

Web-Based Expert For Rice Disease Diagnosis Using A Hybrid Certainty Factor And Forward Chaining Method And Ai Integration [Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Padi Berbasis Web Dengan Metode Hybrid Certainty Factor Dan Forward Chaining Serta Integrasi AI]

Muchammad Issom Agustian¹⁾, Hindarto ^{*2)}

¹⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: hindarto@umsida.ac.id

Abstract. *Rice plant diseases are one of the main factors causing decreased productivity and harvest quality, while diagnosis in the field still relies on farmers' experience, leading to potential inaccuracies due to similar symptoms. This study aims to develop a web-based expert system for rice disease diagnosis using a hybrid Forward Chaining and Certainty Factor method with Artificial Intelligence integration for solution recommendations. Forward Chaining is used to determine candidate diseases based on selected symptoms, while Certainty Factor calculates the confidence level of diagnosis under uncertainty conditions. The system was developed using the Expert System Development Life Cycle (ESDLC) and tested through black-box testing. The results show that the system can generate accurate diagnoses, confidence values, and relevant handling recommendations. The proposed system supports early and independent disease diagnosis effectively while maintaining AI as a supporting component rather than a decision maker.*

Keywords - Rice Plant Diseases; Expert System; Forward Chaining; Certainty Factor; AI Integration

Abstrak. *Penyakit tanaman padi menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil panen, sementara proses diagnosis di lapangan masih bergantung pada pengalaman petani sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan akibat kemiripan gejala. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit tanaman padi berbasis web menggunakan metode hybrid Forward Chaining dan Certainty Factor dengan integrasi Artificial Intelligence untuk menghasilkan rekomendasi solusi. Forward Chaining digunakan untuk menentukan kandidat penyakit berdasarkan gejala, sedangkan Certainty Factor menghitung tingkat keyakinan diagnosis pada kondisi ketidakpastian. Sistem dikembangkan menggunakan metode Expert System Development Life Cycle (ESDLC) dan diuji dengan black-box testing. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu menghasilkan diagnosis yang akurat, nilai keyakinan yang terukur, serta rekomendasi penanganan yang relevan sehingga dapat membantu proses diagnosis dini secara mandiri dan efektif.*

Kata Kunci - Penyakit Tanaman Padi; Sistem Pakar; Forward Chaining; Certainty Factor; Integrasi AI

I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor penting dalam menjaga ketahanan pangan dan menopang perekonomian nasional, khususnya di negara agraris seperti Indonesia [1]. Keberlanjutan produksi pertanian tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan pangan, tetapi juga berdampak langsung pada kesejahteraan petani dan stabilitas sosial ekonomi masyarakat [2]. Dalam hal tersebut, tanaman padi (*Oryza sativa* L.) menjadi komoditas utama karena beras merupakan sumber pangan pokok yang dikonsumsi oleh sebagian besar penduduk Indonesia [3]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi nasional tercatat sebesar 53,98 juta ton gabah kering giling (GKG) pada tahun 2023, namun mengalami penurunan menjadi sekitar 52,66 juta ton GKG pada tahun 2024 atau turun sekitar 2,45%. Penurunan tersebut mengindikasikan adanya gangguan pada sistem budidaya padi, di mana serangan organisme pengganggu tanaman, khususnya penyakit tanaman padi, menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap menurunnya produktivitas dan kualitas hasil panen. Oleh sebab itu, upaya peningkatan produktivitas dan kualitas hasil panen padi menjadi isu penting yang terus mendapat perhatian dalam pembangunan pertanian nasional [4].

Meskipun memiliki potensi sumber daya alam yang besar, budidaya tanaman padi masih menghadapi berbagai tantangan, terutama yang berkaitan dengan serangan penyakit tanaman [5]. Penyakit seperti blas (*Pyricularia oryzae*), hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae*), hawar pelepah (*Rhizoctonia solani*), tungro, bercak cokelat, busuk batang, dan bercak bergaris dapat menurunkan hasil panen secara signifikan. Penyakit blas dikenal sebagai salah satu penyakit paling merugikan dengan potensi kehilangan hasil hingga 61%, sementara hawar daun bakteri dapat menurunkan produksi padi sebesar 30–40%, dan hawar pelepah menyebabkan kehilangan hasil sekitar 20–35% [6]. Tingginya tingkat kerugian tersebut menunjukkan bahwa penyakit tanaman padi masih menjadi faktor dominan yang memengaruhi produktivitas dan kualitas hasil panen.

Dalam praktiknya, proses identifikasi penyakit tanaman padi di tingkat petani masih didominasi oleh pengalaman empiris dan pengamatan visual sederhana [7]. Pendekatan ini bersifat subjektif dan sering kali tidak didukung oleh

analisis gejala yang sistematis. Selain itu, banyak penyakit tanaman padi memiliki karakteristik gejala yang saling menyerupai, terutama pada fase awal serangan, sehingga meningkatkan risiko kesalahan diagnosis. Keterbatasan akses terhadap pakar pertanian dan media konsultasi berbasis teknologi turut memperbesar potensi keterlambatan penanganan penyakit, yang pada akhirnya berdampak pada meningkatnya kerugian hasil panen [8].

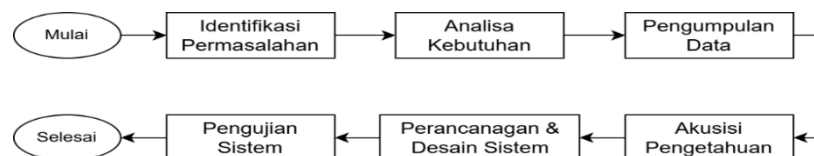
Perkembangan teknologi informasi membuka peluang penerapan sistem pakar sebagai solusi pendukung pengambilan keputusan di bidang pertanian [9]. Sistem pakar dirancang untuk merepresentasikan pengetahuan seorang ahli ke dalam sistem berbasis komputer melalui basis pengetahuan dan mesin inferensi [10]. Salah satu metode inferensi yang banyak digunakan dalam sistem pakar diagnosis adalah Forward Chaining. Metode ini bekerja dengan menelusuri fakta atau gejala yang diberikan pengguna menuju kesimpulan berdasarkan aturan logika IF–THEN yang tersimpan dalam basis pengetahuan [11]. Keunggulan Forward Chaining terletak pada kemampuannya menyajikan proses penalaran yang terstruktur dan transparan, sehingga sesuai untuk kasus diagnosis berbasis gejala seperti penyakit tanaman padi. Namun, metode ini bersifat deterministik dan belum mampu merepresentasikan tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis ketika kondisi gejala tidak sepenuhnya terpenuhi.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode Certainty Factor digunakan sebagai pendekatan untuk menangani ketidakpastian dalam proses diagnosis. Metode ini memungkinkan sistem pakar memberikan nilai tingkat keyakinan terhadap suatu hipotesis berdasarkan bobot kepercayaan pakar terhadap setiap gejala yang diamati [12]. Dengan adanya Certainty Factor, hasil diagnosis tidak hanya disajikan dalam bentuk keputusan akhir, tetapi juga dilengkapi dengan derajat kepastian yang mencerminkan tingkat keyakinan sistem terhadap hasil tersebut. Meskipun demikian, penerapan Certainty Factor secara tunggal masih memiliki kelemahan karena tidak didukung oleh mekanisme penelusuran aturan yang sistematis dalam menentukan keterkaitan antar gejala dan penyakit.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, dapat diidentifikasi bahwa sebagian besar sistem pakar diagnosis penyakit tanaman padi masih menerapkan metode inferensi secara terpisah, baik Forward Chaining maupun Certainty Factor, sehingga belum sepenuhnya mampu menangani kompleksitas dan ketidakpastian gejala di lapangan. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan akan pendekatan yang lebih komprehensif melalui metode hybrid yang mengintegrasikan kekuatan penalaran logis dari Forward Chaining dan kemampuan pengukuran ketidakpastian dari Certainty Factor. Integrasi kedua metode tersebut memungkinkan sistem melakukan proses diagnosis secara sistematis sekaligus menyajikan tingkat keyakinan yang terukur, sehingga hasil diagnosis menjadi lebih informatif dan dapat dipercaya. Selain itu, integrasi Artificial Intelligence dalam sistem pakar diperlukan untuk mendukung pengelolaan pengetahuan, penyajian rekomendasi solusi, serta peningkatan adaptivitas sistem terhadap variasi kondisi gejala di lapangan, sehingga sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat diagnosis statis, tetapi juga sebagai sarana pendukung keputusan yang lebih cerdas dan responsif dalam pengendalian penyakit tanaman padi secara dini dan efektif.

II. METODE

Metode pengembangan perangkat lunak yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah metode ESDLC. Metode ini mempunyai 6 step aktivitas diantaranya sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Pada Gambar 1, menggambarkan tahapan pengembangan sistem pakar yang mencakup identifikasi permasalahan, akuisisi pengetahuan, analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengujian sistem, dan perbaikan sistem sebagai satu kesatuan proses yang saling terintegrasi.

2.1 Identifikasi Masalah

Tahap Identifikasi masalah dilakukan untuk menentukan fokus utama pengembangan sistem pakar diagnosis penyakit tanaman padi. Permasalahan yang ditemukan yaitu proses diagnosis di tingkat pengguna masih bergantung pada pengalaman subjektif dan pengamatan visual sederhana, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan interpretasi gejala yang memiliki kemiripan karakteristik. Selain itu, belum tersedianya sistem diagnosis yang mampu mengakomodasi ketidakpastian gejala serta memberikan tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis menjadi kendala dalam pengambilan keputusan yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistem pakar berbasis metode hybrid yang mampu melakukan penalaran secara sistematis dan terukur.

2.2 Analisa Kebutuhan

Tahap Analisa kebutuhan dilakukan untuk menentukan spesifikasi sistem agar proses diagnosis berjalan efektif sesuai permasalahan yang telah diidentifikasi. Kebutuhan fungsional meliputi kemampuan sistem menerima input gejala, melakukan inferensi menggunakan metode Forward Chaining dan Certainty Factor, serta menghasilkan diagnosis beserta tingkat keyakinan dan rekomendasi solusi. Sementara itu, kebutuhan non-fungsional mencakup kemudahan penggunaan, aksesibilitas berbasis web, serta penyajian informasi diagnosis yang jelas dan informatif. Tahap ini bertujuan memastikan sistem mampu merepresentasikan pengetahuan pakar secara terstruktur dan mendukung proses diagnosis secara efisien.

2.3 Pengumpulan Data

Tahap Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang akurat sebagai dasar pembentukan basis pengetahuan sistem. Data yang dikumpulkan mencakup gejala penyakit, jenis penyakit tanaman padi, serta keterkaitan antar gejala dan penyakit. Proses pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur ilmiah yang relevan dan verifikasi pengetahuan melalui pakar tanaman padi, sehingga data yang digunakan memiliki tingkat validitas dan kesesuaian dengan kondisi lapangan.

A. Data gejala penyakit tanaman padi

Tabel 1 menampilkan daftar gejala tanaman padi yang digunakan sebagai fakta dalam proses diagnosis sistem pakar, masing-masing diberi kode G01 hingga G034. Data gejala ini menjadi dasar pembentukan rule base dan proses inferensi menggunakan metode Forward Chaining, serta digunakan dalam perhitungan Certainty Factor untuk menentukan tingkat keyakinan hasil diagnosis.

Tabel 1. Daftar Gejala Tanaman Padi

No	Kode	Nama Gejala
1	G01	Bercak pada daun berbentuk belah ketupat
2	G02	Tengah bercak abu-abu keputihan dengan tepi coklat kehitaman
3	G03	Leher malai menghitam dan membusuk
4	G04	Malai patah atau tidak berisi (gabah hampa)
5	G05	Tanaman tampak mengering sebagian
6	G06	Daun menguning dari ujung daun, lalu menyebar ke pangkal
7	G07	Daun berwarna coklat seperti jerami
8	G08	Daun mengeluarkan lendir kekuningan saat diremas
9	G09	Daun tampak layu dan kering
10	G010	Tanaman terlihat seperti terbakar
11	G011	Bercak oval atau tidak beraturan pada pelepah
12	G012	Bercak abu-abu kehijauan dengan tepi coklat
13	G013	Bercak menyatu dan meluas ke atas
14	G014	Tanaman tampak rebah
15	G015	Pertumbuhan terganggu dan anakan berkurang
16	G016	Bercak kecil bulat atau oval pada daun
17	G017	Bercak coklat tua dengan titik tengah lebih gelap
18	G018	Daun tampak bercak-bercak merata
19	G019	Daun mengering
20	G020	Gabah terlihat bercak hitam kecoklatan
21	G021	Daun berubah warna menjadi kuning-oranye
22	G022	Tanaman kerdil
23	G023	Anakan berkurang drastis
24	G024	Daun kaku dan sempit
25	G025	Malai pendek dan gabah hampa
26	G026	Pertumbuhan tanaman tidak seragam
27	G027	Pelepah bagian bawah menghitam
28	G028	Batang menjadi lunak dan busuk
29	G029	Terdapat butiran hitam (sklerotia) di dalam pelepah
30	G030	Tanaman mudah dicabut
31	G031	Bercak berbentuk garis sempit atau lonjong pada daun
32	G032	Bercak coklat tua hingga keunguan dengan tepi lebih gelap dan tengah lebih terang
33	G033	Daun tampak kasar dan kering dengan bercak yang menyebar secara merata
34	G034	Gabah tidak terisi sempurna

B. Data penyakit tanaman padi

Tabel 2 menyajikan enam jenis penyakit tanaman padi yang digunakan sebagai basis diagnosis dalam sistem pakar, masing-masing direpresentasikan dengan kode P01 hingga P07. Data penyakit ini berperan sebagai hipotesis diagnosis yang ditentukan berdasarkan kombinasi gejala yang dipilih pengguna. Pengkodean penyakit bertujuan mempermudah proses pembentukan rule base, inferensi sistem, serta penyajian hasil diagnosis dan rekomendasi penanganan secara terstruktur.

Tabel 2. Daftar Penyakit Tanaman Padi

No	Kode	Nama Penyakit
1	P01	Blas (Blast)
2	P02	Hawar Daun Bakteri
3	P03	Hawar Pelepah
4	P04	Bercak Cokelat
5	P05	Tungro
6	P06	Busuk Batang
7	P07	Bercak Bergaris

2.4 Akuisisi Pengetahuan

Tahap Tahap akuisisi pengetahuan Tahap akuisisi pengetahuan dilakukan dengan merepresentasikan data gejala dan penyakit ke dalam basis pengetahuan berupa rule base serta nilai Measure of Belief (MB) dan Measure of Disbelief (MD) dari pakar. Pengetahuan tersebut digunakan dalam mekanisme inferensi hybrid yang mengintegrasikan metode Forward Chaining dan Certainty Factor. Forward Chaining digunakan untuk menentukan kandidat penyakit berdasarkan gejala yang dipilih pengguna melalui aturan IF–THEN, sedangkan Certainty Factor digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan setiap kandidat penyakit berdasarkan bobot keyakinan pakar dan tingkat keyakinan pengguna. Dengan pendekatan ini, sistem mampu menghasilkan diagnosis yang tetap informatif meskipun gejala yang tersedia tidak sepenuhnya lengkap.

A. Metode Forward Chaining

Metode Forward Chaining digunakan sebagai inferensi berbasis data untuk menentukan kandidat penyakit berdasarkan gejala yang dipilih pengguna melalui aturan IF–THEN pada rule base [13]. Proses ini mencocokkan gejala dengan aturan tanpa mengharuskan seluruh premis terpenuhi, sehingga menghasilkan kandidat penyakit yang selanjutnya dihitung tingkat keyakinannya menggunakan metode Certainty Factor [14]. Pendekatan ini memungkinkan sistem melakukan penalaran secara sistematis sekaligus fleksibel terhadap kondisi gejala yang tidak lengkap.

Tabel 3. Rule Base

No	Rule Base				
1	IF	G01, G02, G07, G012	THEN	P01	
2	IF	G01, G013, G014, G011	THEN	P02	
3	IF	G04, G017, G018	THEN	P03	
4	IF	G02, G015, G016	THEN	P04	
5	IF	G01, G05, G010, G011	THEN	P05	
6	IF	G03, G06, G08, G017	THEN	P06	

Pada Tabel 3 ini memuat struktur aturan inferensi berbasis logika IF–THEN yang digunakan sistem untuk menentukan jenis penyakit berdasarkan gejala yang terdeteksi. Rule base ini merupakan komponen penting dalam proses Forward Chaining.

B. Metode Certainty Factor

Metode Certainty Factor digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam penalaran [15]. Setiap gejala memiliki nilai Measure of Belief (MB) dan Measure of Disbelief (MD) yang diperoleh dari pakar. Nilai CF dihitung dari setiap gejala yang dipilih pengguna dan kemudian dikombinasikan secara bertahap untuk menghasilkan tingkat keyakinan akhir pada kandidat penyakit yang diperoleh dari proses Forward Chaining. Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan hasil diagnosis yang lebih informatif karena tidak hanya menentukan jenis penyakit, tetapi juga menyajikan nilai kepastian terhadap hasil tersebut .

Berikut adalah penjelasan dari rumus Certainty Factor :

$$[h, e] = [H, E] - [H, E] \quad (1)$$

Keterangan :

CF[H,E] = Ukuran faktor kepastian

MB[H,E]= Ukuran kepercayaan terhadap hipotesis h, jia nilai evidence e (antara 0 dan 1)

MD[H,E]= Ukuran ketidakpercayaan terhadap hipotesis h, jia nilai evidence e (antara 0 dan 1)

Selanjutnya perhitungan nilai Certainty Factor akan dilakukan dengan melakukan kombinasi nilai-nilai dari gejala. Perhitungan CF kombinasi akan dilakukan hingga gejala terakhir yang telah di masukkan pengguna. Seperti terlihat pada rumus berikut ini

$$CF\ Combine\ [H, E], = [H, E] + C[H, E]2 * (1 - CF[H, E]1 \quad (2)$$

Keterangan :

CF Combine [H,E]1,2 = Nilai dari kombinasi CF[H,E]1 dan CF[H,E]1

Untuk menghitung nilai kepastian dari rumus diatas maka dibutuhkan sebuah tabel nilai keyakinan dari pakar yang berhubungan, berikut adalah tabel nilai keyakinan.

Tabel 4. Nilai Keyakinan Certainty Factor

Nilai CF	Bobot Keyakinan
1	Pasti
0.8	Hampir Pasti
0.6	Kemungkinan Besar
0.4	Mungkin
0.2	Tidak Tahu
0	Tidak Ada

Pada Tabel 4 menunjukan tingkatan nilai keyakinan dan ketidakyakinan yang akan di implementasikan pada data gejala jenis penyakit Tanaman Padi.

Sedangkan pada Tabel 5 menampilkan nilai Measure of Belief (MB) dan Measure of Disbelief (MD) yang diperoleh dari penilaian pakar terhadap keterkaitan antara gejala dan jenis penyakit tanaman padi. Nilai MB merepresentasikan tingkat kepercayaan pakar bahwa suatu gejala mendukung hipotesis penyakit tertentu, sedangkan nilai MD menunjukkan tingkat ketidakpercayaan terhadap hipotesis tersebut. Kedua nilai berada pada rentang 0 hingga 1 dan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan Certainty Factor pada proses diagnosis.

Tabel 5. Nilai MB & MD

Nama Penyakit	Kode Gejala	Deskripsi Gejala	MB	MD
Blas (Blast)	G01	Bercak pada daun berbentuk belah ketupat	0,85	0,05
	G02	Tengah bercak abu-abu keputihan dengan tepi coklat kehitaman	0,80	0,10
	G03	Leher malai menghitam dan membusuk	0,95	0,02
	G04	Malai patah atau tidak berisi (gabah hampa)	0,75	0,15
	G05	Tanaman tampak mengering sebagian	0,60	0,25
Hawar Daun Bakteri	G06	Daun menguning dari ujung daun, lalu menyebar ke pangkal	0,85	0,05
	G07	Daun berwarna coklat seperti jerami	0,80	0,10
	G08	Daun mengeluarkan lendir kekuningan saat diremas	0,95	0,02
	G09	Daun tampak layu dan kering	0,65	0,25
	G010	Tanaman terlihat seperti terbakar	0,70	0,20
Hawar Pelepah	G011	Bercak oval atau tidak beraturan pada pelepah	0,80	0,10
	G012	Bercak abu-abu kehijauan dengan tepi coklat	0,85	0,05
	G013	Bercak menyatu dan meluas ke atas	0,75	0,15
	G014	Tanaman tampak rebah	0,65	0,25
	G015	Pertumbuhan terganggu dan anakan berkurang	0,60	0,30
Bercak Coklat	G016	Bercak kecil bulat atau oval pada daun	0,75	0,15

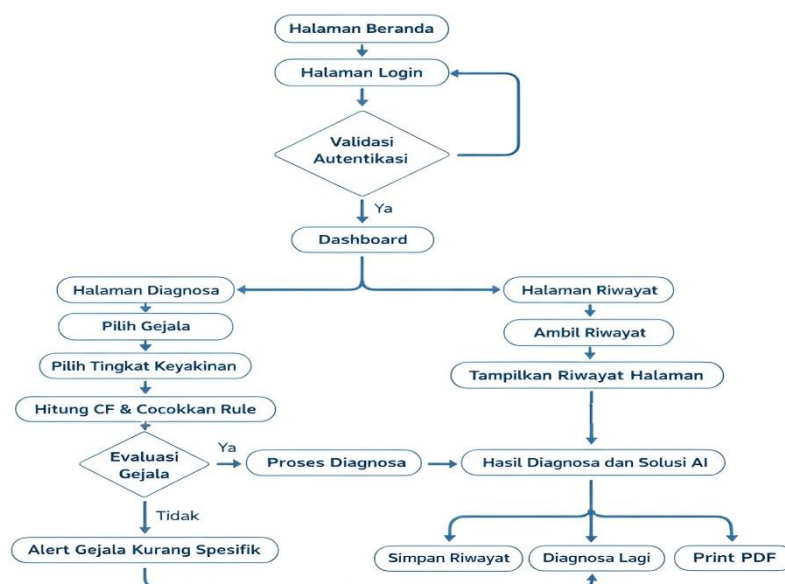
Tungro	G017	Bercak coklat tua dengan titik tengah lebih gelap	0,85	0,05
	G018	Daun tampak bercak-bercak merata	0,70	0,20
	G019	Daun mengering	0,60	0,30
	G020	Gabah terlihat bercak hitam kecoklatan	0,75	0,15
	G021	Daun berubah warna menjadi kuning-oranye	0,90	0,05
	G022	Tanaman kerdil	0,85	0,10
	G023	Anakan berkurang drastis	0,80	0,15
	G024	Daun kaku dan sempit	0,75	0,20
	G025	Malai pendek dan gabah hampa	0,85	0,10
	G026	Pertumbuhan tanaman tidak seragam	0,70	0,20
Busuk Batang	G027	Pelepah bagian bawah menghitam	0,85	0,10
	G028	Batang menjadi lunak dan busuk	0,90	0,05
	G029	Terdapat butiran hitam (sklerotia) di dalam pelepah	0,95	0,02
	G030	Tanaman mudah dicabut	0,80	0,15
Bercak Bergaris	G014	Tanaman tampak rebah	0,70	0,20
	G031	Bercak berbentuk garis sempit atau lonjong pada daun	0,90	0,10
	G032	Bercak coklat tua hingga keunguan dengan tepi lebih gelap dan tengah lebih terang	0,85	0,15
	G033	Daun tampak kasar dan kering dengan bercak yang menyebar secara merata	0,70	0,20
	G034	Gabah tidak terisi sempurna	0,65	0,25

2.5 Perancangan dan Desain Sistem

Tahap perancangan dan desain sistem dilakukan untuk memvisualisasikan alur proses dan struktur data yang digunakan dalam sistem. Perancangan ini bertujuan memastikan bahwa mekanisme diagnosis, mulai dari input gejala hingga keluaran berupa hasil diagnosis dan rekomendasi penanganan, dapat berjalan secara terstruktur dan Konsisten. Tahapan Perancangan ini memiliki dua komponen utama, yaitu flowchart, dan (ERD).

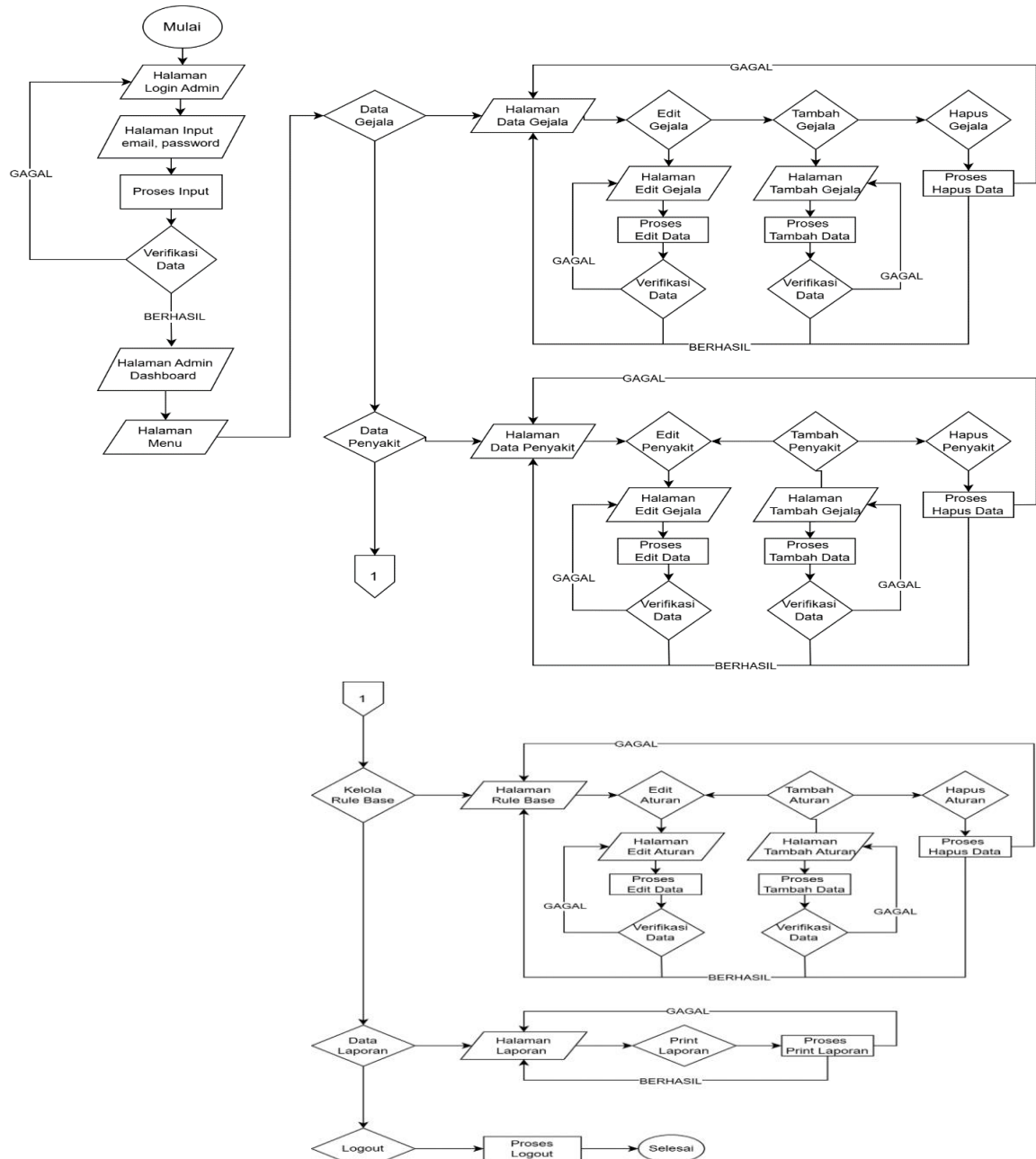
A. Flowchart

Pada Gambar 2 menggambarkan alur user dalam melakukan diagnosis penyakit tanaman padi, dimulai dari autentikasi hingga penentuan hasil diagnosis. Proses diagnosis dilakukan melalui pencocokan gejala menggunakan metode Forward Chaining, dan apabila aturan tidak terpenuhi, sistem melanjutkan perhitungan Certainty Factor berdasarkan tingkat keyakinan pengguna sebelum menampilkan hasil diagnosis beserta rekomendasi penanganan.



Gambar 2. Flowchart User

Pada Gambar 3 ditunjukkan alur proses yang dijalankan oleh admin dalam mengelola sistem pakar diagnosis penyakit tanaman padi. Proses dimulai dari login sebagai mekanisme autentikasi, kemudian admin diarahkan ke dashboard sebagai pusat pengelolaan sistem. Melalui dashboard, admin melakukan proses Create, Read, Update, dan Delete (CRUD) pada data penyakit, data gejala, serta rule base. Pengelolaan rule base dilakukan menggunakan struktur aturan IF-THEN yang mendukung metode Forward Chaining, sehingga setiap perubahan data secara langsung memengaruhi akurasi dan kinerja sistem diagnosis. Setelah proses pengelolaan selesai, admin dapat kembali ke dashboard atau keluar dari sistem untuk mengakhiri sesi kerja.



Gambar 3. Flowchart Admin

B. Entity Relationship Diagram

Pada Gambar 4 menggambarkan struktur basis data sistem pakar yang terdiri dari entitas utama seperti diseases, symptoms, rules, users, dan diagnosis_history. Relasi antar entitas menunjukkan bagaimana data gejala, penyakit, aturan, dan pengguna saling terhubung untuk mendukung proses diagnosis.



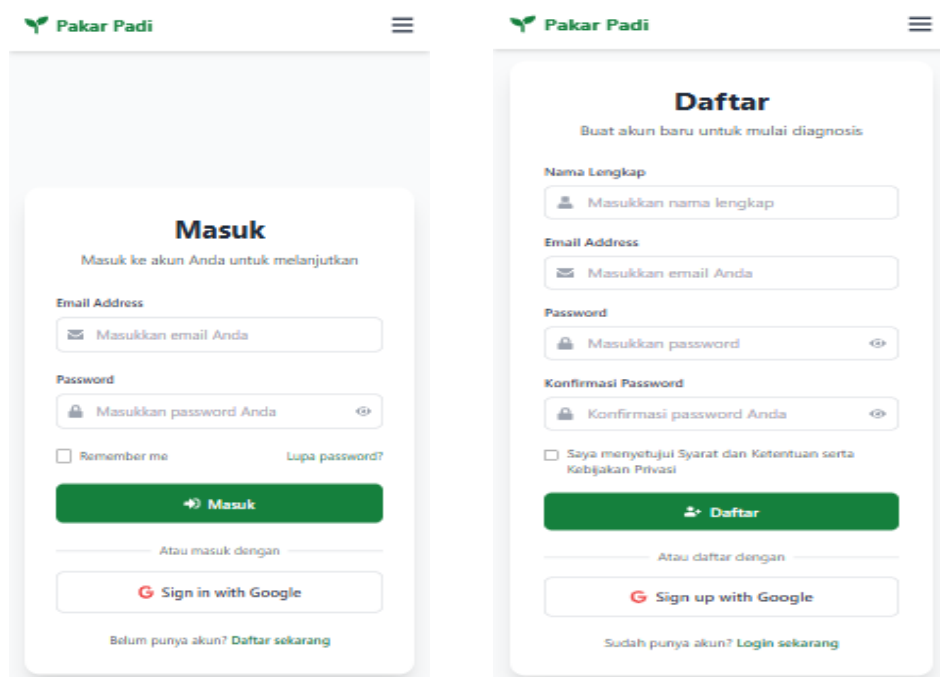
Gambar 4. Entity Relationship Diagram (ERD)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

1. Halaman Login dan Register

Pada Gambar 5 menampilkan halaman login dan register yang digunakan sebagai proses autentikasi pengguna. Halaman login digunakan oleh pengguna terdaftar untuk masuk ke sistem dengan email dan password, sedangkan halaman register digunakan oleh pengguna baru untuk membuat akun dengan mengisi data nama, email, dan password sebelum mengakses fitur diagnosis.



Gambar 5. Halaman Login & Register

2. Halaman Dashboard

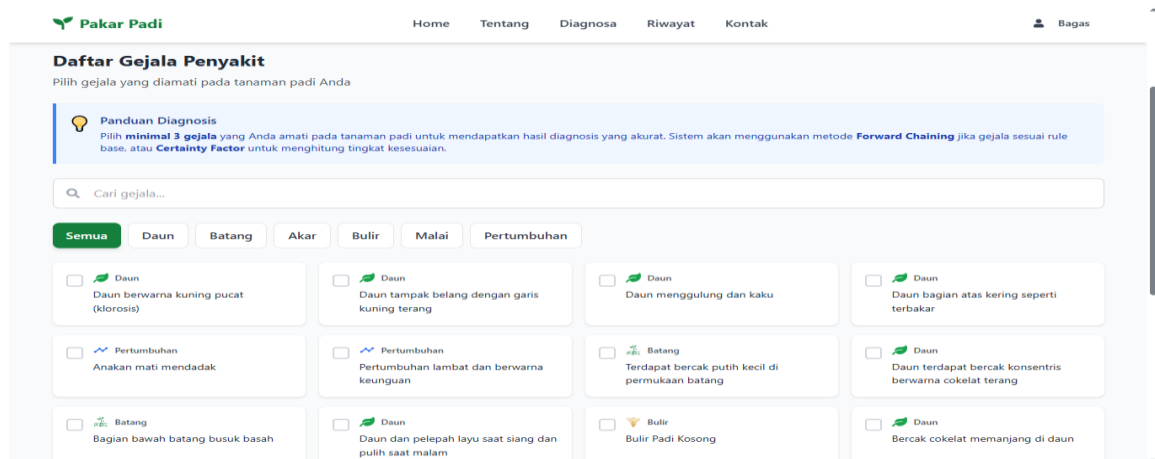
Pada Gambar 6 halaman dashboard berfungsi sebagai beranda utama yang memberikan gambaran singkat mengenai tujuan sistem serta menyediakan tombol untuk memulai proses diagnosa. Tampilan dirancang sederhana dan informatif agar pengguna dapat langsung mengakses fitur utama tanpa kebingungan.



Gambar 6. Halaman Dashboard

3. Halaman Diagnosa Penyakit

Pada Gambar 7 halaman diagnosa digunakan untuk melakukan input gejala yang diamati pada tanaman padi. Pengguna dapat memilih gejala melalui daftar yang dikelompokkan berdasarkan kategori seperti daun, batang, akar, dan pertumbuhan. Sistem menyediakan fitur pencarian dan filter untuk mempermudah pemilihan gejala. Halaman ini juga memuat panduan bahwa minimal tiga gejala harus dipilih untuk menghasilkan diagnosis yang akurat.



Gambar 7. Halaman Diagnosa

4. Halaman Hasil Diagnosa

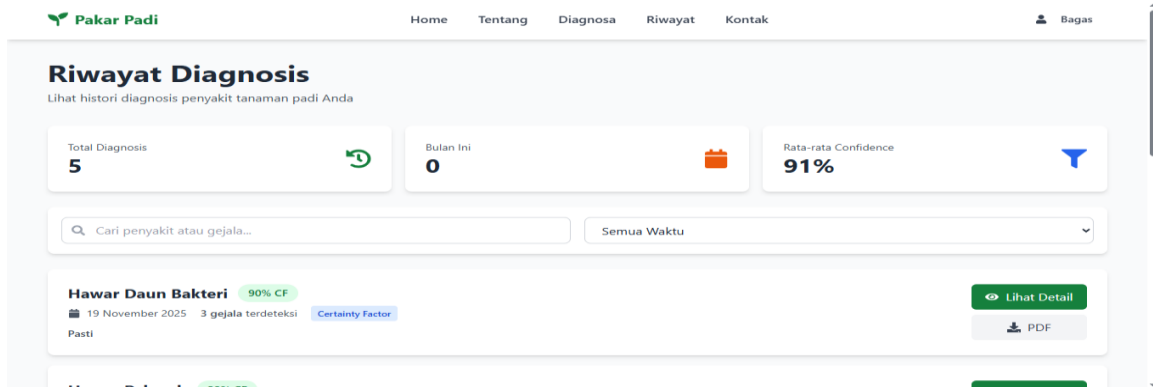
Pada Gambar 8 halaman hasil diagnosa menampilkan penyakit yang terdeteksi berdasarkan gejala yang dipilih pengguna, lengkap dengan tingkat keyakinan yang dihitung menggunakan metode Certainty Factor. Informasi tambahan seperti deskripsi penyakit serta langkah penanganan disajikan untuk membantu pengguna memahami kondisi tanaman dan tindakan yang perlu dilakukan. Tampilan dibuat lugas dan mudah dibaca agar pengguna dapat langsung memperoleh rekomendasi yang relevan setelah proses diagnosis selesai.



Gambar 8. Halaman Hasil Diagnosa

5. Halaman Riwayat Diagnosa

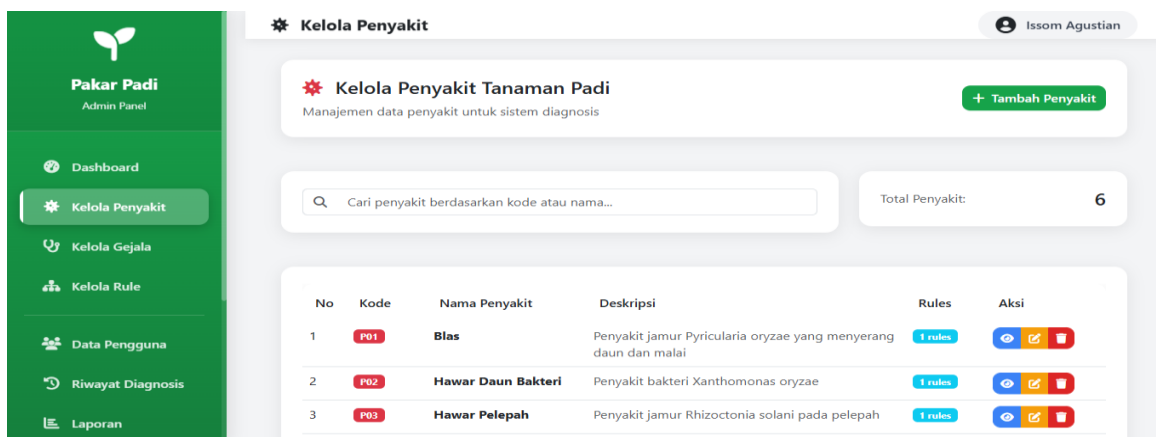
Pada Gambar 9 halaman riwayat diagnosa berfungsi menampilkan data histori diagnosis yang pernah dilakukan oleh pengguna. Informasi yang ditampilkan meliputi jenis penyakit, tanggal diagnosis, jumlah gejala terdeteksi, serta nilai kepercayaan hasil perhitungan system.



Gambar 9. Halaman Riwayat Diagnosa

6. Halaman Kelola Penyakit

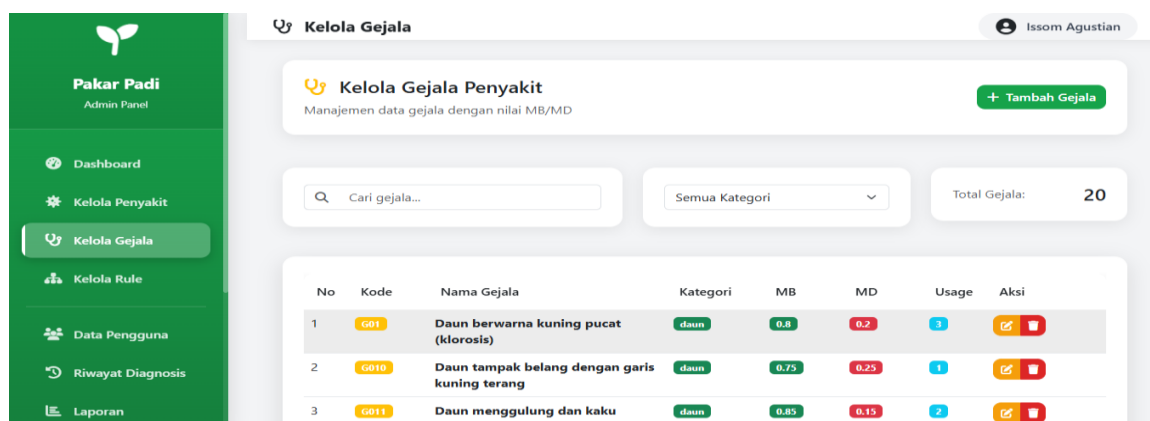
Pada Gambar 10 halaman kelola penyakit digunakan admin untuk mengelola data penyakit yang menjadi keluaran diagnosis sistem. Admin dapat menambahkan, mengubah, melihat, dan menghapus data penyakit, termasuk kode, nama, dan deskripsinya



Gambar 10. Halaman Kelola Penyakit

7. Halaman Kelola Penyakit

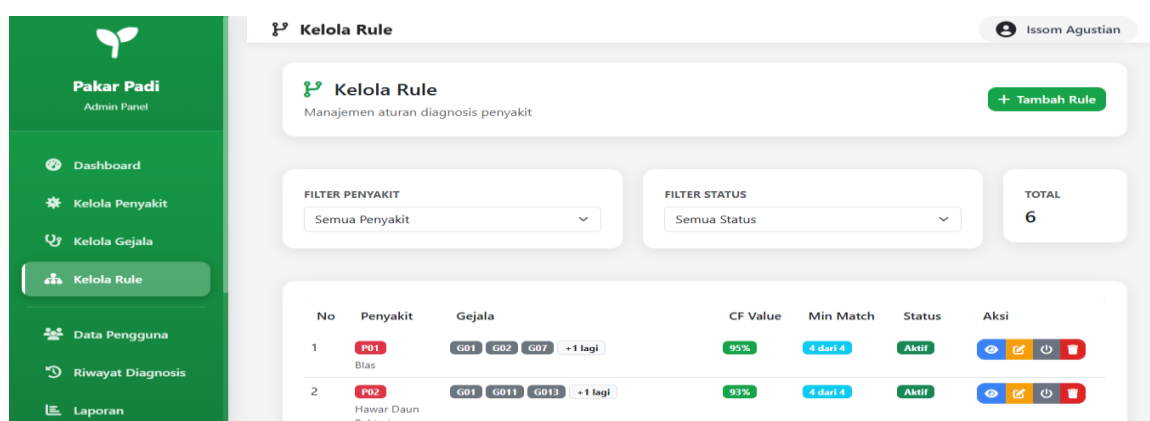
Pada Gambar 11 Halaman kelola gejala menyediakan fitur bagi admin untuk mengelola daftar gejala beserta nilai MB dan MD yang digunakan dalam perhitungan Certainty Factor. Admin dapat melakukan pencarian, menambah gejala baru, serta mengedit atau menghapus gejala yang sudah ada.



Gambar 11. Halaman Kelola Gejala

8. Halaman Kelola Rule

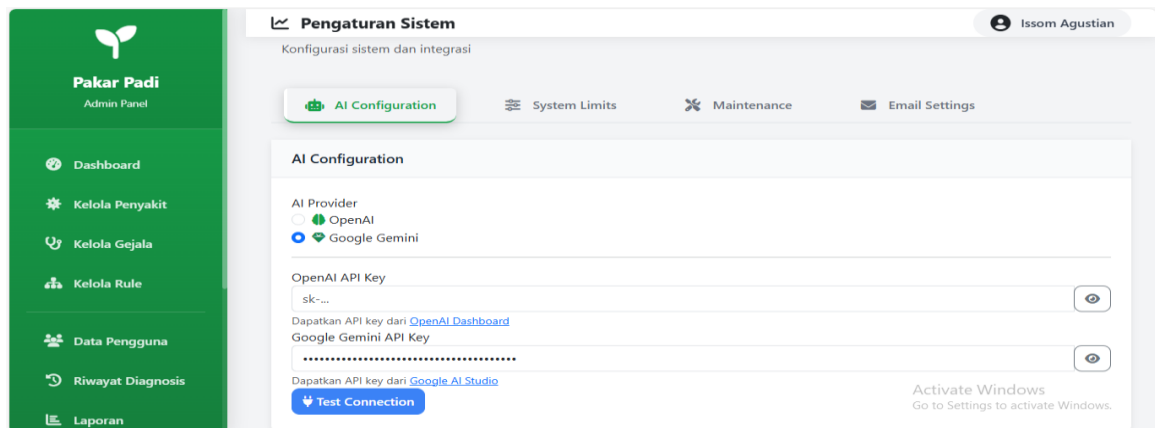
Pada Gambar 12 halaman kelola rule digunakan oleh admin untuk mengatur aturan diagnosis yang menghubungkan penyakit dengan gejala. Admin dapat menambah, mengubah, menonaktifkan, atau menghapus rule sesuai kebutuhan. Setiap rule menampilkan daftar gejala, nilai minimum kecocokan, status rule, serta nilai CF terkait. Halaman ini memastikan bahwa basis aturan sistem pakar selalu terstruktur dan mendukung proses inferensi secara konsisten.



Gambar 12. Halaman Kelola Rule

9. Halaman Kelola Rule

Pada Gambar 13 halaman Konfigurasi AI digunakan oleh admin untuk mengatur integrasi layanan AI pada sistem, termasuk pemilihan penyedia AI dan pengelolaan API key. Fitur pengujian koneksi disediakan untuk memastikan layanan AI dapat terkoneksi dan digunakan secara optimal dalam menghasilkan rekomendasi solusi diagnosis



Gambar 12. Halaman Konfigurasi AI

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai dengan kebutuhan, baik pada sisi pengguna maupun administrator. Pengujian meliputi proses autentikasi, pengelolaan data, serta proses diagnosis menggunakan metode hybrid Forward Chaining dan Certainty Factor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan keluaran sesuai dengan rancangan seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Black box Testing

Akses	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil
User	Login & Register	Pengguna melakukan registrasi dan login menggunakan akun valid	Sistem membuat akun dan mengarahkan ke dashboard	Berhasil
User	Dashboard	Membuka halaman utama	Informasi sistem tampil	Berhasil
User	Diagnosa	Memilih gejala dan memproses	Sistem menjalankan Forward Chaining & CF	Berhasil
User	Tingkat Keyakinan	Memilih nilai keyakinan gejala	Nilai CF dihitung dan ditampilkan	Berhasil
User	Hasil Diagnosis	Menyelesaikan proses diagnosa	Penyakit dan nilai CF tampil	Berhasil
User	Riwayat Diagnosis	Membuka halaman riwayat	Data riwayat tampil sesuai	Berhasil
Admin	Login Admin	Memasukkan kredensial admin	Dashboard admin tampil	Berhasil
Admin	Data Penyakit	Tambah, edit, hapus data	Data tersimpan di database	Berhasil
Admin	Data Gejala	CRUD gejala dan nilai MB MD	Data berhasil diperbarui	Berhasil
Admin	Rule Base	Tambah dan ubah rule	Rule tersimpan sesuai konfigurasi	Berhasil
Admin	Data Pengguna	Melihat dan mengelola user	Status pengguna berhasil diubah	Berhasil
Admin	Riwayat Diagnosa	Membuka histori diagnosis	Data histori tampil	Berhasil
Admin	Konfigurasi AI	Input API key dan test koneksi	Sistem menampilkan status koneksi	Berhasil
Admin	Logout	User/admin logout	Sistem kembali ke halaman login	Berhasil

Selain pengujian fungsional, dilakukan pula pengujian hasil diagnosis dengan membandingkan keluaran sistem terhadap penilaian pakar berdasarkan kombinasi gejala lengkap dan parsial. Pada kondisi gejala lengkap, metode Forward Chaining mampu menghasilkan diagnosis yang sesuai dengan aturan pada basis pengetahuan, sedangkan pada kondisi gejala parsial sistem tetap mampu memberikan hasil diagnosis melalui perhitungan Certainty Factor dengan tingkat keyakinan yang terukur. Hasil pengujian menunjukkan kesesuaian antara hasil sistem dan pakar, sehingga pendekatan hybrid yang diterapkan mampu meningkatkan fleksibilitas dan keandalan sistem dalam mendiagnosis penyakit tanaman padi seperti yang ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Hasil Diagnosa

Gejala yang diuji	Jenis Gejala	Hasil Sistem	Hasil Pakar	Keterangan
G01, G02, G03, G04, G05	Lengkap	Blas	Blas	Sesuai
G06, G07, G08, G09, G010	Lengkap	Hawar Daun Bakteri	Hawar Daun Bakteri	Sesuai
G011, G012, G013, G014, G015	Lengkap	Hawar Pelepah	Hawar Pelepah	Sesuai
G016, G017, G018, G019, G020	Lengkap	Bercak Cokelat	Bercak Cokelat	Sesuai
G021, G022, G023, G024, G025, G026	Lengkap	Tungro	Tungro	Sesuai
G027, G028, G029, G030, G014	Lengkap	Busuk Batang	Busuk Batang	Sesuai
G031, G032, G033, G034	Lengkap	Bercak Bergaris	Bercak Bergaris	Sesuai
G01, G02, G03	Parsial	Blas	Blas	Sesuai
G06, G07, G08	Parsial	Hawar Daun Bakteri	Hawar Daun Bakteri	Sesuai
G011, G012, G013	Parsial	Hawar Pelepah	Hawar Pelepah	Sesuai
G016, G017, G018	Parsial	Bercak Cokelat	Bercak Cokelat	Sesuai
G023, G025, G026	Parsial	Tungro	Tungro	Sesuai
G027, G028, G029	Parsial	Busuk Batang	Busuk Batang	Sesuai
G031, G032, G033	Parsial	Bercak Bergaris	Bercak Bergaris	Sesuai

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem pakar diagnosis penyakit tanaman padi berbasis web berhasil dikembangkan dengan menerapkan metode hybrid Forward Chaining dan Certainty Factor serta integrasi Artificial Intelligence sebagai pendukung rekomendasi solusi. Metode Forward Chaining digunakan untuk menentukan kandidat penyakit berdasarkan gejala yang dipilih pengguna, sedangkan Certainty Factor digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan diagnosis sehingga sistem mampu menangani kondisi gejala yang tidak lengkap secara lebih fleksibel. Hasil pengujian fungsional menggunakan black-box testing menunjukkan seluruh fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan, sementara pengujian hasil diagnosis pada 14 skenario gejala lengkap dan parsial menunjukkan kesesuaian antara hasil sistem dan pakar. Integrasi Artificial Intelligence tidak berperan sebagai penentu diagnosis, melainkan sebagai komponen pendukung yang memperkaya keluaran sistem berupa rekomendasi penanganan yang informatif. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu menjadi alat bantu diagnosis dini yang akurat, adaptif, dan mudah digunakan untuk mendukung proses identifikasi penyakit tanaman padi secara mandiri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama proses penelitian, serta kepada validator 1 dan validator 2 atas saran dan penilaian yang konstruktif dalam penyempurnaan penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Dr. Ir. Sutarman, MP selaku pakar tanaman padi yang telah membantu dalam proses pengumpulan data dan akuisisi pengetahuan, serta kepada Bapak Basuni sebagai pemilik lahan pertanian yang mendukung pelaksanaan penelitian di lapangan dan menjadi penerima implementasi

sistem pakar ini. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada teman-teman perkuliahan atas dukungan dan motivasi yang diberikan selama penelitian berlangsung. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Informatika Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan fasilitas dan lingkungan akademik yang mendukung terselenggaranya penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sistem pakar dan teknologi pertanian.

REFERENSI

- [1] Destri Nugrahni Halawa, “Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) Untuk Generasi Pertanian Indonesia,” Kebumen, Aug. 2024.
- [2] Iim Mucharam, Ernani Rustiadi, Akhmad Fauzi, And Harianto, “Signifikansi Pengembangan Indikator Pertanian Berkelanjutan Untuk Mengevaluasi Kinerja Pembangunan Pertanian Indonesia,” *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan*, Vol. 9, No. 2, Pp. 61–81, 2022.
- [3] Riza Mauliza, Sayed Achmady, And Zikrul Khalid, “Sistem Pakar Diagnosa Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Android,” *Jurnal Real Riset* |, Vol. 5, No. 1, Pp. 2774–7263, 2023, Doi: 10.47647/Jrr.
- [4] Erry Ika Rhofita, “Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia Untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan Dan Energi Nasional,” *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 28, No. 1, P. 82, May 2022, Doi: 10.22146/Jkn.71642.
- [5] Eko Martantoh, Purwanto, And Abidin Sumarnoaji, “Inovasi Pendidikan Nusantara Sistem Pakar Penyakit Pada Tanaman Padi Dengan Metode Naive Bayes,” Oct. 2024. [Online]. Available: <https://ejournals.com/ojs/index.php/Ip>
- [6] Sandi Ramadhan, Lutfi Afifah, Satriyo Restu Adhi, And Budi Irfan, “Intensitas Penyakit Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Varietas Ciherang Pada Aplikasi Beberapa Teknik Pengendalian,” Dec. 2023.
- [7] Utsman Waliyudin, “Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Padi Berbasis Website,” 2023.
- [8] Firgilius Jeraman, Nm Faizah, And Lucky Koryanto, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Padi Kecamatan Satarmese Kabupaten Manggarai Provinsi Nusa Tenggara Timur Berbasis Web Dengan Metode Forward Chaining,” *Computer Journal*, Vol. 1, No. 1, Pp. 73–81, Feb. 2023, Doi: 10.58477/Cj.V1i1.66.
- [9] A. Zaki, S. Defit, S. Sumijan, And R. Fauzana, “Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Untuk Mendeteksi Kerusakan Jaringan Internet (Studi Kasus : Di Layanan Internet Diskominfo Sumatera Barat),” *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, Vol. 9, No. 3, Pp. 227–236, Dec. 2023, Doi: 10.25077/Teknosi.V9i3.2023.227-236.
- [10] Anggi Nurul Fitriyani Az-Zahra, Aries Suharso, And Arip Solehudin, “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Ibu Hamil Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Website,” Vol. 7 No. 4, Pp. 2864–2869, Aug. 2023.
- [11] Muhammad Zam Pipiano, Safuan, And Akhmad Fathurrohman, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web (Studi Kasus: Penyakit Padi Di Desa Kenduren Kecamatan Wedung Kabupaten Demak),” *Jurnal Komputer Dan Teknologi Informasi*, Vol. 2, No. 1, Pp. 13–25, 2024, Doi: 10.26714/Jkti.V2i1.13899.Pp13-25.
- [12] Lucy Chania Agatha, Anita Desiani, And Bambang Suprihatin, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Certainty Factor,” Vol. 7, Pp. 57–69, 2023, [Online]. Available: www.journal.uniga.ac.id
- [13] Guslila Sari Nasution, “Sistem Pakar Dalam Mendiagnosis Hama Blas Dan Kresek Pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Forward Chaining,” *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, Aug. 2022, Doi: 10.37034/Jsisfotek.V4i4.144.
- [14] Vit Zuraida, Deddy Kusbianto, And Mohammad Reza Pahlevi, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Dan Hama Pada Tanaman Padi Dengan Metode Forward Chaining,” *Jurnal Minfo Polgan*, Vol. 12, No. 1, Pp. 378–384, May 2023, Doi: 10.33395/Jmp.V12i1.12437.
- [15] Ade Efiyanti, Umi Khoirun Nisa, Hindarto Hindarto, Marcella Indrawati, And Alidza Septiam Wulandari, “Deteksi Dini Penyakit Kekurangan Gizi (Stunting) Berbasis Web Menggunakan Metode Certainty Factor,” *Sainteks*, Vol. 21, No. 2, P. 91, Oct. 2024, Doi: 10.30595/Sainteks.V21i2.23845.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.