

IMPLEMENTASI SISTEM PAKAR UNTUK DIAGNOSIS HAMA TANAMAN KELAPA SAWIT DENGAN METODE CERTAINTY FACTOR

Kharis Hudaiby Hanif¹, Felisia Deswita Silalahi^{2✉}, Arif Fadllullah³

^{1,2,3} Teknik Komputer, Universitas Borneo Tarakan

¹hudaiby21@borneo.ac.id; ^{2✉}felisiadsilalahi@gmail.com; ³arif.fadl@borneo.ac.id

ABSTRACT

This study proposes the development of an expert system based on the Certainty Factor method for rapid and accurate diagnosis of oil palm pests. The system is designed to help farmers identify four main types of pests (rats, termites, caterpillars, and bagworms) based on 18 specific symptoms and provide control recommendations. Data were obtained from interviews with agricultural experts, literature studies, and field observations in a 2.5-hectare oil palm plantation in Tanjung Selor. Users expressed their confidence level using a five-point scale (none, slightly confident, fairly confident, confident, and very confident). The Certainty Factor method calculates the confidence level of the diagnosis by combining the observed symptoms. The system was implemented as an offline desktop application based on Python and PyQt5. Functional testing (Black Box Testing) on 14 scenarios showed that all features functioned according to specifications. Performance evaluation included diagnostic accuracy (confusion matrix), Certainty Factor validation, and usability (System Usability Scale). The results showed 100% accuracy, precision, recall, and F1-Score in 20 sample cases. An average SUS score of 85.125 (Acceptable category approaching Excellent) from 40 respondents indicated ease of use. The system has proven effective in supporting decision-making for farmers and extension workers. Further development is recommended for secondary pests, plant diseases, and web and mobile platforms.

Keywords: Expert System, Certainty Factor, Pest Diagnosis, Oil Palm plantation, PyQt5

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pakar berbasis metode Certainty Factor untuk diagnosis hama tanaman kelapa sawit secara cepat dan akurat. Sistem dirancang membantu petani mengidentifikasi empat jenis hama utama (tikus, rayap, ulat api, ulat kantong) berdasarkan 18 gejala spesifik serta memberikan rekomendasi pengendalian. Data diperoleh dari wawancara pakar pertanian, studi literatur, dan observasi lapangan di perkebunan kelapa sawit seluas 2,5 hektar di Tanjung Selor. Pengguna menyatakan tingkat keyakinan melalui lima skala (tidak ada, sedikit yakin, cukup yakin, yakin, sangat yakin). Metode Certainty Factor menghitung tingkat kepercayaan diagnosis dengan mengombinasikan gejala yang diamati. Sistem diimplementasikan sebagai aplikasi desktop offline berbasis Python dan PyQt5. Pengujian fungsional (Black Box Testing) terhadap 14 skenario menunjukkan semua fitur berfungsi sesuai spesifikasi. Evaluasi kinerja mencakup akurasi diagnosis (confusion matrix), validasi Certainty Factor, dan usabilitas (System Usability Scale). Hasil menunjukkan akurasi, presisi, recall, dan F1-Score 100% pada 20 kasus sampel. Skor SUS rata-rata 85,125 (kategori Acceptable mendekati Excellent) dari 40 responden mengindikasikan kemudahan penggunaan. Sistem terbukti efektif sebagai pendukung keputusan petani dan penyuluh. Pengembangan lanjutan disarankan untuk hama sekunder, penyakit tanaman, serta platform web dan mobile.

Kata Kunci: Sistem Pakar, Certainty Factor, Diagnosis Hama, Tanaman Kelapa Sawit, PyQt5

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan yang berperan strategis dalam perekonomian Indonesia. Sebagai penghasil minyak nabati utama, kelapa sawit memberikan kontribusi signifikan terhadap devisa negara dan menjadi sumber penghidupan bagi jutaan petani kecil. Namun demikian,

produktivitas kelapa sawit menghadapi berbagai tantangan, salah satunya serangan hama yang dapat menyebabkan penurunan hasil secara signifikan apabila tidak ditangani dengan tepat.

Berbagai jenis hama seperti tikus, rayap, ulat api, dan ulat kantong dilaporkan sering menyerang areal pertanaman kelapa sawit di Indonesia. Serangan hama ini dapat menurunkan produksi hingga 60%, merusak tanaman secara

permanen, dan meningkatkan biaya pengelolaan perkebunan. Proses diagnosis hama secara manual membutuhkan keahlian khusus dan waktu yang tidak sedikit, sementara akses petani terhadap pakar pertanian sering kali terbatas, terutama di daerah dengan infrastruktur dan konektivitas yang minim. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kesalahan identifikasi jenis hama sehingga tindakan pengendalian yang diambil menjadi kurang efektif.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pakar berbasis metode *Certainty Factor* untuk diagnosis hama dan penyakit tanaman. (Nucahyono, 2022) mengembangkan sistem pakar berbasis Android untuk diagnosis hama kelapa sawit dengan akurasi memuaskan. (Azkiah, 2025) mengembangkan sistem berbasis web dengan kombinasi *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* mencapai akurasi 86%. (Hutabarat, F. P., & Nasution, 2024) menunjukkan bahwa metode *Certainty Factor* pada diagnosis tanaman padi mencapai akurasi 95%. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu mengembangkan sistem berbasis web atau *mobile* yang bergantung pada koneksi internet, sehingga kurang sesuai untuk daerah dengan akses internet terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pakar diagnosis hama tanaman kelapa sawit berbasis metode *Certainty Factor* yang dikemas dalam bentuk aplikasi desktop menggunakan *Python* dan *PyQt5*. Sistem dirancang untuk mendiagnosis empat jenis hama utama berdasarkan delapan belas gejala spesifik, dengan mengakomodasi tingkat keyakinan pengguna terhadap setiap gejala. Dengan demikian, sistem diharapkan dapat membantu petani dan penyuluh pertanian dalam melakukan diagnosis dini dan pengambilan keputusan pengendalian hama secara lebih cepat dan akurat.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) merancang sistem pakar yang mampu mendiagnosis hama tanaman kelapa sawit berdasarkan gejala yang diamati; (2) menerapkan metode *Certainty Factor* untuk menghitung tingkat kepercayaan dalam proses diagnosis; dan (3) mengevaluasi kinerja sistem

pakar melalui pengujian fungsionalitas, akurasi diagnosis, dan kebergunaan sistem oleh pengguna.

2. KAJIAN LITERATUR

Sistem pakar merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan yang dirancang untuk meniru kemampuan pengambilan keputusan seorang pakar dalam domain tertentu. Sistem ini memanfaatkan basis pengetahuan (*knowledge base*) yang berisi fakta dan aturan, serta mesin inferensi (*inference engine*) yang melakukan penalaran untuk menghasilkan kesimpulan (H. Hanif & Muntiari, 2024). Komponen dasar sistem pakar meliputi antarmuka pengguna, basis pengetahuan, dan mesin inferensi. Dengan menggabungkan komponen-komponen ini, sistem pakar dapat memberikan solusi dan rekomendasi yang berkualitas, sesuai dengan pengetahuan dan pengalaman seorang ahli dalam bidang tertentu (Octaviani, 2022) (Said Azhari, 2024)

Metode *Certainty Factor* diperkenalkan oleh *Shortliffe* dan *Buchanan* dalam pengembangan sistem pakar MYCIN untuk merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap suatu fakta atau hipotesis. *Certainty Factor* merepresentasikan tingkat kepastian dengan nilai antara -1 sampai $+1$, di mana nilai $+1$ berarti "pasti benar" dan nilai -1 berarti "pasti salah". Nilai positif menunjukkan derajat keyakinan, sedangkan nilai negatif menggambarkan tingkat ketidakpercayaan (Wahyu, et al., 2024).

Certainty Factor didefinisikan menggunakan formula (K. H. Hanif et al., 2025):

$$CF[h,e] = MB[h,e] - MD[h,e] \quad (1)$$

di mana $MB[h,e]$ adalah ukuran kepercayaan terhadap hipotesis h dan $MD[h,e]$ adalah ukuran ketidakpercayaan. Untuk kombinasi gejala, digunakan formula (Muntiari et al., 2025):

$$CF(\text{gejala}) = CF_{\text{pakar}} \times CF_{\text{user}} \quad (2)$$

$$CF_{\text{kombinasi}} = CF_1 + (CF_2 \times (1 - CF_1)) \quad (3)$$

Metode ini cocok untuk sistem berbasis aturan yang mengandung ketidakpastian, seperti diagnosis hama dan penyakit tanaman, karena mampu mengintegrasikan tingkat keyakinan pakar dengan observasi pengguna untuk menghasilkan diagnosis dengan tingkat kepercayaan yang terukur (Rahman, 2021)

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) adalah tanaman perkebunan penghasil minyak nabati utama yang berasal dari Afrika dan sekarang banyak dibudidayakan di wilayah tropis basah termasuk Indonesia. Meskipun kelapa sawit menjadi komoditas yang sangat berharga, serangan hama dapat mengganggu produksi secara signifikan. Empat jenis hama utama yang sering menyerang kelapa sawit adalah:

Tikus: Gejalanya meliputi kerusakan pada bibit, pelepah, tanaman mati, bekas gigitan pada buah mentah dan masak, serta kerusakan pada inti buah.

Rayap: Ditandai dengan lubang-lubang kecil pada batang, batang berongga, penumpukan serbuk halus di pangkal batang, dan sarang rayap di sekitar akar.

Ulat Api: Gejalanya adalah daun berlubang, kerusakan pada daun bagian bawah, tanaman kehilangan hingga 90% daunnya, dan penurunan produksi hingga 60%.

Ulat Kantong: Ditandai dengan daun menguning, daun kering, tajuk bagian bawah berwarna abu-abu, dan penurunan produksi hingga 40% (Ginting & RMS, 2018) (Nucahyono, 2022)

Berdasarkan kajian literatur tersebut, dapat dirumuskan hipotesis bahwa sistem pakar diagnosis hama tanaman kelapa sawit berbasis metode *Certainty Factor* yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu mencapai tingkat akurasi yang tinggi dan dapat diterima oleh pengguna dari sisi kebergunaan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem pakar diagnosis hama tanaman kelapa sawit berbasis metode *Certainty Factor*. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dan evaluasi.

1. Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah hama yang menyerang tanaman kelapa sawit, dengan fokus pada empat jenis hama utama (tikus, rayap, ulat api, ulat kantong). Lokasi pengambilan data lapangan dilakukan pada perkebunan kelapa sawit milik keluarga seluas 2,5 hektar di Tanjung Selor, Kalimantan Utara, yang terdiri dari sekitar 200–300 pohon kelapa sawit. Penelitian dilaksanakan dalam kurun waktu sebelas bulan, terhitung dari Desember 2024 hingga November 2025.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan terdiri atas: (1) data gejala dan hama diperoleh dari wawancara mendalam dengan pakar pertanian berpengalaman, studi literatur, dan observasi lapangan sebagai berikut:

Tabel 1. Kode gejala hama dan nilai CF Pakar tanaman kelapa sawit

Penyakit	Kode Gejala	Gejala	CF Pakar
Hama Tikus	G1	Kerusakan Pada Bibit	0,7
	G2	Kerusakan pada Pelepah	0,75
	G3	Tanaman Mati	0,9
	G4	Pada tanaman menghasilkan adanya bekas gigitan pada buah mentah maupun masak	0,8
	G5	Kerusakan pada inti Buah	0,5
Hama Rayap	G6	Lubang-lubang Kecil pada batang kelapa sawit	0,7
	G7	Batang Tampak Berongga	0,85
	G8	Penumpukan Serbuk halus di pangkal batang	0,75
	G9	Sarang rayap di sekitar akar di pangkal batang	0,9

Hama Ulat Api	G10	Daun Berlubang Kerusakan	0,8
	G11	pada daun bagian bawah Tanaman	0,9
	G12	kehilangan daun sekitar 90%	0,85
	G13	Produksi Menurun sekitar 60%	0,7
Hama Ulat Kantong	G14	Daun Menguning	0,65
	G15	Daun kering	0,5
	G16	daun tidak utuh	0,75
	G17	tajuk bagian bawah berwarna abu-abu	0,9
	G18	Produksi Menurun 40%	0,6

(2) data basis pengetahuan berupa daftar delapan belas gejala, empat jenis hama, dan nilai *Certainty Factor* pakar untuk setiap hubungan gejala-hama; (3) data pengujian sistem berupa dua puluh kasus uji diagnosis hama yang telah divalidasi pakar; dan (4) data usabilitas berupa kuesioner *System Usability Scale* (SUS) dari empat puluh responden pengguna.

3. Perancangan Sistem

Basis pengetahuan disusun dalam bentuk aturan *IF-THEN* yang menghubungkan gejala dengan jenis hama beserta nilai kepercayaan pakar. Proses inferensi sistem mengikuti alur:

1. pengguna memilih satu atau lebih
2. pengguna memberikan bobot tingkat keyakinan untuk setiap gejala menggunakan skala lima tingkat.

Tabel 2. Bobot Tingkat Keyakinan

Nilai bobot	Keterangan
0	Tidak ada
0,25	Sedikit yakin
0,5	Cukup yakin
0,75	Sangat yakin
1	Sangat yakin

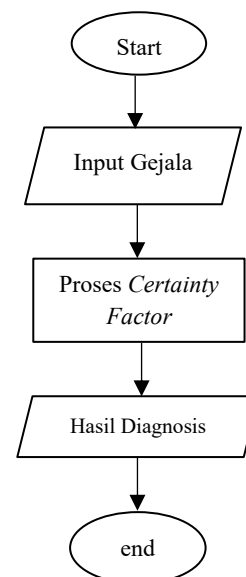
3. sistem menghitung *Certainty Factor* untuk setiap gejala terhadap masing-masing hama rumus pada persamaan (2).

4. nilai *Certainty Factor* dikombinasikan menggunakan Persamaan rumus kombinasi (3).

5. sistem menampilkan jenis hama dengan nilai keyakinan tertinggi beserta rekomendasi pengendalian.

4. Implementasi Sistem

Sistem diimplementasikan sebagai aplikasi desktop *offline* menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan *framework PyQt5*. Implementasi mencakup modul antarmuka pengguna, modul basis pengetahuan, modul perhitungan *Certainty Factor*, dan modul pengelolaan data.



Gambar 1. Flowchart Sistem

Aplikasi dirancang dengan menu utama, daftar hama dan gejala, halaman konsultasi interaktif, tampilan hasil diagnosis, dan menu informasi tambahan.

5. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian sistem dilakukan melalui tiga tahap utama:

1. Pengujian fungsionalitas menggunakan *Black Box Testing* terhadap empat belas skenario uji untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai spesifikasi.
2. Pengujian akurasi diagnosis menggunakan confusion matrix berdasarkan dua puluh kasus uji yang telah divalidasi pakar, dengan perhitungan akurasi, presisi, *recall*, dan F1-Score.

Uji *Confusion matrix* hama tikus, rayap, ulat kantong, ulat api

Tabel 3 Confusion matrix hama tikus, rayap, ulat kantong, ulat api

Prediksi\Aktual	Positif (<i>True</i>)	Negatif (<i>False</i>)
Positif	20	0
Negatif	0	0

Berdasarkan matriks kebingungan untuk kelas hama tikus, rayap, ulat kantong, ulat api seluruh 20 sampel aktual terklasifikasi benar sebagai positif, sehingga diperoleh $TP = 20$, sedangkan FP , FN , dan TN masing-masing bernilai 0. metrik kinerja pada subset uji ini menunjukkan nilai sempurna. analisa ini mengindikasikan kapabilitas model yang sangat baik dalam mengenali kasus positif hama tikus pada data uji yang tersedia.

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{20}{20 + 0} = \frac{20}{20} = 1$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{20}{20 + 0} = \frac{20}{20} = 1$$

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Presisi \times Recall}{Presisi + Recall} = 2 \times \frac{1 \times 1}{1 + 1} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} = \frac{20 + 0}{20 + 0 + 0 + 0} = \frac{20}{20} = 1$$

Jadi Nilai yang didapatkan pada perhitungan Confusion matrix pada 4 hama didapatkan nilai 1 atau 100%

Evaluasi kebergunaan sistem menggunakan kuesioner *System Usability Scale* (SUS) yang diisi oleh empat puluh responden, dengan penghitungan skor rata-rata untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan dan penerimaan sistem.

$$Rata - rata SUS = \frac{3.405}{40} = 85,125$$

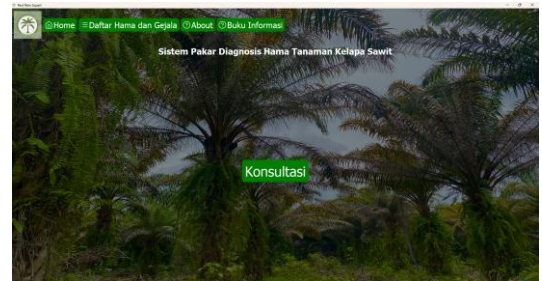
skor SUS yang diperoleh dari pengujian usabilitas, Skor SUS sebesar 85,125 berada dalam kategori “*ACCEPTABLE*” dan mendekati kategori “*EXCELLENT*”, yang Menunjukkan bahwa sistem ini memiliki titik usabilitas yang sangat baik dan memenuhi harapan pengguna.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem Pakar

Hasil perancangan dan implementasi menghasilkan aplikasi desktop yang terdiri atas beberapa menu utama:

1. Menu Utama: tampilan awal memudahkan pengguna untuk memilih tindakan yang diinginkan.



Gambar 2. Tampilan Awal

2. Daftar Hama dan Gejala: menampilkan informasi lengkap tentang empat hama utama dan delapan belas gejala spesifik.



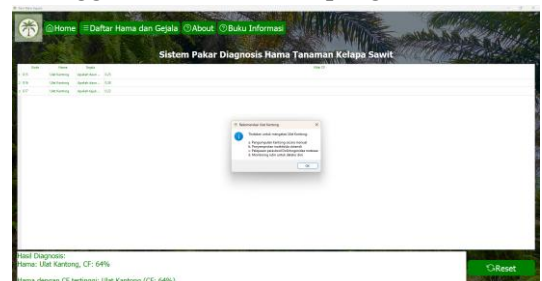
Gambar 3. Daftar Hama dan Gejala

3. Halaman Konsultasi: pengguna memilih gejala yang diamati dan memberikan bobot keyakinan.



Gambar 4. Halaman Konsultasi

4. Tampilan Hasil Diagnosis: menampilkan jenis hama dengan persentase keyakinan tertinggi dan rekomendasi pengendalian.



Gambar 5. Tampilan Hasil Diagnosis

5. Menu Informasi: menyediakan panduan penggunaan dan informasi profil penulis dan pakar.



Gambar 6. Menu Informasi

Pada halaman konsultasi, pengguna dapat memilih dari delapan belas gejala yang tersedia di berbagai bagian tanaman kelapa sawit. Untuk setiap gejala yang dipilih, pengguna memberi bobot keyakinan melalui lima opsi skala. Sistem kemudian menghitung nilai *Certainty Factor* untuk setiap jenis hama berdasarkan gejala yang dipilih dan bobot keyakinan pengguna menggunakan rumus kombinasi *Certainty Factor*. Hasil diagnosis ditampilkan dalam bentuk jenis hama dengan nilai persentase keyakinan tertinggi beserta penjelasan dan rekomendasi penanganan yang relevan.

1. Hasil Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dengan *Black Box Testing* pada empat belas skenario uji menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai spesifikasi. Skenario pengujian mencakup: (1) pemilihan gejala tunggal dan ganda; (2) pemberian bobot keyakinan yang berbeda-beda; (3) penghitungan dan tampilan hasil diagnosis untuk setiap jenis hama; (4) fungsi reset dan navigasi antar menu; dan (5) penampilan informasi hama dan rekomendasi pengendalian. Semua skenario berhasil dieksekusi tanpa menimbulkan *error* atau kesalahan logika, sehingga dari sisi fungsionalitas, sistem telah memenuhi spesifikasi yang dirancang.

2. Hasil Pengujian Akurasi Diagnosis

Pengujian kinerja diagnosis sistem dilakukan menggunakan dua puluh kasus uji yang telah diverifikasi oleh pakar agronomis berpengalaman. Setiap kasus uji terdiri atas kombinasi gejala spesifik yang mengarah ke salah satu dari empat jenis hama. Hasil diagnosis sistem dibandingkan dengan diagnosis pakar

untuk membentuk *confusion matrix* untuk setiap jenis hama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai nilai akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score* sebesar 100% pada keseluruhan dua puluh kasus uji. Hal ini berarti bahwa:

1. Akurasi 100%: Dari dua puluh kasus uji, sistem berhasil mendiagnosis dua puluh kasus dengan benar, tanpa ada diagnosis yang salah.
2. Presisi 100%: Untuk setiap jenis hama yang diprediksi sistem, semua prediksi tersebut benar (tidak ada *false positive*).
3. *Recall* 100%: Sistem berhasil mengidentifikasi semua kasus yang sebenarnya positif untuk setiap jenis hama (tidak ada *false negative*).
4. *F1-Score* 100%: Kombinasi presisi dan *recall* mencapai nilai sempurna, menunjukkan keseimbangan yang ideal antara kedua metrik.

Hasil ini menunjukkan bahwa pada skenario uji yang digunakan, sistem mampu meniru keputusan pakar secara konsisten dalam mengidentifikasi jenis hama kelapa sawit. Namun, perlu dicatat bahwa tingkat akurasi sempurna ini tergantung pada cakupan dan variasi dataset uji yang digunakan. Untuk penerapan di lapangan yang lebih luas dengan berbagai kondisi lingkungan dan variasi gejala, diperlukan dataset tambahan yang lebih beragam untuk menguji *robustness* sistem.

3. Validasi Perhitungan *Certainty Factor*

Untuk memvalidasi bahwa metode *Certainty Factor* berfungsi dengan benar, dilakukan perhitungan manual untuk beberapa contoh kasus. Misalnya, jika pengguna memilih tiga gejala hama tikus (G1: kerusakan bibit, G2: kerusakan pelepah, G3: tanaman mati) dengan tingkat keyakinan masing-masing 0,8, 0,8, dan 0,6, maka perhitungannya adalah:

$$CF(G1) = CF \text{ pakar } (0,85) \times CF \text{ user } (0,8) = 0,68$$

$$CF(G2) = CF \text{ pakar } (0,80) \times CF \text{ user } (0,8) = 0,64$$

$$CF \text{ kombinasi } (G1, G2) = 0,68 + 0,64 \times (1 - 0,68) = 0,68 + 0,2048 = 0,8848$$

$$CF(G3) = CF \text{ pakar } (0,75) \times CF \text{ user } (0,6) = 0,45$$

$$CF \text{ kombinasi akhir} = 0,8848 + 0,45 \times (1 - 0,8848) = 0,8848 + 0,0516 = 0,9364$$

$$\text{Persentase keyakinan} = 0,9364 \times 100\% = 93,64\%$$

Perhitungan manual ini diverifikasi dengan hasil perhitungan sistem dan menunjukkan kesesuaian sempurna, membuktikan bahwa implementasi metode *Certainty Factor* dalam sistem benar dan sesuai dengan teori.

4. Hasil Evaluasi Usabilitas

Aspek kebergunaan sistem dinilai menggunakan kuesioner *System Usability Scale* (SUS) yang diisi oleh empat puluh responden terdiri dari petani kelapa sawit, penyuluh pertanian, dan pengguna lain yang relevan. Kuesioner SUS terdiri atas sepuluh pernyataan yang dinilai dengan skala 1 hingga 5.

Hasil perhitungan skor SUS menunjukkan skor rata-rata sebesar 85,125, yang termasuk dalam kategori *Acceptable* dan mendekati *Excellent* (skor di atas 85). Interpretasi skor SUS adalah:

Tabel 4. Interpretasi skor SUS

Skor	Keterangan
0-25	Tidak dapat diterima
25-50	Buruk
50-75	Dapat diterima
75-85	Baik
85-100	Sangat baik

Skor rata-rata 85,125 menunjukkan bahwa pengguna menilai sistem mudah digunakan, antarmuka cukup jelas dan intuitif, serta tidak memerlukan bantuan teknis yang intensif. Responden juga memberikan umpan balik positif mengenai tampilan visual aplikasi, kemudahan navigasi antar menu, dan kejelasan hasil diagnosis yang ditampilkan.

5. Pembahasan Integrasi Hasil

Integrasi dari ketiga aspek pengujian menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis *Certainty Factor* yang dikembangkan memiliki kinerja yang sangat baik:

Dari segi fungsionalitas: Semua fitur berfungsi sesuai spesifikasi tanpa *error*, menunjukkan implementasi perangkat lunak yang solid dan sempurna.

Dari segi akurasi: Sistem mencapai tingkat akurasi 100% pada dataset uji, menunjukkan bahwa metode *Certainty Factor* efektif dalam mengombinasikan tingkat keyakinan pakar dan pengguna untuk menghasilkan diagnosis yang akurat.

Dari segi usabilitas: Skor SUS tinggi menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dengan baik oleh pengguna non-teknis seperti petani dan penyuluh, dengan antarmuka yang ramah pengguna (*user-friendly*).

Keunggulan implementasi aplikasi desktop berbasis *Python* dan *PyQt5* terletak pada kemampuannya beroperasi secara *offline*, yang sesuai untuk wilayah dengan keterbatasan konektivitas internet. Selain itu, kecepatan perhitungan yang cepat pada sistem lokal memungkinkan diagnosis dini dan respons cepat terhadap serangan hama.

Keterbatasan penelitian terletak pada jumlah jenis hama dan gejala yang terbatas pada empat hama dengan delapan belas gejala, serta jumlah kasus uji yang relatif terbatas (dua puluh kasus). Untuk penerapan di lapangan yang lebih luas, perluasan basis pengetahuan dengan memasukkan hama sekunder, penyakit tanaman lain dan penambahan dataset uji dari berbagai lokasi dan kondisi tanaman menjadi langkah penting untuk meningkatkan generalisasi dan ketahanan sistem.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem pakar diagnosis hama tanaman kelapa sawit berbasis metode *Certainty Factor* yang diimplementasikan sebagai aplikasi desktop *offline* menggunakan *Python* dan *PyQt5*. Sistem mampu mendiagnosis empat jenis hama utama (tikus, rayap, ulat api, ulat kantong) berdasarkan delapan belas gejala yang telah didefinisikan dalam basis pengetahuan, dengan mempertimbangkan tingkat keyakinan pengguna terhadap setiap gejala. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

Sistem memenuhi aspek fungsionalitas berdasarkan *Black Box Testing* pada empat belas skenario uji tanpa *error*.

Sistem mencapai akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score* sebesar 100% pada dua puluh kasus uji yang telah divalidasi pakar.

Sistem dinilai mudah digunakan oleh pengguna dengan skor *System Usability Scale* rata-rata 85,125 yang termasuk kategori *Acceptable* mendekati *Excellent*.

Sistem pakar yang dikembangkan terbukti efektif sebagai instrumen pendukung keputusan bagi petani dan penyuluh dalam diagnosis dini, identifikasi akurat jenis hama, dan pengambilan keputusan pengendalian yang tepat. Implementasi desktop *offline* memungkinkan aksesibilitas di daerah dengan keterbatasan konektivitas internet, sehingga sesuai untuk digunakan di berbagai wilayah perkebunan kelapa sawit Indonesia.

Pengembangan lanjutan disarankan untuk:

(1) memperluas basis pengetahuan dengan menambahkan jenis hama sekunder dan penyakit tanaman lain; (2) memperbanyak variasi kasus uji dari berbagai lokasi dan musim untuk meningkatkan generalisasi sistem; (3) mengembangkan versi berbasis web dan aplikasi *mobile* untuk meningkatkan aksesibilitas dan jangkauan penggunaan; dan (4) mengintegrasikan teknologi computer vision untuk deteksi otomatis gejala hama berbasis gambar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Orang tua saya dan saudara perempuan saya yang telah memberikan doa, dan Terima kasih juga kepada pakar Janter Herwin Simanjuntak yang telah memberikan data dan pengetahuan mendalam terkait hama kelapa sawit, serta kepada semua petani yang telah terlibat dalam pengujian dan evaluasi sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Azkiah, R. (2025). *Sistem Pakar Mendeteksi Hama pada Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor Berbasis Web*. 2–5.
- Ginting, N. S. W., & RMS, A. S. (2018). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kacang Kedelai Menggunakan Metode Certainty Factor. *Jurnal KomtekInfo*, 5(2), 36–41. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v5i2.23>
- Hanif, H., & Muntiar, N. R. (2024). *PENERAPAN ALGORITMA DECISION TREE, SVM, NAÏVE BAYES DALAM DETEKSI STUNTING PADA BALITA*. 8(1), 105–109.
- Hanif, K. H., Fadllullah, A., Muntiar, N. R., & Fahrezi, I. A. (2025). *A Comparative Sentiment Analysis of Computer Engineering Student Feedback Using Decision Trees and SVM*. 10(1), 71–82. <https://doi.org/10.31572/inotera.Vol10.Is1.2025.ID436>
- Hutabarat, F. P., & Nasution, Y. R. (2024). Sistem Pakar Diagnosis Hama dan Penyakit pada Tanaman Padi menggunakan Metode Certainty Factor. *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 7–14.
- Muntiar, N. R., Hanif, K. H., & Herawati, L. (2025). *DETEKSI STANTING PADA BALITA DENGAN MENGGUNAKAN PERBANDINGAN* Diterima : Diterbitkan : 13(1), 17–23.
- Nucahyono, D. et al., (2022). SISTEM PAKAR DIAGNOSA HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR. *Journal Of Informatics and Computing (RANDOM)*, 01(01), 43–49.
- Octaviani, E. et al., (2022). Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Tanaman Kelapa Sawit Pada PT. Tani Prima Makmur. *Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, 7(2), 74–81.
- Rahman, I. (2021). TUGAS AKHIR RANCANG BANGUN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT PADA TANAMAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR. *UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU*.
- Said Azhari. (2024). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kopi Berbasis Web Menggunakan Metode Forward Chaining. *Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi*, 19(1), 27–36.
- Wahyu, B., Pratama, A., & Prasetyaningrum, P. T. (2024). Implementasi Metode Certainty Factor Dalam Sistem Pakar Diagnosa Nomophobia Pada Remaja Berbasis Web. *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, 5(3), 155–173.