DOI: https://doi.org/10.70656/ijcse.v2i01.76

Implementasi Metode VCIRS Dan *Certainty Factor* Pada Sistem Pakar Identifikasi Defisiensi Unsur Hara, Hama, Dan Penyakit Tanaman Jeruk Kalamansi Serta Rekomendasi Lokasi Toko Pertanian

Desi Andreswari
Program Studi Informatika
Universitas Bengkulu
Bengkulu,Indonesia
desi.andreswari@unib.ac.id

Dania Dwi Safitri
Program Studi Informatika
Universitas Bengkulu
Bengkulu, Indonesia
daniadwisafitri16@gmail.com

Sempurna br. Ginting
Program Studi Proteksi Tanaman
Universitas Bengkulu
Bengkulu, Indonesia
sempurnaginting@unib.ac.id

Abstract*—Jeruk kalamansi merupakan salah satu produk unggulan Provinsi Bengkulu yang dikenal dengan aroma khas dan kandungan flavonoid tinggi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Bengkulu, produksi jeruk di Kota Bengkulu mengalami penurunan signifikan dari 260 kuintal pada tahun 2020 menjadi 66 kuintal pada tahun 2021, atau turun sebesar 74,62 persen. Produksi jeruk kalamansi sering terhambat oleh keterbatasan pengetahuan petani dalam mengidentifikasi dan menangani permasalahan defisiensi hara, hama, dan penyakit tanaman, yang menyebabkan penurunan produksi dan kualitas buah. Meskipun para petani memiliki banyak pengalaman dan pengetahuan praktis, mereka sering merasa bingung dan kesulitan dalam membedakan dan memahami semua jenis permasalahan yang mungkin terjadi pada tanaman mereka. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan sistem yang dapat mengidentifikasi berbagai permasalahan tanaman jeruk kalamansi serta memberikan solusi penanganan dan rekomendasi lokasi toko pertanian. Sistem ini menggunakan metode Variable-Centered Intelligent Rule System dan Certainty Factor berbasis website, membantu petani menyelesaikan masalah tanpa harus bertemu langsung dengan ahli. Pengujian terhadap 41 data uji menunjukkan akurasi sistem sebesar 92%, dan pengujian blackbox testing dengan 50 skenario menunjukkan akurasi fungsional sistem sebesar 100%. Dengan demikian, sistem ini efektif dalam mengidentifikasi dan menangani permasalahan defisiensi unsur hara, hama, dan penyakit pada tanaman jeruk kalamansi.

Kata kunci: Jeruk Kalamansi, Defisiensi Unsur Hara, Hama, Penyakit, Variable-Centered Intelligent Rule System, Certainty Factor, dan Sistem Pakar.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan iklim tropis dan tingkat kelembapan udara yang memadai, sehingga memungkinkan pertumbuhan berbagai tanaman yang subur. Provinsi Bengkulu, sebagai bagian dari Indonesia, terdiri atas satu kota dan sembilan kabupaten (BPS, 2022). Kota Bengkulu, yang merupakan ibukota provinsi, memiliki salah satu kekayaan alam berupa jeruk kalamansi. Jeruk kalamansi, atau jeruk kasturi, dikenal juga sebagai calamondin, jeruk nipis, china orange, atau panama orange [1]. Aroma yang khas dan wangi membuat jeruk kalamansi menarik, baik saat dikonsumsi dalam bentuk segar maupun diolah menjadi sirup dan produk-produk lainnya. Jeruk kalamansi juga kaya akan senyawa flavonoid seperti asam askorbat dan asam sitrat, menunjukkan bahwa jeruk ini memiliki kandungan glukosa yang rendah [2].

Produksi jeruk kalamansi di Kota Bengkulu seringkali terhambat oleh keterbatasan pengetahuan petani dalam mengidentifikasi dan menangani permasalahan tanaman, seperti defisiensi hara, hama, dan penyakit. Permasalahan ini mengakibatkan penurunan produksi, kualitas buah, nilai jual buah, dan kerusakan lahan. Meskipun para petani memiliki banyak pengalaman dan pengetahuan praktis, mereka seringkali merasa bingung dan kesulitan dalam membedakan dan memahami semua jenis permasalahan yang mungkin terjadi pada tanaman mereka. Pemahaman yang lebih mendalam tentang permasalahan tanaman dapat membantu meningkatkan hasil panen dan menjaga kesehatan tanaman. Dalam hal ini, sistem pakar hadir sebagai solusi alternatif yang cerdas untuk membantu petani jeruk kalamansi.

Sistem pakar merupakan bagian dari kecerdasan buatan yang bertujuan untuk membuat mesin melakukan hal-hal yang membutuhkan kecerdasan seperti seorang ahli [3]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pakar menggunakan metode *Variable-Centered Intelligent Rule System* (VCIRS) dan *Certainty Factor* untuk mengidentifikasi defisiensi unsur hara, hama, dan penyakit pada tanaman jeruk kalamansi serta memberikan rekomendasi lokasi toko pertanian.

Penggabungan metode *Variable-Centered Intelligent Rule System* (VCIRS) dengan metode *Certainty Factor* (CF) merupakan solusi yang saling melengkapi dalam mengatasi kompleksitas pengambilan keputusan dalam sistem pakar. Metode VCIRS dapat meningkatkan kinerja dan keandalan sistem pakar melalui analisis variabel, nilai, dan aturan, namun masih memiliki kekurangan dalam menyediakan informasi mengenai tingkat keyakinan terhadap suatu kasus. Metode *Certainty Factor* digunakan untuk menggambarkan tingkat keyakinan terhadap fakta atau aturan dalam pengambilan

keputusan dan menetapkan hasil akhir dengan lebih jelas dan pasti [4]. CF hanya merepresentasikan hubungan dua arah antara dua variabel, sehingga sulit menjelaskan hubungan kompleks antar gejala dan berbagai jenis permasalahan [5]. Menggabungkan VCIRS dan *Certainty Factor* dalam sistem pakar memungkinkan analisis variabel dan aturan yang komprehensif, serta mempertimbangkan tingkat keyakinan terhadap kasus atau kejadian.

Penelitian mengenai metode *Variable-Centered Intelligent Rule System* (VCIRS) dan metode *Certainty Factor* sebelumnya pernah dilakukan. Penelitian yang berjudul "Penerapan Metode *Variable Centered Intelligent Rule System* (VCIRS) dan *Certainty Factor* Pada Sistem Pakar Identifikasi Hama Tanaman Sorgum" berhasil mengidentifikasi hama tanaman sorgum dengan akurasi sebesar 96% [6]. Selain itu, penelitian "Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit Tanaman Jeruk Metode *Certainty Factor* Berbasis Android" hanya terbatas pada identifikasi dua permasalahan pada tanaman jeruk, yaitu hama dan penyakit [7]. Penelitian lain mengenai aplikasi sistem pakar untuk analisis karakter anak usia prasekolah dengan metode Certainty Factor menunjukkan bahwa sistem ini membantu pengguna dalam menentukan jenis karakter anak berdasarkan ekspresi saat mendengar musik pop anak yang berirama semangat dan riang gembira. Namun, sistem ini belum mampu merepresentasikan hasil yang mempertimbangkan beberapa opsi kemungkinan berdasarkan kombinasi gejala yang diinput [8].

Dengan menggunakan sistem pakar, para petani dapat secara efisien dan cepat mengidentifikasi permasalahan tanaman, mendapatkan rekomendasi solusi, dan meningkatkan pengetahuan mereka. Dengan penggabungan metode VCIRS dan *Certainty Factor*, sistem pakar ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih komprehensif dan akurat, serta mendukung peningkatan produktivitas budidaya jeruk kalamansi di Kota Bengkulu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jeruk Kalamansi

Jeruk kalamansi (*Citrus microcarpa*) termasuk ke dalam ordo *Sapindales* family *Rutaceae*, dan genus *Citrus* [9]. Jeruk Kalamansi berasal dari Philipina dan kemudian dibawa serta dibudidayakan di Bengkulu oleh Lembaga Pengembangan Peternakan Baptis (LPPB), Pondok Kubang, Kabupaten Bengkulu Tengah [2]. Jeruk kalamansi memiliki sejumlah nama lain seperti jeruk kasturi, calamondin, jeruk nipis, china *orange*, atau panama [1]. Jeruk kalamansi memiliki rasa asam, mengandung banyak air, dan juga memiliki aroma yang khas. Jeruk kalamansi kaya akan vitamin C, flavonoid, tanin, pektin, dan asam sitrat yang bermanfaat bagi tubuh. Vitamin C sebagai antioksidan melawan radikal bebas, flavonoid dengan manfaat antiinflamasi, antialergi, antikanker, dan antidiabetes tanin untuk meredakan peradangan dan risiko ulkus, pektin yang mendukung pencernaan dan menurunkan kolesterol, serta asam sitrat sebagai pengawet alami dan menjaga keseimbangan pH [2].

Penurunan produksi jeruk kalamansi tidak terlepas dari beberapa permasalahan yang menyerang, yaitu terkait pola cuaca yang tidak stabil dan musim kemarau berkepanjangan yang dapat menyebabkan tanaman mengalami defisiensi unsur hara. Unsur hara merupakan zat kimia yang diperlukan oleh tanaman untuk melakukan fungsi-fungsi vital dalam pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi tanaman [10]. Defisiensi unsur hara pada tanaman merupakan keadaan yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Defisiensi unsur hara dapat menjadi faktor pembatas yang besar dalam upaya memperoleh hasil buah dengan kualitas fisik yang optimal. Kemudian masalah terkait serangan hama dan penyakit yang menjangkit tanaman jeruk kalamansi.

B. Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan sistem yang didesain untuk mentransfer pengetahuan manusia ke dalam komputer dengan tujuan memodelkan kemampuan menyelesaikan masalah sebagaimana yang dilakukan oleh seorang ahli [11]. Sistem pakar yang efektif didesain untuk menyelesaikan permasalahan khusus dengan meniru cara kerja para ahli. Bagi para ahli, sistem pakar ini juga akan mendukung aktivitas mereka sebagai asisten berpengalaman. Seorang pakar merujuk pada seseorang yang memiliki pengetahuan atau keahlian khusus di bidang tertentu yang tidak dimiliki atau dikuasai oleh orang lain [12].

C. Metode Variable-Centered Intelligent Rule System (VCIRS)

Istilah "*Intelligent*" dalam VCIRS menekankan karakteristik sistem tersebut. Sistem "belajar" untuk meningkatkan kinerja sistem dari pengguna sistem selama pembangunan pengetahuan (melalui analisis variabel dan analisis nilai) dan penyempurnaan pengetahuan [13]. Analisis variabel merupakan tahap menentukan *variable/node* yang paling penting. Proses analisis nilai yang disebut dengan *usage assignment* dilakukan untuk menentukan tingkat kegunaan *rule/node/variable* dalam KB (*Knowledge Base*) [14]. Proses ini menggunakan informasi yang tersimpan dalam *Variable-Centered Rule Structure* untuk menentukan Derajat Kegunaan (*Usage Degree*) dari *rule/node/variable* dalam Basis Pengetahuan. Selain itu, tahapan terakhir, yaitu Pembangkitan *node*, merupakan hasil dari analisis variabel dan analisis nilai, dimana *node* baru dibentuk untuk memperkaya Basis Pengetahuan dengan informasi yang relevan. Terdapat tiga *usage degree,* yaitu sebagai berikut :

1. *Variable Usage Rate* (VUR), digunakan untuk mengukur tingkat kegunaan dari suatu variabel di dalam node yang sedang dan telah digunakan. Persamaan (1) menghitung *VUR* untuk variabel ke-*i* dimana :

   $\text{VURi} = Crediti \text{ X}$

   $Weighti$ ..... (2.1)

   $Weighti = \text{NS}i \text{ x CD}i \text{ CD}i$

   $= {}^{\text{VO}i}/_{TV}$

2. *Node Usage Rate* (NUR), digunakan untuk mengukur kegunaan suatu node pada pengeksekusian (*firing*) suatu *node*. Persamaan (2) menghasilkan *NUR* untuk *node* ke-*j* dimana :

   $\text{NURj} = {}^{\Sigma^N \text{VURij}}/_{N}$ ..... (2.2)

   VURij untuk variabel ke-*i* dalam *node j*

3. *Rule Usage Rate* (RUR), yang mengukur kegunaan suatu *rule* pada pengeksekusian (*firing*) suatu *rule*. Makin besar indikator kegunaan, maka makin bergunalah nilai tersebut dan begitu pula sebaliknya.

RURk = 1 (2.3)

NURij untuk variabel ke-*j* dalam *rule* k

D. Metode Certainty Factor

Metode *Certainty Factor* (CF) diperkenalkan oleh Shortliffe Buchanan pada tahun 1975. Tujuan dari Teori *Certainty Factor* adalah untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam pemikiran seorang pakar [7]. *Certainty factor* menunjukkan ukuran kepastian terhadap suatu fakta atau aturan [15]. Berikut konsep penggunaan metode *certainty factor* yang dikombinasikan dengan penggunaan metode VCIRS.

1. Mencari nilai *certainty factor*(CF) gejala

   CF [H,E] = CF [H] × CF [E] (2.4)
2. Mencari nilai CFR gejala

   CFR = CF[H,E] × RUR] ..... (2.5)

   Dengan :

   CF [H] = sebagai nilai (pakar) CF [E] = sebagai nilai (diagnosis)

   CFR = sebagai nilai gabungan CF dan RUR RUR = sebagai nilai rule pada metode VCIRS
3. Menghitung CF Kombinasi Hama

   CF gabungan [CFR1, CFR2] = CFR1 + CFR2*(1 – CFR1) (2.6)

Tabel 1. Nilai Certainty Factor

Istilah	Certainty Factor
Tidak Ada	0 hingga +0,2
Mungkin	+0,4
Kemungkinan Besar	+0,6
Hampir Pasti	+0,8
Pasti	+1,0

E. Metode Pengembangan Sistem (Waterfall)

Metode pengembangan sistem yang digunakan pada aplikasi ini adalah model *Waterfall*. Metode ini menggambarkan teknik air terjun, yang memberikan metodologi alur dari perangkat lunak secara lengkap yang dimulai dengan analisis, desain, pengkodean, pengujian.

F. Metode Perancangan Sistem (UML)

Metode Perancangan Sistem yang digunakan pada sistem informasi adalah UML (*Unified Modeling Language*), yang merupakan sebuah bahasa yang berdasarkan grafik/gambar untuk dapat memvisualisasi, menspesifikasikan, membangun, serta pendokumentasian dari suatu sistem pengembangan software berbasis OO (*Object Oriented*) [16]. Untuk menjelaskan perancangan sistem yang akan dibangun,digunakan 4 (Empat) model diagram UML, yaitu *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, *Sequence Diagram*, dan *Class Diagram*.

G. Basis Data

Basis data adalah suatu sistem terkomputerisasi yang dirancang untuk memelihara data yang sudah dioleh atau informasi dan menyediakan akses ke informasi tersebut pada saat diperlukan. Dengan kata lain, basis data berfungsi sebagai sarana penyimpanan data yang memungkinkan akses yang efisien dan cepat [17].

H. Metode Pengujian

Algoritma dan Akurasi Pengujian algoritma dan akurasi sistem merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian metode atau algoritma *Variable-Centered Intelligent Rule System* dan *Certainty Factor* yang diimplementasikan ke sistem. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil perhitungan yang dilakukan oleh sistem.

I. Metode Pengujian

Fungsionalitas Sistem Pengujian Fungsional Sistem dilakukan menggunakan metode *blackbox testing*. *Blackbox Testing* adalah metode pengujian perangkat lunak yang menilai spesifikasi fungsional tanpa memperhatikan desain dan kode program. Metode *Blackbox Testing* adalah sebuah metode yang dipakai untuk menguji sebuah *software* tanpa harus memperhatikan detail *software*. Proses *Black Box Testing* dengan cara mencoba program yang telah dibuat dengan mencoba memasukkan data pada setiap formnya [18].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang peneliti lakukan merupakan jenis penelitian terapan. Penelitian dilakukan dari Januari 2024 sampai dengan Juni 2024. Observasi dilakukan di kebun jeruk kalamansi di Padang Serai, Kota Bengkulu. Tujuan utama penelitian ini adalah menciptakan sebuah sistem yang dapat membantu petani dan masyarakat umum dalam mengenali defisiensi unsur hara, hama, dan penyakit tanaman jeruk kalamansi secara akurat, serta memberikan solusi yang efektif dalam mengatasi masalah tersebut. Sistem ini akan mengimplementasikan *Variable-Centered Intelligent Rule System* dan *Certainty Factor* berbasis sistem pakar. Metode pengumpulan data untuk penelitian ini meliputi studi pustaka dari buku referensi dan jurnal ilmiah, wawancara dengan pakar, dan observasi langsung. Metode pengembangan sistem dalam penelitian ini ialah *waterfall* , yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, desain, pembuatan kode program, pengujian, dan pemeliharaan sistem.

A. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan tahap pertama yang menjadi dasar proses pembuatan sistem selanjutnya. Analisis kebutuhan pada pengembangan sistem bertujuan untuk mengatur parameter sistem yang akan dibangun, mengidentifikasi kemampuan dan fungsi sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, serta menentukan fitur-fitur tambahan yang akan memberikan nilai tambah pada sistem yang dibangun. Adapun analisis kebutuhan aplikasi yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan data masukkan

Data masukan yang dibutuhkan dalam aplikasi ini adalah data mengenai jenis defisiensi unsur hara, hama, penyakit serta gejala, data relasi gejala dan jenis permasalahan, data terkait nilai kepercayaan gejala setiap jenis permasalahan, dan data kerusakan pada tanaman jeruk kalamansi di Kota Bengkulu.

2. Kebutuhan data keluaran

Data keluaran pada aplikasi ini adalah informasi mengenai defisiensi unsur hara, hama dan penyakit yang menjangkit tanaman jeruk kalamansi sesuai dengan gejala yang ada serta cara menanganinya.

3. Kebutuhan interface

DOI: https://doi.org/10.70656/ijcse.v2i01.76

Kebutuhan *interface* pada aplikasi adalah menyediakan kenyamanan dan kemudahan bagi pengguna saat menggunakan aplikasi sesuai dengan kebutuhan dan tantangan yang dihadapi.

B. *Desain*

Setelah menyelesaikan langkah awal, yaitu analisis kebutuhan, langkah berikutnya adalah tahap perancangan aplikasi. Tahap perancangan aplikasi merupakan proses konseptualisasi untuk merancang sistem perangkat lunak dengan pemahaman mendalam mengenai kebutuhan dan harapan pengguna. Tujuan utama pada tahap ini adalah memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan pengguna dan dapat memenuhi harapan mereka. Dalam perancangan aplikasi digunakan Perancangan Unified Modeling Language (UML) sesuai dengan persyaratan sistem. Unified Modeling Language (UML) merupakan pemodelan yang digunakan untuk menggambarkan, merancang, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak.

C. *Pembuatan Kode Program*

Setelah menyelesaikan fase analisis kebutuhan dan perancangan sistem, langkah berikutnya adalah fase implementasi. Fase implementasi mencakup penerapan konsep secara konkret dalam penelitian, pada fase ini penulis akan mengoptimalkan proses pengembangan aplikasi. Pada tahap ini, Desain harus ditranslasikan kedalam program perangkat lunak. Hasil dari tahap ini adalah program komputer sesuai tahap desain.

D. *Pengujian*

Proses pengujian aplikasi yang dibuat melibatkan dua metode pengujian, yakni metode pengujian kotak hitam (*black box testing*) dan Pengujian algoritma dan akurasi sistem melalui data uji.

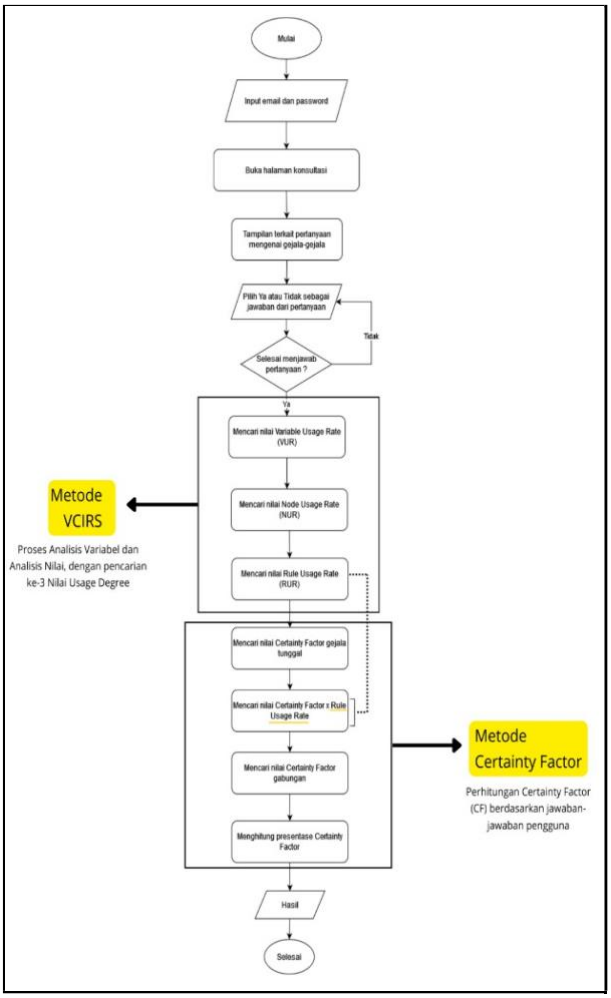
E. *Pemeliharaan Sistem*

Setelah aplikasi selesai dibangun, maka pengguna akan menggunakan aplikasi. Apabila terdapat kebutuhan pengembangan fungsional yang diinginkan oleh pengguna, langkah selanjutnya adalah melakukan pemeliharaan pada aplikasi tersebut.

IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Dalam penelitian ini, data diperoleh melalui studi literatur, wawancara, dan observasi. Informasi yang dikumpulkan mencakup permasalahan tanaman jeruk kalamansi, seperti defisiensi unsur hara, hama, dan penyakit, serta gejala dan solusi pengendaliannya. Studi literatur melibatkan beberapa buku dan jurnal terkait, antara lain "Pestisida Untuk Pertanian dan Kehutanan" (2002), "Pengenalan dan Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Jeruk" (2011), "Pengendalian Hama & Penyakit Tanaman Jeruk" (2021), "Citrus Pets and Diseases Management Manual" (2017), dan "Defisiensi Unsur Hara Jeruk" (2014). Observasi dilakukan di perkebunan di Padang Serai, Kota Bengkulu, untuk mengumpulkan data yang diperlukan bagi basis pengetahuan sistem pakar. Wawancara dilakukan dengan Ibu Dr. Sempurna Br Ginting, S.P., M.Si, dosen di Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Data yang dikumpulkan meliputi jenis permasalahan tanaman, gejala, aturan, basis pengetahuan, nilai CF, data kerusakan tanaman, hasil wawancara, pemberian bobot oleh pakar, dan dokumentasi observasi.

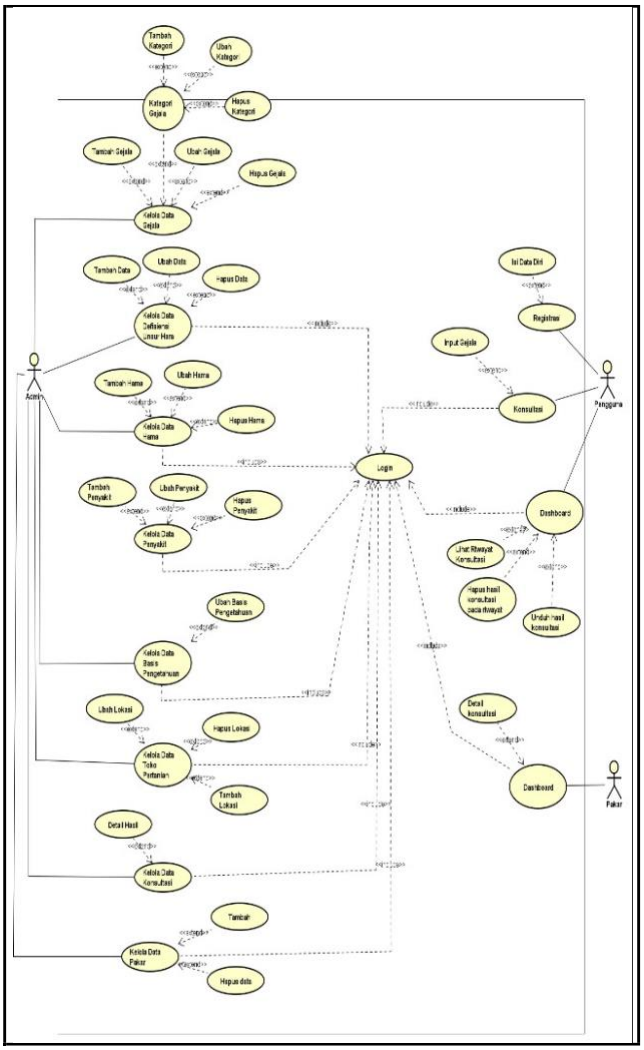
Pada penelitian ini terdapat alur kerja dari sistem yang akan digambarkan pada diagram alir seperti Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Sistem

Pada sistem pakar identifikasi defisiensi unsur hara, hama, dan penyakit pada tanaman jeruk kalamansi, alur sistem dimulai dengan pengguna melakukan *login* menggunakan email dan *password*. Setelah berhasil *login*, pengguna diarahkan ke halaman konsultasi untuk memulai sesi identifikasi. Di halaman ini, pengguna akan disajikan serangkaian gejala terkait masalah tanaman jeruk kalamansi dengan dua pilihan jawaban, "ya" dan "tidak". Sistem memerlukan minimal tiga gejala untuk melanjutkan proses. Setelah menjawab gejala, sistem menggunakan metode *Variable-Centered Intelligent Rule System* (VCIRS) untuk melakukan analisis variabel dan nilai. Metode ini mengevaluasi tingkat penggunaan variabel (VUR), *node* (NUR), dan aturan (RUR) untuk setiap jawaban. Kemudian, sistem menggunakan metode *Certainty Factor* (CF) untuk menghitung nilai kepastian berdasarkan jawaban pengguna. Proses ini mencakup perhitungan nilai CF tunggal, kombinasi dengan RUR, dan akhirnya menghasilkan persentase akhir nilai. Setelah semua perhitungan selesai, sistem menampilkan hasil identifikasi kepada pengguna, yang mencakup informasi tentang jenis permasalahan yang menjangkit tanaman jeruk kalamansi berdasarkan jawaban yang diberikan.

Berdasarkan Gambar 2, aktor admin dapat mengelola data gejala, kategori gejala, defisiensi, hama, penyakit, basis pengetahuan, lokasi toko pertanian, dan data pakar. Aktor pengguna dapat melakukan registrasi, melakukan konsultasi, serta melihat dan mengunduh riwayat konsultasi. Yang terakhitr, Aktor pakar dapat melihat riwayat konsultasi dan memvalidasi hasil konsultasi.

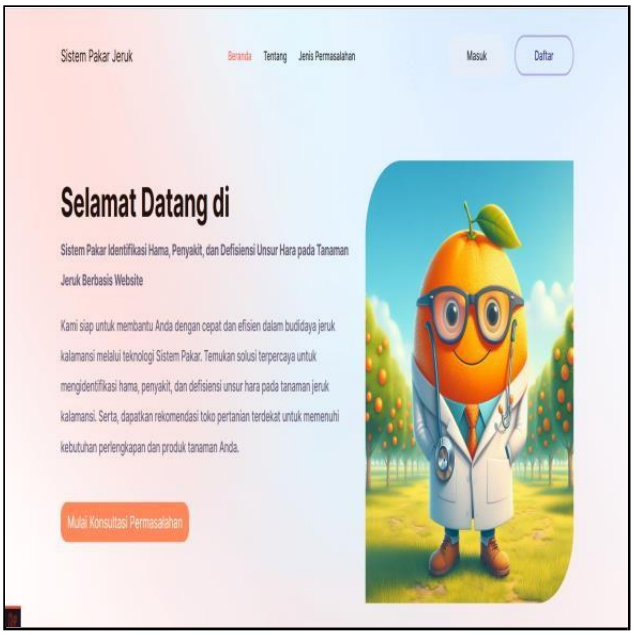


Gambar 3. Use Case Diagram

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah *website* sistem pakar yang dapat mengidentifikasi tiga jenis permasalahan pada tanaman jeruk kalamansi, yaitu hama, penyakit, dan defisiensi unsur hara. Pada *website*, user dapat memperoleh informasi terkait tanaman jeruk kalamansi dan melakukan identifikasi permasalahan yang terjadi pada tanaman tersebut. Berikut tampilan utama website yang telah dibangun..

Pengujian Algoritma *Variable-Centered Intelligent Rule System* dan *Certainty Factor* serta Akurasi Sistem dengan membandingkan hasil identifikasi sistem dan identifikasi pakar. Kemudian, pengujian fungsional sistem menggunakan metode *Blackbox Testing*. Berikut pengujian algoritma metode VCIRS dan *Certainty Factor* dengan sampel data yang akan diuji cobakan.



Gambar 2. Halaman Utama Sistem

Berdasarkan Tabel 2, seorang pengguna memilih 5 gejala dengan kode G14, G15, G43, G44, dan G45. Untuk pengujian hitungan manual pada hasil identifikasi jenis permasalahan tanaman jeruk kalamansi menggunakan metode Variable-Centered Intelligent Rule System dan Certainty Factor ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Tabel 2. Sampel Data Uji Coba

No	Gejala yang dipilih
1.	G14: Daun menguning
2.	G15: Pertumbuhan tumbuhan menjadi terhambat
3.	G43 : Daun mengering
4.	G44 : Pembungaan terhambat
5.	G45 : Daun tua terlihat lebih hijau muda

Pertama, perhitungan yang dilakukan menggunakan metode VCIRS. Pada tahap ini dilakukan beberapa tahapan analisis, yaitu Analisis Variabel dan Analisis Nilai. Pada Tabel 2 merupakan hasil analisis variabel terhadap salah satu jenis permasahan, yaitu Defisiensi Nitrogen.

Selanjutnya, dilakukan pengujian akurasi dengan tujuan untuk mengetahui keakuratan sistem dengan cara membandingkan hasil identifikasi perhitungan pada sistem dengan hasil identifikasi atau analisa dari seorang pakar. Hasil identifikasi diambil dari seorang pakar, yaitu Ibu Dr. Sempurna Br Ginting, S.P., M.Si., yang merupakan dosen dari Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Jumlah total data uji yang digunakan adalah 41 data. Data ini terdiri dari 21 data uji yang mencakup berbagai jenis permasalahan tanaman jeruk kalamansi yang diidentifikasi. Selain itu, terdapat tambahan 20 data uji yang diperoleh melalui teknik Purposive Sampling. Purposive Sampling adalah metode non-random sampling dimana peneliti memilih sampel berdasarkan kriteria khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian, sehingga diharapkan dapat memberikan tanggapan yang relevan terhadap kasus penelitian [19]. Lokasi penelitian adalah kebun jeruk kalamansi seluas 2000 meter persegi dengan 200 tanaman.

DOI: https://doi.org/10.70656/ijcse.v2i01.76

Peneliti mengambil 20 sampel data, yang merupakan 10% dari populasi tanaman di lahan tersebut.

No	Gejala	Sistem	Persentase sistem	Akurasi Identifikasi Sistem
1.	G14 G15 G43 G44 G45	Defisiensi Nitrogen (N)	80.91%	Akurat
2.	G15 G29 G46 G47	Defisiensi Fosfor (P)	78.4%	Akurat
3.	G01 G11 G14 G39 G42 G43 G48 G49	Defisiensi Kalium (K)	79.10%	Akurat
4.	G15 G44 G50 G51	Defisiensi Sulfur (s)	66.55%	Akurat
5.	G01 G14 G28 G34 G42 G48 G52	Defisiensi Magnesium (Mg)	74.97%	Akurat
6.	G04 G08 G39 G53 G54	Defisiensi Kalsium (Ca)	69.93%	Akurat
7.	G08 G19 G20	Kepik Jeruk (Rhynchocoris Poseidon)	73.57%	Akurat
8.	G02 G15 G55 G56	Kutu Daun (Toxoptera Citricidus)	77.58%	Akurat
9.	G04 G08 G10 G11 G12	Kutu Dempolan (Planococcus sp.)	63.66%	Akurat
10.	G17 G48 G57	Wereng Punggung Putih (Metcalfa Pruinosa)	68.88%	Akurat
11.	G01 G02 G05 G06 G07	Thrips (Scirtothrips sp.)	64.73%	Akurat
12.	G01 G02 G03 G04 G49	Ulat Peliang Daun (Phyllocnistis Citrella)	76.23%	Akurat
13.	G15 G16 G18	Spesies Larva Kupu-kupu (Papilio Demoleus)	76.32%	Akurat
14.	G08 G09 G13 G47	Lalat Buah (Bactrocera spp.)	70.09%	Akurat
15.	G14 G15 G28 G29 G30 G31	Penyakit CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration)	68,70%	Akurat
16.	G14 G21 G22 G23 G24	Penyakit Blendok (Botyodiplodia Theobromae)	56.58%	Akurat
17.	G32 G33 G34 G42 G47	Penyakit Tristeza / CTV (Citrus Tristeza Virus)	62.08%	Akurat
18.	G02 G04 G35 G36 G37	Penyakit Kudis	58.69%	Akurat
19.	G01 G25 G26 G27 G48	Penyakit Jamur Upas	63.87%	Akurat
20.	G08 G38 G43	Penyakit Embun Tepung	80.97%	Akurat
21.	G01 G14 G39 G40 G41 G42	Penyakit Busuk Akar Pangkal Batang	75.47%	Akurat
22.	G14, G28, G15	Defisiensi Nitrogen (N)	47.02%	Tidak Akurat
23.	G08, G53, G54	Defisiensi Kalsium (Ca)	56.07%	Akurat
24.	G09, G47, G13	Lalat Buah (Bactrocepra spp.)	59.96%	Akurat
25.	G08, G11, G04	Kutu Dempolan (Planococcus sp.)	42.07%	Akurat
26.	G56, G15, G02	Kutu Daun (Toxoptera Citricidus)	66.63%	Akurat
27.	G30, G31, G14	Penyakit CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration)	46.06%	Akurat
28.	G32, G42, G47	Penyakit Tristeza / CTV (Citrus Tristeza Virus)	42.20%	Akurat
29.	G14, G48, G39, G11	Defisiensi Kalium (K)	53.10%	Akurat
30.	G05, G02, G06	Thrips (Scirtothrips sp.)	47.52%	Akurat
31.	G01, G14, G42, G11	Defisiensi Kalium (K)	54.90%	Akurat
32.	G01, G25, G26	Penyakit Jamur Upas	46.24%	Akurat
33.	G01, G52, G48, G34	Defisiensi Magnesium (Mg)	56.18%	Akurat
34.	G37, G36, G02	Penyakit Kudis	41.66%	Akurat
35.	G22, G23, G21, G14	Penyakit Blendok (Botyodiplodia Theobromae)	48.31%	Akurat
36.	G11, G12, G08	Kutu Dempolan (Planococcus sp.)	44.96%	Akurat
37.	G01, G14, G42, G41	Penyakit Busuk Akar Pangkal Batang	62.36%	Akurat
38.	G01, G14, G52,	Defisiensi Magnesium (Mg)	62.68%	Akurat

	G42, G48			
39.	G14, G15, G31	Defisiensi Nitrogen (N)	47.02%	Tidak Akurat
40.	G14, G15, G29	Defisiensi Fosfor (P)	49.92%	Tidak Akurat
41.	G02, G05, G01,G06	Thrips (Scirtothrips sp.)	55.91%	Akurat

Berdasarkan pengujian akurasi, sistem pakar menunjukkan kemampuan dalam membedakan dan mengidentifikasi berbagai jenis permasalahan. Terdapat tiga kesalahan atau ketidakakuratan yang disebabkan oleh ketidaktepatan dalam analisis dan bobot gejala, ketidaklengkapan informasi, serta ketidaksesuaian data gejala dari berbagai sumber. Gejala umum yang berkaitan dengan berbagai masalah juga menyulitkan sistem dalam memberikan diagnosis yang akurat. Pengujian dengan 41 data uji menunjukkan variasi persentase hasil identifikasi. Beberapa hasil persentase menunjukkan keanekaragaman, mulai dari di atas 60% hingga di bawah 60%, meskipun ada data yang benar-benar sesuai dengan input gejala dan aturan yang telah ditentukan. Persentase kecil tidak selalu berarti hasil identifikasi tidak tepat, melainkan menunjukkan bahwa gejala tersebut juga muncul pada jenis permasalahan lainnya. Oleh karena itu, sistem juga menampilkan hasil identifikasi jenis permasalahan lain yang mungkin memiliki gejala serupa. Untuk meningkatkan akurasi, evaluasi dan penyesuaian terhadap metode VCIRS dan Certainty Factor diperlukan, termasuk perbaikan analisis gejala dan penentuan bobot yang lebih tepat. Kajian lebih lanjut tentang gejala juga diperlukan untuk memahami variasi dan kompleksitasnya, sehingga sistem dapat mengenali gejala dengan lebih baik. Evaluasi berkelanjutan penting untuk mengidentifikasi gejala yang sering menyebabkan ketidakakuratan dan mengembangkan metode untuk mengurangi efeknya, meningkatkan akurasi keseluruhan. Berdasarkan tabel hasil data uji, diperoleh kesesuaian antara identifikasi oleh pakar dan sistem pakar.

Kemudian, dilakukan pengujian *black-box testing* untuk mengevaluasi apakah sistem dapat berjalan sesuai perancangan. Terdapat 50 skenario uji, dan kesemua skenario berhasil dijalankan. Tingkat keberhasilan fungsional sistem diukur dengan rumus berikut:

$$\text{Persentase} = 50/50 \times 100\% = 100\%$$

Dengan demikian, uji kelayakan fungsional sistem pakar identifikasi jenis permasalahan pada tanaman jeruk kalamansi ini mendapatkan hasil, yaitu sebesar 100%.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah *website* yang mampu mengidentifikasi tiga jenis permasalahan tanaman jeruk kalamansi, yaitu hama, penyakit, dan defisiensi unsur hara, dengan menerapkan *metode Variable-Centered Intelligent Rule System* (VCIRS) dan *Certainty Factor*. Akurasi metode yang digunakan mencapai 92% berdasarkan pengujian akurasi. Saran untuk penelitian selanjutnya mencakup kajian lebih lanjut mengenai gejala untuk memahami variasi dan kompleksitasnya sehingga sistem dapat mengenali gejala dengan lebih baik. Selain itu, metode VCIRS *dan Certainty Factor* dapat dikolaborasikan dengan teknologi citra, sehingga pengguna bisa mengidentifikasi masalah melalui ekstraksi fitur dari citra. Penelitian selanjutnya juga bisa mempertimbangkan kolaborasi dengan metode lain untuk meningkatkan keakuratan dan kehandalan sistem dalam mengidentifikasi masalah pada tanaman jeruk kalamansi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Tak lupa kami juga berterima kasih kepada semua yang telah mendukung dan membimbing dalam setiap tahap penelitian. Terakhir, apresiasi setinggi-tingginya kepada tim peneliti dan seluruh pihak yang terlibat dalam pengembangan sistem pakar ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] W. Ventari, D. Apriyanto, F. Pertanian, U. Bengkulu, dan A. Info, "KERUSAKAN BUAH JERUK KALAMANSI Citrus microcarpa AKIBAT SERANGAN Rhynchocoris poseidon," vol. 1, no. November, 2022.

[2] N. Anggreani dan S. Anisah, "Analisis kadar glukosa jeruk lokal provinsi bengkulu menggunakan metode luff schoorl," vol. 2, hal. 343–347, 2021.

[3] A. J. Swiknyo, D. M. Midyanti, dan S. Bahri, "Identifikasi Penyakit Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode Variable Centered Intelligent Rule System (VCIRS) dan Certainty Factor (CF) Berbasis Android Studi Kasus : PT Bumitama Gunajaya Agro Group Wilayah 10 Kabupaten Ketapang Identification Of Palm Oil Plant Diseases Using Variable Centered Intelligent Rule System (VCIRS) Method and Certainty Factor (Cf) Based On Android Case Study : PT Bumitama Gunajaya Agro Group Region 10 Ketapang Regency," vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.26418/justin.v11i1.2023.

[4] S. O. Girsang, D. Nofriansyah, dan G. Syahputra, "Sistem Pakar Mendiagnosa Hama Pada Tanaman Citrus X Sinensis Menggunakan Metode Certainty Factor," 2020.

[5] F. Agus, H. E. Wulandari, dan I. F. Astuti, "Expert System With Certainty Factor For Early Diagnosis Of Red Chili Peppers Diseases," vol. 2, no. 2, hal. 52–66, 2017.

[6] D. Andreswari dan F. N. Masyita, "PENERAPAN METODE VARIABLE- CENTERED INTELLIGENT RULE SYSTEM (VCIRS) DAN CERTAINTY FACTOR PADA SISTEM PAKAR IDENTIFIKASI HAMA," vol. 10, 2023.

[7] R. F. Ridwan dkk., "Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit Tanaman Jeruk Metode Certainty Factor Berbasis Android," vol. 01, no. 01, hal. 1–10, 2022.

[8] S. A. Yogyakarta, "Pemodelan sistem pakar analisis karakteristik anak prasekolah dengan genre musik," hal. 9–14, 2013.

[9] A. Nur dkk., "Potensi Minyak Atsiri Jeruk Kalamansi (Citrus microcarpa Bunge) Sebagai Antibakteri Alami : Tinjauan Pustaka . Potential of Calamansi Essential Oil (Citrus microcarpa Bunge) as a Natural Antibacterial : Literature Review .," vol. 10, hal. 154–158, 2023.

[10] Y. K. Febrina, S. Defit, dan G. W. Nurcahyo, "Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi Sistem Pakar dalam Menganalisis Defisiensi Nutrisi Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Certainty Factor," vol. 3, hal. 203–209, 2021, doi: 10.37034/jsisfotek.v3i4.66.

[11] W. E. Sari, A. Franz, N. Valentine, F. Teknologi, R. Komputer, dan P. N. Samarinda, "Sistem Pakar Diagnosis Hama Penyakit Tanaman Jeruk Keprok Borneo Prima (Citrus Reticulata) Dengan Fuzzy Tsukamoto," vol. 22, no. 3, hal. 279–292, 2022.

[12] E. Suwanto, “Sistem Pendukung Keputusan Penyakit Pada Tanaman Nanas Berbasis Variable Centered Intelligent Rule System (VCIRS),” vol. 2, no. 2, hal. 1–10, 2022.

[13] W. R. Hasibuan, “Decision Support System for Determining the Types of Plants in Agricultural Land By Using Simple Additive Weighting (Saw) Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Jenis Tanaman Pada Lahan Pertanian Dengan Menggunakan Metode Simple Additive Weighting ,” vol. 20, no. 2, hal. 157–162, 2016.

[14] H. F. Martiano dan C. Setianingsih, “Detection of Potential Skin Cancer Lentigo Maligna Melanoma and Nodular Melanoma with Expert System Using Variable-Centered Intelligent Rule System (VCIRS) Method,” 2019 6th Int. Conf. Instrumentation, Control. Autom., no. August, hal. 42–46, 2019.

[15] P. Susanti, N. A. Hasibuan, dan K. Ulfa, “SISTEM PAKAR MENDIAGNOSA PENYAKIT VAS , KULITIS MENGGUNAKAN METODE VARIABLE CENTERED INTELLIGENT RULE SYSTEM (VCIRS),” vol. 2, hal. 102–108, 2018.

[16] I. Zufria, “Pemodelan Berbasis UML (Unified Modeling Language) dengan Strategi Teknik Orientasi Objek User Centered Design (UCD) dalam Sistem Administrasi Pendidikan Pemodelan Berbasis UML (Unified Modeling Language) dengan,” J. Sains Teknol., vol. 1, no. 1, hal. 1–16, 2013.

[17] R. A. A. P. Meidyan Permata Putri, Ebtaria Nadeak, Malahayati, Nurlaili Rahmi, Arsia Rini, Diah Novita Sari, Kurniati, Herlinda Kusmiati, No Title. 2023.

[18] N. Made, D. Febriyanti, A. A. K. Oka, dan I. N. Piarsa, “Implementasi Black Box Testing pada Sistem Informasi Manajemen Dosen,” vol. 2, no. 3, 2021.

[19] I. Lenaini, U. Islam, N. Raden, dan F. Palembang, “TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL PURPOSIVE DAN,” vol. 6, no. 1, hal. 33–39, 2021.