

Penerapan Logika Fuzzy dalam Sistem Pakar Deteksi Hama dan Penyakit Tanaman Kakao Kecamatan Wulanggitang Flores Timur

Fransiskus Pati Soge^{1*}, Bernadete Deta¹, Dominikus Boli Watomakin¹

¹*Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka, Larantuka, Indonesia*

patisoge0207@gmail.com*

| Received: 12/03/2024

| Revised: 18/03/2024

| Accepted: 23/03/2024

Copyright©2024 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Sistem pakar pendeteksi jenis hama dan penyakit pada tanaman kakao memang harus dilakukan secara cepat dan akurat, karena penyakit pada tanaman kakao dapat dengan cepat menyebar serta menyerang ke seluruh lahan pertanian lainnya. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan penerapan metode logika fuzzy dalam sistem pakar berbasis website untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao di kecamatan Wulanggitang, Flores Timur NTT yang akan memberikan manfaat secara praktis bagi masyarakat dan pemerintah setempat maupun secara teoretis bagi pengembangan ilmu bagi pakar yang diharapkan untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao di kecamatan Wulanggitang, Flores Timur NTT melalui penerapan metode logika fuzzy dalam sistem pakar berbasis website. Metode penelitian ini yaitu melalui pengembangan sistem berjalan dengan tahapan communication, planning, modeling, construction, dan deployment. Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara. Hasil penelitian diperoleh bahwa sistem pakar berhasil dibangun dengan menerapkan konsep teori logika fuzzy berbasis website untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao serta cara pengendaliannya. Hasil implementasi dan pengujian pada pemodelan logika fuzzy dengan nilai pengujian akurasi dan hasil pengujian blackbox testing didapatkan hasil yang memuaskan. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem yang diangung siap untuk digunakan.

Kata kunci: Logika Fuzzy, Sistem Pakar, Hama, Tanaman Kakao

Abstract

An expert system for detecting types of pests and diseases on cocoa plants must be carried out quickly and accurately, because diseases in cocoa plants can quickly spread and attack all other agricultural land. This research aims to describe the application of the fuzzy logic method in a website-based expert system to detect pests and diseases of cocoa plants in Wulanggitang sub-district, East Flores, NTT which will provide practical benefits for the community and local government as well as theoretically for the development of knowledge for experts who are expected to be

able to detecting pests and diseases of cocoa plants in Wulanggitang sub-district, East Flores, NTT through the application of fuzzy logic methods in a website-based expert system. This research method is through developing a running system with stages of communication, planning, modeling, construction and deployment. Data collection methods were carried out through observation and interviews. The research results showed that the expert system was successfully built by applying the concept of website-based fuzzy logic theory to detect pests and diseases of cocoa plants and how to control them. The results of implementation and testing on fuzzy logic modeling with accuracy testing values and black box testing results obtained satisfactory results. This indicates that the system being built is ready to be used.

Keywords: Fuzzy Logic, Expert Systems, Pests, Cocoa Plants

1. Pendahuluan

Budidaya tanaman perkebunan untuk menjadi komoditas perdagangan diupayakan sangat serius oleh masyarakat. Salah satu tanaman perkebunan ini, yakni kakao yang dikembangkan petani di berbagai wilayah tanah air. Menurut (Informatika et al., 2021) tanaman kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan komoditas ekspor utama tanaman budidaya perkebunan di Indonesia dan tanaman ini perlu mendapatkan perhatian khusus. Wahyuni & Hasugian (2022) mengatakan bahwa devisa di Indonesia juga mengalami kenaikan berkat produksi kakao, karena berbagai produk dapat dihasilkan dari pengolahan kakao mulai dari biji hingga lemak, contohnya coklat yang bahan utama pembuatannya dari kakao. Kakao tidak hanya memiliki nilai jual tinggi kakao, tetapi juga memiliki manfaat yang baik dalam bidang kesehatan karena buah kakao memiliki atau mengandung *antioksidan* yaitu *fenol* dan *flavonoid* yang berkhasiat meningkatkan kekebalan tubuh.

Pengembangan kakao di Indonesia, tersebar di beberapa wilayah Indonesia (Hamidah & Ratnasari, 2020) termasuk Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Salah satu daerah di NTT yang berpotensi terhadap budidaya kakao adalah Kabupaten Flores Timur, khususnya Kecamatan Wulanggitang yang terdiri dari 11 Desa, dengan total luas wilayah: 255,96 km² (Statistik & Timur, n.d.). Di beberapa Desa Kecamatan Wulanggitang antara lain yaitu; Desa Klatanlo, Hokeng Jaya, Nawokote, Waiula dan Pululera. Perkembangan luas lahan tanaman kakao merupakan tanaman produktif yang diikuti perbaikan kualitas biji kakao dengan cara pengendalian hama dan penyakit pada tanaman tersebut yang akan berdampak pada tingkat hasil produksi tanaman kakao.

Pengendalian hama dan jenis penyakit tanaman kakao masih sangat sedikit dilaporkan, hal ini mungkin disebabkan karena kurangnya pemanfaatan media informasi tentang potensi arthropoda dalam pengendalian hama yang ada disekitar pertanaman kakao (Wangge & Mago, 2021). Dari observasi peneliti, jenis hama dan penyakit yang sering berkembang dan menyerang tanaman kakao diantaranya hama penggerek buah (*Acrocercops cramerella*), kepik penghisap buah (*Helopeltis sp.*), hama penggerek cabang (*Zeuzera coffeae*) dan penyakit busuk buah, penyakit VSD (*Vascular Streak Dieback*), penyakit jamur akar putih.

Beberapa usaha pengendalian telah dilakukan petani kakao dengan cara pemangkasan, pemupukan, panen sering dan sanitasi serta penggunaan pestisida namun kurang memadai akibat keterbatasan pengetahuan dan juga informasi yang kurang tepat. Berdasarkan data lapangan pada

tahun 2020 hasil produksi kakao meningkat di bandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, namun di tahun 2021 dan 2022, hasil kakao mengalami penurunan. Kenyataan ini menarik perhatian peneliti untuk membuat sistem pakar deteksi hama dan penyakit tanaman kakao berbasis *website* menggunakan logika *fuzzy* dengan tujuan membantu petani kakao dalam memberikan informasi melalui website mengenai jenis hama dan penyakit tanaman kakao serta cara pengendaliannya.

Sistem pakar pendeteksi jenis hama dan penyakit pada tanaman kakao memang harus dilakukan secara cepat dan akurat, karena penyakit pada tanaman kakao dapat dengan cepat menyebar serta menyerang ke seluruh lahan pertanian lainnya. Hal ini menjadi tuntutan sangat penting bagi seorang pakar yang sangat diandalkan untuk mendiagnosa dan menentukan jenis hama dan penyakit tanaman kakao serta memberikan contoh cara pengendaliannya demi mendapatkan solusi terbaik (Adi Pribadi et al., 2021). Untuk menjawab tuntutan ini juga dengan kurangnya informasi yang tepat maka pada penelitian ini, peneliti menggunakan Logika *Fuzzy* sebagai kerangka matematis untuk menangani masalah ketidakpastian, ketidakjelasan informasi terkait masalah yang dihadapi petani kakao saat ini

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti merumuskan masalah bagaimanakah penerapan metode logika *fuzzy* dalam sistem pakar berbasis *website* untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao di kecamatan Wulanggintang, Flores Timur NTT. Tujuan Penelitian ini mendeskripsikan penerapan metode logika *fuzzy* dalam sistem pakar berbasis *website* untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao di kecamatan Wulanggintang, Flores Timur NTT. Penelitian ini akan memberikan mafaat secara praktis bagi masyarakat dan pemerintah setempat maupun secara teoretis bagi pengembangan ilmu bagi pakar yang diharapkan untuk menerapkan metode logika *fuzzy* dalam sistem pakar berbasis *website* untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao di kecamatan Wulanggintang, Flores Timur NTT.

2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian berkaitan dengan Penerapan Logika *Fuzzy*.

2.1 Penerapan Metode Fuzzy

Sistem fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Barkelay pada tahun 1965. Sistem fuzzy merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti. Sistem ini menduga suatu fungsi dengan logika fuzzy (Salman, 2010). Dalam logika fuzzy terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan fuzzy, penerapan aturan IF-THEN dan proses inferensi fuzzy. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy yaitu variabel fuzzy, himpunan fuzzy, semesta pembicaraan dan domain.

- a. Variabel *Fuzzy*, Variabel *Fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam sistem fuzzy misalnya dalam penelitian ini variable *fuzzynya* adalah hama dan penyakit.
- b. Himpunan *Fuzzy*, Himpunan *Fuzzy* merupakan suatu group yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam variabel *fuzzy*, seperti rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.
- c. Semesta Pembicaraan dan Domain, Semesta Pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy misalnya semesta

pembicaraan variabel hama adalah 0 sampai 100. Domain adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam himpunan fuzzy misalnya domain hama rendah 20 – 45, domain sedang 25 – 65 dan domain tinggi 65 – 70.

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menerapkan konsep logika *fuzzy* yaitu:

- a. Pembentukan himpunan *fuzzy*
- b. Pembentukan fungsi keanggotaan *fuzzy*
- c. Inferensi
- d. *Defuzzyfikasi*

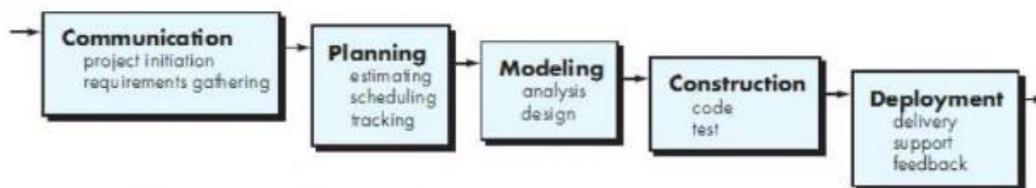
2.2 Representase Pengetahuan Pakar

Model representasi pengetahuan pakar dalam mengidentifikasi hama dan penyakit tanaman kakao menggunakan logika *fuzzy* dalam bentuk jika-maka (*If-Then*). Basis pengetahuan terbentuk atas fakta-fakta berupa informasi tentang cara menimbulkan suatu fakta baru dari fakta yang sudah diketahui. Pengetahuan ini adalah suatu representasi pengetahuan (*knowledge representation*). Proses representasi pengetahuan dilakukan dengan cara mengumpulkan fakta untuk memperoleh data seperti kondisi batang, daun dan buah dan gejala tanaman kakao lainnya.

Kaidah produksi biasanya dituliskan dalam bentuk *IF-THEN*, Kaidah ini dapat dikatakan sebagai hubungan implikasi dua bagian yaitu bagian *premis* (Jika) dan bagian *konklusi* (Maka), apabila bagian premis dipenuhi maka bagian konklusi juga akan bernilai benar. Dari hasil wawancara dengan pakar tanaman kakao, dapat diambil sebuah kesimpulan mengenai jenis hama dan gejala yang ditimbulkannya. Basis pengetahuan dari beberapa orang pakar tersebut dapat digambarkan dalam tabel kepakaran yang kemudian dibuat aturan kaidah produksi gejala hama dalam bentuk *IF-THEN* rules.

2.3 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistim berjalan, seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. Pengembangan Sistim Berjalan

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil wawancara yang dilakukan dengan seorang pakar a.n BKJ, terdapat beberapa jenis hama dan penyakit tanaman kakao yang sering menyerang pertanaman kakao. Hasil wawancara yang dilakukan terdapat beberapa faktor penyebab perkembangan hama dan penyakit tanaman kakao selain yang disebabkan oleh cendawan, bakteri, *fitoplasma*, virus, *viroid*, dan *nematoda*. Kebun yang tidak terawat dengan baik. Perubahan iklim juga menyebabkan perkembangan hama dan penyakit tanaman kakao.

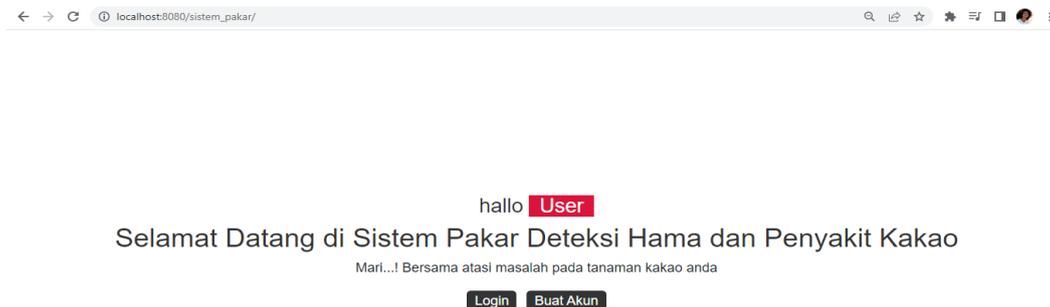
Cara pengendalian yang kurang tepat sarasannya serta penggunaan dosis yang berlebihan dan tidak tepat, dapat menimbulkan *resistensi* dan juga dapat membunuh musuh alami hama tanaman kakao. Berikut adalah gambar implementasi database system pakar dari tabel database user, hama, penyakit, gejala, hasil dan solusi terlihat seperti berikut:

3.1 Hasil Implementasi Perencanaan User Interface (antar muka sistem)

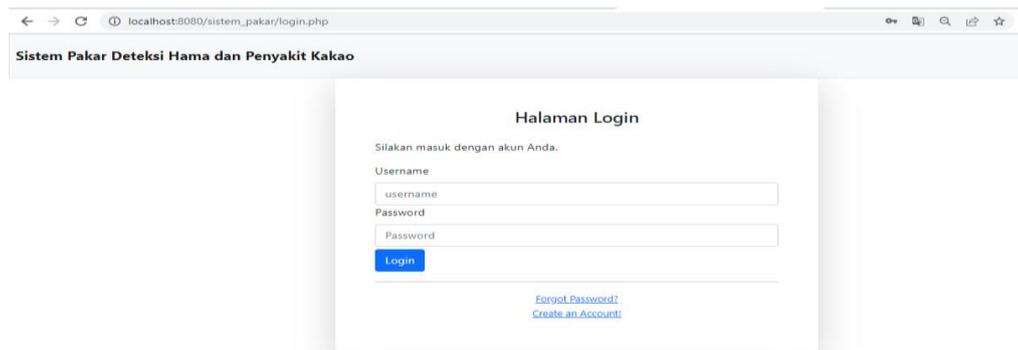
Tabel	Field	Tipe
sistem_pakar user	id_user	int(10)
	username	varchar(30)
	password	varchar(255)
	alamat	varchar(50)
	kelamin	enum('Laki-Laki','Perempuan')
	email	varchar(50)
	telepon	varchar(12)
	level	enum('admin','user')
sistem_pakar hama	id_hama	int(11)
	kode_hama	varchar(10)
	ket_hama	varchar(50)
	gejala_hama	text
	solusi	text
sistem_pakar penyakit	id_penyakit	int(11)
	kode_penyakit	varchar(10)
	ket_penyakit	varchar(100)
	gejala_penyakit	text
	solusi	text
sistem_pakar gejala	id_gejala	int(10)
	gejala	varchar(10)
	ket_gejala	text
	nilai_gejala	int(10)
	kode_hape	enum('H01','H02','P01','P02','P03')
sistem_pakar hasil	id_hasil	int(11)
	nama	varchar(50)
	alamat	varchar(100)
	gejala	text
	jenishama	varchar(100)
	jenispenyakit	varchar(100)
	akurasi_hama	float
sistem_pakar solusi	id	int(11)
	jenis_hama	varchar(255)
	jenis_penyakit	varchar(255)
	solusi	text

Gambar 1. Implementasi Tabel Database Sistem Pakar

- a) Implementasi rencana halaman index, Implementasi halaman index yang dibuat adalah halaman awal ketika pengguna membuka situs *web* sistem pakar kakao untuk kemudian diarahkan ke halaman login dan buat akun melalui tombol login dan buat akun pada halaman index.

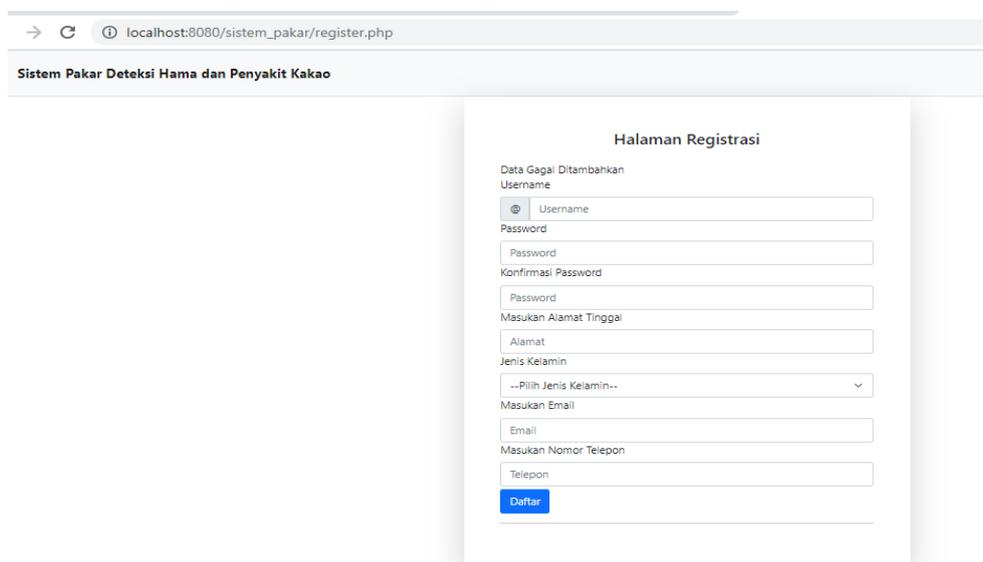


Gambar 2. Implementasi Rencana Halaman Index



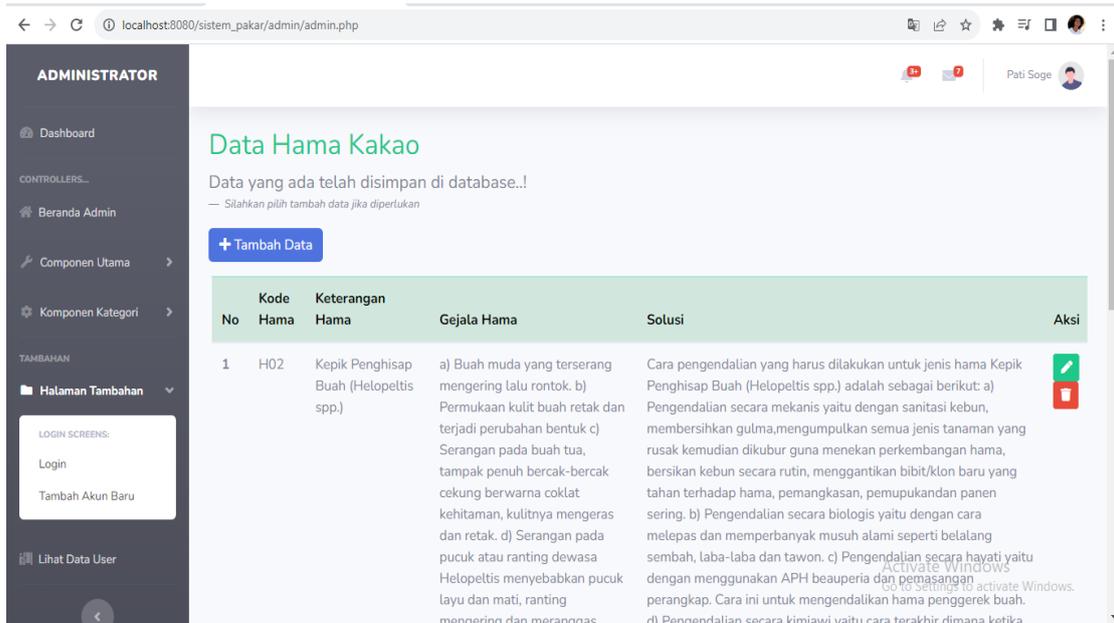
Gambar 3. Implementasi Login Admin dan User

- b) Implementasi halaman login admin dan user, Implementasi halaman login admin dan user dengan maksud agar pengguna baik admin maupun user biasa dapat memasukan username dan password yang sesuai untuk dapat diarahkan ke halaman menu admin atau ke halaman menu user.
- c) Implementasi halaman daftar akun, Implementasi halaman daftar akun dengan maksud agar pengguna biasa dapat mendaftarkan terlebih dahulu untuk kemudian dapat masuk ke halaman menu user.



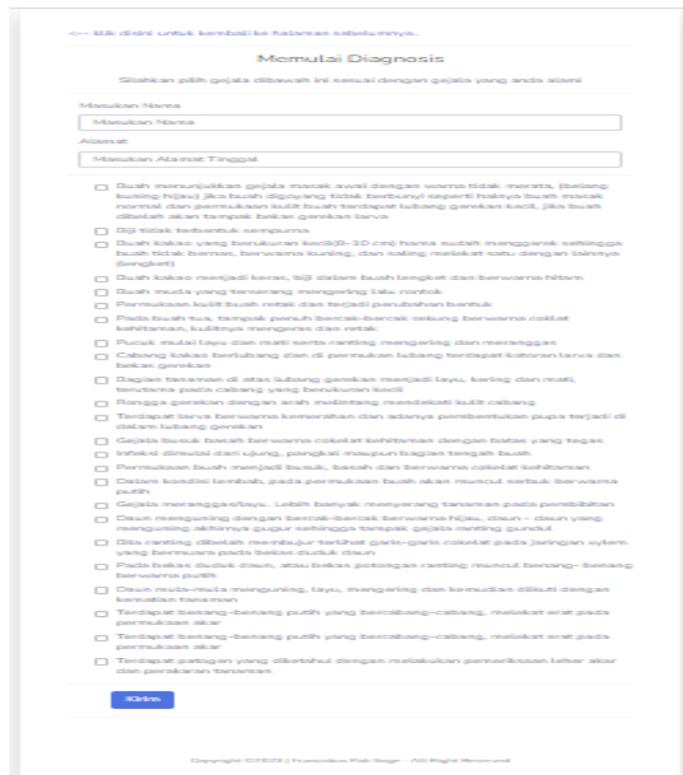
Gambar 4. Gambar Implementasi Halaman Daftar Akun

- d) Implementasi halaman menu admin, Implementasi halaman admin yang dibuat khusus untuk admin, guna admin kemudian dapat mengolah data hama dan penyakit sesuai dengan menu-menu yang tersedia pada halaman menu admin.



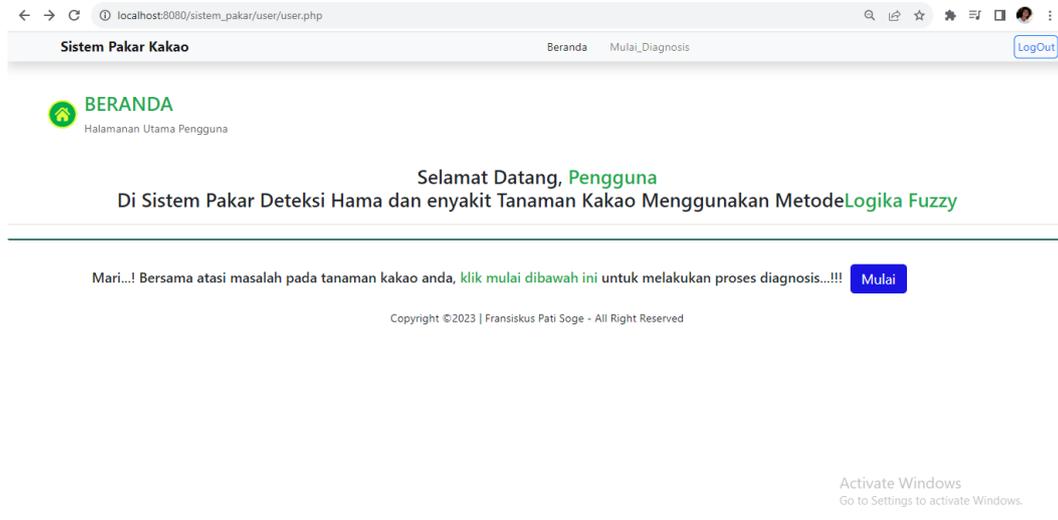
Gambar 5. Gambar Implementasi Halaman Menu Admin

- e) Implementasi halaman diagnosis, Implementasi halaman diagnosis dimaksud untuk user dapat melakukan input gejala yang terdapat pada halaman diagnosis sesuai dengan kondisi atau keluhannya.



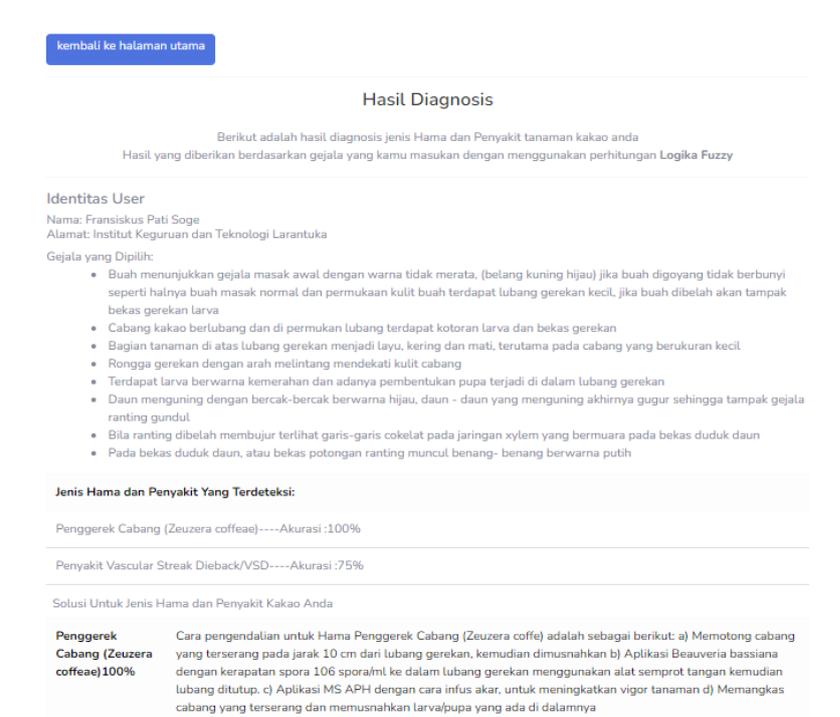
Gambar 6. Implementasi Halaman Diagnosis

- f) Implementasi halaman menu user, Implementasi halaman menu user dibuat khusus untuk user agar dapat melakukan proses diagnosis pada menu diagnosis atau dengan mengklik pada tombol mulai pada halaman beranda.



Gambar 7. Implementasi Halaman Menu User

- h) Implementasi halaman hasil diagnosis adalah halaman yang dibuat khusus untuk melihat hasil diagnosis dari halaman diagnosis, dimana hasil yang akan ditampilkan pada halaman hasil diagnosis adalah hasil yang sesuai dengan gejala yang diinput pada halaman diagnosis.



Gambar 8. Implementasi Hasil Diagnosis

3.2 Pemodelan dan Implementasi (Modeling)

Proses representasi pengetahuan dilakukan dengan cara mengumpulkan fakta untuk memperoleh data seperti kondisi batang, daun dan buah serta gejala tanaman kakao lainnya. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah berdasarkan pengetahuan pakar adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan Identitas Pakar
- b. Menentukan data hama dan penyakit kakao
- c. Menentukan data gejala dari hama dan penyakit
- d. Pembentukan *rule-rule* sistem pakar yang akan dibangun

3.3 Penerapan Logika Fuzzy

Dalam penerapan metode logika *fuzzy* ada beberapa tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*, Dalam pembentukan himpunan *fuzzy* Domain dari himpunan *fuzzy* dijadikan sebagai patokan untuk melakukan perhitungan akurasi hama dan penyakit. Akurasi yang dimaksud adalah tingkat ketepatan diagnosis dari data gejala hama dan penyakit yang dipilih pada form diagnosis.
- b. Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*, untuk menentukan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* maka pada penelitian ini menggunakan grafik trapesium. Grafik trapezium merupakan kombinasi dari fungsi keanggotaan kurva naik dan kurva turun. Pada penelitian ini nilai dari setiap inputan gejala adalah 1, dimana semua himpunan *fuzzy* yang terlibat akan memiliki nilai keanggotaan maksimum (yaitu 1) untuk wilayah gejala yang mencakupnya. Karena setiap inputan gejala memiliki nilai 1, maka nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* "Jumlah gejala dari setiap variable himpunan *fuzzy*" akan menjadi 1, sehingga menjadi himpunan *fuzzy* aktif yang memiliki tingkat keanggotaan maksimum, dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\mu[X] = \begin{cases} 0 & \text{jika } X \leq 0 \text{ atau } \geq 4 \\ \frac{(X - 0)}{(4 - 0)} & \text{jika } 0 < X < 4 \\ 1 & \text{jika } 0 \leq X \leq 4 \end{cases}$$

Keterangan :

X = nilai maksimum(jumlah gejala yang dipilih)

4 = total jumlah gejala dari setiap jenis hama dan penyakit.

- c. Aturan Logika *fuzzy*
 - a) Aturan Logika Diagnosis Jenis Hama
 - (a) Jika jumlah gejala yang dipilih pada jenis hama H01 lebih besar dari jumlah gejala yang dipilih pada jenis hama H02 dan H03 maka hasil diagnosis adalah jenis hama H01.
 - (b) Jika jumlah gejala yang dipilih pada jenis hama H02 lebih besar dari jumlah gejala yang dipilih pada jenis hama H01 dan H03, maka hasil diagnosis adalah jenis hama H02.

- (c) Jika jumlah gejala yang dipilih pada jenis hama H03 lebih besar dari jumlah gejala yang dipilih pada jenis hama H01 dan H02, maka hasil diagnosis adalah jenis hama H03.
- (d) Jika tidak ada gejala yang dipilih pada jenis hama H01, H02 dan H03 maka melakukan lanjutan pada proses diagnosis jenis penyakit.
- b) Aturan logika Diagnosis Jenis Penyakit
 - (a) Jika jumlah gejala yang dipilih pada jenis penyakit1 lebih besar dari jumlah gejala yang dipilih pada jenis penyakit2 dan penyakit3 maka hasil diagnosis adalah penyakit1.
 - (b) Jika jumlah gejala yang dipilih pada jenis penyakit2 lebih besar dari jumlah gejala yang dipilih pada jenis penyakit1 dan penyakit3 maka hasil diagnosis adalah jenis penyakit2.
 - (c) Jika jumlah gejala yang dipilih pada jenis penyakit3 lebih besar dari jumlah gejala yang dipilih pada jenis penyakit2 dan penyakit1 maka hasil diagnosis adalah jenis penyakit3.
 - (d) Jika tidak ada gejala yang dipilih pada jenis penyakit1, penyakit2 dan penyakit3 maka kembali melakukan pengecekan pada proses diagnosis jenis hama.
- d. Inferensi, setelah aturan *fuzzy* dan *rule-rule* yang telah ditentukan, kemudian mengaplikasikan *input fuzzifikasi* pada aturan-aturan yang telah dibuat. Berdasarkan aturan yang di buat, jika nilai keanggotaan *fuzzy* tertinggi dari "hasil diagnosis jenis hama" dan "hasil diagnosis jenis penyakit", maka yang akan ditampilkan pada hasil diagnosis adalah jenis hama dan penyakit yang nilai keanggotaannya paling tinggi.
- e. *Defuzzifikasi*, tahap *defuzzifikasi* adalah tahap selanjutnya setelah tahap inferensi *fuzzy* selesai dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk mengonversi nilai keanggotaan *fuzzy* menjadi nilai *crisp* (nilai nyata) yang dapat digunakan sebagai hasil akhir dari sistem pakar.

Untuk melakukan tahap *defuzzifikasi*, perlu memutuskan cara untuk menggabungkan nilai-nilai keanggotaan menjadi satu nilai *crisp* tunggal yang mewakili hasil akhir dari sistem pakar. Salah satu metode yang umum digunakan dalam *defuzzifikasi* adalah metode *centroid*.

Metode *centroid* adalah metode yang populer untuk *defuzzifikasi* dalam sistem pakar. Metode ini menggunakan pusat massa (*centroid*) dari nilai keanggotaan *fuzzy* sebagai representasi nilai *crisp*. Pusat massa dihitung sebagai rata-rata dari nilai keanggotaan yang berlaku, di mana bobotnya adalah nilai keanggotaan tersebut.

Langkah-langkah *defuzzifikasi* dengan metode *centroid* adalah sebagai berikut:

- a) Hitung pusat massa (*centroid*) berdasarkan nilai keanggotaan yang berlaku.
- b) Hitung bobot (*weight*) pada setiap nilai keanggotaan " $\mu(x)$ " dengan menggunakan rumus: $\text{Bobot} = \mu(x) * x$
- c) Hitung total bobot dengan menjumlahkan semua bobot yang ada.
- d) Hitung total nilai keanggotaan dengan menjumlahkan semua nilai keanggotaan " $\mu(x)$ " yang berlaku.

- e) Hitung nilai *crisp* (nilai akhir) dengan rumus: Nilai Crisp = Total Bobot / Total Nilai Keanggotaan

Misalkan inputan gejala pada jenis hama H01 dan jumlah keseluruhan gejala pada jenis hama H01 adalah 4. Kemudian telah melakukan inferensi *fuzzy* dan mendapatkan beberapa nilai keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* "Jumlah Gejala Hama H01" berdasarkan gejala yang dipilih, yaitu:

Jika jumlah gejala yang dipilih=1, maka nilai keanggotaan = 0.25

Jika jumlah gejala yang dipilih =2, maka nilai keanggotaan = 0.5

Jika jumlah gejala yang dipilih=3, maka nilai keanggotaan = 0.75

Jika jumlah gejala yang dipilih =4, maka nilai keanggotaan = 1

Selanjutnya menggunakan metode *centroid* untuk menghitung nilai *crisp* (nilai akhir) dari himpunan fuzzy "Jumlah Gejala Hama H01".

Langkah-langkah perhitungan:

1. Hitung pusat massa (*centroid*) berdasarkan nilai keanggotaan yang berlaku:

$$\text{Pusat Massa} = (\sum (\mu(x) * x)) / \sum \mu(x)$$

2. Hitung bobot (*weight*) pada setiap nilai keanggotaan " $\mu(x)$ ":

$$\text{Bobot untuk } 0.25 = 0.25 * 1 = 0.25$$

$$\text{Bobot untuk } 0.5 = 0.5 * 2 = 1$$

$$\text{Bobot untuk } 0.75 = 0.75 * 3 = 2.25$$

$$\text{Bobot untuk } 1 = 1 * 4 = 4$$

3. Hitung total bobot: Total Bobot = 0.25 + 1 + 2.25 + 4 = 7.5

4. Hitung total nilai keanggotaan:

$$\text{Total Nilai Keanggotaan} = 0.25 + 0.5 + 0.75 + 1 = 2.5$$

5. Hitung nilai *crisp* (nilai akhir):

$$\text{Nilai Crisp} = \text{Total Bobot} / \text{Total Nilai Keanggotaan} = 7.5 / 2.5 = 3$$

Jadi, hasil akhir dari metode *centroid* untuk himpunan *fuzzy* "Jumlah Gejala Hama H01" adalah 3. Hasil ini mewakili tingkat keparahan atau tingkat keanggotaan gejala dalam himpunan *fuzzy* "jumlah gejala jenis hama H01" berdasarkan gejala yang dipilih. Semakin tinggi nilai *crisp* (misalnya, nilai yang mendekati 4), maka semakin tinggi tingkat keanggotaan gejala dalam himpunan fuzzy dan semakin parah gejala yang diamati.

Berdasarkan fakta dilapangan petani kecao atas nama Yohanes Evensius Djano, alamat Desa Klatanlo, memberikan keluhan gejala yang dialami terkait hama dan penyakit antara lain sebagai berikut:

1. Ketika buah dibelah tampak bekas gerakan larva
2. Biji kakao tidak terbentuk sempurna, berwarna kehitaman, dan saling melekat (lengket) satu dengan lainnya
3. Pada buah tua, tampak penuh bercak-bercak cekung berwarna coklat kehitaman, kulitnya mengeras dan retak
4. Cabang kakao berlubang dan di permukaan lubang terdapat kotoran larva dan bekas gerakan
5. Permukaan buah menjadi busuk, basah dan berwarna coklat kehitaman.
6. Gejala meranggas/layu. Lebih banyak menyerang tanaman pada pembibitan.
7. Daun menguning dengan bercak-bercak berwarna hijau, akhirnya gugur sehingga tampak gejala ranting gundul.
8. Pada bekas duduk daun, atau bekas potongan ranting muncul benang- benang berwarna putih.

Berdasarkan keluhan yang diberikan maka selanjutnya melakukan pencocokan dengan data gejala hama dan penyakit kakao yang diberikan oleh pakar untuk kemudian melakukan perhitungan menggunakan metode *fuzzy*. Dari keluhan gejala yang diberikan oleh petani kakao maka hasil pencocokan dengan data dari pakar, terdapat 3 jenis hama dan 2 jenis penyakit yang sesuai dengan keluhan diantaranya:

- 1) Hama penggerek buah kakao/PBK (*Conopomorpha cramerella*), dengan keluhan gejala berjumlah 3
- 2) Kepik penghisap buah (*Helopeltis spp.*), dengan keluhan gejala berjumlah 1
- 3) Hama penggerek cabang (*Zeuzera coffeae*), dengan keluhan gejala berjumlah 1
- 4) Penyakit busuk buah, dengan keluhan gejala berjumlah 1
- 5) Penyakit *vascular streak dieback/VSD*, dengan keluhan gejala berjumlah 3

Setelah melakukan pencocokan dengan data dari pakar maka selanjutnya melakukan perhitungan *fuzzy*. Berdasarkan aturan *fuzzy* yang dibuat maka gejala yang terbanyak akan selanjutnya dilakukan perhitungan, dengan perhitungannya sebagai berikut:

- 1) Perhitungan untuk jenis hama penggerek buah kakao/PBK (*Conopomorpha cramerella*)

Jumlah gejala adalah 3, maka nilai keanggotaannya:

$$(3 - 0) / (4 - 0) = 3 / 4 = 0.75$$

Untuk mendapatkan nilai domain maka dilakukan perhitungan lanjutan sebagai berikut:

$$0.75 \times 100\% = 75 \%$$

Setelah mendapatkan nilai domainnya, maka nama himpunan untuk untuk jenis hama penggerek buah kakao/PBK (*Conopomorpha cramerella*) adalah himpunan tinggi dengan nilai domain 75%.

2) Perhitungan untuk jenis penyakit *vascular streak dieback/VSD*

Jumlah gejala adalah 3, maka nilai keanggotaannya:

$$(3 - 0) / (4 - 0) = 3 / 4 = 0.75$$

Untuk mendapatkan nilai domain maka dilakukan perhitungan lanjutan sebagai berikut:

$$0.75 \times 100\% = 75 \%$$

Setelah mendapatkan nilai domainnya, maka nama himpunan untuk untuk jenis penyakit *vascular streak dieback/VSD* adalah himpunan tinggi dengan nilai domain 75%.

Dari hasil perhitungan data fakta dilapangan, maka sistem pakar yang berhasil dibangun telah sesuai dengan kepakaran dan keakuratan metode yang diterapkan 100% telah sesuai dengan aturan perhitungan yang dibuat.

3.4 Konstruksi (*Construction*)

3.4.1 Uji Akurasi

Pemodelan Sistem Pakar berbasis *Website* dengan menggunakan Logika *Fuzzy* sebagaimana diterapkan dalam penelitian ini berhasil lolos uji pada pengujian akurasi sesuai kepakaran dari seorang pakar. Untuk pengujian akurasi telah dilakukan dan hasilnya terlihat seperti berikut:

a. Pengujian Akurasi Hama Penggerek Buah/PBK (*Conopomorpha Cramerella*).

Pengujian akurasi hama penggerek buah/PBK berdasarkan kepakaran dari pakar dimana pakar menginput gejala pada jenis hama penggerek dengan jumlah gejala yang dipilih. Untuk mendapatkan hasil akurasi untuk hama penggerek buah/PBK menggunakan rumus perhitungan:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ pilih\ gejala\ H01}{jumlah\ total\ gejala\ H01} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus perhitungan yang ada, pakar memilih gejala pada jenis hama H01 berjumlah 4, sehingga hasilnya adalah:

$$Akurasi = \frac{4}{4} \times 100\% = 100 \%$$

Hasil pengujian akurasi untuk jenis hama H01 (hama penggerek buah/PBK) dengan nilai akurasi 100% dapat terlihat seperti gambar berikut:

Hasil Diagnosis

Berikut adalah hasil diagnosis jenis Hama dan Penyakit tanaman kakao anda
 Hasil yang diberikan berdasarkan gejala yang kamu masukan dengan menggunakan perhitungan Logika Fuzzy

Identitas User

Nama: Bernadus
 Alamat: Larantuka

Gejala yang Dipilih:

- Buah menunjukkan gejala masak awal dengan warna tidak merata, (belang kuning hijau) jika buah digoyang tidak berbunyi seperti halnya buah masak normal dan permukaan kulit buah terdapat lubang gerakan kecil, jika buah dibelah akan tampak bekas gerakan larva
- Biji tidak terbentuk sempurna
- Buah kakao yang berukuran kecil(8-10 cm) hama sudah menggerek sehingga buah tidak bernas, berwarna kuning, dan saling melekat satu dengan lainnya (lengket)
- Buah kakao menjadi keras, biji dalam buah lengket dan berwarna hitam

Jenis Hama dan Penyakit Yang Terdeteksi:

Hama Penggerek Buah Kakao/PBK (Conopomorpha cramerella)----Akurasi :100%

----Akurasi :

Solusi Untuk Jenis Hama dan Penyakit Kakao Anda

Hama Penggerek Buah Kakao/PBK (Conopomorpha cramerella)100%	Cara pengendalian yang harus dilakukan untuk jenis hama ini adalah sebagai berikut: a) Pengendalian secara mekanis yaitu dengan sanitasi kebun, membersihkan gulma, mengumpulkan semua bagian tanaman yang rusak kemudian dikubur guna menekan perkembangan hama. Bersihkan kebun secara rutin, menggantungkan bibit/klon baru yang tahan terhadap hama, pemangkasan, pemupukan dan panen sering. b) Pengendalian secara Kultur Teknis yaitu dengan cara "beniarangan" guna mendapatkan sinar matahari yang cukup. c)
--	---

Gambar 9. Hasil Pengujian Akurasi Hama Penggerek Buah/PBK (Conopomorpha cramerella)

b. Pengujian Akurasi Kepik Penghisap Buah

Pengujian akurasi kepik penghisap buah dilakukan dengan rumus perhitungan:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ pilih\ gejala\ H02}{jumlah\ total\ gejala\ H02} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus perhitungan akurasi kepik penghisap buah, jumlah gejala yang dipilih oleh pakar adalah 4 sehingga hasilnya akurasinya adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{4}{4} \times 100\% = 100\%$$

Hasil pengujian untuk kepik penghisap buah terlihat seperti gambar berikut:

Hasil Diagnosis

Berikut adalah hasil diagnosis jenis Hama dan Penyakit tanaman kakao anda
 Hasil yang diberikan berdasarkan gejala yang kamu masukan dengan menggunakan perhitungan Logika Fuzzy

Identitas User
 Nama: Bernadus
 Alamat: Larantuka
 Gejala yang Dipilih:

- Buah muda yang terserang mengering lalu rontok
- Permukaan kulit buah retak dan terjadi perubahan bentuk
- Pada buah tua, tampak penuh bercak-bercak cekung berwarna coklat kehitaman, kulitnya mengeras dan retak
- Pucuk mulai layu dan mati serta ranting mengering dan meranggas

Jenis Hama dan Penyakit Yang Terdeteksi:

Kepik Penghisap Buah (Helopeltis spp.)----Akurasi :100%

----Akurasi :

Solusi Untuk Jenis Hama dan Penyakit Kakao Anda

Kepik Penghisap Buah (Helopeltis spp.)100%	Cara pengendalian yang harus dilakukan untuk jenis hama ini adalah sebagai berikut: a) Pengendalian secara mekanis yaitu dengan sanitasi kebun, membersihkan gulma, mengumpulkan semua jenis tanaman yang rusak kemudian dikubur guna menekan perkembangan hama, bersikan kebun secara rutin, menggantikan bibit/klon baru yang tahan terhadap hama, pemangkasan, pemupukan dan panen sering. b) Pengendalian secara biologis yaitu dengan cara melepas dan memperbanyak musuh alami seperti belalang sembah, laba-laba dan tawon. c) Pengendalian secara hayati yaitu dengan menggunakan APH heauperia dan pemasangan perangkap. Cara ini untuk	Act Go t
---	--	-------------

Gambar 10. Hasil Pengujian Akurasi Kepik Penghisap Buah

3.4.2 Pengujian Akurasi Hama Penggerek Batang

Pengujian akurasi untuk hama penggerek batang menggunakan rumus perhitungan:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah pilih gejala H03}}{\text{jumlah total gejala H03}} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus perhitungan untuk akurasi hama penggerek batang, jumlah gejala yang dipilih oleh pakar adalah 4. Sehingga hasil akurasi untuk hama penggerek batang adalah

$$Akurasi = \frac{4}{4} \times 100\% = 100 \%$$

Hasil pengujian untuk hama penggerek batang terlihat seperti gambar berikut:

Hasil Diagnosis

Berikut adalah hasil diagnosis jenis Hama dan Penyakit tanaman kakao anda
 Hasil yang diberikan berdasarkan gejala yang kamu masukan dengan menggunakan perhitungan Logika Fuzzy

Identitas User

Nama: Bernadus
 Alamat: Larantuka

Gejala yang Dipilih:

- Cabang kakao bertubang dan di permukaan lubang terdapat kotoran larva dan bekas gerakan
- Bagian tanaman di atas lubang gerakan menjadi layu, kering dan mati, terutama pada cabang yang berukuran kecil
- Rongga gerakan dengan arah melintang mendekati kulit cabang
- Terdapat larva berwarna kemerahan dan adanya pembentukan pupa terjadi di dalam lubang gerakan

Jenis Hama dan Penyakit Yang Terdeteksi:

Penggerek Cabang (*Zeuzera coffeae*)----Akurasi :100%

----Akurasi :

Solusi Untuk Jenis Hama dan Penyakit Kakao Anda

Penggerek Cabang (<i>Zeuzera coffeae</i>)100%	Cara pengendalian untuk Hama Penggerek Cabang (<i>Zeuzera coffeae</i>) adalah sebagai berikut: a) Memotong cabang yang terserang pada jarak 10 cm dari lubang gerakan, kemudian dimusnahkan b) Aplikasi Beauveria bassiana dengan kerapatan spora 106 spora/ml ke dalam lubang gerakan menggunakan alat semprot tangan kemudian lubang ditutup. c) Aplikasi MS APH dengan cara infus akar, untuk meningkatkan vigor tanaman d) Memangkas cabang yang terserang dan memusnahkan larva/pupa yang ada di dalamnya
--	--

Gambar 11. Hasil Pengujian Akurasi Hama Penggerek Cabang

3.4.3 Pengujian Akurasi Penyakit Busuk Buah

Pengujian untuk akurasi penyakit busuk buah menggunakan rumus perhitungan:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah pilih gejala } P01}{\text{jumlah total gejala } P01} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus perhitungan untuk akurasi penyakit busuk buah, jumlah gejala yang dipilih oleh pakar adalah 4. Sehingga hasil akurasi untuk penyakit busuk buah adalah

$$Akurasi = \frac{4}{4} \times 100\% = 100\%$$

Hasil pengujian untuk akurasi penyakit busuk buah dapat terlihat seperti gambar berikut:

Hasil Diagnosis

Berikut adalah hasil diagnosis jenis Hama dan Penyakit tanaman kakao anda
 Hasil yang diberikan berdasarkan gejala yang kamu masukan dengan menggunakan perhitungan Logika Fuzzy

Identitas User
 Nama: Bernadus
 Alamat: Larantuka

Gejala yang Dipilih:

- Gejala busuk basah berwarna cokelat kehitaman dengan batas yang tegas
- Infeksi dimulai dari ujung, pangkal maupun bagian tengah buah
- Permukaan buah menjadi busuk, basah dan berwarna cokelat kehitaman
- Dalam kondisi lembab, pada permukaan buah akan muncul serbuk berwarna putih

Jenis Hama dan Penyakit Yang Terdeteksi:

----Akurasi :

Penyakit Busuk Buah----Akurasi :100%

Solusi Untuk Jenis Hama dan Penyakit Kakao Anda

Penyakit Busuk Buah	a) Sanitasi dengan memetik semua buah busuk yang dilakukan bersamaan dengan pemangkasan ataupun saat panen, dan mengambil yang jatuh dikumpulkan kemudian dikubur sedalam minimal 30 cm. b) Pemangkasan tanaman kakao dan pohon pelindung untuk mengurangi kelembaban kebun. c) Menyemprotkan Jamur <i>Trichoderma</i> spp. pada buah kakao sehat sebagai tindakan preventif dengan dosis 2kg/ha biarkan padat dengan volume semprot 500 l/ha. d) Aplikasi MS APH, meningkatkan vigor untuk tanaman e) Menanam varietas atau klon toleran seperti: DRC 16 atau yang berproduksi tinggi (ICCRI 03, ICCRI 04, BL 50 atau klon unggul lokal).
----------------------------	--

Gambar 1. Hasil Pengujian Akurasi Penyakit Busuk Buah

3.4.4 Pengujian Akurasi Penyakit VSD

Pengujian akurasi untuk penyakit VSD menggunakan rumus perhitungan:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah pilih gejala } P02}{\text{jumlah total gejala } P02} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus perhitungan akurasi penyakit VSD, jumlah gejala yang dipilih oleh pakar adalah 4. Sehingga hasil untuk akurasi penyakit VSD adalah

$$Akurasi = \frac{4}{4} \times 100\% = 100 \%$$

Hasil pengujian untuk akurasi penyakit VSD dapat terlihat seperti gambar berikut:

3.4.5 Pengujian Akurasi Penyakit Jamur Akar Putih

Hasil Diagnosis

Berikut adalah hasil diagnosis jenis Hama dan Penyakit tanaman kakao anda
 Hasil yang diberikan berdasarkan gejala yang kamu masukan dengan menggunakan perhitungan Logika Fuzzy

Identitas User
 Nama: Bernadus
 Alamat: Larantuka

Gejala yang Dipilih:

- Gejala meranggas/layu. Lebih banyak menyerang tanaman pada pembibitan
- Daun menguning dengan bercak-bercak berwarna hijau, daun - daun yang menguning akhirnya gugur sehingga tampak gejala ranting gundul
- Bila ranting dibelah membujur terlihat garis-garis cokelat pada jaringan xylem yang bermuara pada bekas duduk daun
- Pada bekas duduk daun, atau bekas potongan ranting muncul benang- benang berwarna putih

Jenis Hama dan Penyakit Yang Terdeteksi:

----Akurasi :

Penyakit Vascular Streak Dieback/VSD----Akurasi :100%

Solusi Untuk Jenis Hama dan Penyakit Kakao Anda

Penyakit Vascular Streak Dieback/VSD	a) Pangkasan sanitasi dilakukan dengan cara memotong ranting sakit sampai batas gejala garis coklat pada xylem ditambah 30-40cm di bawahnya. b) Eradikasi dengan pembongkaran tanaman yang terserang berat dan berumur tua, diikuti dengan penanaman kembali (replanting) menggunakan klon toleran VSD. c) Pada pembenihan diberi atap daun kelapa atau plastik untuk mencegah agar spora tidak jatuh menginfeksi benih dan memusnahkan benih vana terserana. d) Penjemorotan funoisida vana sudah terdaftar dan mendapat izin Menteri Pertanian. colonaan
---	--

Gambar 2. Hasil Pengujian Akurasi Penyakit VSD

Pengujian untuk akurasi penyakit jamur akar putih menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ pilih\ gejala\ P02}{jumlah\ total\ gejala\ P02} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus perhitungan akurasi penyakit jamur akar putih, jumlah gejala yang dipilih oleh pakar adalah 4. Sehingga hasil perhitungan akurasi adalah

$$Akurasi = \frac{4}{4} \times 100\% = 100\%$$

Hasil pengujian akurasi penyakit jamur akar putih terlihat seperti gambar berikut:

Hasil Diagnosis

Berikut adalah hasil diagnosis jenis Hama dan Penyakit tanaman kakao anda
Hasil yang diberikan berdasarkan gejala yang kamu masukan dengan menggunakan perhitungan Logika Fuzzy

Identitas User
Nama: Bernadus
Alamat: Larantuka

Gejala yang Dipilih:

- Daun mula-mula menguning, layu, mengering dan kemudian diikuti dengan kematian tanaman
- Terdapat benang-benang putih yang bercabang-cabang, melekat erat pada permukaan akar
- Terdapat benang-benang putih yang bercabang-cabang, melekat erat pada permukaan akar
- Terdapat patogen yang diketahui dengan melakukan pemeriksaan leher akar dan perakaran tanaman

Jenis Hama dan Penyakit Yang Terdeteksi:

----Akurasi :

Penyakit Jamur Akar Putih----Akurasi :100%

Solusi Untuk Jenis Hama dan Penyakit Kakao Anda

Penyakit Jamur Akar Putih	a) Tanaman yang telah mati akibat serangan jamur akar harus dibongkar berikut akar-akarnya sampai bersih. Akar-akar tersebut dikumpulkan di dalam lubang bekas bongkaran kemudian dimusnahkan. b) Membuat parit isolasi untuk memutuskan kontak atau infeksi yang melalui akar, kemudian dibagian parit semprotkan dengan trichoderma. c) Menggunakan fungisida berbahan aktif mankoseb. d) Pada lubang bekas bongkaran diberi belerang sebanyak 300g. Lubang tersebut dibiarkan selama sekitar satu tahun baru dapat ditanami kembali. e) Tanaman selain yang tumbuh di sekitar kebun atau pohon penayang yang terserang jamur akar juga dibongkar apabila telah mati atau menunjukkan gejala infeksi berat. f) Aplikasi APH Trichoderma pada tanaman disekitar tanaman terserang guna meningkatkan vigor tanaman.
----------------------------------	---

Gambar 3. Hasil Pengujian Akurasi Penyakit Jamur Akar Putih

Berdasarkan Rekapitulasi perhitungan akurasi di atas jumlah akurasi untuk jenis hama dan penyakit bernilai sama, maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi yang dirancang dapat dikatakan bebas dari kesalahan logika.

3.5 *BlackBox Testing*

Implementasi metode Logika *Fuzzy* pada sistem identifikasi berbasis kepakaran juga harus lolos pengujian pengembangan sistem. Hal ini sebagaimana dilakukan oleh Basri, dengan menguji untuk kerja pengembangan sistem identifikasi penyakit tanaman dengan metode Logika *Fuzzy* Mamdani (Informatika et al., 2021). Teknik pengujian *blackbox* dilakukan untuk mengamati hasil eksekusi melalui data uji dan memeriksa fungsional dari *interface* perangkat lunak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Aplikasi dapat bekerja baik dengan menampilkan 100% valid respon sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Pengujian *BlackBox Testing*

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Ket
Klik tombol login pada halaman awal masuk sistem	Tampilan halaman awal, dengan terdapat tombol login dan buat akun kemudian pilih dan klik tombol login.	Sistem mengarahkan ke halaman login	Menampilkan halaman login	V
Klik tombol buat akun pada halaman awal masuk sistem	Tampilan awal, engan terdapat tombol login dan buat akun, kemudian pilih dan klik pada tombol buat akun.	Sistem mengarahkan ke halaman registrasi. Selesai registrasi sistem akan mengarahkan kehalaman login	Menampilkan halaman registrasi, kemudian sistem mengarahkan ke halaman login	V
Klik tombol login pada halaman login	Tampilan halaman login	Sistem mengarahkan ke halaman admin jika data yang dimasukan adalah data admin	Menampilkan halaman admin	V
Klik tombol login pada halaman login	Tampilan halaman login	Sistem mengarahkan ke halaman user ketika data yang dimasukan adalah data user yang telah didaftar pada halaman registrasi maka sistem akan mengarahkan ke halaman user.	Menampilkan halaman user	V
Klik tombol mulai pada halaman utama user untuk melakukan diagnosis hama dan penyakit kakao.	Tampilan halaman utama user	Sistem mengarahkan ke halaman mulai diagnosis ketika tombol mulai di klik.	Menampilkan halaman mulai diagnosis.	V
Mengisi nama, alamat dan gejala yang sesuai.	Tampilan halaman memulai diagnosis	Sistem mengarahkan ke halaman hasil diagnosis untuk	Menampilkan halaman hasil dengan data	V

Kemudian klik tombol kirim untuk melihat hasil diagnosis.		memberikan data hasil diagnosis hama dan penyakit serta memberikan solusi.	sesuai gejala yang dipilih.	
Mengisi data hama dan penyakit yang diinput oleh admin/pakar	Tampilan halaman admin tambah data hama dan penyakit.	Sistem memproses data yang diinput dan disimpan kedalam database.	Menampilkan hasil data hama dan penyakit yang telah di input oleh admin dan telah diproses.	V

Setelah melakukan pengujian sistem dengan pengujian akurasi dan *blackbox testing*, kemudian dilakukan pengujian aplikasi juga oleh pakar. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah program yang dibuat telah sesuai dengan kepakaran atau belum. Adapun langkah-langkah dari proses pengujian sistem yaitu:

- a) Pakar melakukan Login user dan admin, kemudian melihat isi dari semua menu yang ada pada halaman admin dan halaman user.
- b) Pakar melihat daftar gejala hama dan penyakit serta solusinya dengan tujuan untuk mengetahui apakah data gejala hama dan penyakit serta solusinya yang ditampilkan telah sesuai dengan data kepakaran yang sebenarnya dan paling sering terlihat di permukaan tanaman kakao.

3.6 Hasil (Deployment)

Setelah dilakukan dari tahapan identifikasi masalah hingga pada tahapan konstruksi atau pengujian sistem oleh pakar, ditemukan bahwa sistem yang dibangun telah bebas dari kesalahan, maka Sistem Pakar Deteksi Hama dan Penyakit Tanaman Kakao Berbasis *Website* Menggunakan Logika *Fuzzy* dinyatakan telah sesuai dengan kepakaran. Pengujian akurasi logika *fuzzy* dengan menguji identifikasi hama dan penyakit pada tanaman kakao yang telah diinput ke dalam sistem untuk selanjutnya diidentifikasi bersama pakar kakao, maka sistem yang dibangun mampu menunjukkan hasil pengujian 100% sesuai dengan asumsi kepakaran sebagaimana gejala yang dipilih.

4. Kesimpulan

Implementasi model Logika Fuzzy yang dikombinasikan dalam sistem berbasis rule (IF-THEN) menunjukkan bahwa model ini dapat bekerja dengan baik, walaupun dengan variabel yang sederhana. Sistem Pakar berbasis *Website* yang dirancang dengan pemrograman PHP juga dianggap akan sangat memudahkan untuk diakses baik pada perangkat Desktop, Laptop, atau perangkat Smartphone tanpa perlu dilakukan Instalasi Aplikasi, sehingga bagi pengguna khususnya petani atau penyuluh Pertanian, bahkan pelajar di bidang pertanian khususnya pada pembelajaran Hama Tanaman Kakao, hal ini mungkin akan sangat bermanfaat. Sistem pakar berhasil dibangun dengan menerapkan konsep teori logika fuzzy berbasis *website* untuk mendeteksi hama dan penyakit tanaman kakao serta cara pengendaliannya. Hasil implementasi

dan pengujian pada pemodelan logika fuzzy dengan nilai pengujian akurasi dan hasil pengujian blackbox testing didapatkan hasil memuaskan. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem yang dibangun siap untuk digunakan.

Daftar Pustaka

- Adi Pribadi, I., Adi Candra, A., & Azriansyah, A. (2021). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kambing Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Android. *Jurnal Pepadun*, 2(3), 403–411. <https://doi.org/10.23960/pepadun.v2i3.83>
- Alim, S., Lestari, P. P., & Rusliyawati, R. (2020). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kakao Menggunakan Metode Certainty Factor Pada Kelompok Tani Pt Olam Indonesia (Cocoa) Cabang Lampung. *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 1(1), 26. <https://doi.org/10.33365/jdmsi.v1i1.798>
- Elenia, E. E., S, I. G. N. B. A., Oktavia, Ma., S, M. R. T., Aldisa, N., Widjayanti, P., & Ependi, V. (2020). Modul Praktikum Modul Praktikum. In *Akuntansi Keuangan Lanjut 2 (Issue 61)*.
- Hamidah, I., & Ratnasari, A. (2020). *Spizaetus : Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. *Spizaetus : Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, October, 21–26.
- Iklim, P., Hama, P. L., & Tanaman, P. (2007). Perubahan Iklim, Pemicu Ledakan Hama dan Penyakit Tanaman. 2007–2008.
- Informatika, P. T., Al, U., & Mandar, A. (2021). Logika Fuzzy Mamdani Pada Sistem Pakar Identifikasi Hama Tanaman Kakao.
- Listiyono, H. (2008). Merancang dan Membuat Sistem Pakar. *Jurnal Teknologi Informasi dinamik*, XIII(2), 115–124.
- Munarto, R. (2018). Sistem Pakar Diagnosis. 14(1), 75–86.
- Nuha, A. (2017). Populasi Dan Sampel. *Pontificia Universidad Catolica Del Peru*, 8(33), 44.
- Padjadjaran, U. (2016). Modul Pelatihan dan Pengembangan Website. *Direktorat Pelaksanaan Dan Sistem Informasi*, 1–34.
- Salman, A. G. (2010). Pemodelan Sistem Fuzzy Dengan Menggunakan Matlab. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 1(2), 276. <https://doi.org/10.21512/comtech.v1i2.2349>
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. Jayapangus Press, 193.
- Statistik, B. P., & Timur, K. F. (n.d.). Kecamatan wulanggitang.
- Susilana, R. (2015). Modul Populasi dan Sampel. Modul Praktikum, 3–4. http://file.upi.edu/Direktori/DUAL-modes/penelitian_pondidikan/bbm_6.pdf
- Wahyuni, S., & Hasugian, P. M. (2022). Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Ayam Kampung Menggunakan Metode Certainty Factor. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 60–65. <https://doi.org/10.55338/saintek.v3i2.212>

Wangge, M. M. N., & Mago, O. Y. T. (2021). Keanekaragaman Arthropoda Musuh Alami Hama Tanaman Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Pada Perkebunan Polikultur Di Desa Hokeng Jaya Kecamatan Wulanggitang Kabupaten Flores Timur. *Spizaetus: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 2(1), 47. <https://doi.org/10.55241/spibio.v2i1.32>