com

³anita_desiani@unsri.ac.id

[✉]Corresponding author: udarakarsa@gmail.com

Abstrak — Penyakit pada tanaman kelapa sawit adalah salah satu penyebab utama produksi kelapa sawit tidak maksimal, bahkan dapat mengakibatkan gagal panen. Petani perlu mengetahui berbagai gejala yang dimiliki oleh tanaman kelapa sawit agar dapat mendiagnosis dan mengatasi penyakit yang menjangkit tanaman kelapa sawit tersebut. Diperlukan suatu sistem untuk mendeteksi dini penyakit pada tanaman kelapa sawit agar dapat mencegah penurunan produktivitas. Pendekatan yang dapat digunakan untuk diagnosis dini adalah sistem pakar. Sistem pakar tidak hanya memberikan diagnosis, tetapi juga menawarkan penjelasan mengenai jenis penyakit serta rekomendasi penanganan yang praktis dan akurat. Penelitian ini menerapkan salah satu metode metode *certainty factor* pada sistem pakar yang menggabungkan beberapa gejala untuk menentukan seberapa besar kemungkinan suatu diagnosis. Sistem pakar ini melibatkan 22 gejala untuk mendiagnosis enam penyakit pada tanaman kelapa sawit. Tingkat akurasi yang diperoleh dari penerapan sistem pakar dengan metode *certainty factor* dalam mendiagnosa penyakit pada tanaman kelapa sawit berdasarkan data dari lima pengguna menunjukkan hasil sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pakar dengan metode *certainty factor* ini akurat dan dapat diaplikasikan untuk mendeteksi dini penyakit yang menyerang tanaman kelapa sawit. Sistem pakar ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan penyakit lain yang mungkin dapat menyerang tanaman kelapa sawit.

Kata kunci— *Certainty Factor; Deteksi Dini; Diagnosis Penyakit; Kelapa Sawit; Sistem Pakar*

Implementation of *Certainty Factor* in Expert System for Oil Palm Disease Diagnosis

Abstract — Diseases in palm oil plants are one of the main causes of palm oil production not being maximized, and can even result in crop failure. Farmers need to know the symptoms that occur in oil palm plants in order to diagnose and overcome the diseases that infect the palm oil plants. A system for early detection of disease in palm oil plants is needed in order to prevent a decrease in productivity. An approach that can be used for early diagnosis is an expert system. Expert systems not only provide a diagnosis, but also offer an explanation of the type of disease as well as practical and accurate treatment recommendations. This research applies one of the methods of the *certainty factor* method to an expert system that combines several symptoms to determine how likely a diagnosis is. This expert system involves 22 symptoms to diagnose six diseases in palm oil plants. The accuracy rate obtained from the application of the expert system with the *certainty factor* method in diagnosing diseases of oil palm plants based on data from five users shows a result of 100%. This shows that the expert system with the *certainty factor* method is accurate and can be applied to early detection of diseases that attack palm oil plants.

Keywords— *Certainty Factor; Diagnosis; Early Detection; Expert System; Palm Oil Plants.*

I. PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) tanaman penghasil minyak sawit yang juga merupakan salah satu sumber daya unggulan yang memiliki peran penting dalam perekonomian banyak negara terutama Indonesia [1]. Minyak kelapa sawit, sebagai produk utama dari tanaman ini, memiliki peran yang sangat penting dalam industri pangan, kosmetik, dan energi terbarukan. Indonesia, sebagai salah satu negara penghasil terbesar kelapa sawit di dunia, memiliki luas perkebunan yang tersebar di berbagai wilayah, baik yang dikelola oleh perusahaan besar maupun petani mandiri.

Seiring dengan pesatnya perkembangan industri kelapa sawit, kebutuhan akan produksi yang optimal semakin mendesak. Para petani menghadapi tantangan berupa ancaman penyakit yang dapat merusak tanaman dan menurunkan hasil produksi. Beberapa penyakit yang sering menyerang tanaman kelapa sawit, antara lain busuk akar, busuk pangkal batang, busuk pucuk, serta bercak daun, dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi para petani [2], [3]. Pengendalian penyakit pada tanaman kelapa sawit oleh para petani umumnya dilakukan dengan pendekatan konvensional dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki para petani [4]. Keterbatasan pengetahuan petani mengenai gejala penyakit yang muncul sering kali mengakibatkan keterlambatan penanganan dan berpotensi memperburuk kondisi tanaman dan meningkatkan risiko kegagalan panen. Selain itu, terbatasnya jumlah ahli atau pakar yang dapat memberikan diagnosis yang akurat dan solusi yang cepat di lapangan semakin memperburuk situasi ini, khususnya di daerah-daerah terpencil [2]. Terkait dengan permasalahan tersebut, dibutuhkan solusi teknologi yang dapat memfasilitasi para petani dalam mendeteksi dan mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit secara mandiri dan efisien [1], [4], [5]. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah sistem pakar berbasis komputer. Sistem pakar merupakan pengaplikasian dari kecerdasan buatan yang mengelola pengetahuan melalui komputer untuk mengatasi masalah dan membantu pengguna mengambil keputusan [6].

Teknologi sistem pakar telah banyak digunakan untuk mendiagnosis berbagai penyakit yang menyerang tanaman. Nasrulloh et al. (2022)[7] menerapkan sistem pakar untuk mengidentifikasi penyakit dan hama pada tanaman kangkung dengan tingkat akurasi mencapai 90%. Adellia, et al. (2024)[8] juga mengembangkan sistem pakar untuk deteksi penyakit pada tanaman tomat dengan tingkat akurasi sebesar 90%. Anbi et al. (2022)[9] mengembangkan sistem pakar untuk mendeteksi penyakit pada tanaman pisang dengan akurasi sebesar 80,39%.

Dalam pengimplementasian sistem pakar, sering kali timbul masalah ketidakmampuan dalam mendiagnosis dengan jelas berdasarkan gejala yang ada, atau dalam istilah lain dapat disebut dengan ketidakpastian [10]. Ketidakpastian ini disebabkan oleh kurangnya interelasi antara gejala dan penyakit, dan jawaban dari pengguna tidak selalu seragam [8]. Dalam penanganan ketidakpastian, banyak pendekatan yang dapat digunakan seperti Teorema Bayes, Dempster–Shafer, dan Logika Fuzzy. Namun pendekatan-pendekatan tersebut memiliki keterbatasan ketika diterapkan pada kasus diagnosis penyakit kelapa sawit. Teorema Bayes memerlukan data probabilitas bersyarat yang lengkap, Dempster–Shafer relatif kompleks untuk sistem berbasis aturan sederhana, dan Logika Fuzzy lebih sesuai untuk data kontinu dan memerlukan definisi fungsi keanggotaan yang mendetail. Penelitian ini secara spesifik memilih metode *Certainty Factor* karena lebih sesuai dengan karakteristik data yang digunakan, yaitu gejala diskrit dan bobot keyakinan pakar, serta lebih mudah diimplementasikan secara langsung (*hard-coded*) pada bahasa pemrograman C++ sehingga sistem menjadi ringan dan cepat digunakan di lapangan. Metode *certainty factor* (CF) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengukur tingkat kepastian atau keyakinan terhadap suatu fakta atau diagnosis berdasarkan bukti yang ada [11]. Penerapan metode *certainty factor* dalam sistem pakar akan membantu dalam mengidentifikasi penyakit yang paling mungkin terjadi pada tanaman kelapa sawit berdasarkan gejala-gejala yang dilaporkan oleh pengguna, dengan tingkat kepastian yang dapat diukur secara matematis [12].

Metode *certainty factor* telah banyak diterapkan dalam sistem pakar untuk mendiagnosis berbagai penyakit pada tumbuhan. Fivalianda dan Desiani (2020)[13] mengembangkan sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman jagung, yang menghasilkan tingkat akurasi sebesar 68,74%. Namun penelitian tersebut belum menguraikan rinci sumber data gejala sehingga penerapan di lapangan masih terbatas. Indarwati dan Susilawati (2022)[14] menggunakan metode *certainty factor* dalam sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman cabai merah dengan tingkat akurasi 90,48%. Sistem ini dirancang menggunakan web dengan antar muka mudah digunakan, tetapi jumlah data gejala dan penyakit yang dianalisis masih terbatas. Agatha et al. (2021)[15] menerapkan metode yang sama pada sistem pakar untuk diagnosis penyakit pada tanaman padi dan memperoleh akurasi sebesar 80%. Penelitian tersebut memberikan dasar diagnosis cepat, tapi sistem tersebut hanya mencakup sejumlah kecil gejala dan penyakit serta belum menjelaskan secara rinci sumber bobot gejala. Sistem pakar ini diharapkan dapat memberikan diagnosis yang cepat, akurat, dan dapat diandalkan, sehingga dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi petani kelapa sawit dalam menangani penyakit pada tanamannya.

Penelitian serupa mengembangkan sistem pakar untuk mengidentifikasi penyakit pada kelapa sawit menggunakan metode *certainty factor* oleh Hidayatullah et al. (2022)[1]. Namun, penelitian tersebut tidak mencantumkan tingkat akurasi dari hasil pengujian serta menggunakan jumlah gejala dan penyakit yang lebih terbatas. Gejala yang dipaparkan pada penelitian

tersebut kurang terdefinisi secara jelas, sehingga dapat menimbulkan ketidakjelasan atau ambiguitas dalam proses identifikasi penyakit. Penelitian tersebut juga tidak menjelaskan secara spesifik mengenai sumber data pengujian dan pengujian lapangan.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit dengan menggunakan metode *certainty factor* menggunakan bahasa C++. Sistem pakar ini akan melibatkan 22 gejala untuk mendiagnosis enam penyakit pada tanaman kelapa sawit, yaitu busuk akar, busuk pangkal batang, busuk pucuk, layu fusarium, bercak daun, dan taju. Sistem pakar tersebut akan menampilkan pertanyaan-pertanyaan mengenai gejala penyakit yang mungkin dimiliki oleh kelapa sawit sehingga pengguna dapat memilih memilih gejala-gejala yang timbul pada kelapa sawit. Input yang dimasukkan oleh pengguna kemudian akan diproses dan dievaluasi oleh sistem pakar tersebut. Hasil diagnosis akan muncul berupa penyakit beserta solusinya. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang praktis dan efisien bagi petani dalam mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit, serta meningkatkan produktivitas dan mengurangi kerugian akibat serangan penyakit.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi pada penelitian ini meliputi pengumpulan data, pembentukan aturan (*rule*), penghitungan nilai kepercayaan menggunakan *certainty factor*, perancangan sistem, dan pengujian.

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dengan metode studi literatur dari berbagai referensi. Studi literatur, juga dikenal sebagai riset pustaka, adalah metode penelitian yang melibatkan pengumpulan, analisis, dan menyimpulkan data dari berbagai sumber tertulis, termasuk buku, jurnal ilmiah, skripsi, disertasi, artikel, dan dokumen lainnya dengan menggunakan kata kunci penyakit kelapa sawit, sistem pakar, dan *certainty factor*.

Sistem pakar dengan menggunakan *certainty factor* memerlukan beberapa hal untuk mendapatkan hasil diagnosis. Hal yang pertama kali dibutuhkan adalah gejala-gejala yang mungkin dimiliki oleh tanaman kelapa sawit. Kode dan nama gejala pada penelitian ini diperoleh dari [1], [11], [15], dan [16]. Gejala-gejala tersebut dapat ditemukan pada tabel 1.

TABEL 1
GEJALA-GEJALA PENYAKIT PADA KELAPA SAWIT

Kode Gejala	Nama Gejala
G01	lebih dari 5% pangkal daun tanaman kelapa sawit Anda menghitam
G02	lebih dari 10% daun tanaman kelapa sawit Anda berubah warna menjadi hijau pucat
G03	lebih dari 10% daun tanaman kelapa sawit Anda berubah warna dari hijau menjadi kuning
G04	lebih dari 10% pelepah tua pada tanaman kelapa sawit Anda kecil-kecil, sobek, atau rontok sebelum waktunya
G05	lebih dari 10% pelepah tanaman kelapa sawit Anda banyak yang patah atau menggantung pada batang pohonnya
G06	tanaman kelapa sawit Anda terdapat getah atau lendir yang keluar pada batang sawit yang terinfeksi jamur <i>ganoderma</i>
G07	pucuk tanaman kelapa sawit Anda menjadi kuncup melengkung atau tidak membuka secara total
G08	lebih dari 10% daun yang terdapat pada tanaman kelapa sawit Anda terdapat bercak-bercak lonjong berwarna kuning
G09	lebih dari 10% daun tanaman kelapa sawit Anda berubah menjadi coklat di ujungnya
G10	lebih dari 10% daun tanaman kelapa sawit Anda memiliki bercak berwarna coklat di tengah daun dan bercak-bercak kuning di sekitarnya
G11	pertumbuhan tanaman kelapa sawit Anda tidak normal
G12	tanaman kelapa sawit Anda menjadi lemah dan terjadi nekrosis (perubahan warna daun)
G13	pertumbuhan tanaman kelapa sawit Anda menjadi kerdil
G14	lebih dari 10% daun muda pada tanaman kelapa sawit Anda tampak mengering
G15	lebih dari 10% daun yang terdapat pada pohon kelapa sawit Anda berbentuk tidak normal atau berukuran tidak normal
G16	lebih dari 10% pelepah pada pohon kelapa sawit Anda tampak sengkleh (patah pangkal pelepah)
G17	lebih dari 10% pelepah pada pohon kelapa sawit Anda menunduk ke arah bawah di bagian tengahnya
G18	lebih dari 10% daun yang tidak terbuka sebagian mengalami pembusukan
G19	lebih dari 10% pelepah pada tanaman kelapa sawit Anda mengering
G20	tanaman kelapa sawit Anda mengeluarkan aroma busuk pada pangkal jaringan
G21	timbul titik-titik kecil berbentuk lingkaran yang terdistribusi secara tidak teratur pada helai daun tanaman kelapa sawit Anda
G22	lebih dari 10% helaian daun pada tanaman kelapa sawit Anda kecil, sobek, atau tidak ada pada ujung pelepah hingga pelepah

Berdasarkan Tabel 1 terdapat gejala pada tanaman kelapa sawit yang menderita penyakit dengan jumlah 22 gejala. Gejala tersebut merupakan gejala dari enam penyakit yang dapat menyerang tanaman kelapa sawit. Penyakit serta solusi dari penyakitnya didapatkan dari beberapa artikel ilmiah yaitu [16], [17], dan [18]. Kode penyakit, penyakit, serta solusi dari gejala tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2.
PENYAKIT YANG SERING TERJADI PADA TANAMAN KELAPA SAWIT DAN SOLUSINYA

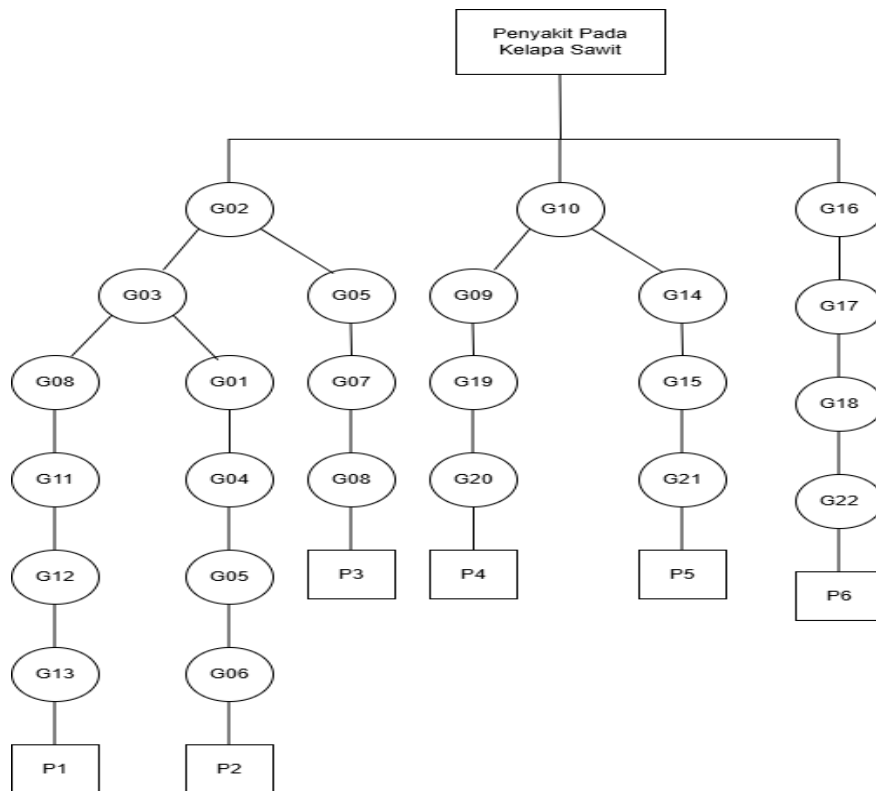
Kode Penyakit	Nama Penyakit	Solusi
P1	Busuk Akar	<ul style="list-style-type: none"> Sanitasi Kebun: Untuk mencegah penyebaran patogen, tanaman yang terinfeksi parah harus dicabut dan dimusnahkan. Penggunaan Agen Hayati: Gunakan jamur yang bersifat antagonis, seperti <i>Trichoderma</i>, untuk menghentikan perkembangan patogen. Perbaikan Drainase: Pastikan sistem drainase yang baik untuk mencegah tanah terlalu lembab, yang dapat memicu pertumbuhan jamur patogen.
P2	Busuk Pangkal Batang	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan Bibit Sehat: Untuk mencegah penyebaran penyakit, tanam bibit yang tidak terinfeksi. Sanitasi dan Pemusnahan: Untuk mengurangi sumber inokulum, tanaman yang terinfeksi berat dibongkar dan dimusnahkan. <i>Directorate General of Plantation Application of Fungisida</i>: Pencegahan menggunakan fungisida yang sesuai pada tanaman yang sehat.
P3	Busuk Pucuk	<ul style="list-style-type: none"> Pemangkasan Bagian Terinfeksi: Untuk mencegah penyebaran infeksi, bagian pucuk yang terinfeksi harus dipotong dan dihancurkan. Aplikasi Fungisida: Oleskan fungisida yang sesuai pada area yang terinfeksi dan lingkungannya. Peningkatan Aerasi: Untuk meningkatkan sirkulasi udara di sekitar tanaman, atur jarak tanam dan pemangkasan.
P4	Layu Fusarium	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan Bibit Tahan Penyakit: Menanam varietas yang memiliki ketahanan terhadap <i>Fusarium</i>. Sanitasi Lahan: Membersihkan sisa-sisa tanaman yang terinfeksi dan melakukan rotasi tanaman dengan jenis yang tidak rentan. Aplikasi Agen Hayati: Menggunakan agen hayati untuk menekan pertumbuhan jamur patogen di tanah.
P5	Bercak Daun	<ul style="list-style-type: none"> Pemangkasan Daun Terinfeksi: Gejala infeksi ditunjukkan dengan memotong dan menghancurkan daun. Aplikasi Fungisida: Untuk menghentikan penyebaran jamur, semprotkan fungisida yang sesuai. Peningkatan Kondisi Kebun: Pastikan sirkulasi udara yang baik dan tidak terlalu lembab di kebun.
P6	Tajuk	<ul style="list-style-type: none"> Identifikasi Penyebab: Cari tahu apa yang menyebabkan masalah pada tajuk, seperti hama, penyakit, atau kekurangan nutrisi. Tindakan Spesifik: Lakukan pengendalian yang sesuai, seperti menggunakan pestisida, fungisida, atau pemupukan, berdasarkan penyebab yang diidentifikasi. Pemeliharaan Rutin: Untuk menghindari masalah pada tajuk, lakukan inspeksi dan perawatan tanaman secara teratur.

B. Pembentukan Aturan (Rule)

Perancangan aturan pada sistem pakar menjadi landasan bagi sistem untuk menebak diagnosis penyakit pada kelapa sawit menggunakan struktur logika berbasis aturan (*rule-based*) yang diformulasikan dalam bentuk pernyataan *IF-THEN*. Berdasarkan tabel 1 dan tabel 2, terdapat 22 gejala yang dapat muncul apabila tanaman kelapa sawit terjangkit salah satu dari enam jenis penyakit pada tabel 2. Untuk menghubungkan gejala-gejala pada tabel 1 dan penyakit pada tabel 2, terdapat beberapa aturan (*rule*) untuk menilai seberapa besar tingkat keyakinan setiap jenis penyakit yang dialami oleh kelapa sawit melalui sistem pakar yaitu:

- Rule 1: IF G02 AND G03 AND G08 AND G11 AND G12 AND G13 THEN P01
- Rule 2: IF G02 AND G02 AND G01 AND G04 AND G05 AND G06 THEN P02
- Rule 3: IF G02 AND G05 AND G07 AND G08 THEN P03
- Rule 4: IF G10 AND G09 AND G19 AND G20 THEN P04
- Rule 5: IF G10 AND G14 AND G25 AND G21 THEN P05
- Rule 6: IF G16 AND G17 AND G18 AND G22 THEN P06

Rules yang telah diberikan dapat direpresentasikan dalam bentuk pohon keputusan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon keputusan penyakit pada tanaman kelapa sawit

C. Penerapan Metode Certainty Factor

Metode *Certainty factor* digunakan untuk menentukan tingkat keyakinan pengguna terhadap suatu penyakit berdasarkan gejala yang dialami. *Certainty factor* menggunakan nilai tertentu untuk memperkirakan tingkat keyakinan seorang ahli terhadap suatu data. Penerapan metode *certainty factor* memerlukan bobot untuk setiap gejala. Bobot gejala ditentukan berdasarkan seberapa besar pengaruh suatu gejala terhadap berbagai macam penyakit. Nilai CF (bobot gejala) pada tabel diambil langsung dari referensi yang tercantum pada kolom "Sumber". Bobot gejala penyakit pada kelapa sawit dapat ditemukan pada Tabel 3.

TABEL 3
BOBOT GEJALA PENYAKIT PADA KELAPA SAWIT

No.	Kode Gejala	Kode Penyakit	CF Soal	Sumber	No.	Kode Gejala	Kode Penyakit	CF Soal	Sumber
1	G01	P2	0,8	[1]	15	G10	P4	0,8	[12]
2	G02	P1	0,6	[1]	16	G10	P5	0,8	[12]
3	G02	P2	0,6	[1]	17	G11	P1	0,8	[1]
4	G02	P3	0,8	[1]	18	G12	P1	0,8	[1]
5	G03	P1	0,4	[1]	19	G13	P1	0,8	[1]
6	G03	P2	0,8	[1]	20	G14	P5	1	[16]
7	G04	P2	0,4	[1]	21	G15	P5	0,6	[16]
8	G05	P2	0,6	[1]	22	G16	P6	0,6	[16]
9	G05	P3	0,6	[1]	23	G17	P6	1	[16]
10	G06	P2	0,8	[1]	24	G18	P6	0,6	[16]
11	G07	P3	0,8	[1]	25	G19	P4	1	[17]
12	G08	P1	0,8	[1], [16]	26	G20	P4	0,8	[17]
13	G08	P3	0,8	[1], [16]	27	G21	P5	1	[16]
14	G09	P4	0,8	[1]	28	G22	P6	0,8	[16]

Dalam penerapan pendekatan *certainty factor*, krusial untuk mengatur keseimbangan antara jenis penyakit, tingkat kepercayaan pengguna mengenai gejala penyakit, serta gejala penyakit itu sendiri. Pada *certainty factor*, perlu diteapkan nilai keyakinan pengguna (CF pengguna) terhadap suatu gejala penyakit tersebut yang berkisar dari -1 hingga 1, dimana nilai ini mencerminkan tingkat kepercayaan pengguna terhadap kebenaran gejala tersebut [20]. CF pengguna tersebut diwakilkan dengan *certainty term*, yaitu istilah yang merujuk pada nilai atau komponen yang mewakili tingkat keyakinan terhadap suatu fakta, gejala, atau diagnosis. *Certainty term* dan CF pengguna dapat ditemukan pada Tabel 4.

TABEL 4
NILAI KEYAKINAN (CF) PENGGUNA

No	<i>Certainty Term</i>	CF
1	Tidak	-0.25
2	Kemungkinan Tidak	0
3	Tidak Tahu	0.3
4	Kemungkinan Iya	0.5
5	Iya	0.7

Setelah mengetahui bobot gejala untuk masing-masing penyakit pada Tabel 3 serta nilai *Certainty term* dan CF pengguna pada Tabel 4, selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan tingkat keyakinan hipotesis berdasarkan gejala yang ada. Tujuan dari proses ini adalah untuk menyatukan informasi dan memperhitungkan ketidakpastian yang ada dalam sistem pakar. Adapun tahapan dari perhitungan nilai CF sebagai berikut [21]:

1) Mendefinisikan CF gejala berdasarkan pengetahuan ahli atau pakar.

Setiap gejala yang berkaitan dengan sebuah penyakit memiliki nilai kepercayaan dan nilai ketidakpercayaan. Nilai-nilai ini diperoleh dari ahli yang bersumber dari literatur. Nilai-nilai ini akan dihitung untuk menentukan nilai CF berdasarkan tingkat kepercayaan pakar terhadap *evidence* (data) yang mendukung hipotesis (A). Rumus perhitungan nilai CF tersebut ditunjukkan oleh persamaan (1)

$$NK(A, B) = UK(A, G) - UK(A, G) \quad (1)$$

Keterangan:

NK(A, B) : *Certainty Factor*

UK(A, G) : Besar kepercayaan hipotesis H, dengan diketahui bukti G

UK(A, G) : Besar ketidakpercayaan hipotesis H, dengan diketahui bukti G

A : Hipotesis (antara 1-0)

B : *evidence* (data)

2) Mendefinisikan nilai CF dengan mengalikan CF gejala dan tingkat keyakinan pengguna terhadap gejala.

Nilai yang didapat dari persamaan (1), dikalikan dengan bobot keyakinan dari pengguna terhadap gejala tersebut. Rumus perkalian tersebut dinyatakan dalam persamaan (2)

$$NK(A, B) = NK(G, B) \times NK(A, G) \quad (2)$$

Keterangan:

NK(A, B) : *Certainty Factor* hipotesis A dipengaruhi *evidence* B

NK(G, B) : *Certainty Factor evidence* G dipengaruhi *evidence* B

3) Menentukan nilai CF kombinasi

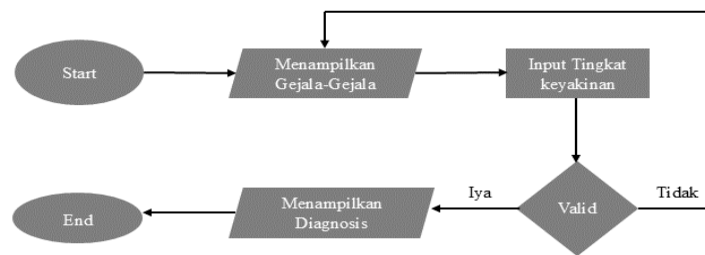
CF kombinasi adalah hasil gabungan dari CF masing-masing gejala yang berhubungan dengan suatu penyakit tertentu. Perhitungan nilai CF kombinasi dapat dilakukan dengan menjumlahkan CF gejala. Dalam penggunaannya NK(A, B) adalah nilai kepastian yang diberikan oleh ahli terhadap aturan tertentu, sementara NK(G, B) adalah nilai kepercayaan terhadap gejala yang diberikan oleh pengguna. Rumus CF kombinasi ditunjukkan pada persamaan (3)

$$(NK1, NK2) = NK1 + NK2(1 - NK1) \quad (3)$$

Setelah menghitung CF kombinasi, nilai CF kombinasi yang telah didapatkan dikali 100% untuk melihat hasil persentasenya. Apabila persentase suatu penyakit kurang dari 0 persen, maka akan persentasenya akan diubah menjadi 0 persen.

D. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit dengan menggunakan metode *certainty factor* melibatkan perancangan sistem yang mampu membantu pengguna dalam mengidentifikasi kemungkinan penyakit berdasarkan gejala yang ada. Dalam prosesnya sistem akan meminta pengguna menjawab pertanyaan terkait gejala yang ada pada tanaman kelapa sawit, kemudian sistem akan menghitung nilai kepastian dan menampilkan hasil diagnosis berdasarkan tingkat kepercayaan yang telah dihitung. Proses jalannya sistem pakar diagnosis penyakit pada kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart proses jalannya sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit

E. Pengujian

Sistem yang dikembangkan akan diuji dengan memanfaatkan data uji yang diambil dari penelitian tentang sawit di Desa Bertam, Kecamatan Jambi Luar Kota [19], serta berdasarkan penelitian di beberapa bagian Sumatera dan Kalimantan yang tidak mencantumkan lokasi spesifik petani yang menjadi responden [22], dengan menyertakan semua gejala pada kelapa sawit. Setelah disiapkan data uji, data tersebut dimasukkan ke dalam sistem pakar untuk memasuki tahap *testing*. Data jawaban dari para petani tersebut disajikan pada Tabel 5.

TABEL 5.
JAWABAN SISTEM PAKAR DARI BEBERAPA PETANI DESA BERTAM KECAMATAN JAMBI LUAR KOTA, SERTA WILAYAH KALIMANTAN DAN SUMATERA

Kode Gejala	Jawaban Petani 1	Jawaban Petani 2	Jawaban Petani 3	Jawaban Petani 4	Jawaban Petani 5
G01	5	1	1	3	1
G02	5	1	1	5	2
G03	4	4	2	2	2
G04	3	5	4	3	2
G05	5	4	3	5	3
G06	4	1	3	3	3
G07	4	4	1	5	3
G08	2	1	3	4	4
G09	1	1	5	1	3
G10	1	2	4	1	5
G11	2	1	2	1	2
G12	4	1	2	2	2
G13	1	1	2	2	3
G14	2	3	2	2	4
G15	1	1	3	3	5
G16	3	2	2	1	3
G17	3	3	1	3	3
G18	2	1	3	2	2
G19	3	1	3	3	3
G20	1	1	4	3	3
G21	2	2	2	3	5

Code Gejala	Jawaban Petani 1	Jawaban Petani 2	Jawaban Petani 3	Jawaban Petani 4	Jawaban Petani 5
G22	2	4	1	3	1

Nilai pada Tabel 5 mengikuti skala penilaian tingkat keyakinan yang dijelaskan pada Tabel 2, dengan rentang 1 sampai 5 sebagai representasi tingkat kepastian terhadap gejala yang dialami. Selanjutnya, data uji tersebut akan dimasukkan kedalam sistem pakar yang telah dirancang untuk memperoleh hasil diagnosis dari sistem, dimana nilai yang diperoleh dari sistem pakar akan digunakan untuk menghitung tingkat akurasi dengan dibandingkan oleh hasil diagnosis ahli. Data diagnosis ahli pada kasus ini mengacu pada penelitian oleh Hari Priwiratama et al. (2023)[22] dan Yuza Defitri (2015)[19]. Diagnosis yang diberikan oleh sistem pakar akan dikatakan akurat apabila diagnosis tersebut sama dengan diagnosis yang diberikan oleh para ahli. Perhitungan tingkat akurasi dari sistem pakar dapat dihitung dengan menggunakan rumus rata-rata seperti pada persamaan (4).

$$\text{Nilai akurasi} = \frac{\text{jumlah data yang akurat}}{\text{jumlah data yang diuji}} \times 100\% \quad (4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian ini dirancang dengan basis pengetahuan sistem pakar yang digunakan disimpan secara *hard-coded* dengan bahasa pemrograman sederhana C++. Pada bagian ini dijelaskan *output* dari sistem yang dirancang guna mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit menggunakan bahasa pemrograman C++. Tampilan awal sistem pakar, yaitu *peng-input-an* gejala oleh pengguna ditunjukkan pada gambar 3.

1. Apakah anda lebih dari 5% pangkal daun tanaman kelapa sawit Anda menghitam?

1. Tidak

2. Kemungkinan Tidak

3. Tidak Tahu

4. Kemungkinan Iya

5. Iya

Jawaban:

Gambar 3. Tampilan halaman peng-*input*-an gejala yang dimiliki tanaman kepala sawit

Gambar 3 menunjukkan bahwa petani diminta memberikan jawaban pertanyaan dengan memasukkan satu angka mulai dari angka 1 sampai 5 berdasarkan gejala yang ada pada tanaman kelapa sawit. Setelah petani menjawab, sistem pakar akan melanjutkan ke pertanyaan selanjutnya hingga ke pertanyaan terakhir. Total ada 22 pertanyaan yang harus dijawab oleh petani. Setelah semua pertanyaan terjawab, sistem pakar akan beralih ke halaman selanjutnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

```

o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o
o                                     Hasil Diagnosa Penyakit o
o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o
o
o Busuk Akar : 66.592 % o
o Busuk Pangkal Batang : 95.3109% o
o Busuk Pucuk : 84.688 % o
o Layu Fusarium : 0 % o
o Bercak Daun : 0 % o
o Tajuk : 42.6 % o
o
o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o o

```

Berdasarkan data yang anda isikan, kemungkinan besar adalah tanaman kelapa sawit Anda terkena Busuk Pangkal Batang dengan peluang 95.3109%

Berikut adalah tindakan untuk menangani / mencegah penyakit Busuk Pangkal Batang pada tumbuhan kelapa sawit:

1. Penggunaan Bibit Sehat: Untuk mencegah penyebaran penyakit, tanam bibit yang tidak terinfeksi.
2. Sanitasi dan Pemusnahan: Untuk mengurangi sumber inoculum, tanaman yang terinfeksi berat dibongkar dan dimusnahkan.
3. Directorate General of Plantation Application of Fungisida: Pencegahan menggunakan fungisida yang sesuai pada tanaman yang sehat.

Apakah anda ingin mengulang diagnosa?

[space] Ya
[lainnya] Tidak

Jawaban:

Gambar 4. Tampilan hasil sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit

Gambar 4 menunjukkan tampilan hasil diagnosis dari sistem pakar. Pada halaman tersebut akan ditampilkan persentase setiap jenis penyakit yang diderita tanaman kelapa sawit, keterangan penyakit yang diderita, dan solusi yang dapat dilakukan petani untuk menangani penyakit tersebut.

B. Pembahasan

Untuk pengujian sistem pakar yang telah dirancang, akan diinput jawaban para petani kelapa sawit Kalimantan dan Sumatera[19], [22] yang telah disajikan pada tabel 5 agar dapat dihitung nilai CF berdasarkan bobot yang ditetapkan, sehingga menghasilkan suatu diagnosis penyakit pada kelapa sawit. Berdasarkan *input* pengguna pada tabel 5, sistem akan mengambil nilai CF gejala dari ahli dengan menggunakan persamaan (1). Selanjutnya nilai CF gejala tersebut dikalikan dengan bobot kepercayaan pengguna terhadap gejala seperti pada persamaan (2) sehingga diperoleh nilai CF pengguna. Kemudian sistem akan menghitung CF kombinasi seperti pada persamaan (3) sehingga dapat diperoleh hasil diagnosis. Merujuk pada hasil yang dikeluarkan oleh sistem pakar, dapat disimpulkan keakuratan analisis sistem pakar dengan membandingkannya dengan diagnosis yang telah diberikan para ahli. Hasil dan keakuratan hasil diagnosis yang diberikan oleh sistem pakar dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6.
PERSENTASE HASIL DARI JAWABAN DARI JAWABAN PETANI DI DESA BERTAM KECAMATAN JAMBI LUAR KOTA, SERTA WILAYAH KALIMANTAN DAN SUMATERA

Jenis Penyakit	Petani 1	Petani 2	Petani 3	Petani 4	Petani 5
Busuk Akar	66,592%	0%	20,2912%	58,24%	54,4%
Busuk Pangkal Batang	95,3109%	49,9226%	16,096%	82,9012%	25,216%
Busuk Pucuk	84,688%	39,52%	20,688%	93,2627%	62,608%
Layu Fusarium	0%	0%	78,0512%	23,392%	82,2099%
Bercak Daun	0%	19,5%	45,47%	31,12%	96,172%
Tajuk	42,6%	51,7%	94,6408%	38,82%	31,12%
Hasil Sistem Pakar	Busuk Pangkal Batang	Tajuk	Tajuk	Busuk Pucuk	Bercak Daun
Diagosa Ahli	Busuk Pangkal Batang	Tajuk	Tajuk	Busuk Pucuk	Bercak Daun
Keterangan	Akurat	Akurat	Akurat	Akurat	Akurat

Tabel 6 menunjukkan hasil akurasi yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai persentase yang tinggi menunjukkan bahwa pengguna mendapatkan diagnosis untuk jenis penyakit tersebut. Pada pengujian ini tanaman kelapa sawit petani 2 dan petani 3 memiliki bobot terbesar pada jenis penyakit tajuk. Berbeda pada petani 1, petani 4, dan petani 5, dimana masing-masing memiliki bobot terbesar pada penyakit busuk pangkal batang, busuk pucuk, dan bercak daun.

Hasil diagnosis yang didapat dari sistem pakar akan dibandingkan dengan diagnosis yang telah diberikan oleh ahli untuk melihat nilai akurasi dari sistem pakar. Perbandingan antara hasil diagnosis sistem pakar dan diagnosis ahli yang ditunjukkan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 didapatkan bahwa hasil sistem pakar memiliki relevansi yang tinggi dengan diagnosis ahli. Dari tabel tersebut didapatkan bahwa semua data uji menghasilkan diagnosis yang sama antara sistem pakar dan diagnosis ahli. Kemudian, dilakukan perhitungan akurasi sistem pakar untuk melihat sejauh mana kesesuaian diagnosis sistem dengan para ahli. Untuk menghitung keakuratan sistem pakar, gunakan rumus persamaan (4).

Setelah melakukan pengujian terhadap 5 petani di Kalimantan dan Sumatera, yang di mana semua diagnosis sistem pakar menunjukkan hasil diagnosis yang sesuai dengan diagnosis ahli, sehingga mendapatkan akurasi sebesar 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pakar yang dikembangkan dengan metode *certainty factor* menunjukkan hasil yang memuaskan dengan tingkat akurasi tinggi. Nilai akurasi secara keseluruhan dipengaruhi oleh keterbatasan jumlah data uji. Untuk mendapatkan hasil evaluasi yang lebih representatif dan meningkatkan keandalan sistem, diperlukan penambahan jumlah data uji. Pada penelitian ini sistem pakar dikembangkan dengan bahasa pemrograman sederhana C++ sehingga tampilan belum menarik secara visual. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengembangkan antarmuka yang lebih menarik dengan memanfaatkan teknologi berbasis website, yang memungkinkan sistem pakar dapat diakses secara luas dimanapun dan kapanpun.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian serta pengujian yang telah dilakukan, sistem pakar dengan metode *certainty factor* terbukti efektif untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kelapa sawit. Sistem ini dikembangkan dengan basis pengetahuan yang mencakup 22 gejala dan 6 jenis penyakit. Hasil pengujian terhadap data dari 5 petani sawit di Desa Bertam Kecamatan Jambi Luar Kota, serta beberapa daerah di Sumatera dan Kalimantan menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan diagnosis yang sesuai dengan diagnosis ahli, dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Meskipun sistem pakar ini dapat mendiagnosis secara akurat dan dapat digunakan di berbagai lokasi, jumlah gejala dan cakupan penyakit yang masih terbatas. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan sistem pakar ini dengan menambahkan gejala yang lebih spesifik, memperluas cakupan

penyakit yang dapat dideteksi, serta meningkatkan antarmuka agar interaktif, lebih menarik dan mudah digunakan, dengan memanfaatkan teknologi berbasis web yang memungkinkan peningkatan aksesibilitas sistem secara luas di mana pun dan kapan pun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayatullah, B. Serasi Ginting, and A. Fauzi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Metode Certainty Factor," *BIMASATI (Bulletin of Multi-Disciplinary Science and Applied Technology)*, vol. 1, no. 5, pp. 142–146, 2022.
- [2] P. Hutagaol, H. Wirianata, and E. N. Kristalisasi, "Perkembangan Penyakit Busuk Batang pada Kelapa Sawit Pasca Peremajaan Tanaman," *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, pp. 41–50, 2024.
- [3] R. E. Senewe, M. Pesireron, and B. Sahetapy, "Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) Tanaman Kelapa Sawit Oleh Patogen Ganoderma SPP," *Journal of Top Agriculture (TOP JOURNAL)*, vol. 1, no. 2, pp. 65–73, 2023.
- [4] A. Sidauruk and A. Pujiyanto, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Teorema Bayes," *Jurnal Ilmiah Data Manajemen dan Teknologi Informasi (DASI)*, vol. 18, no. 1, pp. 51–56, 2017.
- [5] E. Rasywir, R. Sinaga, and Y. Pratama, "Analisis dan Implementasi Diagnosis Penyakit Sawit dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Paradigma - Jurnal Informatika Komputer*, vol. 22, no. 2, pp. 117–123, 2020.
- [6] S. Sibuea and Y. P. Riyanto, "Sistem Pakar Diagnosis Troubleshooting Menggunakan Metode Forward Chaining Pada Perangkat Keras Komputer Berbasis Android," *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer MH Thamrin*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [7] I. A. Nasrulloh, P. A. Raharja, and A. B. Arifa, "Sistem Pakar Diagnosis Hama dan Penyakit pada Tanaman Kangkung Menggunakan Metode Forward Chaining," *Saintekom*, vol. 12, no. 2, pp. 146–157, 2022.
- [8] D. Adellia, A. C. Siregar, and S. P. Alkadri, "Penerapan Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit pada Tanaman Tomat," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 8, no. 3, pp. 451–458, 2022.
- [9] M. N. Anbi, G. F. Laxmi, F. Riana, and C. Hermanto, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit dan Hama Tanaman Pisang dengan Metode Classical Probability," *Krea-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 51–58, 2022.
- [10] M. P. Sari and A. Desiani, "Diagnosa Penyakit THT (Telinga, Hidung, Tenggorokan) menggunakan Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar," *JAISE: Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 7–13, 2023.
- [11] D. Pratama, T. A. Saputri, and U. Saprudin, "Penerapan Metode Certainty Factor untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Nanas," *International Research on Big-Data and Computer Technology: I-Robot*, vol. 2, no. 1, pp. 144–147, 2018.
- [12] R. A. Siregar, D. Rahmadiansyah, and Moch. I. Perangin-Angin, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Pada Pohon Kelapa Sawit Menggunakan Metode Certainty Factor," *Jurnal Cyber Tech*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [13] D. Fivalianda and A. Desiani, "Penerapan Sistem Pakar Menggunakan Metode Certainty Factor untuk Diagnosis Penyakit pada Tanaman Jagung," *Square : Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 6, no. 2, pp. 129–137, 2024.
- [14] S. A. Indarwati and I. Susilawati, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Cabai Merah Menggunakan Metode Certainty Factor dan Weighted Berbasis Web," *Jurnal Information System & Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 2, pp. 142–149, 2022.
- [15] L. C. Agatha, A. Desiani, and B. Suprihatin, "JAGROS Journal of Agrotechnonogy and Science Sistem Pakar Diagnosis Penyakit pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Certainty Factor," *JAGROS Journal of Agrotechnonogy and Science*, vol. 7, no. 2, pp. 57–69, 2023.
- [16] B. Frandian, I. Zufria, and M. D. Irawan, "Implementasi Certainty Factor Untuk Diagnosis Penyakit dan Hama Pada Pelepeh dan Daun Kelapa Sawit Beserta Penanganannya," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 3, no. 3, pp. 159–168, 2022.
- [17] A. J. Swiknyo, D. M. Midyanti, and S. Bahri, "Identifikasi Penyakit Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode Variable Centered Intelligent Rule System (VCIRS) dan Certainty Factor (CF) Berbasis Android Studi Kasus: PT Bumitama Gunajaya Agro Group Wilayah 10 Kabupaten Ketapang," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, vol. 11, no. 1, pp. 147–154, 2023.
- [18] F. Nadilla, Fitriani, and Ridwan, "Jenis Penyakit pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Teknik Pengendaliannya di PT Perkebunan Nusantara I Kebun Baru Afdeling VI Kota Langsa," *Biologica Samudra*, vol. 3, no. 2, pp. 133–140, 2021.
- [19] Y. Defitri, "Identifikasi Patogen Penyebab Penyakit Tanaman Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Desa Bertam Kecamatan Jambi Luar Kota," *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, vol. 15, no. 4, pp. 129–133, 2015.
- [20] Rusito and T. W. A. Putra, "Perancangan Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Kerusakan Komputer dengan Metode Certainty Factor," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Komunikasi (JTik)*, vol. 13, no. 1, pp. 70–81, 2022.
- [21] R. Ardiansyah, "Analysis and Application of the Certainty Factor Method in the Broiler Chicken Diseases Diagnostic Expert System," *Journal of Computer Science and Information Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 66–71, 2023.
- [22] H. Priwiratama, D. D. Eris, M. G. Pradana, and T. A. P. Rozziansha, "Status Terkini Penyakit Bercak Daun Kelapa Sawit di Sumatera dan Kalimantan," *Warta PPKS*, vol. 28, no. 1, pp. 28–38, 2023.