

Penerapan Certainty Factor pada Sistem Pakar Berbasis Web untuk Diagnosis Penyakit Pisang Goroho Sulawesi Utara

Rendy Syahputra

Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

rendysyahputra@unsrat.ac.id

<https://doi.org/10.56427/jcbd.v5i1.986>

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Diterima : 20 Desember 2025

Direvisi : 18 Januari 2026

Disetujui : 25 Januari 2026

Kata Kunci

Sistem Pakar
Certainty Factor
Pisang Goroho
Diagnosis Penyakit
Sulawesi Utara

Keywords

Expert System
Certainty Factor
Gorobo Banana
Disease Diagnosis
North Sulawesi

ABSTRAK

Pisang goroho merupakan komoditas khas Sulawesi Utara yang rentan terhadap berbagai penyakit, sementara ketersediaan pakar tanaman pisang masih terbatas. Pisang goroho berbeda dengan jenis pisang pada umumnya sehingga butuh penanganan khusus. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sebuah sistem pakar yang akan menggantikan kekosongan pakar tanaman sehingga petani pisang dapat mendiagnosa penyakit dan penanggulangannya secara mandiri. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model *Prototyping* untuk mengembangkan sistem pakar berbasis web dan sesuai kebutuhan petani. Dalam proses diagnosis, diterapkan metode *Certainty Factor* (CF) untuk menghitung tingkat keyakinan terhadap penyakit berdasarkan kombinasi gejala, sehingga sistem mampu memberikan hasil yang mendekati keputusan pakar. Penelitian sebelumnya mengakomodir seluruh jenis pisang, belum terdapat sistem yang secara spesifik mengakomodasi karakteristik penyakit pisang goroho. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi gap tersebut dengan mengembangkan sistem pakar berbasis web berbasis CF yang terfokus pada pisang. Evaluasi dilakukan menggunakan data uji kasus lapangan dan dibandingkan dengan diagnosis pakar sebagai *ground truth*. Hasil pengujian dari 100 data uji terdapat 92 hasil diagnosis yang sesuai dengan pakar, maka nilai akurasi sistem adalah 92%. Dalam penelitian sistem pakar berbasis CF, nilai akurasi yang baik umumnya berada di atas 85%, sedangkan nilai di atas 90% dapat dikategorikan sangat baik.

Gorobo banana is a distinctive commodity from North Sulawesi that is vulnerable to various diseases, while the availability of banana crop experts remains limited. Gorobo banana differs from common banana varieties, thus requiring specialized handling. This study aims to develop an expert system to address the shortage of plant experts, enabling banana farmers to independently diagnose diseases and determine appropriate treatments. This research employs the Research and Development (R&D) method with a Prototyping model to develop a web-based expert system tailored to farmers' needs. In the diagnostic process, the Certainty Factor (CF) method is applied to calculate the level of confidence in a disease based on a combination of symptoms, allowing the system to produce results that closely resemble expert decisions. Previous studies have generally covered all types of bananas, and no system has specifically addressed the disease characteristics of gorobo bananas. Therefore, this research fills that gap by developing a web-based expert system using the CF method, specifically focused on gorobo bananas. Evaluation was conducted using real-world case data and compared with expert diagnoses as the ground truth. The testing results show that out of 100 test cases, 92 diagnoses were consistent with expert judgments, resulting in a system accuracy of 92%. In CF-based expert system research, an accuracy above 85% is generally considered good, while accuracy above 90% is categorized as very good.



JCBD is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

1. Pendahuluan

Salah satu sektor yang sangat penting bagi perekonomian suatu negara adalah pertanian. Pertanian mencakup berbagai kegiatan yang berkaitan dengan produksi komoditas, seperti tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan. Sektor ini meliputi seluruh bentuk kegiatan pengelolaan sumber daya, baik flora maupun fauna, dengan dukungan teknologi, modal berupa uang, tenaga kerja, serta sistem manajemen usaha yang dikelola oleh perusahaan maupun pemerintah [1]. Pisang salah satu produksi komoditas yang sangat baik di Sulawesi Utara terutama pisang goroho. Tanaman pisang Goroho merupakan

tanaman pisang khas Sulawesi Utara [2] karena pisang jenis ini sulit dijumpai diluar Sulawesi, oleh karena itu untuk menjaga produksi tetap baik dibutuhkan sistem yang mampu menangkal dan mengobati penyakit pisang jenis ini.

Beberapa penelitian terdahulu telah dalam diagnosa penyakit pisang seperti penyakit layu fusarium yang merupakan ancaman utama dalam produksi pisang global karena disebabkan oleh patogen tanah yang persisten dan sulit dikendalikan [3]. Diferensiasi genetik spesies fusarium penyebab penyakit layu pada tanaman pisang masih belum dipahami dengan baik, dan analisis terhadap jamur *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*, dan jamur *tropical race 4* mengungkapkan beberapa temuan yang menarik [4]. Penelitian Sistem pakar diagnosis penyakit daun dan batang pada tanaman karet menggunakan metode Certainty Factor berbasis web, dengan hasil penelitian mencapai 93%, aplikasi ini menyediakan beberapa gejala penyakit daun dan batang pada tanaman karet, kemudian pengguna melakukan konsultasi untuk mengetahui perhitungan hasil dari gejala penyakit dengan benar [5]. Dengan menerapkan metode CF untuk mendiagnosa penyakit tanaman buah naga, pada penelitian sebelumnya metode CF mempunyai nilai akurasi 94,6% dalam perhitungan diagnosanya, Penerapan metode CF diharapkan memudahkan untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman buah naga [5]. Banyak hasil buah pisang yang terbuang begitu saja karena penyakit dan hama pisang yang menyebabkan tanaman pisang tidak dapat diperjualbelikan [6]. Hama *E. thrax* menyerang bagian daun pisang dan apabila dibiarkan tanaman akan menjadi gundul serta hanya tampak tulang daunnya saja, sedangkan hama *N. octasema* menyerang bunga dan buah muda sehingga meninggalkan bercak seperti kudis pada kulit buah yang sudah tua [7].

Penelitian terdahulu mendiagnosa penyakit seluruh jenis pisang yang ada tidak spesifik terhadap jenis pisangnya, sehingga memungkinkan kekeliruan dalam hasil diagnosa dan penanganan, pisang goroho sendiri berbeda dengan jenis pisang lainnya, dimana warna pisang tetap hijau baik masih mentah atau sudah masak. Pisang goroho sendiri dipanen pada saat masih mentah karena di fase ini rasa pisangnya sangat lezat dan apa bila sudah masak pisang goroho akan berubah rasa menjadi masam. Dalam penelitian ini akan berfokus pada pisang jenis goroho yang hanya tumbuh di Pulau Sulawesi dikarenakan karakteristik jenis pisang ini sedikit berbeda dengan pisang lainnya, maka berbeda juga penanganannya.

Kepakaran bersumber dari *knowledge-based expert system*. Istilah ini muncul karena untuk memecahkan masalah, sistem pakar menggunakan pengetahuan seorang pakar yang dimasukkan ke dalam komputer [8]. Penekanan pada Sistem Pakar adalah pada representasi simbolik dan proses inferensi, bukan pada pendekatan numerik seperti yang digunakan dalam bahasa pemrograman tradisional. Sistem Pakar terdiri dari dua komponen. Salah satunya disebut basis pengetahuan (*knowledge base*). Basis pengetahuan berisi pengetahuan dalam bentuk simbolik mengenai fakta, penilaian, aturan, intuisi, dan pengalaman tentang suatu area permasalahan tertentu. Komponen lainnya disebut mekanisme inferensi (*inference mechanism*). Komponen ini dapat menginterpretasikan pengetahuan yang terdapat dalam basis pengetahuan, serta melakukan penalaran logis dan manipulasi terhadap basis pengetahuan tersebut. Tujuan dari sistem pakar adalah untuk meningkatkan kinerja pekerja rata-rata agar mendekati atau setara dengan tingkat keahlian seorang pakar [9]. Sistem pakar adalah sebuah perangkat lunak komputer yang memiliki basis pengetahuan untuk domain tertentu dan menggunakan penalaran menyerupai seorang pakar dalam memecahkan masalah [10]. Dalam penerapannya, permasalahan yang dihadapi oleh sistem pakar bukan hanya masalah yang bergantung pada algoritma, tetapi juga masalah yang sulit untuk dipahami [11].

Penelitian sistem pakar diagnosis penyakit tanaman saat ini banyak memanfaatkan metode certainty factor untuk menangani ketidakpastian dengan merepresentasikan tingkat keyakinan pakar dan menggabungkan gejala menjadi keputusan diagnosis yang akurat. Implementasi metode ini telah terbukti meningkatkan kinerja sistem, terutama pada berbagai komoditas pertanian umum. Sementara itu, penelitian terkait pisang goroho masih didominasi pada aspek gizi dan fitokimia, sedangkan penerapan teknologi kecerdasan buatan untuk diagnosis penyakitnya tanaman masih sangat terbatas. Di sisi lain, tren pengembangan sistem pakar modern mengarah pada platform berbasis web yang lebih mudah diakses serta dievaluasi secara kuantitatif. Namun, integrasi metode Certainty Factor dalam sistem pakar berbasis web dalam penelitian ini yang difokuskan pada diagnosis penyakit pisang goroho di Sulawesi Utara masih belum banyak dikaji, sehingga penelitian ini menempati posisi *state of the art* dengan mengisi kekosongan tersebut melalui pendekatan yang lebih kontekstual, aplikatif, dan berbasis kebutuhan lokal.

Penelitian sebelumnya memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, basis pengetahuan sistem masih bergantung pada jumlah pakar dan literatur yang tersedia, sehingga tingkat kelengkapan aturan (*rule base*) belum mencakup seluruh variasi gejala dan jenis penyakit pada pisang goroho di lapangan. Kedua, data uji yang digunakan masih terbatas pada jumlah kasus tertentu sehingga generalisasi hasil akurasi belum sepenuhnya mewakili kondisi populasi yang lebih luas. Ketiga, metode CF yang digunakan bersifat subjektif karena bergantung pada nilai keyakinan pakar, sehingga terdapat kemungkinan variasi hasil apabila dilakukan oleh pakar yang berbeda. Keempat, sistem ini belum mengintegrasikan faktor lingkungan seperti cuaca, tanah, dan pola budidaya yang juga dapat memengaruhi munculnya penyakit tanaman. Oleh karena itu, pengembangan lanjutan diperlukan untuk meningkatkan cakupan data, memperluas basis pengetahuan, serta mengintegrasikan variabel eksternal agar sistem lebih adaptif dan akurat.

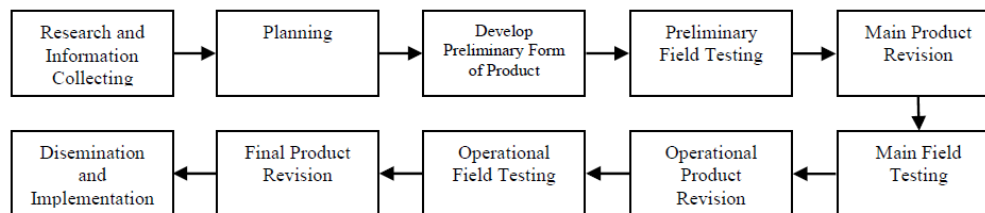
Penelitian ini memberikan kontribusi kepada petani pisang di Sulawesi Utara untuk diagnosis penyakit pisang goroho dengan menerapkan metode Certainty Factor sebagai pendekatan penanganan ketidakpastian. Sistem pakar dalam mendiagnosa penyakit tanaman pisang goroho mendekati kemampuan pakar diukur melalui tingkat akurasi, presisi, dan tingkat kesesuaian hasil diagnosa antara sistem dan pakar. Pengujian dilakukan perbandingan antara hasil diagnosa sistem pakar dengan diagnosa yang diberikan oleh pakar dari 100 data uji yang digunakan, sistem pakar mampu memberikan hasil diagnosa yang sama dengan pakar sebanyak 90–95 kasus. Selain itu, dengan menggunakan metode Certainty Factor, sistem pakar juga mampu memberikan nilai tingkat keyakinan terhadap hasil diagnosa, misalnya antara 0,7 hingga 0,95 (atau 70%–95%). Nilai ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya memberikan keputusan, tetapi juga memperhitungkan tingkat kepastian sebagaimana yang dilakukan oleh seorang pakar dalam menganalisis gejala penyakit.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem pakar dalam mendiagnosa penyakit tanaman pisang goroho dengan menerapkan metode CF. Sistem inovasi pertanian

terdiri dari petani serta lembaga publik dan swasta, serta menerapkan pendekatan berpikir sistem (systems thinking) untuk meningkatkan inovasi di sektor pertanian. Namun, pengembangan proses Research and Development (R&D) menghadapi tingkat kompleksitas yang tinggi, terutama karena sulitnya mengintegrasikan peran individu dan institusi secara efektif [12]. R&D publik mencakup seluruh kegiatan penelitian dan pengembangan yang dilaksanakan oleh dua sektor pelaksana, yaitu sektor pemerintah (seperti institusi pemerintah daerah, negara bagian, dan nasional) serta sektor pendidikan tinggi [13].

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Langkah-langkah penggunaan Metode *Research and Development* (R&D) Borg and Gall [14]

Metode R&D menurut Borg & Gall terdiri dari tahapan yang sistematis dimulai dari pengumpulan informasi untuk mengidentifikasi kebutuhan dan masalah, kemudian dilanjutkan dengan perencanaan dan pengembangan bentuk awal produk. Produk awal tersebut diuji melalui uji coba lapangan skala kecil, lalu direvisi untuk meningkatkan kualitasnya. Selanjutnya dilakukan uji coba lapangan utama dalam skala lebih besar, diikuti revisi operasional agar produk semakin matang. Produk kemudian diuji dalam kondisi nyata melalui uji operasional, sebelum dilakukan revisi akhir untuk menghasilkan produk yang siap digunakan. Tahap terakhir adalah diseminasi dan implementasi, yaitu penyebarluasan dan penerapan produk kepada pengguna secara luas.

Data Set Penelitian

Dataset dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu data primer dari wawancara dan diskusi langsung, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah, jurnal dan buku kemudian disusun berdasarkan hasil akuisisi pengetahuan dari pakar pisang goroho.

1. Jumlah gejala Pada penyakit pisang goroho:
Berikut sebanyak 20 gejala, yang meliputi gejala visual dan fisiologis pada tanaman pisang goroho:

Tabel 1. Gejala Penyakit Tanaman Pisang Goroho

Kode Gejala	Gejala	Deskripsi Gejala
G01	Daun menguning	Perubahan warna daun dari hijau menjadi kuning
G02	Daun layu	Daun tampak lemas dan kehilangan kekakuan
G03	Bercak coklat pada daun	Muncul bercak berwarna coklat pada permukaan daun
G04	Bercak hitam pada daun	Terdapat bercak hitam yang menyebar pada daun
G05	Daun mengering	Daun menjadi kering dan rapuh
G06	Daun menggulung	Daun melipat atau menggulung ke dalam
G07	Daun berlubang	Terdapat lubang pada permukaan daun
G08	Tulang daun menguning	Bagian tulang daun berubah warna menjadi kuning
G09	Ujung daun mengering	Bagian ujung daun tampak kering dan kecoklatan
G10	Batang lunak	Batang terasa lembek saat ditekan
G11	Batang membusuk	Terjadi pembusukan pada batang tanaman
G12	Batang menghitam	Warna batang berubah menjadi gelap atau hitam
G13	Akar membusuk	Akar rusak dan mengeluarkan bau tidak sedap
G14	Pertumbuhan terhambat	Tanaman tumbuh lebih lambat dari normal
G15	Tanaman kerdil	Ukuran tanaman lebih kecil dibanding tanaman normal
G16	Buah tidak berkembang	Buah tidak tumbuh atau ukurannya kecil
G17	Buah membusuk	Buah mengalami kerusakan sebelum masa panen
G18	Daun pucat	Warna daun tampak lebih pucat dari biasanya
G19	Tepi daun menguning	Bagian pinggir daun berubah warna menjadi kuning
G20	Daun rontok	Daun gugur sebelum waktunya

Daftar gejala digunakan sebagai dasar dalam penyusunan basis pengetahuan pada sistem pakar, di mana setiap gejala akan dikaitkan dengan jenis penyakit pisang goroho beserta nilai probabilitas CF dari pakar.

2. Jumlah Penyakit

Tabel penyakit pada penelitian ini berisi daftar jenis penyakit utama yang menyerang tanaman pisang goroho yang telah diidentifikasi berdasarkan hasil konsultasi dengan pakar dan studi literatur. Tabel ini berfungsi sebagai dasar dalam pembentukan basis pengetahuan (*knowledge base*), yang nantinya akan dihubungkan dengan gejala-gejala dan aturan (*rule*) untuk menghasilkan diagnosis yang akurat menggunakan metode CF.

Tabel 2. Daftar Penyakit Tanaman Pisang Goroho

Kode Penyakit	Nama Penyakit	Penyebab
P01	Layu Fusarium	Jamur (<i>Fusarium oxysporum</i>)
P02	Sigatoka Kuning	Jamur (<i>Mycosphaerella musicola</i>)
P03	Sigatoka Hitam	Jamur (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>)
P04	Bercak Daun	Jamur
P05	Busuk Batang	Jamur/Bakteri
P06	Busuk Akar	Jamur
P07	Antraknosa	Jamur (<i>Colletotrichum</i> sp.)
P08	Penyakit Bakteri	Bakteri
P09	Defisiensi Nutrisi	Kekurangan unsur hara
P10	Layu Bakteri	Bakteri (<i>Ralstonia solanacearum</i>)

Setiap jenis penyakit diklasifikasikan berdasarkan agen penyebabnya, seperti jamur, bakteri, maupun faktor fisiologis seperti kekurangan nutrisi. Tabel ini berfungsi sebagai komponen penting dalam basis pengetahuan sistem pakar, yang akan digunakan untuk menghubungkan gejala dengan penyakit dalam proses diagnosis menggunakan metode Certainty Factor.

3. Jumlah Aturan (*rule base*)

Jumlah aturan yang digunakan sebanyak 20 aturan, yang disusun berdasarkan hasil akuisisi pengetahuan dari 3 orang pakar di bidang penyakit tanaman pisang serta didukung oleh studi literatur. Aturan-aturan ini merepresentasikan hubungan antara 20 gejala dengan 10 jenis penyakit yang telah diidentifikasi sebelumnya. Setiap aturan dituliskan dalam bentuk kaidah produksi IF–THEN, di mana bagian IF (premis) berisi kombinasi beberapa gejala, sedangkan bagian THEN (konklusi) berisi jenis penyakit yang didiagnosis. Dalam penelitian ini setiap aturan umumnya terdiri dari 3 hingga 4 gejala utama yang paling dominan terhadap salah satu penyakit, sehingga mampu mencerminkan pola diagnosis yang biasa dilakukan oleh pakar. Selain itu, setiap aturan dilengkapi dengan nilai CF yang berada pada rentang 0,70 hingga 0,95, yang menunjukkan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara gejala dan penyakit. Nilai CF ini diperoleh melalui proses wawancara dan penilaian langsung oleh pakar, sehingga mencerminkan tingkat kepercayaan yang realistis dalam proses diagnosis.

Distribusi aturan dalam sistem yaitu 10 penyakit utama masing-masing direpresentasikan oleh 2 aturan, untuk mengakomodasi variasi kombinasi gejala yang mungkin terjadi dengan total keseluruhan menghasilkan 20 aturan yang saling melengkapi dalam proses inferensi. Aturan-aturan ini kemudian digunakan oleh mesin inferensi untuk melakukan proses penalaran berbasis forward chaining, di mana sistem akan mencocokkan gejala yang diinput oleh pengguna dengan premis pada setiap aturan. Jika kondisi terpenuhi, maka sistem akan menghitung nilai kepastian menggunakan metode CF dan menghasilkan diagnosis penyakit beserta tingkat keyakinannya.

4. Bobot Nilai Certainty Factor

Berikut adalah tabel lengkap bobot CF yang mencakup hubungan antara gejala dan penyakit pada sistem pakar diagnosis penyakit pisang goroho. Nilai CF ini merupakan representasi tingkat keyakinan pakar terhadap keterkaitan masing-masing gejala dengan penyakit tertentu.

Tabel 3. Nilai Bobot Certainty Factor

Kode Penyakit	Kode Gejala	Penyebab	Bobot CF Pakar
P01	G01	Daun menguning	0.80
P01	G02	Daun layu	0.90
P01	G13	Akar membusuk	0.85
P01	G14	Pertumbuhan terhambat	0.75
P02	G03	Bercak coklat pada daun	0.80
P02	G18	Daun pucat	0.70
P02	G19	Tepi daun menguning	0.75
P03	G04	Bercak hitam pada daun	0.90
P03	G05	Daun mengering	0.80
P03	G09	Ujung daun mengering	0.75
P04	G03	Bercak coklat pada daun	0.85
P04	G05	Daun mengering	0.75
P04	G09	Ujung daun mengering	0.70
P05	G10	Batang lunak	0.85
P05	G11	Batang membusuk	0.95
P05	G12	Batang menghitam	0.90
P06	G13	Akar membusuk	0.95
P06	G15	Tanaman kerdil	0.80
P06	G14	Pertumbuhan terhambat	0.75
P07	G17	Buah membusuk	0.90
P04	G03	Bercak coklat pada daun	0.85
P07	G03	Bercak coklat pada daun	0.75

P07	G05	Daun mengering	0.70
P08	G11	Batang membusuk	0.90
P08	G10	Batang lunak	0.85
P08	G20	Daun rontok	0.75
P09	G18	Daun pucat	0.85
P09	G01	Daun menguning	0.80
P09	G14	Pertumbuhan terhambat	0.75
P10	G02	Daun layu	0.90
P10	G10	Batang lunak	0.80
P10	G20	Daun rontok	0.75

Setiap penyakit (P01–P10) memiliki sejumlah gejala yang berkontribusi dalam proses diagnosis. Nilai CF pakar (0–1) menunjukkan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara gejala dan penyakit. Satu gejala dapat muncul pada lebih dari satu penyakit, namun dengan bobot CF yang berbeda-beda. Nilai-nilai ini kemudian digunakan dalam proses perhitungan CF kombinasi untuk menentukan tingkat kepastian pada hasil diagnosis akhir.

5. Jumlah Kasus Uji Coba

Jumlah kasus uji sebanyak 100 kasus nyata, yang diperoleh dari hasil observasi lapangan serta dokumentasi kasus penyakit tanaman pisang goroho di Sulawesi Utara. Setiap kasus merepresentasikan kondisi tanaman berdasarkan kombinasi gejala yang muncul, dengan jumlah gejala per kasus berkisar antara 2 hingga 6 gejala dari total 20 gejala utama yang telah didefinisikan dalam sistem. Dari total 100 kasus uji, distribusi data terhadap jenis penyakit adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Daftar Uji Kasus

Kode Penyakit	Keterangan Penyakit	Jumlah Kasus
P01	Layu Fusarium	12
P02	Sigatoka Kuning)	10
P03	Sigatoka Hitam)	11
P04	(Bercak Daun)	9
P05	(Busuk Batang)	10
P06	Busuk Akar)	8
P07	Antraknosa)	10
P08	Penyakit Bakteri	9
P09	Defisiensi Nutrisi	11
P10	Layu Bakteri	10

Seluruh uji kasus telah melalui proses validasi oleh 3 orang pakar, sehingga setiap data memiliki diagnosis acuan (*ground truth*) yang digunakan sebagai pembandingan dalam evaluasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari 100 kasus uji, sistem pakar mampu memberikan diagnosis yang sesuai dengan pakar sebanyak 92 kasus, sedangkan 8 kasus lainnya tidak sesuai. Dengan demikian, tingkat akurasi sistem dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = (92 / 100) \times 100\% = 92\%$$

Selain itu, nilai rata-rata CF yang dihasilkan sistem terhadap diagnosis yang benar berada pada rentang 0,78 hingga 0,94, yang menunjukkan tingkat keyakinan yang tinggi dan mendekati penilaian pakar.

Metode Certainty Factor

Certainty Factor pertama kali diperkenalkan oleh Shortliffe dan Buchanan dalam pengembangan sistem MYCIN. Certainty Factor (CF) merupakan nilai parameter klinis yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keyakinan terhadap suatu hipotesis. Secara matematis, Certainty Factor didefinisikan sebagai persamaan berikut [15]:

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E)$$

$$MB(H,E) = \frac{\max[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\max[1,0] - P(H)} + \dots \quad P(H) = 1$$

$$MB(H,E) = \frac{\min[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\max[1,0] - P(H)} + \dots \quad P(H) = 0$$

Keterangan:

CF (Rule) = Certainty Factor

MB(H, E) = Ukuran kepercayaan terhadap hipotesis H, jika diberikan evidence (gejala) E (bernilai antara 0 sampai 1).

MD(H, E) = Ukuran ketidakpercayaan terhadap hipotesis H, jika diberikan evidence (gejala) E (bernilai antara 0 sampai 1).

P(H) = Probabilitas hipotesis H

P(H|E) = Probabilitas hipotesis H jika diberikan evidence E

Contoh Perhitungan Certainty Factor

Seorang petani mengamati tanaman pisang goroho dengan gejala G01, G02, G13, G14

Nilai CF : (G01 : 0,80), (G02 : 0,90), (G13 : 0,85), (G14 : 0,75)

Langkah 1 : Hitung CF tiap Gejala

$$CF_{gejala} = CF_{pakar} \times CF_{user}$$

$$CF_1 = 0,80 \times 0,80 = 0,64$$

$$CF_2 = 0,90 \times 0,90 = 0,81$$

$$CF_3 = 0,85 \times 0,70 = 0,595$$

$$CF_4 = 0,75 \times 0,80 = 0,60$$

Langkah 2 : Kombinasi CF (*Multi Evidence*)

Gabungkan CF_1 dan CF_2

$$CF_{1,2} = CF_1 + CF_2(1 - CF_1)$$

$$CF_{1,2} = 0,64 + 0,81(1 - 0,64)$$

$$CF_{1,2} = 0,64 + 0,81(0,36)$$

$$CF_{1,2} = 0,64 + 0,2916 = 0,9316$$

Gabungkan dengan CF_3

$$CF_{123} = CF_{1,2} + CF_3(1 - CF_{1,2})$$

$$CF_{123} = 0,9316 + 0,595(1 - 0,9316)$$

$$CF_{123} = 0,9316 + 0,595(0,0684)$$

$$CF_{123} = 0,9316 + 0,0407 = 0,9723$$

Gabungkan dengan CF_4

$$CF_{final} = CF_{1,2,3} + CF_4(1 - CF_{1,2,3})$$

$$CF_{final} = 0,9723 + 0,60(1 - 0,9723)$$

$$CF_{final} = 0,9723 + 0,60(0,0277)$$

$$CF_{final} = 0,9723 + 0,0166 = 0,9889$$

Hasil Akhir :

Nilai CF = 0,9889

Persentase: 98,89%

Sistem memiliki tingkat keyakinan sebesar 98,89% bahwa tanaman pisang goroho terserang penyakit Layu Fusarium (P01).

Tabel 5. Tabel Confusion Matrix Contoh Perhitungan CF

No	Prediksi P01	Prediksi Bukan P01
Aktual P01	1(TP)	0(FN)
Aktual Bukan P01	0(FP)	0(TN)

Penjelasan:

True Positive (TP) = 1 → Sistem benar mendiagnosis Layu Fusarium

False Positive (FP) = 0 → Tidak ada kesalahan prediksi

False Negative (FN) = 0 → Tidak ada kasus yang terlewat

True Negative (TN) = 0 → Tidak relevan untuk satu kasus

Pada kasus ini, sistem pakar dengan nilai CF = 98,89% menunjukkan tingkat keyakinan sangat tinggi, hasil diagnosis sesuai dengan pakar (*ground truth*) dan tidak terdapat kesalahan klasifikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian

Pengujian sistem pakar dilakukan menggunakan 100 kasus uji nyata yang telah divalidasi oleh pakar sebagai ground truth. Sistem melakukan diagnosis berdasarkan gejala yang diinput, kemudian hasilnya dibandingkan dengan diagnosis pakar. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa jumlah data uji sebanyak 100 kasus dengan diagnosis sesuai dengan pakar 92 kasus diagnosis tidak sesuai 8 kasus,

$$\text{Akurasi} = (92 / 100) \times 100\% = 92\%$$

Nilai ini menunjukkan bahwa sistem pakar memiliki tingkat ketepatan yang tinggi.

Evaluasi Menggunakan Confusion Matrix

Evaluasi performa sistem juga dilakukan menggunakan confusion matrix untuk melihat distribusi hasil klasifikasi:

Tabel 6. Tabel Confusion Matrix Pengujian Kasus

	Prediksi Benar	Prediksi Salah	Total
Data Aktual	92	8	100

Hasil evaluasi model menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan akurasi 92%. Nilai precision sebesar 94,84%, recall 96,84%, dan F1-score 95,83% menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan tinggi dalam mengklasifikasikan data secara tepat serta seimbang antara ketepatan dan kelengkapan prediksi.

Analisis Hasil Certainty Factor

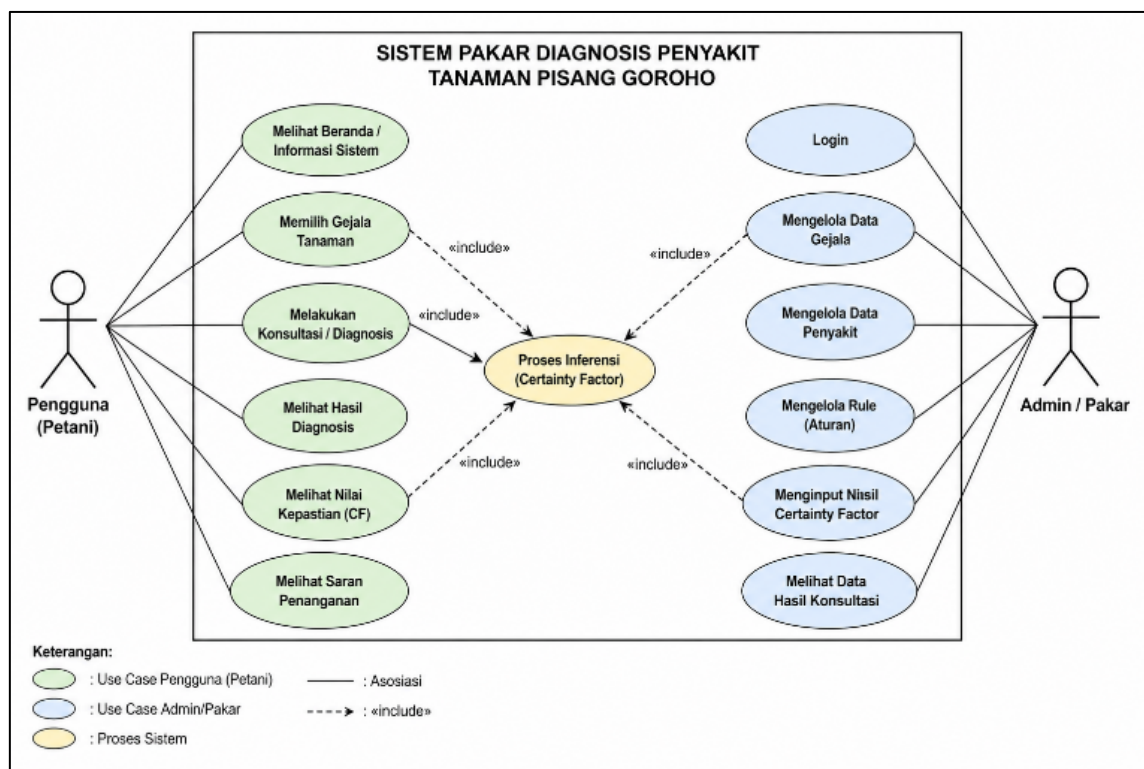
Metode Certainty Factor sangat efektif karena menghasilkan nilai keyakinan pada setiap diagnosis dalam rentang 0,78 hingga 0,94 untuk sebagian besar kasus yang benar. Pada contoh kasus, diperoleh nilai CF sebesar 0,9889 (98,89%), yang menunjukkan tingkat keyakinan sangat tinggi terhadap diagnosis penyakit Layu Fusarium (P01). Nilai CF ini memberikan keunggulan dibandingkan metode klasifikasi biasa karena tidak hanya menghasilkan keputusan, tetapi juga tingkat kepastian (*degree of belief*) yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan oleh pengguna.

Perbandingan dengan Metode Lain

Jika dibandingkan dengan metode lain, metode rule-based biasa tanpa CF hanya mampu menghasilkan keputusan bersifat “ya” atau “tidak” tanpa memberikan tingkat keyakinan, sehingga kurang fleksibel dalam menghadapi kondisi yang mengandung ketidakpastian. Sementara itu, metode Naïve Bayes membutuhkan dataset dalam jumlah besar serta bergantung pada asumsi independensi antar gejala, yang pada praktiknya sering tidak terpenuhi, khususnya pada kasus penyakit tanaman yang memiliki keterkaitan antar gejala. Metode Decision Tree juga memiliki keterbatasan karena cenderung menghasilkan keputusan yang kaku dan kurang mampu mengakomodasi ketidakpastian dalam nilai gejala. Oleh karena itu, dibandingkan metode-metode tersebut, Certainty Factor lebih unggul karena mampu merepresentasikan tingkat keyakinan berdasarkan pengetahuan pakar, tidak memerlukan data pelatihan dalam jumlah besar, serta sangat sesuai untuk diterapkan pada sistem berbasis aturan.

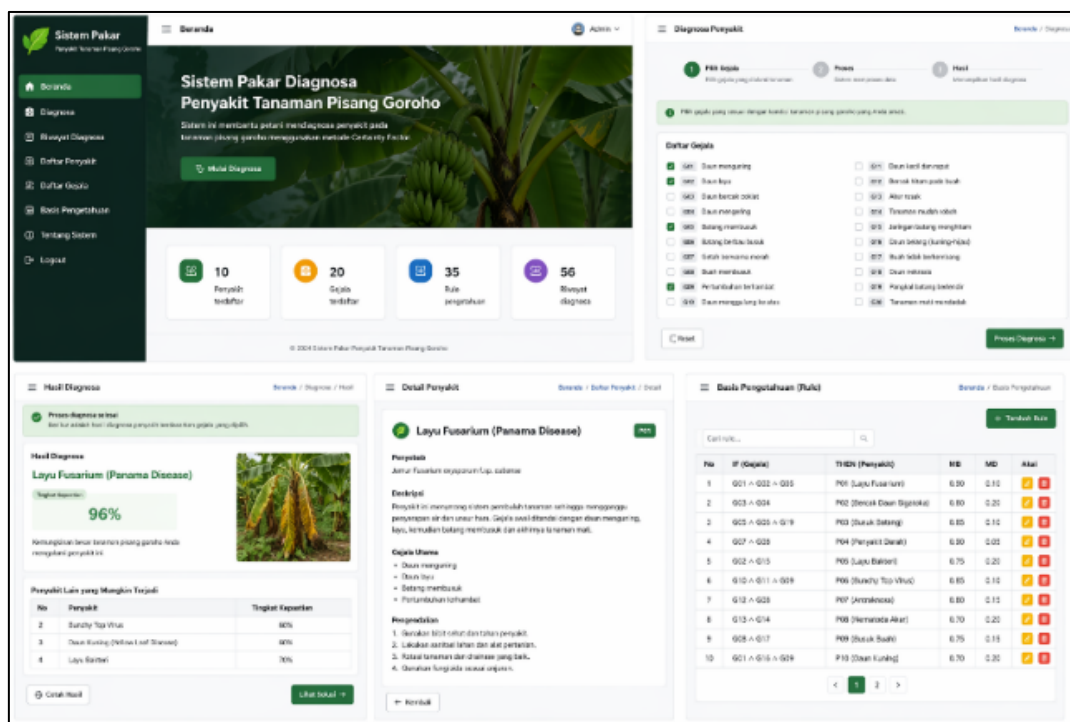
Rancangan dan Tampilan Sistem

1. Use Case Diagram

**Gambar 2.** Use Case Diagram

Keterangan pada Use Case Diagram ini menjelaskan bahwa sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pisang goroho melibatkan dua aktor utama, yaitu pengguna (petani) dan admin/pakar. Pengguna berperan dalam melakukan konsultasi dengan sistem, mulai dari melihat informasi, memilih gejala, melakukan diagnosis, hingga melihat hasil diagnosis, nilai kepastian, dan saran penanganan. Sementara itu, admin atau pakar bertanggung jawab dalam mengelola basis pengetahuan sistem, yang meliputi pengelolaan data gejala, data penyakit, aturan (rule), serta penginputan nilai CF, dan juga memantau hasil konsultasi. Seluruh proses tersebut terhubung dengan proses inti sistem, yaitu inferensi menggunakan metode CF untuk menghasilkan diagnosis berdasarkan gejala yang dipilih.

2. Tampilan Aplikasi Sistem Pakar



Gambar 3. Halaman Diagnosa Penyakit

Tampilan sistem pakar berbasis web dirancang dengan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan oleh pengguna, khususnya petani. Halaman utama menampilkan menu navigasi seperti beranda, diagnosa, data gejala, data penyakit, dan basis pengetahuan. Pada menu diagnosa, pengguna dapat memilih gejala yang sesuai dengan kondisi tanaman melalui daftar yang tersedia. Setelah gejala dipilih, sistem akan memproses data menggunakan metode CF dan menampilkan hasil diagnosis berupa jenis penyakit dengan tingkat kepastian dalam bentuk persentase. Selain itu, sistem juga menyediakan informasi detail penyakit serta rekomendasi penanganan yang dapat dilakukan. Secara keseluruhan, tampilan sistem dirancang responsif dan informatif sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan diagnosis penyakit tanaman pisang goroHo secara cepat dan akurat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pakar berbasis web dengan metode Certainty Factor yang dikembangkan untuk diagnosis penyakit tanaman pisang goroHo menunjukkan kinerja yang baik dengan tingkat akurasi sebesar 92% berdasarkan pengujian terhadap 100 kasus uji nyata. Hasil evaluasi juga didukung oleh nilai precision sebesar 94,84%, recall sebesar 96,84%, dan F1-score sebesar 95,83%, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan yang tinggi dalam memberikan diagnosis yang tepat dan konsisten. Selain itu, pada pengujian kasus tertentu diperoleh nilai Certainty Factor sebesar 0,9889 (98,89%), yang mencerminkan tingkat keyakinan sistem yang sangat tinggi dan mendekati penilaian pakar.

Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi dalam bentuk pengembangan model sistem pakar yang mampu mengakomodasi ketidakpastian diagnosis melalui metode CF, serta integrasi basis pengetahuan dari 3 pakar dengan tingkat kesepakatan sebesar 93%. Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan dataset terstruktur yang terdiri dari 20 gejala utama, 10 jenis penyakit, dan 20 aturan (rule base) yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya. Dengan capaian tersebut, sistem yang dikembangkan tidak hanya memberikan diagnosis secara cepat dan akurat, tetapi juga mampu menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang efektif bagi petani dalam menangani penyakit tanaman pisang goroHo.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi dan semua pihak yang telah memberikan dukungan serta kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada para pakar dan penyuluh pertanian yang telah bersedia memberikan pengetahuan dan data yang sangat berharga dalam proses pengembangan sistem pakar ini.

Referensi

- [1] S. Putri, T. Fahrudin, and A. Widayanti, "Agricultural Cultivation Cost Prediction Using Neural Networks and Feature Importance Analysis," *J. RESTI*, vol. 9, no. 1, pp. 31–39, 2025, doi: 10.29207/resti.v9i1.6003.
- [2] F. Firmansyah, A. N. I. Adriana, and N. Narni, "FORMULASI DAN UJI MUTU FISIK SEDIAAN KRIM BODY SCRUB EKSTRAK KULIT PISANG GOROH (Musa acuminata L.)," *Pharmacol. Pharm. Sci. Journals*, vol. 2, no. 1, pp. 30–38, 2023, doi: 10.51577/papsjournals.v2i1.420.
- [3] M. Dita, M. Barquero, D. Heck, E. S. G. Mizubuti, and C. P. Staver, "Fusarium Wilt of Banana : Current

- Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management,” vol. 9, no. October, pp. 1–21, 2018, doi: 10.3389/fpls.2018.01468.
- [4] G. H. J. Kema, A. Drenth, M. Dita, K. Jansen, and S. Vellema, “Editorial : Fusarium Wilt of Banana , a Recurring Threat to Global Banana Production,” vol. 11, no. January, pp. 1–6, 2021, doi: 10.3389/fpls.2020.628888.
- [5] L. Indrayani and M. M. Kamesrar, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Menggunakan Metode Certainty Factor,” vol. 12, pp. 162–168, 2023.
- [6] M. N. Anbi, G. F. Laxmi, F. Riana, and C. Hermanto, “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit dan Hama Tanaman Pisang dengan Metode Classical Probability,” *Krea-TIF J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 51–58, 2022, doi: 10.32832/krea-tif.v10i1.6993.
- [7] H. Triwidodo, E. T. Tondok, and D. A. Shiami, “Pengaruh Varietas dan Umur Tanaman Berbeda terhadap Jumlah Populasi dan Tingkat Serangan Hama dan Penyakit Pisang (Musa sp.) di Kabupaten Sukabumi,” *Agrikultura*, vol. 31, no. 2, p. 68, 2020, doi: 10.24198/agrikultura.v31i2.27077.
- [8] A. Sindar, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pohon Karet dengan Metode Certainty Factor,” vol. 4, no. 2, pp. 94–100, 2019.
- [9] E. S. P. B. V, J. M. Mckinion, H. E. Lemmon, and M. State, “Expert systems for agriculture*,” vol. 1, pp. 31–40, 1985.
- [10] A. Sistem, P. Identifikasi, P. Tanaman, and C. Factor, “Application of Expert System Identification of Horticultural Plant Diseases with Certainty Factor and Forward Chaining for Smart Village Concept Development,” vol. 20, no. 1, pp. 63–80, 2023, doi: 10.31515/telematika.v20i1.9358.
- [11] M. Ilham Insani, A. Alamsyah, and A. T. Putra, “Implementation of Expert System for Diabetes Diseases using Naïve Bayes and Certainty Factor Methods,” *Sci. J. Informatics*, vol. 5, no. 2, pp. 185–193, 2018, doi: 10.15294/sji.v5i2.16143.
- [12] L. F. Gutiérrez Cano, J. W. Zartha Sossa, G. L. Orozco Mendoza, L. M. Suárez Guzmán, D. A. Agudelo Tapasco, and J. I. Quintero Saavedra, “Agricultural innovation system: analysis from the subsystems of R&D, training, extension, and sustainability,” *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 7, no. July, pp. 1–17, 2023, doi: 10.3389/fsufs.2023.1176366.
- [13] M. van Dijk, K. Fuglie, P. W. Heisey, and H. Deng, “A global dataset of public agricultural R&D investment: 1960-2022,” *Sci. Data*, vol. 12, no. 1, pp. 1–14, 2025, doi: 10.1038/s41597-025-05331-y.
- [14] Djameludin, D. Kosani, and Liesnaningsih, “Prototype Robot Penyemprot Disinfektan Dengan,” pp. 135–140, 2022.
- [15] A. S. Sembiring, O. Manahan, and M. Helentina, “Implementation of Certainty Factor Method for Expert System,” 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1255/1/012065.