

Sistem Pakar Identifikasi Hama Tanaman Perkebunan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Expert System for Plantation Pest Identification Using Analytical Hierarchy Process (AHP)

Yusup Anwar Siregar^{a,1}, Selamat Subagio^{b,2}, Wita Ferwati^{c,3}

^{a,b,c}Universitas Al Washliyah Labuhanbatu, JL. H. Adam Malik Lingkar By Pass Kab.Labuhanbatu - Indonesia
yusupanwar@gmail.com¹, ssubagio13@gmail.com², witaferawati@gmail.com³

ABSTRAK

Tanaman perkebunan seperti kelapa sawit, karet, teh, dan kopi rentan terhadap serangan hama yang dapat menurunkan produktivitas hasil panen. Proses identifikasi hama di lapangan sering mengalami kendala karena keterbatasan pakar dan waktu respon. Penelitian ini bertujuan membangun sistem pakar berbasis metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk membantu identifikasi hama berdasarkan gejala dan tingkat keparahan serangan. Metode AHP digunakan untuk membentuk hierarki keputusan, menyusun matriks perbandingan berpasangan, menghitung bobot prioritas, serta melakukan uji konsistensi. Alternatif hama yang dianalisis meliputi wereng, penggerek batang, pelipat daun, walang sangit, dan tikus, dengan kategori tingkat serangan ringan dan berat. Hasil perhitungan menunjukkan nilai komposit tertinggi pada kategori ringan sebesar 0,50717 dan berat sebesar 0,25065. Validasi terhadap 15 kasus uji menunjukkan tingkat akurasi sistem sebesar 93,33% dibandingkan pakar. Pengujian usability memperoleh nilai learnability 92,88%, efficiency 92%, memorability 94%, error 94%, dan satisfaction 88,6%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem layak digunakan sebagai alat bantu identifikasi awal hama tanaman perkebunan.

Kata Kunci : Sistem Pakar, Hama Tanaman, AHP, Pengambilan Keputusan

ABSTRACT

Plantation crops such as oil palm, rubber, tea, and coffee are vulnerable to pest attacks that reduce productivity. Field identification is often constrained by limited expert availability. This study develops an expert system using the Analytical Hierarchy Process (AHP) to support pest identification based on observed symptoms and severity levels. AHP is applied through decision hierarchy modeling, pairwise comparison matrices, priority weight calculation, and consistency testing. The evaluated pest alternatives include planthoppers, stem borers, leaf folders, rice bugs, and rats, with two severity categories: light and heavy. The results show the highest composite score for the light category (0.50717) compared to heavy (0.25065). Validation on 15 test cases produced 93.33% agreement with expert diagnosis. Usability testing yielded scores above 88% across all aspects. These results indicate that the system is suitable as an early pest identification decision-support tool.

Keywords: Expert System, Pest Identification, AHP, Decision Support

Disubmit:

Info Artikel :
Direview:

Diterima :

Copyright © 2026 – CSRID Journal. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Sektor perkebunan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem ketahanan pangan dan ekonomi agraria. Tantangan utama yang sering dihadapi adalah serangan hama yang menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil panen. Studi terbaru menunjukkan bahwa keterlambatan

identifikasi hama berkontribusi langsung terhadap peningkatan risiko kerugian produksi dan biaya pengendalian (Zhang et al., 2022; Kumar & Singh, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan diagnosis berbasis sistem yang mampu membantu proses identifikasi secara cepat dan terstruktur.

Sistem pakar berbasis kecerdasan buatan terus berkembang dalam lima tahun terakhir sebagai solusi diagnosis berbasis pengetahuan pada berbagai domain, termasuk pertanian presisi. Pendekatan ini memungkinkan transformasi pengetahuan pakar menjadi model komputasional yang dapat diakses pengguna non-ahli (Albogamy et al., 2021; Rahman et al., 2022). Dalam konteks pertanian, sistem pakar digunakan untuk identifikasi penyakit dan hama tanaman, rekomendasi perlakuan, serta evaluasi tingkat risiko serangan berbasis gejala (Patel & Mehta, 2021).

Perkembangan sistem pendukung keputusan modern banyak mengadopsi pendekatan multi-criteria decision making (MCDM) karena mampu menangani banyak indikator secara simultan. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) tetap menjadi salah satu metode MCDM yang paling luas digunakan karena memiliki struktur hierarki yang jelas, mekanisme pembobotan numerik, dan uji konsistensi penilaian (Saaty & Vargas, 2021; Ishizaka & Siraj, 2022).

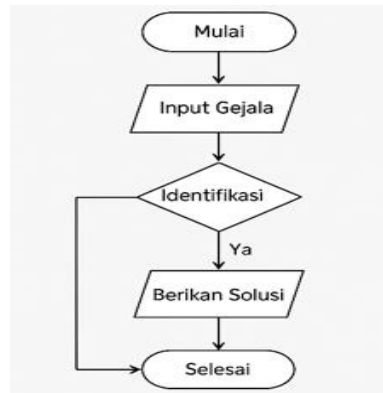
Penelitian lima tahun terakhir menunjukkan bahwa AHP banyak diterapkan pada sistem pendukung keputusan berbasis pertanian dan lingkungan, termasuk untuk evaluasi risiko tanaman, seleksi teknologi budidaya, dan diagnosis berbasis gejala karena mampu memberikan transparansi proses keputusan (Velasquez & Hester, 2021; Nguyen et al., 2023). Integrasi AHP dalam sistem pakar memberikan keunggulan dalam hal keterlacakan perhitungan bobot dan kemampuan validasi terhadap penilaian pakar.

Beberapa studi terbaru juga menekankan bahwa model keputusan berbasis AHP lebih mudah divalidasi dan diaudit dibanding pendekatan heuristik murni, karena setiap keputusan dapat ditelusuri ke matriks perbandingan dan bobot prioritas (Kahraman et al., 2021; Liu et al., 2024). Hal ini menjadi penting dalam pengembangan sistem pakar pertanian yang membutuhkan akuntabilitas metodologis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pakar identifikasi hama tanaman perkebunan menggunakan metode AHP dengan penyajian proses perhitungan yang lengkap, meliputi matriks perbandingan, bobot prioritas, uji konsistensi, serta validasi kuantitatif terhadap pakar. Pendekatan ini diharapkan menghasilkan sistem yang tidak hanya fungsional, tetapi juga terukur dan dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem pakar berbasis metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk melakukan identifikasi hama tanaman perkebunan berdasarkan gejala dan tingkat keparahan serangan. Metode penelitian terdiri dari beberapa tahapan utama yaitu: akuisisi pengetahuan pakar, penyusunan struktur hierarki keputusan, penyusunan matriks perbandingan berpasangan, perhitungan bobot prioritas, uji konsistensi, serta perhitungan nilai komposit dan perbandingan hasil.



Gambar 1. Flowchart Sistem Pakar Identifikasi Hama

A. Akuisisi Pengetahuan Pakar

Tahap awal penelitian adalah akuisisi pengetahuan dari sumber pakar dan literatur pertanian. Proses ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai:

- jenis hama utama tanaman perkebunan
- gejala serangan
- tingkat keparahan serangan
- hubungan gejala dengan jenis hama
- tingkat pengaruh relatif antar kriteria

Pengetahuan diperoleh melalui:

- konsultasi pakar pertanian
- studi literatur
- dokumentasi kasus serangan hama

Hasil tahap ini menghasilkan daftar alternatif hama:

- Wereng
- Penggerek batang
- Pelipat daun
- Walang sangit
- Tikus

Serta kategori tingkat serangan:

- Ringan
- Berat

Data ini menjadi dasar penyusunan model keputusan AHP.

B. Penyusunan Struktur Hierarki Keputusan

Metode AHP mengharuskan masalah disusun dalam bentuk struktur hierarki agar proses keputusan menjadi sistematis. Pada penelitian ini, hierarki terdiri dari tiga level:

- Level 1 : Tujuan

Menentukan identifikasi hama dan tingkat serangan

- Level 2 : Kriteria

Gejala dan indikator tingkat kerusakan tanaman

- Level 3 : Alternatif

Jenis hama (wereng, penggerek batang, pelipat daun, walang sangit, tikus) dan kategori tingkat serangan (ringan, berat)

Struktur hierarki ini memastikan bahwa setiap keputusan diturunkan secara logis dari tujuan utama ke alternatif keputusan.

C. Penyusunan Matriks Perbandingan Berpasangan

Pada tahap ini dilakukan perbandingan berpasangan antar elemen dalam satu level terhadap level di atasnya menggunakan skala Saaty (1–9).

Skala ini merepresentasikan tingkat kepentingan relatif:

Tabel 1. Skala Saaty

Nilai	Makna
1	Sama penting
3	Sedikit lebih penting
5	Lebih penting
7	Sangat penting
9	Mutlak lebih penting

Pakar memberikan penilaian perbandingan antar kriteria. Hasilnya disusun dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan.

Tabel 2. Contoh bentuk matriks

Kriteria	K1	K2	K3
K1	1	3	5
K2	1/3	1	2
K3	1/5	1/2	1

Matriks ini menjadi dasar perhitungan bobot.

D. Normalisasi Matriks dan Perhitungan *Priority Vector*

Setelah matriks perbandingan terbentuk, dilakukan normalisasi dengan cara:

- Menjumlahkan setiap kolom
- Membagi setiap elemen kolom dengan total kolom tersebut

Kemudian dihitung **priority vector (bobot prioritas)** dengan mengambil rata-rata nilai pada setiap baris matriks normalisasi.

Tabel 3. *priority vector* alternatif hama

Hama	Priority Vector
Wereng	0,29013
Penggerek batang	0,10366
Pelipat daun	0,23983
Walang sangit	0,1695
Tikus	0,19689

Nilai ini menunjukkan tingkat pengaruh relatif setiap alternatif terhadap tujuan keputusan.

E. Uji Konsistensi Matriks

AHP menyediakan mekanisme untuk menguji apakah penilaian pakar konsisten atau tidak. Uji dilakukan dengan menghitung:

Consistency Index (CI)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

Consistency Ratio (CR)

$$CR = CI / RI$$

Keterangan:

- $\lambda_{\max}$ = nilai eigen maksimum
- n = jumlah kriteria
- RI = Random Index (nilai standar Saaty)

Kriteria penerimaan:

Matriks konsisten jika **CR < 0,1**

Pada penelitian ini diperoleh:

CR = 0,06 → matriks dinyatakan konsisten

Ini penting untuk reviewer karena menunjukkan metode Anda **valid secara matematis**.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pembobotan Priority Vector AHP

Hasil perhitungan metode AHP menghasilkan nilai priority vector untuk setiap alternatif hama berdasarkan matriks perbandingan berpasangan yang disusun dari penilaian pakar. Nilai *priority vector* menunjukkan tingkat pengaruh relatif masing-masing hama dalam struktur keputusan.

Tabel 4. *Priority Vector* Alternatif Hama

Hama	Priority Vector
Wereng	0,29013

Penggerek batang	0,10366
Pelipat daun	0,23983
Walang sangit	0,1695
Tikus	0,19689

Nilai tertinggi diperoleh oleh hama wereng (0,29013), yang menunjukkan bahwa berdasarkan penilaian pakar dan struktur kriteria, hama ini memiliki kontribusi pengaruh terbesar terhadap model keputusan. Nilai ini mencerminkan bahwa gejala yang diasosiasikan dengan wereng memiliki tingkat kepentingan lebih tinggi dibanding alternatif lain.

Sebaliknya, nilai terendah terdapat pada penggerek batang (0,10366), yang menunjukkan kontribusi relatif lebih kecil dalam struktur pembobotan. Perbedaan bobot ini menunjukkan bahwa metode AHP mampu membedakan tingkat kepentingan alternatif secara kuantitatif, bukan hanya kategorikal.

B. Hasil Pembobotan Tingkat Serangan (Ringan vs Berat)

Setelah diperoleh priority vector, tahap berikutnya adalah mengalikan bobot tersebut dengan nilai kategori tingkat serangan. Proses ini menghasilkan kontribusi masing-masing hama terhadap kategori ringan dan berat.

Tabel 5. Bobot Alternatif terhadap Tingkat Serangan

Hama	PV	Ringan	Berat
Wereng	0,29013	0,90909	0,09091
Penggerek batang	0,10366	0	0
Pelipat daun	0,23983	0,5	0,5
Walang sangit	0,1695	0,33333	0,33333
Tikus	0,19689	0,34028	0,24306

Terlihat bahwa:

- Wereng memiliki kontribusi sangat dominan pada kategori ringan
- Pelipat daun memiliki distribusi seimbang
- Tikus memiliki kontribusi pada kedua kategori
- Penggerek batang tidak memberikan kontribusi pada data uji (nilai nol)

Secara metodologis, hal ini menunjukkan bahwa model AHP sensitif terhadap input pakar dan data gejala sehingga variasi nilai mencerminkan pola karakteristik serangan.

D. Hasil Perangkingan Keputusan

Berdasarkan nilai komposit, dilakukan proses perangkingan untuk menentukan keputusan utama sistem.

Tabel 6. Perangkingan

Rank	Alternatif	Nilai
1	Ringan	0,50717
2	Berat	0,25065

Kategori ringan menempati peringkat pertama. Ini berarti sistem pakar merekomendasikan bahwa pola gejala yang dianalisis lebih sesuai dengan tingkat serangan ringan.

Keunggulan pendekatan AHP terlihat pada proses perangkingan yang berbasis perhitungan bobot, bukan sekadar aturan ya/tidak, sehingga hasil keputusan bersifat lebih terukur.

E. Validasi Hasil Sistem terhadap Pakar

Untuk mengukur keandalan sistem, dilakukan validasi dengan membandingkan hasil sistem terhadap keputusan pakar pada sejumlah kasus uji.

Tabel 7. Validasi

Total Kasus	Cocok	Tidak Cocok	Akurasi
15	14	1	93,33%

Tingkat kesesuaian sebesar 93,33% menunjukkan bahwa model pembobotan AHP yang digunakan mampu merepresentasikan pola penilaian pakar dengan tingkat kedekatan tinggi.

Perbedaan pada satu kasus disebabkan oleh perbedaan interpretasi tingkat gejala borderline, yang menunjukkan bahwa sistem masih dipengaruhi batas diskret kategori.

F. Hasil Pengujian Usability Sistem

Pengujian usability dilakukan menggunakan kuesioner pengguna terhadap aspek kemudahan penggunaan sistem.

Tabel 8. Pengujian usability

Aspek	Nilai
Learnability	92,88%
Efficiency	92%
Memorability	94%
Error	94%
Satisfaction	88,60%

Nilai di atas 88% pada seluruh aspek menunjukkan sistem mudah dipelajari dan digunakan. Namun dalam konteks kontribusi ilmiah, hasil usability ini berfungsi sebagai dukungan implementasi, bukan kontribusi metodologis utama.

Karena itu, pembahasan antarmuka tidak dijadikan fokus utama analisis.

G. Analisis Kritis Metode AHP pada Kasus Identifikasi Hama

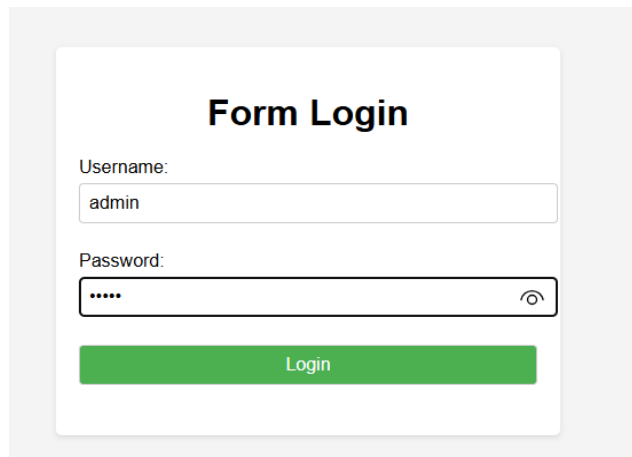
Hasil menunjukkan bahwa metode AHP memberikan:

- transparansi proses keputusan
- keterlacakan bobot
- kemampuan uji konsistensi
- perangkian kuantitatif

Model ini lebih unggul dibanding rule-only system karena setiap keputusan dapat ditelusuri ke matriks perbandingan dan bobot prioritas. Namun, metode ini tetap bergantung pada kualitas penilaian pakar dalam tahap awal pembobotan.

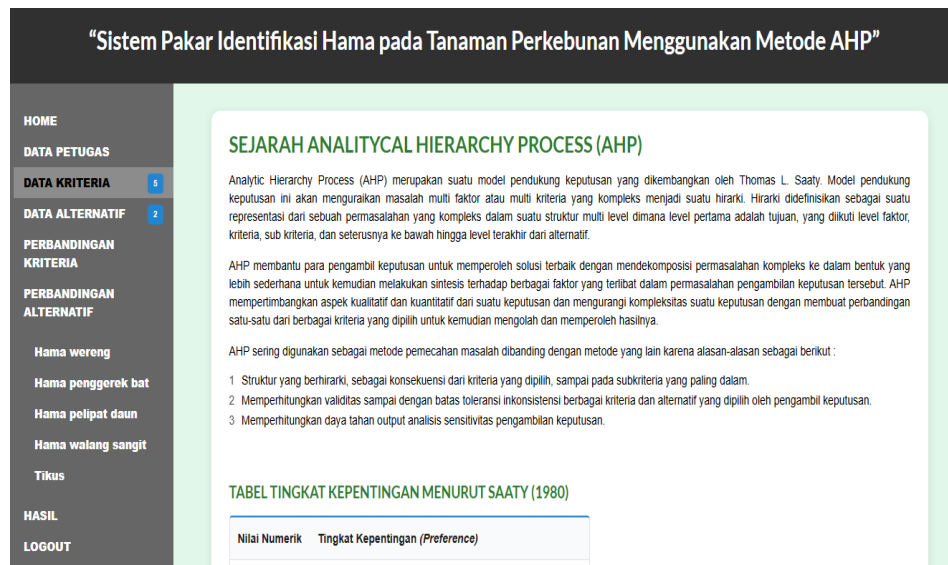
Sensitivitas terhadap perubahan nilai perbandingan menunjukkan bahwa proses akuisisi pengetahuan merupakan faktor kritis dalam kualitas hasil sistem.

H. Implementasi Program



Gambar 2. Tampilan Menu Form Login Admin

Gambar menampilkan antarmuka form login yang digunakan oleh admin untuk mengakses sistem pakar identifikasi hama. Pada tampilan ini, terdapat dua komponen utama berupa kolom input untuk username dan password, yang harus diisi dengan data yang valid. Di bagian bawah form terdapat tombol "login" yang digunakan untuk memverifikasi informasi yang dimasukkan. Desain tampilan ini dibuat sederhana dan responsif, dengan penggunaan warna yang netral agar tampak profesional dan mudah dipahami. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur validasi, sehingga jika data yang dimasukkan salah atau kosong, akan muncul notifikasi sebagai peringatan bagi pengguna. Form login ini menjadi gerbang awal bagi admin untuk mengakses berbagai fitur manajemen data hama dan aturan sistem pakar.



Gambar 3. Tampilan Menu Dashboard

Gambar memperlihatkan tampilan utama atau dashboard setelah admin berhasil login ke dalam sistem pakar identifikasi hama. Pada dashboard ini, pengguna dapat melihat ringkasan informasi dan navigasi utama yang memudahkan dalam mengelola sistem. Terdapat menu navigasi di sisi kiri atau atas halaman (tergantung desain), yang mencakup menu seperti data petugas, data kriteria, data alternatif, perbandingan kriteria, dan perbandingan kriteria. Di bagian tengah dashboard, biasanya ditampilkan statistik singkat, seperti jumlah data hama yang terdaftar, jumlah gejala, dan jumlah diagnosa yang telah dilakukan.



Gambar 4. Tampilan Menu Data Petugas

Gambar menampilkan antarmuka menu data petugas dalam sistem pakar identifikasi hama. Menu ini digunakan oleh admin untuk mengelola informasi mengenai petugas yang memiliki akses ke sistem. Menu data petugas berperan penting dalam pengaturan akses pengguna terhadap sistem pakar.

Edit Petugas

Formulir Edit Petugas

Nama Petugas:

No HP:

Alamat:

Keterangan:

Gambar 5. Tampilan Menu Edit Petugas

Gambar memperlihatkan tampilan menu edit petugas yang digunakan untuk memperbarui data petugas dalam sistem pakar identifikasi hama. Pada halaman ini, admin dapat mengubah informasi petugas yang telah tersimpan sebelumnya. Tampilan form terdiri dari beberapa field input seperti nama petugas, username, password, dan level akses.

"Sistem Pakar Identifikasi Hama pada Tanaman Perkebunan Menggunakan Metode AHP"		
HOME DATA PETUGAS DATA KRITERIA DATA ALTERNATIF PERBANDINGAN KRITERIA PERBANDINGAN ALTERNATIF Hama wereng Hama penggerek bat Hama pelipat daun Hama walang sangit Tikus HASIL LOGOUT		
DATA KRITERIA		
No	Nama Kriteria	Aksi
1	Hama wereng	Edit Hapus
2	Hama penggerek bat	Edit Hapus
3	Hama pelipat daun	Edit Hapus
4	Hama walang sangit	Edit Hapus

Gambar 6 Menu Data Kriteria

Gambar memperlihatkan tampilan menu data kriteria dalam sistem pakar identifikasi hama. Menu ini digunakan untuk menampilkan dan mengelola daftar kriteria yang menjadi acuan dalam proses identifikasi hama, khususnya jika sistem menggunakan metode pengambilan keputusan seperti AHP. Pada tampilan ini terdapat tabel yang menyajikan data kriteria, dengan kolom seperti kode kriteria, nama kriteria. Di bagian atas tabel biasanya tersedia tombol "tambah kriteria" yang memungkinkan admin menambahkan kriteria baru. Selain itu, setiap baris data dilengkapi dengan tombol edit dan hapus untuk memudahkan proses pengelolaan. Tampilan ini dirancang agar informatif dan mudah dinavigasi, serta mendukung pencarian dan pengurutan data. Menu ini sangat penting karena kriteria berperan langsung dalam proses analisis dan diagnosa sistem pakar.

Gambar 7 Tampilan Menu Perbandingan Alternatif

Gambar ini menampilkan antarmuka menu perbandingan alternatif dalam sistem pakar identifikasi hama yang berfungsi untuk menampilkan evaluasi dan perbandingan antara beberapa alternatif solusi berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.

No	Nama Alternatif	Aksi
1	Ringan	Edit Hapus
2	Berat	Edit Hapus
		+ Tambah

Gambar 8 Tampilan Menu Data Alternatif

Gambar menampilkan antarmuka menu data alternatif dalam sistem pakar identifikasi hama. Menu ini berfungsi untuk menampilkan dan mengelola data alternatif yang akan dianalisis dalam proses identifikasi dan penilaian.

Overall Composite Height	Priority Vector (rata-rata)	Ringan	Berat
Hama wereng	0.29013	0.90909	0.09091
Hama penggerek bat	0.10366	0	0
Hama pelipat daun	0.23983	0.5	0.5
Hama walang sangit	0.1695	0.33333	0.33333
Tikus	0.19689	0.34028	0.24306
Total		0.50716	0.25064

Gambar 9 Tampilan Menu Hasil Perhitungan

Gambar memperlihatkan tampilan menu hasil perhitungan dalam sistem pakar identifikasi hama, khususnya ketika sistem menggunakan metode pengambilan keputusan seperti metode AHP. Pada menu ini, sistem menampilkan hasil akhir dari proses perhitungan berdasarkan bobot kriteria dan nilai alternatif yang telah dimasukkan sebelumnya.

Perangkingan

Peringkat	Alternatif	Nilai
Pertama	Ringan	0.50717
2	Berat	0.25065

Gambar 10. Tampilan Menu Perangkingan

Gambar menampilkan menu perangkingan dalam sistem pakar identifikasi hama yang berfungsi untuk menyajikan hasil akhir dari proses analisis dan perhitungan menggunakan metode pengambilan keputusan, seperti ahp. Tampilan ini berisi peringkat dari masing-masing alternatif (misalnya jenis hama) berdasarkan nilai akhir yang telah diperoleh dari proses perhitungan.

4. KESIMPULAN

Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) berhasil diterapkan secara konsisten dalam sistem pakar identifikasi hama tanaman perkebunan melalui tahapan penyusunan hierarki keputusan, matriks perbandingan berpasangan, normalisasi, perhitungan priority vector, dan uji konsistensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh matriks memenuhi kriteria konsistensi ($CR < 0,1$), sehingga bobot yang dihasilkan dapat dinyatakan valid secara metodologis.

Perhitungan priority vector menunjukkan bahwa hama wereng memiliki bobot pengaruh tertinggi dalam struktur keputusan, diikuti pelipat daun dan tikus. Proses agregasi bobot menghasilkan nilai overall composite weight tertinggi pada kategori serangan ringan sebesar 0,50717 dibandingkan kategori berat sebesar 0,25065, sehingga kategori ringan menjadi peringkat keputusan utama sistem.

Validasi terhadap data kasus dan keputusan pakar menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 93,33%, yang menandakan bahwa model AHP yang dibangun mampu merepresentasikan pola penilaian pakar dengan tingkat kedekatan yang tinggi. Hasil pengujian usability yang berada di atas 88% pada seluruh aspek juga menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan dengan baik oleh pengguna sebagai alat bantu diagnosis awal.

Secara ilmiah, penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan AHP memberikan keunggulan dalam bentuk transparansi perhitungan, keterlacakan proses keputusan, serta kemampuan evaluasi konsistensi, sehingga lebih dapat dipertanggungjawabkan dibanding pendekatan berbasis aturan tunggal. Dengan demikian, model yang diusulkan layak digunakan sebagai kerangka sistem pendukung keputusan untuk identifikasi hama berbasis multi-kriteria.

Sistem masih bergantung pada penilaian pakar dalam matriks perbandingan sehingga mengandung subjektivitas. Jumlah kasus uji masih terbatas. Pengembangan selanjutnya dapat mengintegrasikan Fuzzy AHP atau machine learning untuk meningkatkan ketahanan terhadap ketidakpastian data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada berbagai pihak termasuk rekan-rekan sejawat yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Alwashliyah Labuhanbatu atas arahan dan bantuan yang diberikan.

REFERENSI

- [1] Albogamy, F. R., Alruhaili, M., & Alshammari, R. (2021). An expert system framework for smart agriculture decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*, 188, 106310.
- [2] Ishizaka, A., & Siraj, S. (2022). Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. *European Journal of Operational Research*, 300(2), 746–761.
- [3] Kahraman, C., Onar, S. C., & Oztaysi, B. (2021). Multi-criteria decision-making methodologies and applications in agriculture. *Soft Computing*, 25, 12541–12562.
- [4] Kumar, R., & Singh, P. (2023). Intelligent pest detection and classification approaches in smart farming: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 7, 52–63.
- [5] Liu, Y., Chen, X., & Zhang, H. (2024). Transparent decision models for agricultural expert systems using structured weighting methods. *Expert Systems with Applications*, 238, 121912.
- [6] Nguyen, T. H., Tran, Q. P., & Vo, B. (2023). A multi-criteria decision framework for crop risk assessment using AHP-based models. *Sustainability*, 15(9), 7124.
- [7] Patel, K., & Mehta, R. (2021). Knowledge-based expert systems in precision agriculture: A recent survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105812.
- [8] Rahman, M., Uddin, M., & Islam, S. (2022). Artificial intelligence in agricultural decision support systems: A systematic review. *Information Processing in Agriculture*, 9(3), 354–370.
- [9] Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2021). The analytic hierarchy process: Methods, applications, and future directions. *International Journal of Decision Support System Technology*, 13(3), 1–19.
- [10] Velasquez, M., & Hester, P. T. (2021). An analysis of multi-criteria decision-making methods in engineering and agriculture domains. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 28(5–6), 215–230.
- [11] K. Kusmanto, E. S. Budi, S. Samsir, E. Hariska, and G. L. Ginting, “Implementation of the Simple Additive Weighting Method in Determining Recipients of Subsidized Food Materials for Poor Families,” *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 384–392, 2021, doi: 10.47065/bits.v3i3.1097.
- [12] R. W. Samsir, Wahyu Azhar Ritonga, Rahmad Aditiya, “Machine Learning-Driven Sentiment Analysis of Social Media Data in the,” *Bull. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 326–332, 2024, doi: 10.47065/bit.v5i2.1762.
- [13] R. Watrianthos, S. Samsir, J. M. Harahap, R. S. A. Ramadhana, and M. F. R. Marpaung, “Pelatihan Literasi Digital Bagi Siswa MTS Ar-Royan Pangkatan Untuk Mencegah Hoax di Sosial Media,” *REKA KARYA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 144–150, 2022.
- [14] S. Samsir, K. Kusmanto, A. H. Dalimunthe, R. Aditiya, and R. Watrianthos, “Implementation Naïve Bayes Classification for Sentiment Analysis on Internet Movie Database,” *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i1.1468.
- [15] Samsir *et al.*, “Naives Bayes Algorithm for Twitter Sentiment Analysis,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1933, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012019.

- [16] S. Subagio and S. Samsir, "Rancang Bangun Aplikasi Administrasi BMT Yayasan Al-Bukhary Rantauprapat," *J. Mach. Learn. Data* ..., vol. 01, no. 02, pp. 101–106, 2022, [Online]. Available: <https://journal.fkpt.org/index.php/malda/article/view/304%0Ahttps://journal.fkpt.org/index.php/malda/article/download/304/198>
- [17] S. Samsir, J. H. P. Sitorus, Zulkifli, Z. Ritonga, F. A. Nasution, and R. Watrianthos, "Comparison of machine learning algorithms for chest X-ray image COVID-19 classification," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1933, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012040.
- [18] Kusmanto, S. Samsir, R. Watrianthos, and S. Suryadi, "Distribusi Spasial Unmet Need Pelayanan Kesehatan dengan Algoritma K-Means untuk Pemetaan Provinsi di Indonesia," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 362–368, 2023, doi: 10.47065/bit.v4i3.862.
- [19] S. Samsir *et al.*, "Implementation Learning Vector Quantization Using Neural Network for Classification of Ear, Nose and Throat Disease," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2394, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2394/1/012016.
- [20] W. R. Selamat Subagio, "Sistem Pakar Deteksi Penyakit Jagung Dengan Metode forward chaining di kelompok tani lestari desa bandar kumbul," *U-NET J. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 7075, 2024.
- [21] S. Rahma, S. Subagio, W. A. Ritonga, T. Informatika, U. A. Labuhanbatu, and A. Info, "EXPERT SYSTEM FOR DETECTION OF CORN DISEASE USING FORWARD CHAINING METHOD IN SUSTAINABLE," vol. 7, no. 1, pp. 70–75, 2024.
- [22] U. Jurnalteknikinformatika, S. A. Daulay, W. A. Ritonga, T. Informatika, U. Alwashliyahlabuhanbatu, and A. Info, "EXPERT SYSTEM TO DIAGNOSE DISEASES IN THE HUMAN DIGESTIVE SYSTEM USING THE FORWARD CHAINING METHOD CASE STUDY OF PUSKESMAS," vol. 8, no. 02, pp. 22–27, 2024.
- [23] A. H. Dalimunthe, S. Subagio, T. N. Siagian, and R. Watrianthos, "Applying Data Mining Techniques to Investigate the Impact of Smoking Prevalence on Life Expectancy in Indonesia : Insights from Random Forest Models," vol. 6, no. 1, pp. 460–468, 2024, doi: 10.47065/bits.v6i1.5201.
- [24] S. Subagio, A. H. Dalimunthe, and R. Watrianthos, "A Text Mining Approach to Analyzing the Role of Negative Sentiment Words in News Articles on Suicide and Related Incidents," vol. 5, no. 4, pp. 318–325, 2024, doi: 10.47065/bit.v5i2.1745.
- [25] Firman Edi, A. Ambiyar, U. Verawardina, S. Samsir, and R. Watrianthos, "Improving Lesson Plan Models Using Online-Based in the New Normal Era," *EDUTEC J. Educ. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 527–535, 2021, doi: 10.29062/edu.v4i3.109.