

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit dan Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kopi Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web

Aprizal Dwi Putra¹, Ryan Aji Wijaya²

^{1,2}Sistem dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Kotabumi
Jl. Hasan Kepala Ratu No.1052, Sindang Sari, Kec. Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara, Lampung, Indonesia - 34517

¹apriz.2159201069@umko.ac.id, ²ryan.aji.wijaya@umko.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.58918/lofian.v6i1.299>

Corresponding Author:

Aprizal Dwi Putra
apriz.2159201069@umko.ac.id

History:

Submitted: 26-08-2026
Accepted: 29-08-2026
Published: 31-08-2026

License:



Abstract

Coffee is a commodity that plays a strategic role in the economy; however, its productivity often declines due to disease outbreaks and improper fertilization practices. A shortage of agricultural experts in Sumber Tani Village often results in delayed responses by farmers to these issues. This study aims to develop a web-based expert system capable of diagnosing diseases and providing fertilization recommendations for coffee plants quickly and accurately. The system was developed using the Waterfall method, ensuring a structured software development process covering requirements, design, coding, and testing. To handle the diagnosis of disease symptoms, the study employs the Certainty Factor (CF) method. This method processes confidence values from both experts and users to generate a diagnostic conclusion along with a corresponding confidence level. The resulting web-based expert system was tested using the Black Box Testing method to verify proper functionality and assess diagnostic accuracy against real-world field data. Implementation results demonstrate that the expert system effectively replicates expert knowledge, thereby assisting farmers in Sumber Tani Village to independently take preventive measures against coffee plant diseases and optimize fertilization dosages to increase agricultural yields.

Keywords: Expert System, Certainty Factor, Coffee Plants, Waterfall Method, Web-based.

Abstrak

Komoditas kopi memiliki peran strategis dalam menopang perekonomian, namun produktivitasnya seringkali menurun akibat serangan penyakit dan pola pemupukan yang kurang tepat. Keterbatasan jumlah pakar pertanian di Desa Sumber Tani menyebabkan petani sering terlambat dalam melakukan penanggulangan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem pakar berbasis web yang dapat mendiagnosis penyakit sekaligus memberikan rekomendasi pemupukan tanaman kopi secara cepat dan akurat. Sistem ini dikembangkan menggunakan metode *Waterfall*, yang menjamin tahapan pengembangan perangkat lunak berjalan secara terstruktur mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, pengodean, hingga pengujian. Untuk mengatasi ketidakpastian dalam proses diagnosis gejala penyakit, penelitian ini menerapkan metode *Certainty Factor* (CF). Metode ini mengolah nilai keyakinan dari pakar dan pengguna untuk menghasilkan kesimpulan diagnosis beserta persentase tingkat keyakinannya. Sistem pakar berbasis *web* yang dihasilkan diuji menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan fungsionalitas sistem berjalan dengan baik, serta uji akurasi sistem terhadap data riil di lapangan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem pakar ini mampu menduplikasi pengetahuan pakar secara efektif, sehingga dapat membantu petani di Desa Sumber Tani dalam melakukan tindakan preventif secara mandiri terhadap penyakit tanaman kopi dan mengoptimalkan dosis pemupukan demi meningkatkan hasil produksi pertanian.

Kata Kunci: Sistem Pakar, Certainty Factor, Tanaman Kopi, Metode Waterfall, Berbasis Web.

1. Pendahuluan

Komoditas kopi merupakan salah satu sektor perkebunan unggulan yang memiliki peran strategis dalam menopang perekonomian[1], baik sebagai sumber pendapatan petani maupun sebagai komoditas ekspor. Namun, dalam proses budidayanya, produktivitas tanaman kopi seringkali mengalami penurunan yang signifikan akibat serangan berbagai jenis penyakit dan pola pemupukan yang kurang tepat. Ketidakmampuan mendeteksi gejala penyakit secara dini serta kekeliruan dalam menentukan dosis pupuk berisiko menyebabkan gagal panen dan kerugian finansial yang besar bagi para petani [2]. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimalisasi perawatan tanaman kopi agar kualitas dan kuantitas hasil produksi tetap terjaga secara berkelanjutan.

Di wilayah Desa Sumber Tani, permasalahan penanganan tanaman kopi menjadi lebih kompleks karena keterbatasan jumlah tenaga ahli atau pakar pertanian yang dapat mendampingi petani secara langsung di lapangan. Ketika tanaman kopi menunjukkan gejala klinis suatu penyakit, petani sering kali melakukan diagnosis mandiri yang bersifat spekulatif atau terlambat melakukan tindakan penanggulangan. Di sisi lain, pemberian nutrisi atau pemupukan yang dilakukan secara konvensional tanpa adanya standarisasi dosis yang tepat justru berpotensi merusak kesuburan tanah dan menghambat pertumbuhan tanaman. Kendala geografis dan keterbatasan waktu operasional penyuluh pertanian di Desa Sumber Tani mempertegas kebutuhan akan sebuah instrumen yang mampu menduplikasi pengetahuan pakar secara praktis.

Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, pemanfaatan teknologi informasi melalui implementasi sistem pakar berbasis web menjadi solusi yang sangat relevan dan efisien. Sistem pakar mampu mengadopsi pengetahuan dari para ahli ke dalam sistem komputer agar dapat diakses oleh petani kapan saja dan di mana saja. Mengingat gejala penyakit tanaman sering kali bersifat subjektif dan dipenuhi ketidakpastian, maka digunakan metode Certainty Factor (CF) untuk mengukur tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosis. Metode ini sangat efektif dalam memproses faktor kepastian dan ketidakpastian dari suatu gejala penyakit, sehingga sistem dapat menghasilkan kesimpulan diagnosis penyakit serta rekomendasi dosis pemupukan tanaman kopi yang akurat berdasarkan nilai bobot keyakinan yang diinput oleh pakar dan pengguna [3], [4].

Dalam membangun sistem pakar yang handal dan terstruktur, penelitian ini menerapkan metode pengembangan perangkat lunak Waterfall. Pemilihan metode Waterfall didasarkan pada karakteristiknya yang sistematis dan sekuensial [5], [6]. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap kebutuhan informasi mengenai data gejala, penyakit, aturan (rule) Certainty Factor, serta formulasi pemupukan dapat dipetakan dengan jelas pada tiap fasenya. Hal ini meminimalkan risiko kesalahan sistem dan menghasilkan aplikasi sistem pakar yang stabil serta mudah dipahami oleh pengguna di lingkungan Desa Sumber Tani.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit dan Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kopi Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web". Dengan adanya sistem ini, para petani kopi di Desa Sumber Tani dapat secara mandiri melakukan diagnosis dini terhadap penyakit tanaman dan memperoleh panduan pemupukan yang presisi tanpa harus menunggu kehadiran fisik seorang pakar. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi perkembangan ilmu komputer, khususnya dalam penerapan kecerdasan buatan di bidang agroindustri, serta menjadi referensi bagi pengembangan sistem pakar sejenis di masa mendatang.

2. Metode penelitian

2.1. Pengumpulan data

a. Observasi

Metode observasi merupakan teknik pengumpulan data kualitatif secara menyeluruh dengan mengoptimalkan pancaindera manusia langsung di lingkungan atau situasi yang alami [7]. Berdasarkan pengamatan langsung di perkebunan kopi Desa Sumber Tani, ditemukan bahwa para petani sering mengalami kesulitan dalam mendeteksi secara dini gejala serangan penyakit seperti karat daun serta kerap keliru dalam menentukan dosis pemupukan yang tepat akibat terbatasnya jumlah penyuluh pertanian. Selama ini, proses identifikasi penyakit dan penjadwalan perawatan tanaman masih dilakukan secara konvensional dan spekulatif, sehingga berisiko menurunkan produktivitas hasil panen serta memicu kerugian finansial. Keterbatasan akses terhadap pendampingan ahli secara

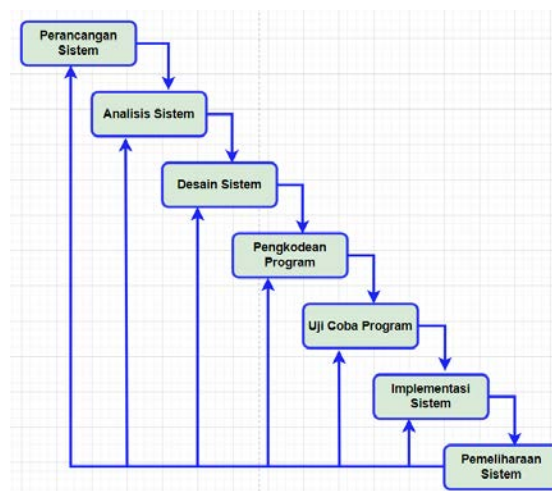
langsung menegaskan perlunya sebuah sarana digital berbasis web yang dapat diakses secara mandiri oleh petani untuk memandu proses diagnosis dan manajemen pemupukan secara presisi.

b. Wawancara

Wawancara merupakan metode pengumpulan data berupa tanya jawab langsung yang bertujuan untuk menggali informasi secara mendalam, detail, dan spesifik terkait dengan topik penelitian yang diangkat [8]. Dalam sesi tanya jawab dengan pakar pertanian dan perwakilan petani setempat, diperoleh informasi mendalam bahwa kendala utama dalam budidaya kopi di wilayah tersebut adalah tingginya unsur ketidakpastian saat mengenali gejala klinis di lapangan serta lambatnya penanganan terhadap serangan hama dan penyakit. Pakar menjelaskan bahwa pengetahuan konvensional yang dimiliki petani perlu diakomodasi ke dalam sistem digital menggunakan metode *Certainty Factor* agar tingkat keyakinan terhadap suatu diagnosis penyakit dapat terukur secara objektif. Melalui wawancara ini pula, para petani menyambut baik pengembangan sistem pakar berbasis web karena dinilai praktis, mudah digunakan untuk berkonsultasi secara mandiri, dan mampu memberikan rekomendasi dosis pupuk yang akurat tanpa harus menunggu kehadiran fisik seorang tenaga ahli.

2.2. Pengembangan perangkat lunak

Metode *Waterfall* merupakan model pengembangan perangkat lunak yang mengusung pendekatan linear dan sistematis, di mana setiap tahapan proyek harus diselesaikan secara penuh sebelum beralih ke fase berikutnya. Mengadopsi filosofi aliran air terjun, karakteristik utama dari kerangka kerja ini menekankan pada penyelesaian proses secara terurut mulai dari perencanaan hingga pengujian akhir, guna menghindari terjadinya tumpang tindih dalam pengerjaannya[9].



Gbr. 1. metode *waterfall*

Berikut adalah penjelasan tiap tahapan *waterfall*:

1. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merupakan fase inisiasi awal untuk menentukan arah, ruang lingkup, dan tujuan utama dari pengembangan aplikasi sistem pakar. Pada tahap ini, dilakukan perencanaan jadwal kerja, alokasi sumber daya, serta penentuan batasan sistem agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai target. Fokus utamanya adalah merumuskan konsep global mengenai bagaimana sistem pakar berbasis web ini nantinya dapat membantu diagnosis penyakit kopi dan rekomendasi pemupukan di objek penelitian.

2. Analisis Sistem

Tahap analisis sistem berfokus pada pengumpulan dan pemahaman mendalam terkait kebutuhan pengguna (*requirements gathering*) serta basis pengetahuan (*knowledge base*) yang diperlukan. Di fase ini, dilakukan wawancara dengan pakar pertanian, serta analisis terhadap alur logika *Certainty Factor* yang akan diterapkan. Output dari tahapan ini adalah dokumen spesifikasi kebutuhan sistem yang mendefinisikan secara jelas data gejala, aturan diagnosis, dan jenis pupuk yang harus diakomodasi oleh sistem.

3. Desain Sistem

Tahap desain sistem menerjemahkan hasil analisis kebutuhan ke dalam cetak biru (*blueprint*) teknis sebelum proses pengodean dimulai. Aktivitas pada fase ini meliputi perancangan arsitektur perangkat lunak, pemodelan sistem menggunakan diagram UML (seperti *Use Case* dan *Activity Diagram*) serta perancangan struktur basis data (ERD).

4. Pengkodean Program

Tahap pengkodean program adalah proses mentransformasikan hasil desain yang telah dibuat ke dalam bentuk baris-baris kode pemrograman yang dapat dieksekusi oleh komputer. Pada fase ini, pengembang membangun antarmuka *web*, menyusun basis data, dan mengimplementasikan algoritma matematika dari metode *Certainty Factor* untuk menghitung nilai tingkat keyakinan diagnosis. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan bahasa PHP.

5. Uji Coba Program

Tahap uji coba program dilakukan untuk mengevaluasi kualitas perangkat lunak dan memastikan bahwa aplikasi bebas dari kesalahan (*bug* atau *error*). Pengujian ini menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memeriksa apakah semua fungsi dan fitur antarmuka *web* berjalan sesuai skenario.

6. Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem merupakan fase di mana aplikasi pakar yang telah lulus uji coba mulai dideploy atau diterapkan secara nyata di lingkungan objek penelitian. Aktivitas pada tahap ini meliputi instalasi sistem pada *web server* (hosting), konfigurasi basis data operasional, serta melakukan sosialisasi atau pelatihan penggunaan aplikasi kepada para petani dan admin setempat. Tujuannya adalah memastikan sistem siap digunakan secara mandiri untuk mendiagnosis penyakit tanaman kopi.

7. Pemeliharaan Sistem

Tahap pemeliharaan sistem (*maintenance*) merupakan fase akhir yang berjalan secara berkelanjutan setelah sistem pakar resmi beroperasi. Pada tahap ini, dilakukan perbaikan jika ditemukan error tersembunyi pasca-rilis, pembaruan keamanan website, serta adaptasi sistem terhadap kebutuhan baru seperti penambahan data gejala penyakit baru atau pembaruan jenis pupuk. Seperti yang ditunjukkan oleh panah kembali pada diagram, jika ditemukan kendala besar atau kebutuhan evolusi sistem, proses dapat dialirkan kembali ke tahap analisis atau desain untuk penyempurnaan.

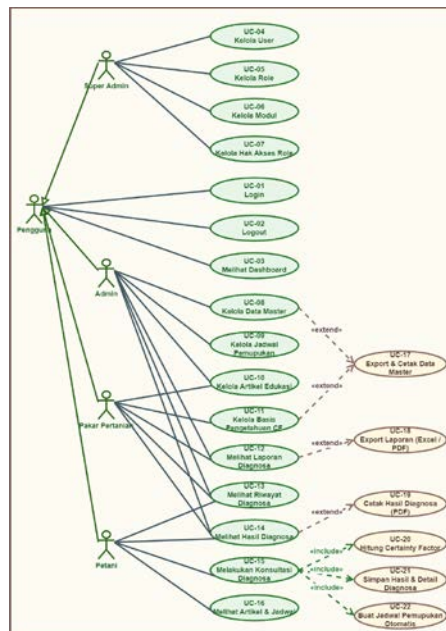
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Rancangan UML

Unified Modeling Language (UML) ialah instrumen pemodelan berbasis visual yang telah diakui secara luas dan ditetapkan sebagai standar resmi dalam industri pengembangan serta rekayasa perangkat lunak[10].

3.1.1. Use case

Use case diagram merupakan bagian dari *Unified Modeling Language* (UML) yang berfungsi untuk menggambarkan pola interaksi antara sistem dengan para aktor yang terlibat. Eksistensi diagram ini bertujuan memberikan visualisasi yang jelas mengenai proses bisnis melalui pemetaan urutan aktivitas di dalamnya, sekaligus merepresentasikan rangkaian jalannya fungsi atau kegiatan internal kedalam sistem tersebut[11].

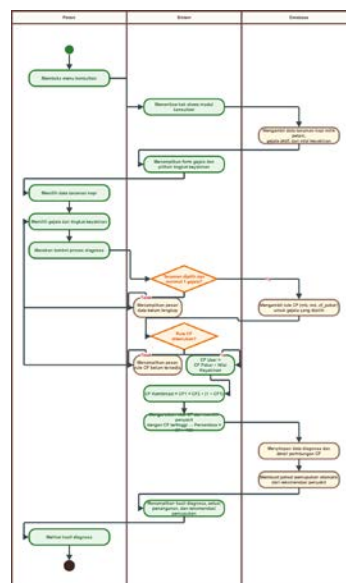


Gbr. 2. Use case diagram

Diagram *use case* menggambarkan seluruh alur fungsionalitas dan batasan hak akses dalam sistem pakar pertanian berbasis metode *Certainty Factor* (CF), di mana Super Admin bertugas mengelola manajemen pengguna dan hak akses, Admin serta Pakar Pertanian berwenang mengelola data master, artikel edukasi, jadwal pemupukan, dan basis pengetahuan CF, sementara Petani dapat memanfaatkan sistem untuk melakukan konsultasi diagnosa penyakit/hama tanaman yang secara otomatis mengkalkulasi nilai kepastian CF, menyimpan hasil diagnosa, serta membuat jadwal pemupukan otomatis serta mengakses riwayat diagnosa dan edukasi pertanian.

3.1.2. Activity diagram

Activity Diagram merupakan sebuah metode yang berfungsi untuk memvisualisasikan logika prosedural di dalam aktivitas bisnis, sekaligus memetakan alur kerja yang berlangsung dalam beragam situasi maupun peristiwa tertentu[12].



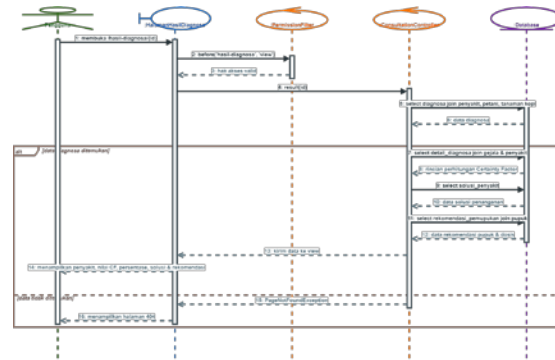
Gbr 3. Activity melakukan konsultasi

Activity diagram menggambarkan alur kerja (workflow) alur konsultasi diagnosa penyakit tanaman kopi, mulai dari saat Petani memilih data tanaman, gejala, dan tingkat keyakinan, yang kemudian divalidasi dan diproses oleh

Sistem dengan mengambil rule *Certainty Factor* (CF) dari Database untuk mengkalkulasi CF *User*, CF *Kombinasi*, serta persentase kepastian tertinggi, hingga akhirnya sistem menyimpan data diagnosa, membuat jadwal pemupukan otomatis, dan menampilkan hasil diagnosa beserta solusi penanganannya kepada petani.

3.1.3. Sequence diagram

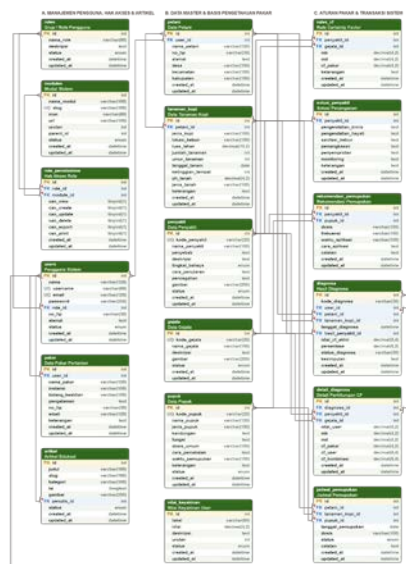
Sequence diagram merupakan representasi visual yang menggambarkan interaksi operasional komponen sistem secara simultan serta proses pengiriman pesan (*message*) dan pengembalian nilai (*return*) dalam urutan waktu tertentu[13].



Gbr 4. Sequence diagram hasil diagnose

Sequence diagram menjelaskan urutan interaksi antar-komponen sistem saat Pengguna mengakses halaman hasil diagnosa, dimulai dari pengecekan hak akses oleh *PermissionFilter*, kemudian *ConsultationController* melakukan kueri ke Database untuk mengambil rincian diagnosa, perhitungan *Certainty Factor*, solusi penyakit, dan rekomendasi pemupukan, hingga akhirnya menampilkan informasi lengkap penyakit, nilai CF, persentase, solusi, serta rekomendasi ke antarmuka pengguna jika data ditemukan, atau menampilkan halaman error 404 jika data tidak ditemukan.

3.1.4. Database



Gbr 5. Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) menggambarkan struktur basis data logis serta relasi antar-tabel dalam sistem, yang mencakup tiga kelompok utama: pengelolaan pengguna dan hak akses (*users*, *roles*, *modules*, *role_permissions*, *pakar*, *artikel*), penyimpanan data master dan basis pengetahuan (*petani*, *tanaman_kopi*, *penyakit*, *gejala*, *pupuk*, *nilai_keyakinan*), serta aturan pakar dan transaksi sistem (*rules_cf*, *solusi_penyakit*, *rekomendasi_pemupukan*, *diagnosa*, *detail_diagnosa*, *jadwal_pemupukan*) guna mendukung proses kalkulasi *Certainty Factor* dan penanganan penyakit tanaman secara terintegrasi.

3.2. Perhitungan metode certainty factor

Langkah-langkah penyelesain metode certainty factor:

1: Menentukan Aturan (Rule) dan Bobot Pakar (MB dan MD)

Seorang pakar pertanian menentukan aturan (rule) beserta nilai keyakinan (MB = Measure of Belief) dan ketidakpakinan (MD = Measure of Disbelief).

- Rumus CF Pakar: $CF_{pakar} = MB - MD$

2 aturan simpel:

Rule 1: JIKA Daun bercak jingga (G1), MAKA Karat Daun (P1)

o Pakar: MB = 0.8, MD = 0.1

o $CF_{pakar1} = 0.8 - 0.1 = 0.7$

Rule 2: JIKA Daun gugur/rontok (G2), MAKA Karat Daun (P1)

o Pakar: MB = 0.6, MD = 0.1

o $CF_{pakar2} = 0.6 - 0.1 = 0.5$

2: Input Keyakinan Pengguna (User)

Saat menggunakan aplikasi berbasis web, petani mencentang gejala yang terjadi dan memilih tingkat keyakinan mereka (CF_{user}) dengan skala misalnya:

- Sangat Yakin = 1.0 | Yakin = 0.8 | Cukup Yakin = 0.6 | Sedikit Yakin = 0.4 | Tidak Tahu = 0

Misalkan petani menginput:

• Gejala 1 (G1 - Bercak Jingga): Petani menjawab Yakin $\rightarrow CF_{user1} = 0.8$

• Gejala 2 (G2 - Daun Gugur): Petani menjawab Cukup Yakin $\rightarrow CF_{user2} = 0.6$

3: Menghitung CF Gejala Tunggal (CF_E)

Langkah ini mengalikan bobot kepastian pakar dengan bobot kepastian pengguna untuk masing-masing gejala.

- Rumus: $CF(H,E) = CF_{pakar} \times CF_{user}$

- CF1 (Karat Daun akibat Bercak Jingga):

$$CF1 = 0.7 \times 0.8 = 0.56$$

- CF2 (Karat Daun akibat Daun Gugur):

$$CF2 = 0.5 \times 0.6 = 0.30$$

4: Kombinasi Nilai CF ($CF_{combine}$)

Karena ada 2 gejala yang mengarah pada penyakit yang sama (Karat Daun), kita harus menggabungkan nilai CF1 dan CF2.

- Rumus Kombinasi Dua CF Positif:

$$CF_{combine} (CF1, CF2) = CF1 + CF2 \times (1 - CF1)$$

$$CF_{combine} = 0.56 + 0.30 \times (1 - 0.56)$$

$$CF_{combine} = 0.56 + 0.30 \times (0.44)$$

$$CF_{combine} = 0.56 + 0.132$$

$$CF_{combine} = 0.692$$

5: Kesimpulan Akhir (Persentase)

Untuk menampilkan hasil yang mudah dipahami oleh petani di halaman web, nilai akhir dikalikan dengan 100%.

$$\text{Tingkat Keyakinan} = 0.692 \times 100\% = 69.2\%$$

Hasil Akhir di Sistem: Berdasarkan gejala yang dipilih, tanaman kopi terdiagnosis mengalami penyakit Karat Daun dengan tingkat keyakinan sebesar 69.2%. (Sistem kemudian otomatis menampilkan rekomendasi pemupukan/penanganan untuk penyakit tersebut).

3.3. Implementasi

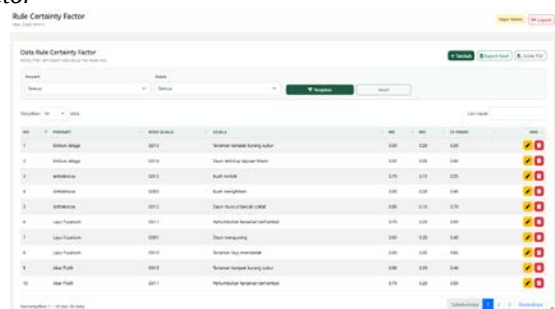
a. Halaman dashboard



Gbr. 6. Dashboard

Dashboard Super Admin dirancang secara informatif dan komprehensif guna memfasilitasi pemantauan data sistem serta aktivitas diagnosis secara *real-time*. Pada bagian atas halaman, terdapat ringkasan data statistik (*card panel*) yang menyajikan metrik operasional penting, meliputi jumlah pengguna, peran (*role*), modul, hak akses, data master seperti komoditas tanaman kopi, penyakit, gejala, total aturan (*rule*) *Certainty Factor*, serta akumulasi data diagnosis. Selain itu, *dashboard* ini dilengkapi dengan visualisasi grafik untuk memonitor tren diagnosa bulanan dan diagram donat yang menampilkan distribusi penyakit terbanyak, seperti penyakit Karat Daun Kopi. Efisiensi manajemen data juga didukung dengan adanya tabel riwayat diagnosa terakhir yang memuat informasi kode transaksi, jenis penyakit beserta nilai akurasi CF (misalnya 97.71%), tanggal pemeriksaan, serta tabel jadwal pemupukan terdekat yang merinci jenis tanaman, varietas pupuk (seperti Kompos atau Pupuk Organik Cair), beserta dosis rekomendasi per tanaman untuk memudahkan penindakan di lapangan.

b. Halaman *rule certainty factor*



Gbr. 7. *Rule certainty factor*

Tampilan Data Rule Certainty Factor dirancang untuk memfasilitasi pengguna dengan tingkat akses Super Admin dalam mengelola basis pengetahuan (*knowledge base*) yang menghubungkan antara penyakit tanaman kopi dan gejalanya secara dinamis. Halaman ini menyediakan fitur filter berdasarkan nama penyakit dan gejala, pencarian cepat, serta fungsi manipulasi data seperti tombol "+ Tambah", "Export Excel", "Cetak PDF", serta aksi ubah (*edit*) dan hapus pada setiap baris data. Informasi utama disajikan dalam bentuk tabel terstruktur yang memuat relasi antara jenis penyakit (seperti Embun Jelaga, Antraknosa, Layu Fusarium, dan Akar Putih), kode gejala (misalnya G015, G014, G013), deskripsi klinis gejala, nilai *Measure of Belief* (MB), nilai *Measure of Disbelief* (MD), hingga hasil kalkulasi otomatis bobot CF Pakar (dari rumus MB - MD). Pengelolaan data aturan yang fleksibel dan transparan ini krusial untuk memastikan mesin inferensi *Certainty Factor* dapat menghasilkan diagnosis penyakit tanaman kopi yang akurat sesuai dengan pembobotan riil dari pakar pertanian.

c. Halaman jadwal pemupukan

ID	Petani	Varietas	Pupuk	Jadwal	Status
1	Petani Contoh	Arabika	Pupuk Organik Cair	2026-07-01	terjadwal
2	Petani Contoh	Arabika	NPK 15-15-15	2026-07-10	terjadwal
3	Petani Contoh	Arabika	NPK 15-15-15	2026-07-20	terjadwal

Gbr. 8. Jadwal pemupukan

Tampilan antarmuka Data Jadwal Pemupukan dengan hak akses tingkat *Admin* dirancang secara fungsional untuk mengelola rencana dan agenda pemberian nutrisi tanaman kopi secara terjadwal. Halaman ini dilengkapi dengan utilitas pencarian cepat dan berbagai parameter filter interaktif, seperti penyaringan berdasarkan nama petani, jenis pupuk, status pemupukan, hingga rentang tanggal tertentu (*date picker*), serta didukung oleh tombol aksi operasional berupa "+ Tambah", "Export Excel", "Cetak PDF", serta opsi ubah (*edit*) dan hapus data. Semua riwayat dan rencana kegiatan disajikan dalam bentuk tabel terstruktur yang memuat informasi nama petani, varietas tanaman kopi (seperti Arabika), jenis pupuk yang direkomendasikan (misalnya Pupuk Organik Cair, Kompos, atau NPK 15-15-15), tanggal pelaksanaan, dan status jadwal ("terjadwal"). Fasilitas pengelolaan jadwal yang sistematis ini berfungsi untuk memastikan bahwa implementasi rekomendasi pemupukan pascadiagnosis penyakit dapat dipantau dan dieksekusi oleh pihak manajemen perkebunan secara tepat waktu.

d. Halaman riwayat penyakit

ID	Petani	Varietas	Penyakit	Persentase
DX20260630135503	2026-06-30 13:55:03	Arabika	Karat Daun Kopi	97.71%

Gbr. 9. Riwayat penyakit

Tampilan antarmuka Riwayat Diagnosa dengan hak akses tingkat *Pakar Pertanian* dirancang untuk mendokumentasikan dan memantau seluruh hasil konsultasi kesehatan tanaman kopi yang telah terekam di dalam sistem. Halaman ini dilengkapi dengan fitur pengatur jumlah tampilan data per halaman, kolom pencarian cepat (*search bar*), penomoran halaman (*pagination*), serta tombol aksi "Detail" untuk meninjau secara mendalam gejala klinis yang diinput. Informasi riwayat diagnosis tersebut disajikan lewat tabel utama yang merinci kode transaksi unik (seperti DX20260630135503), stempel waktu konsultasi (2026-06-30 13:55:03), varietas komoditas tanaman kopi (Arabika), hasil inferensi penyakit berupa Karat Daun Kopi, serta nilai kepastian akhir dari metode *Certainty Factor* yang ditunjukkan dalam bentuk persentase akurasi sebesar 97.71%. Pencatatan riwayat yang sistematis ini sangat berguna bagi pakar kopi untuk mengevaluasi efektivitas diagnosis sistem sekaligus memvalidasi rekam medis pertanian di lapangan secara berkelanjutan.

e. Halaman konsultasi diagnose

Gbr. 10. Konsultasi diagnose

Tampilan antarmuka Konsultasi Diagnosa dengan hak akses tingkat Petani diwajibkan memilih varietas komoditas melalui menu pilihan jatuh (*dropdown*) "Tanaman Kopi", yang kemudian diikuti dengan pengisian tingkat keyakinan terhadap 15 daftar gejala klinis yang telah disediakan secara sistematis dalam bentuk kartu informasi (*card panel*). Gejala-gejala tersebut di antaranya meliputi kondisi daun (seperti G001 Daun menguning, G002 Bercak kuning, G004 Serbuk jingga, G012 Bercak coklat, G014 Lapisan hitam), kondisi buah (seperti G005 Buah menghitam, G006 Buah membusuk, G013 Buah rontok), serta kondisi batang dan pertumbuhan (seperti G007 Batang mengering, G011 Pertumbuhan terhambat, G015 Tanaman kurang subur). Petani dapat menentukan nilai kepastian mereka pada masing-masing gejala menggunakan *dropdown selection* nilai *Certainty Factor* pengguna (dengan opsi default "Tidak (0.00)") sebelum menekan tombol utama "Proses Diagnosa" di bagian bawah untuk memicu mesin inferensi menghitung kesimpulan penyakit dan rekomendasi pemupukannya.

f. Halaman laporan

Gejala	Status	Varietas	Pertumbuhan	Pemeriksaan	Nilai CF
Karat Daun Kopi	Selesai	Arabika	Normal	2026-06-30 13:55:03	97.71%

Gbr. 11. Laporan

Tampilan antarmuka Laporan Diagnosa dirancang khusus untuk memfasilitasi pengguna dengan tingkat akses *Super Admin* dalam merekapitulasi, menyaring, dan mengunduh seluruh data riwayat konsultasi yang ada di dalam sistem. Halaman ini menyediakan panel filter yang komprehensif, mencakup pemilihan rentang waktu (*Tanggal Dari* dan *Tanggal Sampai*), nama petani, jenis penyakit, hingga status diagnosa, yang didukung pula oleh tombol cetak dokumen seperti "Export Excel" dan "Cetak PDF" untuk mempermudah pelaporan fisik. Informasi rekap data disajikan dalam tabel dinamis berfitur pencarian cepat yang memuat detail kode transaksi (DX20260630135503), stempel waktu pemeriksaan (2026-06-30 13:55:03), identitas petani (Petani Contoh), varietas komoditas (Arabika), kesimpulan infeksi penyakit berupa Karat Daun Kopi, hasil perhitungan persentase akurasi *Certainty Factor* sebesar 97.71%, serta status penyelesaian konsultasi yang ditandai dengan label hijau "Selesai". Ketersediaan modul laporan yang terintegrasi ini sangat krusial bagi pihak manajemen perkebunan dalam melakukan analisis epidemiologi penyakit tanaman kopi secara berkala guna merumuskan kebijakan penanggulangan yang lebih makro di lapangan.

3.4. Pengujian

Black box testing menitikberatkan pengujian pada validasi fungsi luar aplikasi. Melalui pendekatan ini, evaluasi sistem dilakukan murni berdasarkan input dan output yang dihasilkan tanpa perlu meninjau logika dan kode program di dalamnya[14]. Fokus utama dari pengujian ini adalah memvalidasi performa fungsional perangkat lunak dengan mengevaluasi tingkat akurasi serta keselarasan output yang diproduksi oleh sistem[15].

Tabel 1

Hasil pengujian blackbox testing

No	Fungsi Antarmuka / Modul	Butir Uji (Skenario Pengujian)	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Login	Menginput username dan password yang valid pada form login.	Sistem menerima akses dan mengarahkan ke halaman Dashboard.	Sistem berhasil masuk ke halaman Dashboard.	Sesuai
2	Kelola Data Rule CF	Menambahkan data aturan baru dengan mengisi bobot MB dan MD secara lengkap..	Data rule baru berhasil disimpan ke basis data dan muncul di tabel aturan.	Data tersimpan dengan kalkulasi nilai CF Pakar yang akurat.	Sesuai
3	Input Konsultasi Petani	Memilih varietas kopi dan menentukan tingkat keyakinan gejala pada menu dropdown.	Sistem dapat merekam pilihan gejala dan mengaktifkan tombol "Proses Diagnosa".	Pilihan gejala terekam dengan sukses di antarmuka sistem.	Sesuai
4	Proses Inferensi CF	Menekan tombol "Proses Diagnosa" setelah memilih kombinasi gejala penyakit..	Mesin inferensi menghitung bobot CF dan menampilkan persentase hasil diagnosis.	Hasil akhir diagnosis muncul berupa penyakit Karat Daun Kopi (97.71%).	Sesuai
5	Rekomendasi Pemupukan	Menampilkan halaman detail hasil diagnosis pasca-proses inferensi.	Sistem secara otomatis menampilkan rekomendasi varietas pupuk dan dosis presisi.	Informasi jenis pupuk dan dosis penanganan berhasil dimunculkan.	Sesuai
6	Cetak Laporan	DiagnosaMenekan tombol "Cetak PDF" atau "Export Excel" pada halaman Laporan.	Sistem mengunduh dokumen rekapitulasi riwayat diagnosa sesuai format yang dipilih.	File PDF/Excel berhasil terunduh dengan data yang sesuai.	Sesuai

Berdasarkan hasil keseluruhan skenario pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* yang telah dipaparkan pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa fungsionalitas utama pada "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit dan Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kopi Berbasis Web" telah berjalan dengan baik. Pengujian yang mencakup aspek otentikasi pengguna, manajemen basis pengetahuan (*rule CF*), eksekusi proses inferensi diagnosa, hingga penyerahan dokumen laporan berkala menunjukkan tingkat dengan status "Sesuai" terhadap seluruh spesifikasi kebutuhan sistem yang telah dirancang sebelumnya.

Tabel 2

Evaluasi perbandingan sistem

Aspek / Fitur Modul	Sistem Lama (Konvensional / Manual)	Sistem Baru (Sistem Pakar Berbasis Web)
Pemantauan & Dashboard	Monitoring data kesehatan tanaman dan aktivitas konsultasi masih dilakukan secara manual atau terpisah, tanpa visualisasi data real-time.	Menyediakan Dashboard Informatif dengan ringkasan statistik real-time, grafik tren bulanan, serta diagram donat distribusi penyakit terbanyak.
Pengelolaan Aturan (Knowledge Base)	Penentuan korelasi gejala dan penyakit bersifat statis, bertumpu pada ingatan/catatan fisik pakar.	Fitur Kelola Data Rule CF secara dinamis, dilengkapi kalkulasi otomatis bobot CF Pakar ($CF = MB - MD$), pencarian cepat, serta ekspor data (Excel/PDF).
Konsultasi & Diagnosa	Bergantung pada kehadiran fisik pakar di lapangan; rawan ketidakpastian dan inkonsistensi penilaian.	Fitur Konsultasi Diagnosa berbasis web untuk petani menggunakan dropdown tingkat keyakinan (15 gejala), yang diproses otomatis oleh mesin inferensi berbasis Certainty Factor (CF).
Akurasi & Perhitungan CF	Perhitungan kepastian penyakit dilakukan secara manual atau berdasarkan perkiraan intuitif.	Perhitungan presisi secara sistematis hingga menghasilkan tingkat kepastian/akurasi penyakit yang valid (contoh: Karat Daun Kopi 97.71%).
Manajemen Jadwal Pemupukan	Penentuan jadwal dan dosis pemupukan pasca-penyakit bersifat manual dan berisiko terlambat dieksekusi.	Fitur Jadwal Pemupukan otomatis yang merekomendasikan varietas pupuk (POC, Kompos, NPK) beserta dosis presisi yang dapat difilter dan dipantau statusnya.
Dokumentasi & Riwayat	Rekam medis dan riwayat pemeriksaan fisik rentan hilang, terselip, atau sulit dilacak kembali.	Terekam otomatis pada Riwayat Diagnosa lengkap dengan kode transaksi unik, timestamp, varietas kopi, dan detail gejala klinis.
Pelaporan & Evaluasi	Pembuatan laporan rekapitulasi membutuhkan waktu lama karena harus merekap data satu per satu secara manual.	Modul Laporan Diagnosa yang dinamis dengan filter rentang waktu, status, serta fasilitas unduh dokumen instan dalam format Excel dan PDF.
Aksesibilitas & Keamanan	Tidak ada batasan hak akses yang terstruktur dalam pembagian wewenang operasional.	Memiliki manajemen hak akses berbasis peran secara terstruktur (Super Admin, Admin, Pakar Pertanian, dan Petani) yang teruji valid melalui Login Black Box Testing.

Berdasarkan tabel evaluasi perbandingan, migrasi dari sistem lama secara manual ke sistem baru berbasis web berhasil meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan kesehatan tanaman kopi melalui digitalisasi menyeluruh mulai dari otomasi perhitungan diagnosa berbasis metode *Certainty Factor* (CF) hingga tingkat akurasi 97,71%, transparansi manajemen basis pengetahuan dan jadwal pemupukan presisi, pencatatan riwayat yang terintegrasi, hingga kemudahan rekapitulasi laporan terunduh (PDF/Excel) dengan skema hak akses pengguna yang aman dan teruji valid.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Sistem Pakar Diagnosa Penyakit dan Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kopi Berbasis Web pada Desa Sumber Tani telah berhasil dirancang dan diimplementasikan secara sistematis menggunakan metode *Waterfall*. Penerapan algoritma *Certainty Factor* (CF) pada mesin inferensi terbukti efektif dan akurat dalam mengatasi unsur ketidakpastian gejala klinis tanaman kopi, dengan salah satu hasil pengujian menunjukkan tingkat keyakinan diagnosis mencapai 97.71% untuk penyakit Karat Daun Kopi. Selain itu, berdasarkan hasil Black Box Testing, seluruh fungsi utama sistem mulai dari manajemen basis pengetahuan oleh *Super Admin*, monitoring oleh *Pakar*, hingga proses konsultasi mandiri dan penjadwalan pemupukan oleh *Petani* dinyatakan berjalan dengan validitas 100%, sehingga aplikasi ini siap menjadi solusi alternatif yang andal untuk mengatasi keterbatasan tenaga ahli pertanian di wilayah Desa Sumber Tani. Meskipun sistem pakar ini telah berfungsi dengan baik, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut demi menyempurnakan performa aplikasi di masa mendatang. Pertama, basis pengetahuan (*knowledge base*) pada sistem ini perlu diperbarui secara berkala oleh pakar pertanian dengan menambahkan variasi gejala dan jenis penyakit kopi terbaru agar cakupan diagnosis menjadi lebih luas. Kedua, sistem pakar berbasis *web* ini dapat dikembangkan ke dalam platform *mobile application* (Android/iOS) yang dilengkapi dengan fitur *Push Notification* untuk pengingat jadwal pemupukan secara otomatis ke ponsel petani. Terakhir, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan teknologi *Computer Vision* berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*)

agar petani cukup mengunggah foto daun atau buah kopi yang sakit untuk melakukan diagnosis otomatis tanpa harus menginput gejala secara manual.

Ucapan Terima Kasih

Keberhasilan penyusunan artikel dan penyelesaian penelitian ini tentu tidak lepas dari andil berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan apresiasi serta rasa terima kasih yang mendalam atas segala dukungan dan kontribusi yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] W. F. Wardhiani, M. B. Anggara, dan C. S. Putra, "MENINGKATKAN PENDAPATAN PETANI MELALUI PENERAPAN TEKNOLOGI KECERDASAN BUATAN DALAM ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS BUAH KOPI DI KABUPATEN BANDUNG," *J. Akunt. Fak. Ekon. UNIBBA*, vol. 16, no. 2, hal. 67–82, 2025.
- [2] D. A. Siregar dan K. S. Nasution, "Peningkatan Produksi Tanaman Kopi di Desa Sampean Kabupaten Tapanuli Selatan," *J. Pengabd. Masy. BANGSA*, vol. 2, no. 11, hal. 5005–5008, 2025.
- [3] A. A. Fajrin dan R. A. Vetian, "Implementasi Metode Certainty Factor dalam Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Kucing Berbasis Android," *J. DESAIN DAN Anal. Teknol.*, vol. 5, no. 1, hal. 58–64, 2026.
- [4] P. Maharani, "Pengembangan Website PT . Rantangin Digital Indonesia Menggunakan Framework Next Js dan Tailwind CSS," *Publ. Tek. Inform. dan Jarin*, vol. 3, no. 1, hal. 129–137, 2025.
- [5] P. Sistem, Z. Ghinafikar, dan M. A. Yaqin, "Perbandingan Metode Agile dan Waterfall Berdasarkan Analisis Waktu Pengembangan Sistem," *J. Manaj. Teknol. Inform.*, vol. 03, no. 26, hal. 26–44, 2025.
- [6] D. Firmansyah, R. Rizky, dan E. N. Susanti, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA KERUSAKAN MESIN PADA MOTOR HONDA SCOOPY TYPE STYLISH MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR," *J. teknotika*, vol. 4, no. 1, 2025.
- [7] M. Muzdalifah dan V. Saputri, "Penerapan Metode Nature School untuk Meningkatkan Keterampilan Observasi Siswa Kelas V MIS Nurul Yaqin," *J. Ilmu Pendidik. dan Mat.*, vol. 2, no. 1, hal. 323–338, 2025.
- [8] N. Mutmainnah, Lisatullaeh, N. Izzati, Ulfaunnisah, dan Z. A. Jaelani, "PERAN LOGIKA UNTUK MEMBANGUN KEMAMPUAN SISWA SMPN 2 LABUAPI DALAM BERPIKIR KRITIS," *J. Ilm. Pendidik. Dasar*, vol. 10, no. 1, hal. 90–105, 2025.
- [9] Y. S. B. Surbakti, "Metode Waterfall Dalam System Development Life Cycle (SDLC)," *J. Res.*, 2025.
- [10] A. Fadillah, M. Nasutton, E. Irwansyah, S. Sugara, dan T. Firmansyah, "Penerapan UML dalam Analisis dan Perancangan Sistem Informasi di STIKOM Tunas Bangsa," *J. Inov. Artif. Intell. Komputasional Nusantara*, vol. 3, no. 1, hal. 14–16, 2025.
- [11] F. Annas, A. Maripatullah, A. U. Bani, F. D. Herdiani, J. Saputro, dan Y. Wahda, "Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Manajemen Organisasi Kemasyarakatan Berbasis Web," *Indones. J. Innov. Learn. Technol.*, vol. 04, no. 01, hal. 1–14, 2025.
- [12] J. Manajemen, S. Informasi, Y. Amanda, G. Widyatmojo, dan M. H. Ujianti, "Sistem Informasi Penerimaan Peserta Didik Baru Berbasis Web Pada Daycare Dan Pre School Ananda Mandiri Slawi," *J. Manaj. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, hal. 1213–1223, 2026.
- [13] L. Jayadinata, B. Putra, M. Sabil, dan I. Sahlan, "Sistem Informasi Pemesanan dan Manajemen Layanan Prime Foto Studio Berbasis Web dan Mobile," *J. Sist. informasi dan Inform.*, vol. 02, no. 02, hal. 44–55, 2025.
- [14] F. Utami dan K. Khotimah, "Sistem Informasi Tes Kepribadian Disc Untuk Mengetahui Minat Dan Bakat Siswa Sma Negeri 01 Abung Semuli Berbasis Web Mobile," *J. Sienna*, vol. 6, 2025.
- [15] M. Yudi, A. Syawari, R. A. Wijaya, dan R. Apriando, "Pengembangan Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Fingerprint Dengan Mikrokontroler," *J. Inform.*, vol. 25, no. 2, hal. 88–97, 2025.