

IMPLEMENTASI METODE *FORWARD CHAINING* UNTUK DETEKSI DINI SERANGAN JAMUR PADA TANAMAN PADI BERDASARKAN GEJALA VISUAL

Bagus Sajiwo¹, Rendi Prasetya²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Indraprasta PGRI^{1,2}

Jalan Raya Tengah No 80, Kelurahan Gedong, Pasar Rebo, Jakarta Timur

bagusdepok07@gmail.com¹, prasetyarendi@gmail.com²

Abstrak

Tanaman padi (*Oryza sativa*) merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh serangan penyakit, khususnya penyakit yang disebabkan oleh infeksi jamur. Infeksi jamur pada tanaman padi sering sulit dideteksi secara dini karena kemiripan gejala visual antarjenis penyakit serta keterbatasan pengetahuan petani. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pakar berbasis metode forward chaining guna mendeteksi dini serangan jamur pada tanaman padi berdasarkan gejala visual. Metode forward chaining digunakan sebagai mekanisme inferensi dengan memanfaatkan aturan IF-THEN yang disusun berdasarkan wawancara dengan ahli pertanian dan studi literatur. Sistem pakar dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web dan dirancang menggunakan pemodelan UML. Data yang digunakan meliputi gejala visual, jenis jamur, dan metode pengendalian. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk memastikan fungsionalitas dan ketepatan diagnosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi jenis jamur pada tanaman padi dengan baik berdasarkan gejala yang diberikan serta menghasilkan rekomendasi pengendalian yang sesuai. Dengan demikian, sistem pakar ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi petani dalam mendeteksi dan menangani serangan jamur secara lebih cepat dan tepat.

Kata Kunci: sistem pakar, forward chaining, tanaman padi, penyakit jamur, gejala visual

Abstract

In Indonesia, Oryza sativa is a major food commodity, and disease attacks, particularly those caused by fungal infections, greatly affect its productivity. Fungal infections in rice plants are often difficult to detect early due to the similarity of visual symptoms among different types of diseases and the limited knowledge of farmers. This research aims to implement an expert system that uses the forward chaining method to detect fungal attacks on rice plants early, based on visual symptoms. The forward chaining method is used as an inference mechanism by utilizing IF-THEN rules compiled based on interviews with agricultural experts and literature studies. The expert system was developed in the form of a web-based application and designed using UML modeling. The data used includes visual symptoms, types of fungi, and control methods. System testing is conducted using the black-box testing method to ensure functionality and diagnostic accuracy. The research results indicate that the system is capable of identifying the type of fungus on rice plants well based on the given symptoms and producing appropriate control recommendations. Thus, this expert system is expected to become an effective tool for farmers in detecting and handling fungal attacks more quickly and accurately.

Keywords: expert system, forward chaining, rice plant, fungal disease, visual symptoms

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor pertanian sebagai penopang utama ketahanan pangan nasional. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan pangan terus meningkat, sehingga produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa*) harus dijaga secara optimal (Fitriyani dkk., 2019; Ningrat dkk., 2021). Padi merupakan komoditas strategis yang menjadi sumber pangan pokok masyarakat Indonesia dan memiliki peran penting dalam perekonomian nasional (Maksum dkk., 2019).

Produktivitas padi sering mengalami penurunan akibat serangan hama dan penyakit tanaman. Penyakit tanaman, khususnya yang disebabkan oleh infeksi jamur, dapat menurunkan hasil panen secara signifikan dan berpotensi menyebabkan gagal panen apabila tidak ditangani dengan tepat (Sánchez dkk., 2020; Wibowo & Sutikno, 2016). Infeksi jamur pada tanaman padi sering sulit dideteksi secara dini karena kemiripan gejala visual antarjenis penyakit serta keterbatasan pengetahuan petani dalam mengidentifikasi penyakit secara akurat.

Keterbatasan akses petani terhadap tenaga ahli pertanian mendorong perlunya solusi berbasis teknologi untuk membantu proses diagnosis penyakit tanaman. Sistem pakar merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan penalaran seorang ahli dengan memanfaatkan basis pengetahuan dan mekanisme inferensi (Alacsel, 2023; Raharjo, 2023). Salah satu metode inferensi yang banyak digunakan dalam sistem pakar adalah forward chaining, yaitu metode penalaran yang dimulai dari fakta atau gejala untuk menghasilkan suatu kesimpulan (Zaki dkk., 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pakar berbasis metode forward chaining guna mendeteksi dini serangan jamur pada tanaman padi berdasarkan gejala visual, sehingga dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan pengendalian penyakit secara lebih cepat dan tepat.

PENELITIAN RELEVAN

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait penerapan sistem pakar dalam diagnosis penyakit tanaman. Putra dan Lestari (2022) menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis aturan IF-THEN efektif digunakan untuk mendeteksi penyakit tanaman padi karena memiliki tingkat interpretabilitas yang tinggi dan mudah dipahami oleh pengguna. Zaki dkk. (2023) juga membuktikan bahwa metode forward chaining mampu menghasilkan diagnosis penyakit tanaman secara sistematis berdasarkan gejala yang diberikan.

Goda dan Bay (2024) melalui studi literatur sistematis menyimpulkan bahwa metode forward chaining masih relevan dan banyak digunakan dalam sistem pakar diagnosis penyakit tanaman karena bersifat transparan dan tidak memerlukan data pelatihan dalam jumlah besar. Selain itu, penelitian berbasis pengolahan citra juga menunjukkan potensi besar dalam deteksi penyakit tanaman padi, seperti yang ditunjukkan oleh Alsakar dkk. (2024) dan Zhao dkk. (2024). Namun, pendekatan tersebut memerlukan sumber daya komputasi dan dataset yang lebih kompleks dibandingkan sistem pakar berbasis aturan.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan aplikatif, yang bertujuan menghasilkan solusi praktis berbasis teknologi informasi untuk mendukung proses diagnosis penyakit tanaman (Sugiyono, 2020).

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pancoran Mas, Kota Depok, Jawa Barat, pada bulan Oktober 2024 hingga Januari 2025.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan sistem pakar deteksi dini serangan jamur pada tanaman padi berbasis metode forward chaining. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perumusan Masalah

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi petani padi, yaitu kesulitan dalam mendeteksi dini serangan jamur akibat kemiripan gejala visual dan keterbatasan

- pengetahuan. Permasalahan ini menjadi dasar dalam penentuan tujuan dan ruang lingkup penelitian.
2. Pengumpulan Data
 Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan ahli pertanian dan studi literatur. Data yang dikumpulkan meliputi jenis jamur yang menyerang tanaman padi, gejala visual yang muncul, serta metode pengendalian yang direkomendasikan. Studi literatur digunakan untuk memperoleh referensi terkait penyakit tanaman padi, sistem pakar, serta metode *forward chaining* (Sari dkk., 2020).
 3. Analisis Penyelesaian Masalah
 Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan untuk menentukan hubungan antara gejala, jenis jamur, dan pengendalian. Hasil analisis digunakan untuk menyusun struktur basis pengetahuan dan aturan (rule) sistem pakar.
 4. Perancangan Basis Pengetahuan
 Basis pengetahuan dirancang dalam bentuk aturan IF–THEN yang merepresentasikan pengetahuan pakar. Sistem pakar diimplementasikan menggunakan metode *forward chaining* sebagai mekanisme inferensi, di mana proses penalaran dimulai dari gejala sebagai fakta awal hingga menghasilkan kesimpulan diagnosis (Zaki dkk., 2023).
 5. Implementasi Metode *Forward Chaining*
 Metode *forward chaining* diimplementasikan sebagai mekanisme inferensi dalam sistem pakar. Proses inferensi dimulai dari input gejala sebagai fakta awal, kemudian sistem menelusuri aturan secara bertahap hingga diperoleh kesimpulan diagnosis.
 6. Perancangan dan Implementasi Sistem
 Sistem pakar dirancang menggunakan pemodelan UML dan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis *web*. Tahap ini mencakup perancangan antarmuka pengguna, basis data, serta integrasi metode *forward chaining* ke dalam sistem.
 7. Pengujian dan Evaluasi Sistem
 Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black-box testing* untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Febiharsa dkk., 2019). Evaluasi juga dilakukan untuk menilai kesesuaian hasil diagnosis sistem dengan pengetahuan pakar.
 8. Penarikan Kesimpulan
 Tahap akhir dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi sistem. Kesimpulan digunakan untuk menilai keberhasilan sistem dalam mencapai tujuan penelitian.

Perancangan Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan direpresentasikan dalam bentuk aturan IF–THEN yang menghubungkan gejala visual dengan jenis jamur dan metode pengendalian. Berdasarkan hasil pengumpulan data melalui wawancara dengan ahli pertanian dan studi literatur, diperoleh data set gejala yang digunakan sebagai dasar dalam proses diagnosis serangan jamur pada tanaman padi. Data set tersebut disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data Set Gejala, Jamur, dan Pengendalian

No	Jenis Jamur	Gejala Visual Infeksi	Pengendalian
1	<i>Cercospora oryzae</i>	1) Muncul bercak-bercak kecil pada daun 2) Jaringan daun mati di sekitar bercak 3) Daun menguning, kering, dan rontok	1) Pengelolaan irigasi dan drainase yang baik 2) Menghindari genangan air 3) Pengaturan jarak tanam untuk sirkulasi udara 4) Penyemprotan fungisida (propiconazole, tebuconazole, atau chlorothalonil)
2	<i>Fusarium sp.</i>	1) Bibit terhambat pertumbuhannya 2) Daun menguning dan agak layu 3) Jaringan batang membusuk 4) Pembusukan akar	1) Rotasi tanaman 2) Pemberian fungisida 3) Pengendalian gulma 4) Pemeriksaan rutin
3	<i>Helminthosporium</i>	Bercak pada daun berwarna kuning dan	1) Varietas padi tahan penyakit

No	Jenis Jamur	Gejala Visual Infeksi	Pengendalian
	<i>sp.</i>	dikelilingi warna coklat berbentuk bulat	2) Penghancuran sisa tanaman terinfeksi 3) Fungisida (tricyclazole atau propiconazole) 4) Pemupukan seimbang 5) Pengaturan jarak tanam
4	<i>Rhizoctonia sp.</i>	1) Bercak coklat pada daun di pangkal batang lalu menyebar 2) Pertumbuhan tanaman terhambat dan layu	1) Pestisida nabati (daun mimba) 2) Menghindari penanaman terlalu rapat 3) Fungisida (pyraclostrobin, fluazinam, tricyclazole, atau prochloraz) 4) Pembakaran sisa tanaman 5) Rotasi tanaman

Tabel 1 menyajikan jenis jamur yang umum menyerang tanaman padi beserta gejala visual yang ditimbulkan dan metode pengendalian yang direkomendasikan. Data gejala pada tabel tersebut digunakan sebagai fakta awal dalam sistem pakar dan menjadi acuan utama dalam penyusunan aturan IF–THEN serta proses inferensi menggunakan metode forward chaining. Penyajian data ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki basis pengetahuan yang terstruktur dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

Berdasarkan data set gejala yang telah disusun, selanjutnya dirancang aturan (rule) dalam bentuk IF–THEN sebagai representasi pengetahuan pakar untuk mendukung proses diagnosis. Aturan-aturan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Aturan (Rule) IF–THEN Sistem Pakar

Kode Rule	IF (Gejala)	THEN (Diagnosis)	Rekomendasi Pengendalian
R1	Bibit terhambat, daun menguning dan layu, batang membusuk	<i>Fusarium sp.</i>	Rotasi tanaman, fungisida, pengendalian gulma
R2	Bercak kuning pada daun dikelilingi coklat berbentuk bulat	<i>Helminthosporium sp.</i>	Varietas tahan, fungisida, pemupukan seimbang
R3	Bercak coklat di pangkal batang menyebar, tanaman layu	<i>Rhizoctonia sp.</i>	Pestisida nabati, fungisida, rotasi tanaman
R4	Bercak kecil, jaringan daun mati, daun menguning dan rontok	<i>Cercospora oryzae</i>	Drainase baik, jarak tanam, fungisida

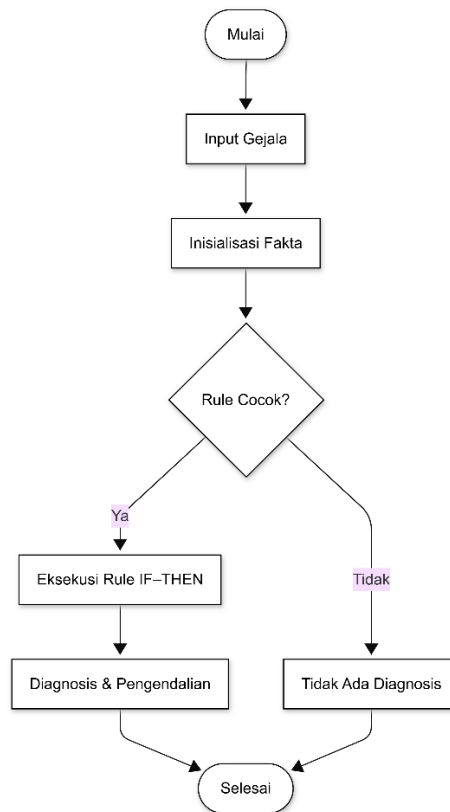
Tabel 2 menyajikan aturan IF–THEN yang digunakan dalam sistem pakar untuk mendeteksi serangan jamur pada tanaman padi. Bagian IF pada setiap aturan merepresentasikan kombinasi gejala visual yang diamati, sedangkan bagian THEN menunjukkan hasil diagnosis berupa jenis jamur beserta rekomendasi pengendalian yang sesuai. Aturan-aturan ini menjadi dasar dalam proses inferensi menggunakan metode forward chaining, di mana sistem melakukan penalaran secara bertahap dari fakta awal menuju kesimpulan diagnosis (Goda & Bay, 2024; Zaki dkk., 2023). Penyusunan aturan IF–THEN memungkinkan proses diagnosis dilakukan secara sistematis dan transparan sesuai dengan konsep sistem pakar berbasis aturan.

Algoritma Forward Chaining

Setelah basis pengetahuan dan aturan IF–THEN disusun, tahap selanjutnya adalah penerapan algoritma inferensi untuk melakukan proses diagnosis. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah forward chaining, yang berfungsi untuk menelusuri fakta awal berupa gejala visual hingga menghasilkan kesimpulan diagnosis. Alur kerja algoritma forward chaining yang diterapkan dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menggambarkan alur inferensi forward chaining yang dimulai dari input gejala sebagai fakta awal, kemudian sistem mencocokkan fakta tersebut dengan kondisi IF pada setiap aturan dalam basis pengetahuan. Apabila seluruh kondisi dalam suatu aturan terpenuhi, maka aturan tersebut dieksekusi untuk menghasilkan kesimpulan diagnosis dan rekomendasi pengendalian. Proses ini berlangsung secara iteratif hingga diperoleh hasil diagnosis atau tidak ditemukan aturan

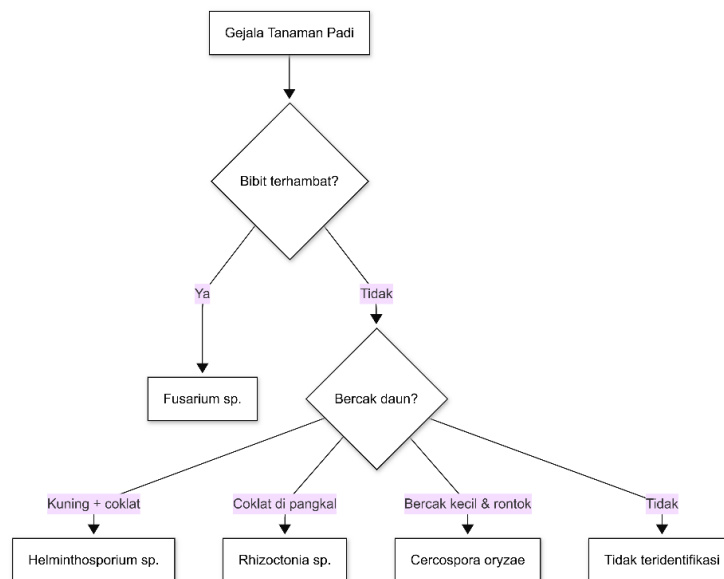
yang sesuai. Mekanisme ini sejalan dengan konsep *data-driven reasoning* pada sistem pakar berbasis aturan (Goda & Bay, 2024; Zaki dkk., 2023).



Gambar 1. Alur Inferensi Algoritma *Forward Chaining*

Pohon Keputusan

Untuk memperjelas proses penalaran sistem pakar dalam menentukan diagnosis serangan jamur pada tanaman padi, aturan IF-THEN yang telah disusun divisualisasikan dalam bentuk pohon keputusan (*decision tree*). Pohon keputusan ini digunakan untuk menggambarkan alur pengambilan keputusan berdasarkan gejala visual yang diamati. Struktur pohon keputusan yang diterapkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

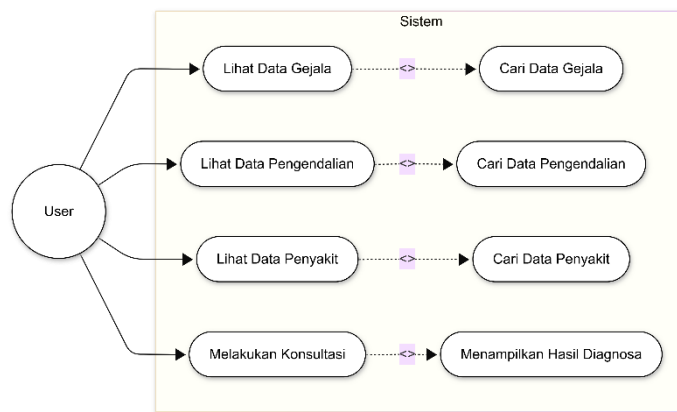


Gambar 2. Pohon Keputusan

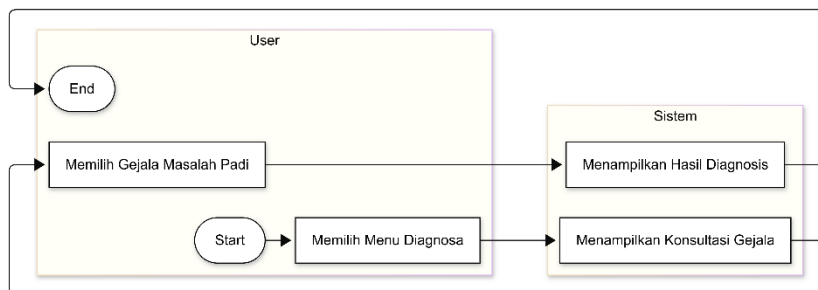
Gambar 2 menunjukkan pohon keputusan yang merepresentasikan proses inferensi metode *forward chaining*, di mana setiap simpul keputusan menggambarkan kondisi gejala visual, sedangkan simpul akhir menunjukkan hasil diagnosis jenis jamur. Proses penalaran dimulai dari gejala awal yang dipilih oleh pengguna dan dilanjutkan dengan penelusuran cabang-cabang keputusan hingga diperoleh kesimpulan diagnosis. Visualisasi pohon keputusan ini membantu memperjelas hubungan antara gejala dan jenis jamur, serta memudahkan pemahaman alur diagnosis baik bagi pengguna maupun pengembang sistem. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *rule-based reasoning* pada sistem pakar berbasis aturan (Putra & Lestari, 2022; Zaki dkk., 2023).

Perancangan Sistem (UML)

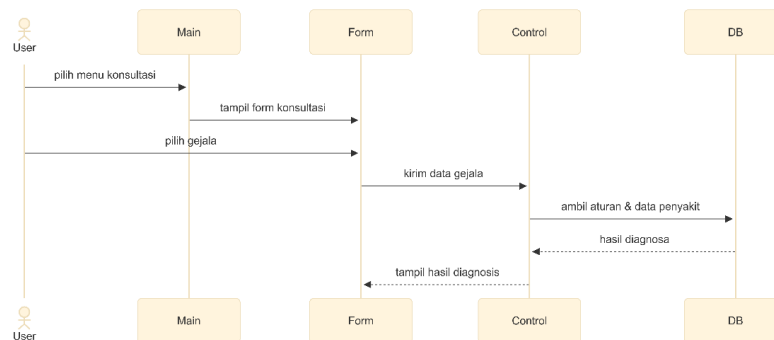
Perancangan sistem dilakukan menggunakan UML yang meliputi Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, dan Class Diagram.



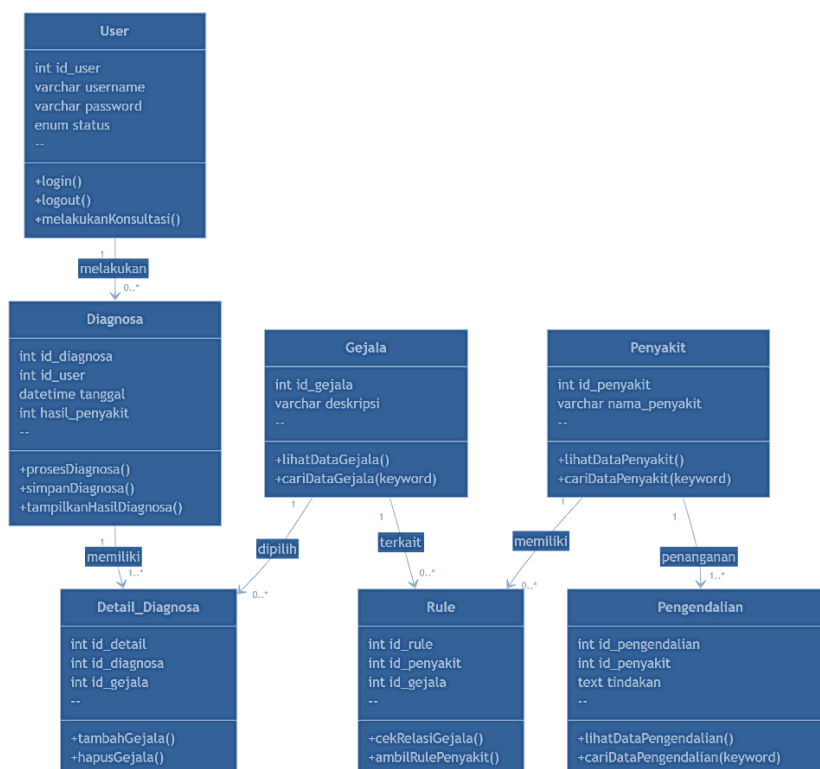
Gambar 3. Use Case Diagram



Gambar 4. Activity Diagram



Gambar 5. Sequence Diagram



Gambar 6. Class Diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pakar yang dikembangkan pada penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi infeksi jamur pada tanaman padi berdasarkan gejala visual yang diamati oleh pengguna. Sistem ini dibangun dengan memanfaatkan metode forward chaining sebagai mekanisme inferensi yang bekerja berdasarkan aturan IF–THEN yang telah disusun dari pengetahuan pakar dan studi literatur.

Proses diagnosis dimulai ketika pengguna memasukkan gejala yang muncul pada tanaman padi melalui antarmuka sistem. Gejala tersebut kemudian diproses sebagai fakta awal (*initial facts*) dalam basis pengetahuan. Sistem selanjutnya melakukan proses penelusuran aturan secara bertahap hingga ditemukan aturan yang sesuai dengan gejala yang dimasukkan. Hasil akhir dari proses inferensi berupa diagnosis jenis jamur yang menyerang tanaman padi serta rekomendasi pengendalian yang dapat dilakukan.

Struktur hubungan antara gejala, jenis jamur, dan pengendalian direpresentasikan dalam bentuk data set gejala dan aturan IF–THEN yang menjadi basis pengetahuan sistem. Visualisasi proses penalaran sistem juga digambarkan melalui pohon keputusan dan alur inferensi *forward chaining* yang telah dirancang pada tahap perancangan sistem.

Berdasarkan aturan yang telah disusun, sistem mampu mengidentifikasi beberapa jenis jamur yang umum menyerang tanaman padi, yaitu *Fusarium sp.*, *Helminthosporium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, dan *Cercospora oryzae*. Setiap jenis jamur memiliki kombinasi gejala yang berbeda sehingga sistem dapat menentukan diagnosis berdasarkan kecocokan gejala yang dipilih oleh pengguna.

Sebagai contoh, apabila pengguna memilih gejala berupa bibit terhambat pertumbuhannya, daun menguning dan agak layu, serta jaringan batang terinfeksi membusuk, maka sistem akan mengeksekusi aturan yang mengarah pada diagnosis infeksi *Fusarium sp.* Sistem kemudian menampilkan informasi mengenai jenis penyakit serta rekomendasi pengendalian yang dapat dilakukan oleh pengguna.

Proses ini dilakukan secara otomatis oleh sistem menggunakan mekanisme *forward chaining*, yaitu penalaran yang dimulai dari fakta awal menuju kesimpulan berdasarkan aturan yang tersedia dalam basis pengetahuan.

Untuk memastikan bahwa aturan yang telah disusun dapat menghasilkan diagnosis yang sesuai, dilakukan pengujian terhadap setiap aturan yang terdapat dalam basis pengetahuan. Pengujian dilakukan dengan memasukkan kombinasi gejala yang sesuai dengan kondisi pada bagian IF dari setiap aturan. Hasil pengujian rule deteksi jamur ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rule Deteksi Jamur

Gejala yang Diuji	Hasil Diagnosis	Hasil Yang Diinginkan	Status
Bibit terhambat, daun menguning dan layu, batang membusuk	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	Berhasil
Bercak kuning dikelilingi coklat bulat	<i>Helminthosporium sp.</i>	<i>Helminthosporium sp.</i>	Berhasil
Bercak coklat menyebar dari pangkal batang, tanaman layu	<i>Rhizoctonia sp.</i>	<i>Rhizoctonia sp.</i>	Berhasil
Bercak kecil, jaringan mati, daun rontok	<i>Cercospora oryzae</i>	<i>Cercospora oryzae</i>	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, setiap aturan dalam sistem dapat dijalankan dengan baik dan menghasilkan diagnosis yang sesuai dengan gejala yang dimasukkan. Misalnya, kombinasi gejala berupa bibit terhambat pertumbuhannya, daun menguning dan layu, serta jaringan batang membusuk menghasilkan diagnosis infeksi *Fusarium sp.*. Demikian pula pada aturan lainnya yang mampu menghasilkan diagnosis *Helminthosporium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, dan *Cercospora oryzae* sesuai dengan gejala yang dipilih.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa aturan IF-THEN yang digunakan dalam sistem pakar telah mampu merepresentasikan pengetahuan pakar dengan baik sehingga proses inferensi dapat berjalan secara akurat.

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Metode pengujian yang digunakan adalah *black box testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada pengujian fungsi sistem berdasarkan input dan output yang dihasilkan tanpa memperhatikan proses internal sistem. Hasil pengujian fungsional aplikasi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Black Box*

No	Skenario Pengujian	Input / Aksi	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Login pengguna	Input username dan password, klik login	Sistem menampilkan halaman utama	Berhasil masuk ke sistem	Berhasil
2	Input data penyakit	Mengisi dan menyimpan data penyakit	Data penyakit tersimpan di basis data	Data berhasil disimpan	Berhasil
3	Input data gejala	Mengisi dan menyimpan data gejala	Data gejala tersimpan di basis data	Data berhasil disimpan	Berhasil
4	Input data pengendalian	Mengisi dan menyimpan data pengendalian	Data pengendalian tersimpan	Data berhasil disimpan	Berhasil
5	Pemilihan ID gejala	Klik tombol ID gejala	Sistem menyimpan gejala terpilih	Gejala berhasil dipilih	Berhasil
6	Hapus data	Klik tombol hapus pada data	Data terhapus dari sistem	Data berhasil dihapus	Berhasil
7	Edit data	Klik tombol edit dan simpan perubahan	Data diperbarui sesuai input	Data berhasil diperbarui	Berhasil
8	Proses diagnosis	Memilih gejala dan klik diagnosa	Sistem menampilkan hasil diagnosis	Diagnosis tampil sesuai rule	Berhasil
9	Logout pengguna	Klik tombol logout	Sistem keluar dari aplikasi	Logout berhasil	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, seluruh fitur utama sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan skenario pengujian yang telah dirancang. Sistem mampu menerima input dari pengguna,

memproses data gejala, serta menampilkan hasil diagnosis yang sesuai dengan aturan yang terdapat dalam basis pengetahuan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Putra dan Lestari (2022) yang menyatakan bahwa sistem pakar berbasis aturan efektif untuk diagnosis penyakit tanaman padi. Selain itu, pendekatan berbasis aturan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki keunggulan dalam hal transparansi dibandingkan metode berbasis pembelajaran mesin yang bersifat *black-box* (Goda & Bay, 2024). Dengan demikian, sistem yang dikembangkan lebih mudah dipahami dan diterapkan oleh petani di lapangan.

Selain pengujian fungsional, dilakukan pula analisis terhadap proses inferensi menggunakan metode *forward chaining*. Metode ini bekerja dengan mencocokkan fakta berupa gejala yang dipilih pengguna dengan aturan yang terdapat dalam basis pengetahuan.

Perhitungan tingkat kecocokan gejala terhadap suatu aturan dilakukan menggunakan rumus:

$$P = \frac{X}{N} \times 100\%$$

dengan keterangan:

P = probabilitas kecocokan

X = jumlah gejala yang terdeteksi

N = jumlah total gejala dalam suatu aturan

Sebagai contoh, pada aturan pertama yang berkaitan dengan infeksi *Fusarium sp.*, jumlah gejala yang terdeteksi adalah tiga dari tiga gejala yang terdapat dalam aturan sehingga menghasilkan nilai probabilitas:

$$P = \frac{3}{3} \times 100\% = 100\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa gejala yang dipilih sepenuhnya sesuai dengan aturan yang telah ditentukan dalam basis pengetahuan. Dengan demikian, sistem menetapkan diagnosis bahwa tanaman padi mengalami infeksi *Fusarium sp.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode *forward chaining* pada sistem pakar dapat membantu proses diagnosis penyakit tanaman padi secara sistematis berdasarkan gejala yang diamati. Sistem mampu menghubungkan gejala dengan jenis jamur yang sesuai melalui aturan IF-THEN yang telah disusun sebelumnya.

Keunggulan dari metode ini adalah proses penalaran yang transparan dan mudah dipahami karena setiap keputusan yang dihasilkan dapat ditelusuri kembali berdasarkan aturan yang digunakan. Hal ini menjadi salah satu kelebihan sistem pakar berbasis aturan dibandingkan metode berbasis pembelajaran mesin yang sering kali bersifat *black-box*.

Dengan adanya sistem ini, pengguna terutama petani dapat memperoleh informasi awal mengenai jenis penyakit yang menyerang tanaman padi serta tindakan pengendalian yang dapat dilakukan. Oleh karena itu, sistem pakar yang dikembangkan pada penelitian ini berpotensi menjadi alat bantu dalam mendukung pengambilan keputusan pada pengelolaan penyakit tanaman padi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar berbasis metode *forward chaining* berhasil diimplementasikan untuk mendeteksi dini serangan jamur pada tanaman padi berdasarkan gejala visual yang diamati oleh pengguna. Sistem ini mampu merepresentasikan pengetahuan pakar dalam bentuk aturan IF-THEN serta melakukan proses inferensi secara sistematis untuk menghasilkan diagnosis jenis jamur dan rekomendasi pengendalian yang sesuai. Hasil pengujian rule menunjukkan bahwa setiap aturan yang telah disusun dapat dijalankan dengan baik dan menghasilkan diagnosis yang sesuai dengan gejala yang

diberikan. Selain itu, hasil pengujian sistem menggunakan metode *black box testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama aplikasi berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dengan demikian, sistem pakar yang dikembangkan dapat menjadi alat bantu bagi petani dalam mengidentifikasi penyakit tanaman padi secara lebih cepat dan tepat. Untuk penelitian selanjutnya, sistem ini dapat dikembangkan dengan menambahkan lebih banyak jenis penyakit tanaman padi, memperluas basis pengetahuan dengan gejala yang lebih beragam, serta mengintegrasikan metode lain atau teknologi berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi diagnosis dan kemampuan sistem dalam mendukung pengambilan keputusan di bidang pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alacsel. (2023). Expert Systems: Concepts, Applications, and Development. *International Journal of Computer Science and Applications*, 15(2), 45–53.
- Alsakar, Y. M., Al-Ashhab, M., & Hassan, M. (2024). An Enhanced Classification System of Rice Plant Leaf Diseases Using Visual Features. *Scientific Reports*, 14, 1–15.
- Febiharsa, D., Hidayat, R., & Prasetyo, E. (2019). Pengujian Perangkat Lunak Menggunakan Metode Black Box Testing. *Jurnal Teknologi Informasi*, 6(2), 45–52.
- Fitriyani, R., Handayani, S., & Lestari, D. (2019). Ketahanan Pangan dan Peran Sektor Pertanian dalam Pembangunan Nasional. *Jurnal Pangan*, 28(3), 201–210.
- Goda, K. D., & Bay, J. R. (2024). Forward Chaining Method in Expert System for Diagnosing Pests and Plant Diseases: A Systematic Literature Review. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*, 6(1), 22–34.
- Maksum, A., Nurhayati, E., & Prasetyo, B. (2019). *Ilmu Pangan dan Gizi*. Prenadamedia Group.
- Ningrat, I. A. A. A., Suryani, N. K., & Putra, I. G. A. (2021). Analisis Produksi Padi dan Kesejahteraan Petani di Indonesia. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 9(2), 115–124.
- Putra, A. R., & Lestari, D. (2022). Rule-Based Expert System for Early Detection of Rice Plant Diseases. *International Journal of Agricultural Informatics*, 10(1), 21–30.
- Raharjo, S. (2023). Pengembangan Sistem Pakar Berbasis Aturan untuk Diagnosis Penyakit Tanaman. *Jurnal Sistem Informasi dan Komputasi*, 8(1), 1–10.
- Sánchez, J. L., Pérez, M., & Torres, R. (2020). Fungal Diseases in Rice Crops: Detection and Management Strategies. *Plant Pathology Journal*, 19(4), 233–245.
- Sari, N. P., Wibowo, A., & Kurniawan, D. (2020). Studi Literatur sebagai Metode Pengumpulan Data dalam Penelitian Ilmiah. *Jurnal Pendidikan dan Penelitian*, 5(2), 120–128.
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Wibowo, A., & Sutikno. (2016). Hama dan Penyakit Tanaman serta Dampaknya terhadap Produktivitas Pertanian. *Jurnal Proteksi Tanaman*, 4(1), 15–23.
- Zaki, M., Pratama, R., & Hidayat, A. (2023). Implementation of Forward Chaining Method in Expert Systems for Plant Disease Diagnosis. *Journal of Information Systems and Technology*, 7(2), 55–63.
- Zhao, D., Li, X., Wang, Y., & Chen, H. (2024). Early Detection of Rice Leaf Blast Disease Using a Leaf Blast-Specific Spectral Index. *Agronomy*, 14(3), 602. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030602>