

Tabel 5.3 Pengujian Menu Penyakit.....	88
Tabel 5.4 Pengujian Menu Gejala	89
Tabel 5.5 Pengujian Menu Basis Pengetahuan	90

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) merupakan salah satu komoditas pangan penting yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat selain beras. Tingginya tingkat konsumsi menjadikan permintaan terhadap kacang hijau cukup tinggi. Tanaman ini termasuk dalam *family Leguminosae*, yaitu kelompok tanaman polong-polongan yang memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen dari udara melalui simbiosis dengan bakteri *Rhizobium* di akarnya. Di Indonesia, kacang hijau menempati posisi ketiga sebagai tanaman kacang-kacangan terpenting setelah kedelai dan kacang tanah. [1].

Kacang hijau biasanya dibudidayakan di lahan sawah selama musim kemarau, setelah panen padi atau tanaman palawija lainnya. Tanaman ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan tanaman pangan lain, diantaranya masa panen yang singkat (sekitar 55-65 hari) dan ketahanannya terhadap kondisi kering, karena kebutuhan airnya relatif rendah, yaitu 700-900 mm/tahun. Bahkan pada curah hujan yang lebih rendah, kacang hijau masih mampu tumbuh karena memiliki sistem perakaran yang dalam. Selain itu, kacang hijau juga dapat menghasilkan biomassa dalam jumlah besar, sekitar 11-12 ton/ha [2]

Disamping potensinya tersebut, budidaya kacang hijau juga menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan penyakit tanaman. Minimnya pengetahuan dan keterbatasan informasi mengenai jenis-jenis penyakit pada tanaman kacang hijau kerap menyebabkan petani mengalami kesulitan dalam

mendiagnosis serta menangani penyakit secara tepat. Akibatnya, penanganan yang kurang efektif dapat berdampak pada menurunnya produktivitas dan kualitas hasil panen. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengintegrasikan pengetahuan para pakar untuk membantu petani mengatasi masalah yang berkaitan dengan penyakit pada tanaman kacang hijau [3].

Berdasarkan wawancara dan data rincian dari Dinas Tanaman Pangan dan Holtikultura terdapat laporan tahun 2023 mengenai tanaman kacang hijau di Kecamatan Rambah Samo, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, diketahui bahwa tingkat produktivitas mencapai 10,10 kw/ha dengan total produksi sebesar 10,10 ton. Namun, pada tahun 2024 meskipun angka produktivitas tetap berada di kisaran yang sama yaitu 10,10 kw/ha, total produksi mengalami penurunan menjadi 8,08 ton. Informasi ini menunjukkan adanya penurunan dalam hasil produksi kacang hijau meskipun tingkat produktivitas tidak berubah. Salah satu faktor penyebab turunnya produksi adalah gangguan kesehatan tanaman yang dapat mengakibatkan kualitas biji yang kurang baik, seperti ukuran yang tidak seragam, warna yang pucat, serta potensi hasil yang tidak optimal. Kondisi ini umumnya dipicu oleh adanya serangan penyakit pada tanaman kacang hijau.

Desa Sei Salak, yang terletak di Kecamatan Rambah Samo, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, dikenal sebagai salah satu desa yang membudidayakan tanaman kacang hijau. Namun, produktivitas tanaman kacang hijau di Desa Sei Salak sering kali terancam oleh serangan penyakit, yang dapat menyebabkan kerugian signifikan. Dalam kasus ini, petani belum mengetahui secara pasti jenis penyakit yang menyerang, sehingga identifikasi biasanya hanya didasarkan pada

ciri-ciri fisik yang tampak pada tanaman, seperti daun menguning, bercak-bercak, atau batang yang membusuk. Sayangnya, tingkat pengetahuan petani di Desa Sei Salak terhadap gejala dan penanganan penyakit masih rendah, sehingga penanganan sering kali terlambat dilakukan. Di sisi lain, keterbatasan akses terhadap pakar pertanian juga menjadi kendala karena faktor biaya, waktu, dan lokasi. Untuk mengatasi masalah ini, dibutuhkan solusi alternatif berbasis teknologi berupa sistem pakar yang dapat membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman secara mandiri dan efisien. Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat lebih cepat dalam mengambil tindakan penanganan sehingga produktivitas kacang hijau dapat ditingkatkan dan kerugian diminimalkan.

Sistem pakar merupakan aplikasi berbasis komputer yang dirancang untuk membantu memecahkan masalah tertentu dengan mengadopsi pengetahuan dari seorang ahli dibidangnya. Sistem ini dikembangkan bukan untuk menggantikan peran pakar, melainkan sebagai sarana untuk mendiseminasikan pengetahuan mereka sehingga dapat diakses oleh masyarakat luas dan dimanfaatkan dalam penyelesaian masalah. Untuk memperoleh hasil *diagnosis* yang mendekati akurasi seorang pakar, sistem pakar memerlukan metode pengolahan pengetahuan yang tepat. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Certainty Factor* [4].

Certainty Factor merupakan pendekatan yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam proses penalaran seorang pakar. Umumnya, metode ini digunakan untuk merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap suatu permasalahan. Nilai yang dihasilkan oleh *certainty factor* berbentuk persentase, dan

dalam penelitian ini, solusi ditentukan berdasarkan nilai keyakinan tertinggi yang diperoleh dari metode tersebut [5].

Beberapa peneliti terdahulu yang terkait dengan masalah ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Linda Meniati, Nur Yanti Lumban Gaol Tahun 2022 dengan judul "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Tanaman Kakao Menggunakan Metode *Certainty Factor*" Berdasarkan hasil pengujian metode *certainty factor* terbukti efektif dalam membantu proses *diagnosis* penyakit pada tanaman kakao. Melalui aplikasi berbasis desktop dengan antarmuka yang sederhana, petani dapat mengetahui jenis penyakit hanya dengan memasukkan atau memilih gejala yang muncul. Keberhasilan metode ini terlihat dari kemampuannya memberikan hasil diagnosis yang akurat dan efisien, tanpa perlu keterlibatan langsung dari seorang pakar [6].

Adapun penelitian lainnya oleh Mochammad Faried Givari El Mirzaq , Risa Helilintar Tahun 2021 dengan judul "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Tomat Menggunakan Metode *Certainty Factor*" Berdasarkan hasil pengujian, keberhasilan metode *certainty factor* dalam sistem pakar sangat dipengaruhi oleh ketepatan pengguna dalam memilih gejala yang sesuai saat proses diagnosis. Sistem menghasilkan persentase keyakinan terhadap penyakit berdasarkan input gejala yang dipilih, sehingga semakin tepat gejala yang diinput semakin akurat pula hasil *diagnosis* yang ditampilkan. Hal ini menunjukkan bahwa metode *certainty factor* mampu memberikan hasil *diagnosis* yang relevan dan dapat diandalkan sesuai pengetahuan pengguna terhadap kondisi tanaman [7].

Penelitian ini berfokus pada penerapan metode *certainty factor* dalam sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kacang hijau. Diharapkan penelitian ini tidak hanya memberikan solusi teknologi yang membantu petani dalam mengenali jenis penyakit secara cepat dan akurat, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas pertanian, teknologi informasi, dan pemberdayaan petani. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini mengusung judul **“Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit pada Tanaman Kacang Hijau Menggunakan Metode *Certainty Factor* (CF).”**

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membangun metode *certainty factor* dalam pengembangan sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman kacang hijau?

1.3 Tujuan Penelitian

Bagaimana penerapan metode *certainty factor* dalam pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit tanaman kacang hijau?

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, peneliti memberikan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Metode yang digunakan untuk mendiagnosis penyakit tanaman kacang hijau adalah metode *certainty factor*.
2. Terdapat 25 gejala dan 10 penyakit yang akan di diagnosis pada tanaman kacang hijau, diantaranya Bercak daun, Karat daun, Kudis (*Scab*), Embun Tepung (*Powdery Mildew*), Mozaik kacang hijau, penyakit layu bakteri (*Pseudomonas sp.*), Penyakit layu (*Jamur tanah: Sclerotium*

Rolfsii), Anthracnose (*Colletotrichum glycine*), Penyakit karat (*Cendawan Phakospora phachyrizi*), dan Busuk batang (*Cendawan Phytium Sp.*)

3. Aplikasi berbasis *Website* dan dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman *Hypertext Preprocessor (PHP)* dan *My Structured Language (MySQL)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Sebagai upaya untuk memberikan bantuan kepada para petani kacang hijau di Kecamatan Rambah Samo, Kabupaten Rokan Hulu, dalam mengatasi permasalahan penyakit pada tanaman kacang hijau, serta sebagai bentuk pengembangan wawasan bagi penulis dalam menyusun penelitian dengan penerapan metode *certainty factor*.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pakar

Menurut Zulfian Azmi dalam Jackson tahun 2017, sistem pakar merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mewakili serta melakukan proses penalaran berdasarkan pengetahuan dari satu atau lebih pakar guna menyelesaikan suatu permasalahan atau memberikan rekomendasi. Sistem ini bekerja dengan cara meniru cara berpikir seorang ahli dalam menganalisis suatu kondisi, kemudian memberikan solusi atau saran yang relevan dengan situasi yang dihadapi. Pengetahuan yang dimiliki oleh pakar akan disusun dalam suatu basis pengetahuan (*knowledge base*), yang kemudian digunakan oleh mesin inferensi untuk melakukan proses penalaran secara logis dan sistematis. Sistem pakar mampu mengolah informasi dan fakta-fakta tertentu layaknya manusia, melalui penggunaan aturan-aturan logika seperti kaidah “jika-maka” (*if-then*). Dengan kemampuan tersebut, sistem ini tidak hanya menyimpan informasi, tetapi juga mampu menarik kesimpulan dari data yang diberikan. Oleh karena itu, sistem pakar dianggap sebagai salah satu bentuk kecerdasan buatan yang dapat memberikan solusi atau pertimbangan dalam penyelesaian masalah tertentu berdasarkan pengalaman dan pengetahuan pakar yang telah ditransformasikan ke dalam sistem. [8].

Tujuan utama dari sistem pakar adalah untuk mentransfer pengetahuan dan keahlian seorang pakar ke dalam sistem komputer, sehingga komputer dapat menjalankan fungsi seperti layaknya seorang ahli dalam menyelesaikan suatu

masalah. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memperoleh informasi, analisis, maupun solusi atas permasalahan tertentu tanpa harus berinteraksi langsung dengan pakar. Dengan adanya sistem pakar, proses konsultasi menjadi lebih mudah, cepat, dan dapat dilakukan kapan saja sesuai kebutuhan, terutama ketika akses terhadap pakar terbatas atau tidak tersedia. [9].

Dengan demikian, sistem pakar merupakan salah satu bentuk kecerdasan buatan yang bertujuan untuk meniru pemikiran dan cara pengambilan keputusan seorang ahli di bidang tertentu.

2.1.1 Manfaat Sistem Pakar

Sistem pakar memiliki peran penting dalam membantu manusia menyelesaikan berbagai permasalahan yang biasanya membutuhkan keahlian khusus. Dengan menggabungkan pengetahuan pakar ke dalam sebuah sistem komputer, sistem pakar dapat digunakan untuk memberikan solusi secara cepat, akurat, dan efisien. Berikut adalah beberapa manfaat dari sistem pakar [10]:

1. Meningkatkan produktivitas kerja

Sistem pakar mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas karena dapat menyelesaikan tugas-tugas dengan cepat dan akurat. Berbeda dengan manusia yang memerlukan waktu untuk berpikir dan mempertimbangkan berbagai aspek, sistem pakar mampu memberikan keputusan atau rekomendasi dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini sangat berguna dalam situasi yang membutuhkan penanganan segera, sehingga pekerjaan bisa diselesaikan lebih banyak dalam waktu yang lebih singkat.

2. Mengurangi ketergantungan terhadap pakar manusia

Dalam beberapa bidang, jumlah pakar sangat terbatas. Dengan adanya sistem pakar, pengetahuan dan keahlian yang biasanya hanya dimiliki oleh segelintir orang bisa diakses oleh lebih banyak pengguna kapan saja dibutuhkan. Hal ini sangat membantu terutama di daerah atau situasi yang sulit menjangkau tenaga ahli secara langsung.

3. Menjamin konsistensi hasil analisis

Tidak seperti manusia yang bisa mengalami kelelahan, emosi, atau perubahan persepsi, sistem pakar bekerja secara konsisten berdasarkan basis data dan aturan yang telah ditentukan. Ini menjadikan hasil analisis atau diagnosis dari sistem pakar lebih stabil dan dapat diandalkan dalam jangka panjang.

4. Mempercepat proses pengambilan keputusan

Dengan kemampuannya dalam mengolah informasi dan menyajikan solusi secara cepat, sistem pakar sangat membantu dalam proses pengambilan keputusan, terutama di bidang-bidang yang membutuhkan keputusan cepat dan tepat seperti medis, pertanian, atau industri.

2.1.2 Kelebihan Sistem Pakar

Sistem pakar dirancang untuk meniru cara berpikir seorang pakar dalam menyelesaikan masalah tertentu. Dalam penerapannya, sistem ini memiliki sejumlah kelebihan yang menjadikannya solusi efektif dalam berbagai bidang, termasuk pertanian. Beberapa kelebihan sistem pakar secara umum sebagai berikut [11]:

1. Mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

Sistem pakar mampu memberikan jawaban yang konsisten dan berdasarkan logika yang jelas. Hal ini dikarenakan sistem pakar memiliki penalaran logis yang dapat dijelaskan selama proses konsultasi, sehingga keputusan yang dihasilkan lebih akurat dan terpercaya.

2. Menyediakan solusi secara cepat dan tepat waktu.

Dalam kondisi tertentu, seorang manajer mungkin memerlukan pendapat seorang ahli, namun tidak selalu ahli tersebut tersedia. Dengan adanya sistem pakar, informasi dan solusi yang dibutuhkan dapat diakses kapan saja, sehingga proses pengambilan keputusan tidak tertunda.

3. Menjaga dan mendokumentasikan pengetahuan dalam organisasi.

Pengetahuan yang dimiliki oleh para pakar sangat berharga, dan berisiko hilang ketika mereka pensiun atau keluar dari organisasi. Sistem pakar memungkinkan pengetahuan tersebut disimpan secara digital dan dapat digunakan terus-menerus sesuai kebutuhan.

2.1.3 Kekurangan Sistem Pakar

Meskipun sistem pakar memiliki banyak manfaat dan kelebihan, seperti membantu pengambilan keputusan dan menghemat waktu, sistem ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Berikut adalah beberapa kekurangan yang paling umum ditemui [11]:

1. Hanya dapat mengelola pengetahuan yang bersifat tetap dan konsisten.

Sistem pakar dirancang berdasarkan seperangkat aturan yang menghasilkan

keluaran pasti dan terstruktur sesuai dengan alur logika, seperti diagram pohon. Namun, jika informasi yang digunakan bersifat dinamis atau berubah-ubah seiring waktu, maka basis pengetahuan (*knowledge base*) dalam sistem harus terus diperbarui, yang tentu menjadi tantangan tersendiri dan dapat menimbulkan kerepotan.

2. Tidak mampu menangani aspek yang membutuhkan pertimbangan atau penilaian subjektif

Sistem pakar menghasilkan kesimpulan yang bersifat pasti dan rasional. Namun, dalam situasi yang memerlukan kebijaksanaan atau keputusan yang melibatkan pertimbangan organisasi atau nilai-nilai institusional, peran pengambilan keputusan tetap harus dilakukan oleh pihak manajemen.

3. Format pengetahuan dalam sistem terbatas.

Basis pengetahuan dalam sistem pakar biasanya disusun dalam bentuk aturan-aturan atau pernyataan "jika-maka" (*if-then*). Struktur ini membatasi kompleksitas informasi yang dapat dimasukkan, sehingga tidak semua jenis pengetahuan dapat diakomodasi dengan fleksibel.

2.1.4 Struktur Sistem Pakar

1. Bagian utama Sistem Pakar

Struktur dasar sistem pakar yang terdiri atas [12]:

1. Antar muka pemakai
2. Fasilitas penjelasan

3. Fasilitas akuisisi/memperoleh pengetahuan

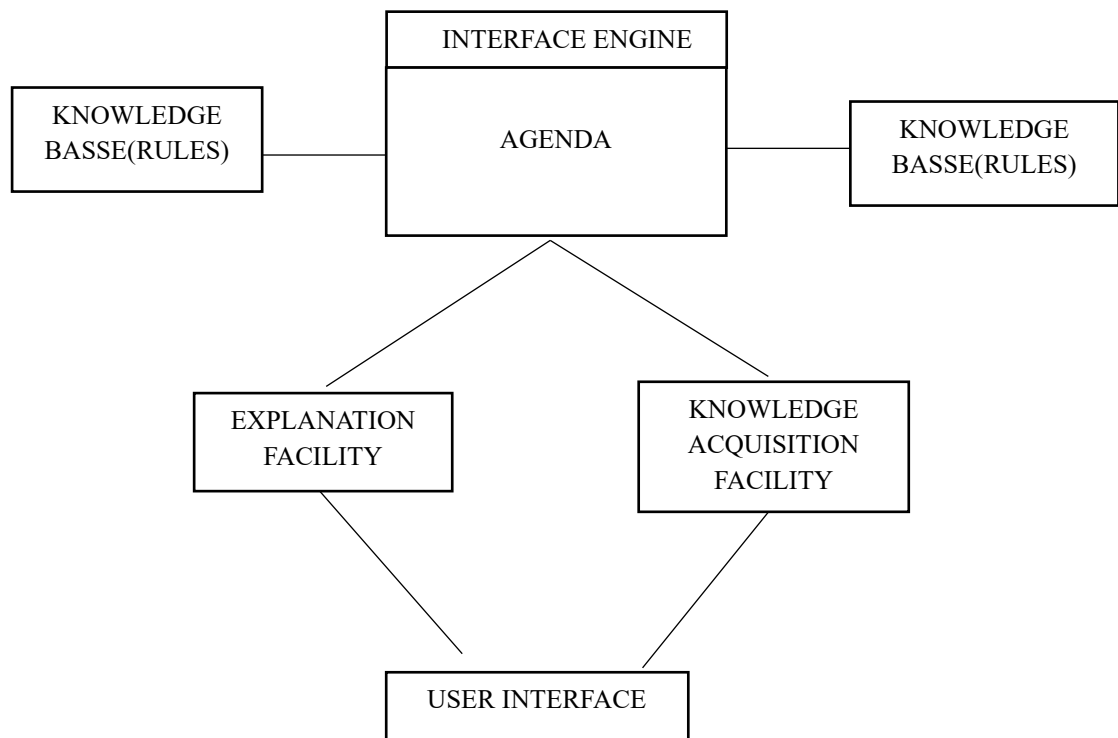
4. Agenda

5. Mesin inferensi

6. Memori kerja

7. Basis pengetahuan

2. Arsitektur Sistem Pakar



Gambar 2.1 Struktur sistem pakar

Sumber Gambar 2.1: [12]

Berikut penjelasan setiap komponen-komponen pada struktur dasar sebuah sistem pakar [12]:

1. Antar muka pemakai (*user interface*)

Adalah mekanisme dimana pemakai dan sistem pakar berkomunikasi.

2. Fasilitas penjelasan (*explanation facility*)

Adalah fasilitas untuk menerangkan pemberian alasan sistem pada pemakai.

3. Fasilitas akuisisi/memperoleh pengetahuan (*knowledge acquisition facility*)

Adalah cara otomatis pemakai untuk memasukkan pengetahuan ke dalam sistem, bukannya dengan melalui perekayasa yang memasukkan pengetahuan secara eksplisit kode pengetahuan.

4. Agenda

Adalah daftar prioritas dari aturan yang dibuat oleh mesin inferensi, yang polanya dipenuhi oleh fakta di dalam memori yang bekerja.

5. Mesin inferensi (*inferene engine*)

Membuat inferensi dengan menentukan aturan mana yang dipenuhi oleh fakta, prioritas aturan yang tercukupi, dan membuat aturan dengan prioritas tertinggi.

6. Memori kerja (*working memory*)

Berisi basis data dan fakta yang digunakan oleh aturan.

7. Basis pengetahuan (*knowledge base*)

Basis Pengetahuan berisi pengetahuan yang dibutuhkan untuk memahami,

memformulasi, dan memecahkan masalah.

2.2 Metode *Certainty Factor*

Menurut Burbani, metode *certainty factor* digunakan untuk mempresentasikan tingkat keyakinan terhadap suatu kejadian, baik berupa fakta maupun hipotesis, yang didasarkan pada bukti atau penilaian dari seorang pakar. Penerapan *certainty factor* dapat mencakup berbagai kondisi, salah satunya adalah ketika terdapat beberapa *premis (antecedent)* dalam aturan yang berbeda, namun menghasilkan konsekuensi yang sama [13].

Konsep *certainty factor* pertama kali diperkenalkan oleh Shortliffe dan Buchanan pada tahun 1975 saat mengembangkan sistem pakar *MYCIN*. Metode ini dirancang untuk menangani ketidakpastian dalam proses penalaran seorang pakar, terutama dalam situasi dimana informasi yang tersedia tidak sepenuhnya pasti. Pengembangan teori ini berjalan seiring dengan pembuatan sistem pakar *MYCIN* itu sendiri [14].

Untuk membantu proses *diagnosis* penyakit, pengguna aplikasi diberikan pilihan untuk menentukan tingkat keyakinan mereka terhadap gejala atau fakta yang dialami. Tingkat keyakinan ini mencerminkan seberapa pasti pengguna merasa bahwa suatu gejala berkaitan dengan penyakit tertentu. Apabila terdapat kasus dengan lebih dari satu gejala, maka *certainty factor* dapat dihitung menggunakan formulasi berikut [15]:

$$CF [H,E] = MB [H,E] - MD [H,E] \quad (1)$$

Keterangan :

$CF(H,E)$ = *certainty factor* hipotesa yang dipengaruhi oleh *evidence* e diketahui dengan pasti.

$MB(H,E)$ = *measure of belief* terhadap hipotesa H, jika diberikan *evidence* E (antara 0 dan 1).

$MD(H,E)$ = *measure of disbelief* terhadap *evidence* H, jika diberikan *evidence* E (antara 0 dan 1) *certainty factor* untuk kaidah premistunggal.

$$CF[H,E]_1 = CF[H] * CF[E] \quad (2)$$

Certainty Factor untuk kaidah dengan kesimpulan yang serupa (*similarly concluded rules*) :

$$CF_{combine}CF[H,E]_{1,2} = CF[H,E]_1 + CF[H,E]_2 * [1 - CF[H,E]_1] \quad (3)$$

$$CF_{combine}CF[H,E]_{old,3} = CF[H,E]_{old} + CF[H,E]_3 * (1 - CF[H,E]_{old}) \quad (4) \quad [16].$$

Tabel 2.1 Interpretasi *Certainty Factor*

No.	<i>Certainty Term</i>	<i>CF akhir</i>
1.	Pasti Tidak	-1,0
2.	Hampir Pasti Tidak	-0,8
3.	Kemungkinan Besar Tidak	-0,6
4.	Mungkin Tidak	-0,4
5.	Tidak Tahu/Tidak Yakin	-0,2 – -0,2
6.	Mungkin	0,4
7.	Kemungkinan Besar	0,6
8.	Hampir Pasti	0,8
9.	Pasti	1,0

2.3 *Diagnosis*

Diagnosis berasal dari bahasa Yunani, yaitu "*gnosis*" yang berarti pengetahuan. Secara istilah, *diagnosis* diartikan sebagai proses penetapan suatu kondisi, baik yang menyimpang maupun yang normal, berdasarkan pemikiran logis dan pertimbangan ilmiah [17].

Diagnosis merupakan proses untuk mengetahui gangguan atau penyakit yang dialami oleh tumbuhan melalui pemeriksaan dan analisis mendalam terhadap gejala-gejala yang tampak. Proses ini bersifat tidak langsung, karena identifikasi penyakit dilakukan dengan mengenali jenis gejalanya terlebih dahulu. Dengan demikian, dapat disimpulkan jenis penyakit yang sedang menyerang tumbuhan tersebut [18].

2.4 **Tanaman Kacang Hijau**

Kacang hijau (*Vigna radiata L.*) telah lama dikenal dan dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Tanaman ini diperkirakan berasal dari wilayah India dan kemudian menyebar ke berbagai negara Asia beriklim tropis, seperti Taiwan, Thailand, dan Filipina. Kacang hijau mulai masuk ke Indonesia pada awal abad ke-17 melalui para pedagang dari China dan Portugis. Awalnya, penyebarannya terpusat di pulau Jawa dan Bali, namun sejak tahun 1920-an, budidaya kacang hijau mulai meluas ke wilayah lain seperti Sulawesi, Sumatra, Kalimantan, Kawasan Timur Indonesia. Kacang hijau merupakan salah satu tanaman pangan yang kaya akan protein nabati. Dengan kandungan protein sekitar 22%, kacang hijau berada diposisi ketiga setelah kedelai dan kacang tanah. Tanaman ini memiliki umur

pendek (sekitar 55-65 hari), tahan terhadap kekeringan, dapat tumbuh dilahan yang kurang subur, dan memiliki harga jual yang cenderung tinggi dan stabil [19].



Gambar 2.2 Tanaman Kacang hijau

2.5 Penyakit Tanaman Kacang hijau

Penyakit pada tanaman kacang hijau disebabkan oleh organisme parasit seperti jamur, bakteri, dan virus yang menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan hasil panen. Tingkat penyebaran dan keparahan serangan penyakit sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, termasuk suhu, kelembaban, keberadaan tanaman inang, dan media penyebaran [20].

Tabel 2.2 Daftar penyakit

No	Penyakit	Gejala	Pengendalian	Definisi
1	Bercak daun	Muncul bercak kecil coklat di permukaan daun, Bercak membesar dan menyatu, daun mengering,	Upaya untuk mengatasi penyakit ini yaitu dengan memotong daun dan lakukan penyemprotan	Bercak daun adalah penyakit tanaman yang ditandai dengan munculnya noda atau bercak berwarna coklat,

		Pinggiran bercak gelap atau konsentris, Daun gugur lebih awal.	dengan Benlate 50 WP sebanyak 0,5 gram/liter pada usia 30 – 40 hari.	hitam, atau keabu-abuan pada permukaan daun. Bercak ini biasanya berbentuk bulat atau tidak beraturan dan dapat menyebabkan daun menguning, mengering, hingga rontok. Penyakit ini umumnya disebabkan oleh infeksi jamur seperti Cercospora, Alternaria, atau Phyllosticta, dan dalam beberapa kasus bisa disebabkan oleh bakteri.
2	Karat daun	Bintik coklat kemerahan/oranye di bawah daun, Daun tampak seperti berkarat, Daun menguning dan rontok, Bintik menyebar cepat di kondisi lembab.	Pengendalian penyakit ini, disarankan dengan menanam varietas tahan penyakit, dan lakukan penyemprotan dengan fungisida setiap 10 hari mulai 25 hari sampai 45 hari dengan Bayleton 2 gram/2 cc/liter air.	Karat daun adalah penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen dari golongan Puccinia spp. atau Uromyces spp., yang menyerang bagian permukaan daun, terutama daun tua. Ciri khas penyakit ini adalah munculnya bintik-bintik kecil berwarna kuning, jingga, coklat, atau kemerahan seperti karat

				logam, yang kemudian berkembang menjadi pustula atau serbuk spora di permukaan daun.
3	Kudis (<i>Scab</i>)	Lesi kecil, keras, berkerak pada daun/polong, Lesi coklat tua/hitam, kasar jika diraba, Pertumbuhan terganggu jika parah.	Pengendaliannya dengan penanaman varietas tahan penyakit, tanaman dicabut dan dibakar, dan penyemprotan pestisida secara teratur dengan Bavistin, Toopsin M 70 WP pada umur 20 hari, 30 hari, dan 50 hari.	Kudis pada kacang hijau adalah penyakit yang ditandai dengan munculnya bercak atau luka kecil berbentuk bulat berwarna keputihan atau coklat pada permukaan daun, batang, atau polong. Permukaan yang terinfeksi sering kali tampak kasar dan menebal, mirip seperti kulit yang mengelupas atau berkerak (kudis). Penyakit ini biasanya disebabkan oleh infeksi jamur patogen seperti <i>Cercospora</i> spp. atau <i>Colletotrichum</i> spp. dan dapat menyebar melalui percikan air hujan, angin, atau peralatan pertanian yang terkontaminasi.

4	Embun Tepung (<i>Powdery Mildew</i>)	Lapisan putih seperti bedak di daun/batang/po long, Daun menguning dan melengkung.	Pengendalian dilakukan dengan menanam varietas yang tahan penyakit, dan menyemprotkan fungisida seperti Benlate 50 WP 1 gram/liter air saat tanaman berusia 3 minggu.	Embun tepung adalah penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur dari genus Erysiphe, Oidium, atau Sphaerotheca. Penyakit ini ditandai dengan munculnya lapisan putih seperti tepung pada permukaan daun, batang, bunga, dan buah muda. Penyakit ini berkembang cepat pada kondisi lingkungan yang lembab dan sejuk, tetapi tidak memerlukan air bebas (seperti hujan) untuk penyebarannya.
5	Mozaik kacang hijau	Daun belang hijau muda dan tua seperti mozaik, Daun keriting atau menyusut, Tanaman tumbuh kerdil.	Penanggulangannya dengan menanam varietas tahan penyakit, tanam gilir, mencabut dan membakar tanaman yang terserang, dan memberantas vektor dengan insektisida.	Mozaik pada kacang hijau adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus, umumnya dari kelompok Potyvirus seperti Mungbean Yellow Mosaic Virus (MYMV). Penyakit ini ditularkan melalui serangga vektor, terutama kutu kebul (<i>Bemisia tabaci</i>) atau kutu daun (<i>Aphis</i>

				spp.), dan dapat menyebar dengan sangat cepat di lahan pertanaman. Penyakit mozaik menyebabkan gangguan serius pada proses fotosintesis, pertumbuhan vegetatif, dan produktivitas tanaman.
6	Penyakit layu bakteri (<i>Pseudomonas sp.</i>)	Layu mendadak saat lembab & jarak tanam rapat.	Pengendalian dilakukan dengan Varietas tahan layu, sanitasi kebun, dan pergiliran tanaman serta pemberian Natural GLIO.	Layu bakteri adalah penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri patogen, umumnya dari spesies <i>Ralstonia solanacearum</i> . Penyakit ini menyerang jaringan pembuluh tanaman (xilem), sehingga menghambat aliran air dan nutrisi dari akar ke seluruh bagian tanaman. Akibatnya, tanaman menjadi layu secara tiba-tiba meskipun air dan kondisi lingkungan mencukupi.
7	Penyakit layu (Jamur tanah: <i>Sclerotium Rolfsii</i>)	Daun layu sedikit demi sedikit, Daun menguning.	Cara pengendalian yang disarankan yaitu dengan tanam varietas	Penyakit Layu adalah kondisi fisiologis atau gejala penyakit pada tanaman di

			tahan dan tebarkan Natural GLIO di awal penanaman.	mana daun, batang, atau seluruh bagian tanaman kehilangan kekencangan jaringan (turgor), sehingga terlihat lemas, mengkerut, atau menggantung. Layu dapat terjadi karena faktor lingkungan (seperti kekurangan air) maupun karena serangan patogen, seperti jamur, bakteri, atau nematoda.
8	<i>Anthracnose (Colletotrichum glycine)</i>	Bintik hitam kecil pada daun & polong, Daun paling bawah mudah rontok, Polong muda yang terserang menjadi kosong, Isi polong tua jadi kerdil.	Pengendaliannya yaitu perhatikan pola pergiliran tanam yang tepat, pencegahan diawal dengan natural GLIO.	Anthracnose adalah penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur dari genus Colletotrichum, salah satunya Colletotrichum gloeosporioides. Penyakit ini menyerang berbagai bagian tanaman seperti daun, batang, bunga, dan buah, terutama pada tanaman hortikultura dan perkebunan. Anthracnose sangat merusak karena dapat menyebabkan bercak busuk,

				nekrosis (jaringan mati), hingga gugurnya buah dan daun
9	Penyakit karat (<i>Cendawan Phakospora phachyrizi</i>)	Daun tampak bercak dan bintik coklat.	Cara pengendaliannya dengan cara menanam kacang hijau yang tahan terhadap penyakit , semprotkan Natural GLIO + gula pasir.	Penyakit Karat adalah penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen, terutama dari genus <i>Puccinia</i> , <i>Uromyces</i> , atau <i>Hemileia</i> . Penyakit ini dinamakan "karat" karena gejalanya berupa bintik atau pustula kecil berwarna kuning, jingga, atau cokelat yang menyerupai karat logam, biasanya muncul di permukaan bawah daun.
10	Busuk batang (<i>Cendawan Phytium Sp.</i>)	Batang menguning, basah, lalu busuk & mati.	Cara pengendaliannya yaitu memperbaiki drainase lahan, tebarkan Natural GLIO diawal.	Busuk batang adalah penyakit tanaman yang menyerang bagian batang dan pangkal batang, biasanya disebabkan oleh jamur seperti <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Fusarium spp.</i> , atau <i>Phytophthora spp.</i> , dan juga oleh beberapa jenis bakteri. Penyakit ini menyebabkan

				jaringan batang membusuk, berair, dan mudah patah, yang pada akhirnya menghambat penyaluran air dan nutrisi ke bagian atas tanaman.
--	--	--	--	---

Terdapat 25 gejala pada tanaman kacang hijau [2].

Tabel 2.3 Daftar Gejala

No	Gejala
1	Muncul bercak kecil coklat di permukaan daun
2	Bercak membesar dan menyatu, daun mengering
3	Pinggiran bercak gelap atau konsentris
4	Daun gugur lebih awal
5	Bintik coklat kemerahan/oranye di bawah daun
6	Daun tampak seperti berkarat
7	Daun menguning dan rontok
8	Bintik menyebar cepat di kondisi lembab
9	Lesi kecil, keras, berkerak pada daun/polong
10	Lesi coklat tua/hitam, kasar jika diraba
11	Pertumbuhan terganggu jika parah
12	Lapisan putih seperti bedak di daun/batang/polong
13	Daun menguning dan melengkung
14	Daun belang hijau muda dan tua seperti mozaik
15	Daun keriting atau menyusut
16	Tanaman tumbuh kerdil
17	Layu mendadak saat lembab & jarak tanam rapat
18	Daun layu sedikit demi sedikit
19	Daun Menguning
20	Bintik hitam kecil pada daun & polong
21	Daun paling bawah mudah rontok
22	Polong muda yang terserang menjadi kosong
23	Isi polong tua menjadi kerdil
24	Daun tampak bercak dan bintik coklat
25	Batang menguning, basah, lalu busuk & mati

2.6 Aplikasi Berbasis *Web*

Aplikasi berbasis *web* adalah perangkat lunak yang dapat dijalankan melalui berbagai browser seperti *Google Chrome*, *Mozilla Firefox*, dan *Microsoft Edge* tanpa perlu diinstal di perangkat pengguna. Aplikasi ini dapat diakses dari berbagai perangkat selama terhubung dengan internet, menjadikannya fleksibel dan mudah digunakan. Struktur utamanya terdiri dari bagian antarmuka (*fronted*) yang dibangun dengan *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript*, serta bagian belakang (*backend*) yang mengelola logika dan pemrosesan data menggunakan bahasa pemrograman tertentu yang terhubung dengan sistem basis data. Kelebihan aplikasi *web* meliputi kemudahan akses, efisiensi dalam pembaruan, dan tidak membebani perangkat, sementara kekurangannya adalah ketergantungan terhadap koneksi internet serta risiko keamanan yang perlu diperhatikan.

Website adalah suatu platform yang menampilkan berbagai informasi seperti teks, gambar, animasi, suara, atau kombinasi dari semuanya, yang dapat bersifat statis maupun dinamis dan membentuk suatu struktur yang saling terhubung melalui jaringan halaman *web*. Ciri utama *website* meliputi kemampuan diakses melalui *browser* tanpa perlu instalasi, dan dapat diakses dari berbagai perangkat selama terhubung internet menggunakan protokol *HTTP* atau *HTTPS* untuk komunikasi, serta menyediakan interaksi dua arah antara pengguna dan pemilik situs terutama pada *website* dinamis [21].

2.7 *XAMPP*

Menurut Abdullah, *XAMPP* merupakan salah satu paket *installer* yang didalamnya terdapat *Apache* sebagai web server untuk menyimpan file-file yang dibutuhkan oleh *website*, serta *PhpMyAdmin* yang digunakan untuk merancang dan mengelola database *MySQL*. Sementara itu, menurut *Enterprise*, *XAMPP* adalah server yang paling banyak digunakan karena memiliki fitur yang lengkap dan mudah dioperasikan, terutama oleh pemula dalam pemrograman *PHP*. Pengguna hanya perlu menjalankan modul *Apache* untuk memproses file *PHP* dengan mudah [22].

2.8 *Hypertext Preprocessor (PHP)*

Hypertext Preprocessor (PHP) merupakan bahasa pemrograman skrip yang berjalan disisi server dan dirancang khusus untuk pengembangan *web*. Namun, *PHP* juga dapat digunakan sebagai bahasa pemrograman umum. Bahasa ini pertama kali dikembangkan oleh Rasmus Lerdorf pada tahun 1994. *PHP* bersifat gratis dan terbuka (*open source*), serta didistribusikan di bawah lisensi *PHP License*, yang memiliki perbedaan dengan lisensi *GNU General Public License (GPL)* yang umum digunakan dalam proyek *open source* [23].

2.9 *My Structured Query Language (MySQL)*

Dalam pengelolaan basis data, salah satu perangkat lunak yang paling umum digunakan adalah *MySQL*, yaitu sistem manajemen basis data relasional yang kompatibel dengan berbagai sistem operasi. Menurut Ahmar Tahun 2013, *MySQL* digunakan untuk mengatur koleksi struktur data dalam database, mencakup proses

pembuatan dan pengelolaannya. *MySQL* berfungsi sebagai perangkat lunak yang mampu menyimpan dan mengelola data dalam berbagai jenis dengan format relasional, yang saling terhubung. Sementara itu, menurut Hirin dan Virgi Tahun 2011, *MySQL* merupakan perangkat lunak sistem manajemen basis data (DBMS) berbasis *SQL*. Berdasarkan berbagai pendapat, dapat disimpulkan bahwa *MySQL* adalah sistem basis data relasional yang digunakan untuk menyimpan dan mengatur data, serta menjadi salah satu *database* pertama yang didukung oleh bahasa pemrograman skrip untuk pengembangan web seperti *PHP* dan *Perl*. *MySQL* dan *PHP* sering dipadukan sebagai pasangan ideal dalam membangun aplikasi web berbasis data [24].

2.10 Unified Modeling Language (UML)

Menurut Henry Februariyanti Tahun 2021, *Unified Modeling Language (UML)* merupakan suatu bahasa yang digunakan untuk memvisualisasikan, menentukan spesifikasi, membangun, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak. *UML* menyediakan model-model yang akurat, jelas, dan lengkap. Secara khusus, *UML* membantu dalam mendefinisikan langkah-langkah yang berkaitan dengan proses analisis, perancangan, dan implementasi sistem perangkat lunak. Ada beberapa diagram *UML* yang umum digunakan dalam pengembangan sistem yaitu [25]:

1. Use Case Diagram

Use Case Diagram menyajikan gambaran umum dari proses sistem dan keterlibatan aktor sebagai pengguna. Diagram ini digunakan untuk

menunjukkan bagaimana *stakeholder* berinteraksi dengan sistem, dan pengembangan *Use Case* membantu dalam memahami kebutuhan sistem secara rinci.

2. *ClassDiagram*

Class Diagram merupakan struktur statis yang memperlihatkan susunan sistem dengan menampilkan kelas-kelas yang ada, atribut-atributnya, operasi atau metode, serta hubungan antar kelas.

3. *Sequence Diagram*

Sequence Diagram menampilkan interaksi antar objek berdasarkan urutan waktu. Diagram ini menggambarkan objek dan kelas yang terlibat dalam sebuah skenario serta pesan-pesan yang dipertukarkan antar objek untuk menjalankan fungsi dari skenario tersebut.

4. *Activity Diagram*

Activity Diagram digunakan untuk memodelkan alur kerja (*workflow*) dari *use case* dalam bentuk grafik. Diagram ini menunjukkan tahapan-tahapan dalam aliran kerja, titik keputusan, pihak yang bertanggung jawab atas setiap aktivitas, serta objek-objek yang digunakan selama proses berlangsung.

2.11 *Database*

Menurut Connolly dan Begg, *Database* atau basis data merupakan himpunan data yang saling berkaitan secara logis dan disusun dengan deskripsi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan informasi dalam suatu organisasi. Penggunaan basis data memberikan keuntungan berupa penyimpanan data dalam

format yang fleksibel dan *independent*. Hal ini dimungkinkan karena definisi basis data dapat diperluas tanpa mempengaruhi aplikasi-aplikasi yang mengaksesnya [26].

2.12 Metode Pengembangan Sistem

Tuntutan akan keberadaan sistem informasi yang semakin efektif dan efisien merupakan dampak dari berbagai faktor, seperti perkembangan dalam lingkungan organisasi, kemajuan teknologi informasi, kebijakan pemerintah yang terus berubah, penyesuaian terhadap prosedur kerja, serta meningkatnya kebutuhan akan informasi yang akurat dan cepat. Proses untuk memenuhi tuntutan tersebut dikenal dengan istilah pengembangan sistem informasi, atau yang sering disebut sebagai (*system development*). Pengembangan sistem informasi didefinisikan sebagai suatu rangkaian aktivitas yang bertujuan untuk menghasilkan sistem informasi berbasis komputer guna menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh organisasi, maupun untuk memanfaatkan peluang (*opportunities*) yang muncul. Pengembangan sistem ini bisa mencakup perancangan sistem baru untuk menggantikan sistem yang sudah tidak relevan atau tidak efektif lagi, maupun berupa penyempurnaan terhadap sistem yang telah ada. Hal ini umumnya dilakukan karena sistem lama memiliki berbagai kendala, seperti ketidakefisienan operasional, tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan pengguna, atau adanya perubahan dalam tujuan organisasi [27].

2.13 Penelitian Terkait

Tabel 2.4 Penelitian Terkait

No	Penulisan dan Tahun	Judul	Metode	Hasil
1	(N. Irfan Yahya, S. Lestanti, and S. Nur Budiman, 2022)	Sistem Pakar Diagnosis Hama Dan Penyakit Tanaman Aglaonema Menggunakan Metode <i>Certainty Factor</i>	<i>Certainty Factor</i>	Berdasarkan hasil pengujian pengguna dengan nilai akhir 83,91%, website diagnosis penyakit tanaman Aglaonema berfungsi dengan baik secara fungsional, namun desainnya masih perlu dikembangkan.
2	(L. K. Hamim, B. Imran, and A. Akbar, 2023)	Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Kacang Hijau Berbasis Web Menggunakan Metode <i>Dempster Shafer</i>	<i>Dempster Shafer</i>	Berdasarkan hasil uji coba, sistem pakar ini mencapai tingkat akurasi diagnosis sebesar 80%, yang menandakan efektivitasnya dalam membantu mengidentifikasi jenis penyakit pada tanaman kacang hijau. Metode <i>Dempster-Shafer</i> yang digunakan memungkinkan penggabungan informasi dari berbagai gejala penyakit, sehingga menghasilkan diagnosa yang lebih akurat dan tepat.
3	(F. P. Hutabarat and Y. R. Nasution, 2024)	Sistem Pakar Diagnosis Hama dan Penyakit pada Tanaman Padi menggunakan Metode <i>Certainty</i>	<i>Certainty Factor</i>	Berdasarkan hasil pengujian, akurasi diagnosis sistem terhadap penyakit Hawar Pelepah Daun, Tungro, dan Kerdil

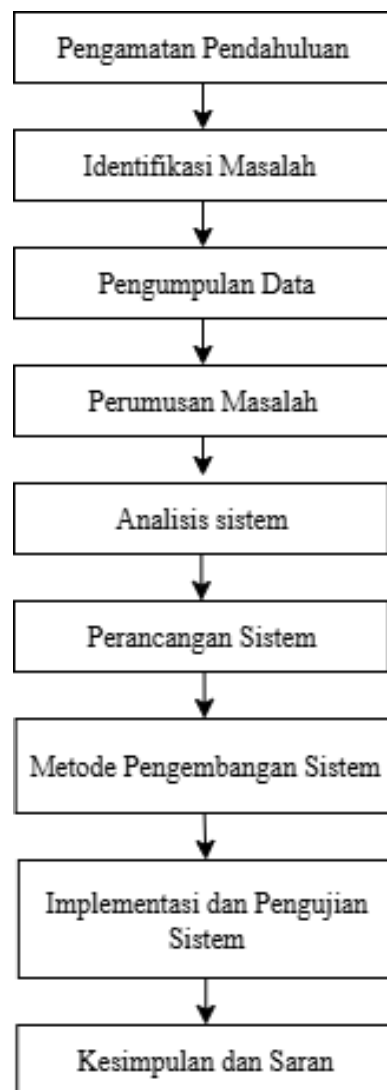
		<i>Factor</i>		Rumput berkisar antara 77% hingga 90%. Nilai tersebut dihitung menggunakan metode <i>Certainty Factor</i> , yang terbukti efektif untuk membantu deteksi dini dan mengurangi keraguan dalam mengidentifikasi penyakit tanaman padi. Meskipun tidak selalu akurat, sistem ini tetap bermanfaat sebagai solusi pendukung dalam pencegahan penyakit.
4	(K. R. Amalia, H. Sibyan, and N. Mardiyantoro, 2022)	Sistem Pakar Diagnosa Cerebral Palsy Pada Anak Menggunakan Metode <i>Certainty Factor</i>	<i>Certainty Factor</i>	Berdasarkan pengujian, sistem memiliki akurasi 80% dengan 8 dari 10 hasil diagnosis cocok dengan penilaian pakar dan dinyatakan layak. Sistem juga memberikan penjelasan lengkap dan solusi, serta inference engine bekerja sesuai aturan yang dibuat.
5	(M. F. Rosi and B. H. Prakoso, 2020)	Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Tomat Menggunakan Metode <i>Certainty Factor</i>	<i>Certainty Factor</i>	Berdasarkan penerapannya pada kasus penyakit busuk daun, metode <i>Certainty Factor</i> dalam sistem pakar diagnosis tanaman tomat menghasilkan tingkat kepastian sebesar 95%. Ini menunjukkan bahwa metode tersebut sangat efektif untuk

				membantu mengatasi masalah diagnosis penyakit pada tanaman tomat..
--	--	--	--	--

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang saling berkaitan. Setiap tahapan dijelaskan dalam bagian metode penelitian, yang disusun secara terstruktur, runtut, dan sistematis. Skema berikut menggambarkan alur tahapan penelitian yang telah dilakukan :



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian menjelaskan langkah-langkah yang ditempuh selama proses penelitian setiap tahapan saling berkaitan secara sistematis untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.1 Pengamatan Pendahuluan

Pengamatan pendahuluan dilakukan untuk memperoleh gambaran awal secara menyeluruh mengenai permasalahan yang terjadi di lapangan sebelum sistem dikembangkan. Langkah ini bertujuan untuk memahami kondisi nyata yang dihadapi oleh pengguna sasaran, dalam hal ini para petani tanaman kacang hijau, khususnya dalam mengidentifikasi dan menangani penyakit tanaman yang sering muncul.

3.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan lanjutan dalam proses penelitian ini, yang bertujuan untuk menelaah permasalahan yang terjadi di lapangan, khususnya berkaitan dengan penyakit tanaman kacang hijau. Di kabupaten Rokan Hulu, masih banyak petani yang menganggap serangan penyakit sebagai hal yang biasa dan tidak terlalu serius. Kurangnya pengetahuan tentang gejala awal dan dampak penyakit membuat para petani cenderung tidak mencari bantuan dari pakar atau tenaga ahli pertanian ketika tanaman mereka terserang penyakit.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar petani di daerah tersebut masih belum memberikan perhatian khusus terhadap kesehatan tanaman mereka. Ketidaktahuan terhadap jenis penyakit dan penanganannya menyebabkan

banyak tanaman kacang hijau tidak ditangani dengan baik, sehingga menurunkan produktivitas dan kualitas hasil panen.

Supaya permasalahan ini dapat dianalisis secara lebih fokus, diperlukan pembatasan ruang lingkup kajian. Dengan memahami akar permasalahan tersebut, diharapkan yang dikembangkan dapat lebih tepat sasaran. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengembangan sistem berbasis komputer yang dapat membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman secara mandiri. Melalui metode *certainty factor*, sistem ini dirancang untuk memberikan hasil *diagnosis* berdasarkan gejala yang dialami tanaman, sehingga petani tidak perlu lagi melakukan konsultasi langsung secara tatap muka. Selain efisien dalam waktu, pendekatan ini juga dapat meningkatkan akses petani terhadap informasi dan penanganan penyakit tanaman kacang hijau.

3.3 Perumusan Masalah

Setelah menyelesaikan tahap identifikasi masalah, Langkah berikutnya adalah merumuskan permasalahan yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini. Untuk itu, diperlukan pengembangan sebuah sistem yang bertujuan membantu petani kacang hijau dalam mengenali penyakit yang menyerang tanaman mereka serta memberikan rekomendasi solusi perawatan yang sesuai.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam membangun sistem pakar. Data diperoleh melalui tahapan berikut :

1. Wawancara (*Interview*)

Wawancara dilakukan secara langsung di Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura serta kepada petani kacang hijau, guna memperoleh informasi mengenai kendala-kendala yang dihadapi dalam mengenali penyakit pada tanaman kacang hijau. Hasil wawancara tersebut menjadi dasar dalam penyusunan basis pengetahuan sistem, agar sistem yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kondisi dan kebutuhan di lapangan.

2. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan dilakukan menggunakan buku, jurnal, dan sumber online untuk mempelajari jenis-jenis penyakit, gejala, dan metode *certainty factor*.

3.5 Analisa Sistem

Analisa masalah berfokus pada pengenalan kebutuhan yang ada dalam sebuah penelitian. Proses analisa ini biasanya dibagi menjadi beberapa tahapan lagi, yaitu sebagai berikut :

3.5.1 Analisa Metode *Certainty Factor*

Metode *certainty factor* merupakan teknik yang digunakan untuk mengukur tingkat kepastian dalam pengambilan keputusan berdasarkan data yang tidak pasti atau ambigu. Dalam sistem pakar, metode ini membantu menentukan seberapa yakin sebuah diagnosis penyakit berdasarkan kombinasi gejala yang diamati. Nilai *certainty factor* dihitung dengan menggabungkan tingkat keyakinan dari setiap gejala yang ada, sehingga menghasilkan nilai kepastian akhir yang dapat digunakan untuk menyimpulkan jenis penyakit yang paling mungkin menyerang tanaman.

Penggunaan metode *certainty factor* sangat cocok dalam diagnosis penyakit tanaman karena gejala yang muncul seringkali tidak mutlak dan dapat tumpang tindih antara satu penyakit dengan penyakit lainnya. Dengan *certainty factor*, sistem dapat memberikan rekomendasi diagnosis yang lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan meskipun informasi yang tersedia bersifat tidak lengkap atau tidak pasti.

3.5.2 Analisa Sistem Lama

Sistem lama yang digunakan oleh petani kacang hijau dalam mengenali penyakit tanaman kacang hijau umumnya bersifat manual dan berdasarkan pengalaman pribadi. Petani biasanya mengandalkan ciri fisik atau gejala yang tampak pada tanaman, tanpa acuan ilmiah yang jelas. Selain itu, sebagian besar petani belum memiliki akses terhadap informasi yang akurat mengenai jenis penyakit dan cara penanganannya, sehingga sering kali terjadi kesalahan dalam diagnosa maupun perawatan.

Ketergantungan terhadap pengetahuan turun-temurun atau informasi dari sesama petani juga menjadi kendala dalam pengambilan keputusan. Kurangnya tenaga ahli atau penyuluh di wilayah tertentu turut memperparah kondisi ini. Oleh karena itu, sistem lama ini dinilai kurang efektif dan efisien dalam membantu petani mengenali serta mengatasi penyakit tanaman kacang hijau secara tepat.

3.5.3 Analisa Sistem Baru

Setelah dilakukan analisa terhadap sistem lama, tahap selanjutnya adalah menganalisa sistem yang akan dibangun. Analisa ini menggunakan metode

certainty factor dan pendekatan *Unified Modelling Language (UML)* untuk menggambarkan kebutuhan sistem secara lebih terstruktur. Data dan informasi yang diperlukan untuk pengembangan sistem dimasukkan dalam tahapan Analisa data, yang menjadi dasar dalam pembuatan aplikasi diagnosis penyakit pada tanaman kacang hijau.

3.6 Perancangan Sistem

Setelah tahap analisa dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem. Perancangan sistem bertujuan untuk menggambarkan secara rinci bagaimana sistem akan dibangun dan dijalankan. Dalam tahap ini digunakan beberapa alat bantu seperti seperti *Unified Modeling Language(UML)*.

Sistem ini dirancang untuk membantu petani kacang hijau dalam mendiagnosa penyakit berdasarkan gejala yang muncul pada tanaman mereka. Sistem akan memproses input gejala dan menghasilkan *diagnosis* penyakit beserta solusi penanganannya menggunakan metode *certainty factor*.

3.6.1 Perancangan Basis Data

Perancangan basis data bertujuan untuk mengelola dan menyimpan data penting yang dibutuhkan dalam sistem, seperti gejala, data penyakit, data aturan(*rule*) dengan nilai *certainty factor*, serta hasil *diagnosis* pengguna. Basis data disusun secara relasional agar memudahkan pengolahan data dan pencarian informasi yang dibutuhkan dalam proses diagnosis. Struktur *table* dalam basis data dirancang agar terintegrasi dengan baik dan mendukung sistem dalam memberikan hasil diagnosis yang tepat berdasarkan input dari pengguna.

3.6.2 Perancangan Struktur Menu

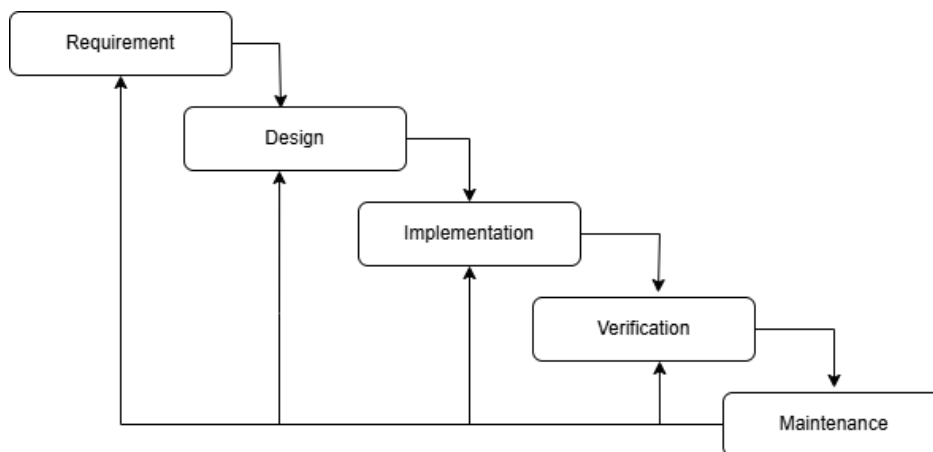
Struktur menu dirancang dengan tampilan yang sederhana, responsif, dan mudah dipahami oleh petani kacang hijau. Form input gejala dibuat dalam bentuk pilihan yang mudah dipilih oleh pengguna, dan hasil *diagnosis* akan ditampilkan secara jelas beserta solusi penanganannya. Selain itu, penggunaan bahasa yang mudah dimengerti serta tata letak menu yang intuitif bertujuan agar sistem ini dapat diakses oleh pengguna dengan latar belakang teknis yang beragam.

3.6.3 Perancangan antarmuka (*Interface*)

Antarmuka sistem dirancang dengan tampilan yang sederhana, responsif, dan mudah dipahami oleh petani kacang hijau. Form input gejala dibuat dalam bentuk pilihan yang mudah dipilih oleh pengguna, dan hasil *diagnosis* akan ditampilkan secara jelas beserta solusi penanganannya. Selain itu, penggunaan bahasa yang mudah dimengerti serta tata letak menu yang intuitif bertujuan agar sistem ini dapat diakses oleh pengguna dengan latar belakang teknis yang beragam.

3.7 Metode Pengembangan Sistem

Dalam penelitian ini, digunakan metode *waterfall* sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem. Metode *waterfall* merupakan model pengembangan yang prosesnya dilakukan secara berurutan, Dimana setiap tahapan diselesaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Artinya, masing-masing fase harus selesai sepenuhnya agar proses dapat dilanjutkan ke fase selanjutnya secara sistematis [28].



Gambar 3.2 Metode *Waterfall*

Pada gambar diatas dijelaskan tahapan-tahapan dalam pengembangan perangkat lunak dengan metode *waterfall*, tahapan-tahapan tersebut antara lain [29]:

1. *Requirement*

Pada tahap ini, pengembangan sistem memerlukan komunikasi antara pengembang dan pengguna untuk memahami secara jelas kebutuhan perangkat lunak serta batasan-batasan yang harus diperhatikan. Informasi kebutuhan dikumpulkan melalui metode seperti wawancara, observasi, dan studi pustaka. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk merumuskan spesifikasi perangkat lunak secara lengkap dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2. *Design*

Tahap perancangan dilakukan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini, struktur dan arsitektur sistem mulai ditentukan secara menyeluruh, sehingga

menjadi dasar dalam proses pengembangan perangkat lunak selanjutnya.

3. *Implementation*

Tahap implementasi merupakan proses pengkodean atau pemrograman sistem. Pengembangan dimulai dari unit-unit kecil program yang kemudian akan digabungkan dalam tahap berikutnya. Setiap unit diuji secara individual untuk memastikan bahwa fungsionalitasnya telah sesuai dengan kebutuhan yang ditentukan.

4. *Verification/ Testing*

Pada tahap ini, dilakukan pengujian dan verifikasi untuk memastikan apakah sistem sudah telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Pengujian dapat mencakup unit testing pada bagian-bagian kode tertentu, *System Testing* untuk menguji interaksi antar modul, serta *acceptance testing* untuk mengetahui apakah sistem sudah sesuai dengan harapan dan kebutuhan pengguna.

5. *Maintenance*

Tahap terakhir adalah pemeliharaan sistem, Dimana perangkat lunak yang telah digunakan akan terus dipantau dan diperbaiki jika ditemukan kesalahan yang mungkin tidak terdeteksi pada tahap sebelumnya. Pemeliharaan juga mencakup peningkatan fungsionalitas serta penyesuaian sistem sesuai kebutuhan pengguna dimasa depan.

3.8 Implementasi Sistem dan Pengujian Sistem

3.8.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap di mana rancangan yang telah dibuat sebelumnya diubah menjadi sebuah program aplikasi berbasis web dengan menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan *database MySQL*. Sistem pakar ini dirancang khusus untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman kacang hijau menggunakan metode *certainty factor*. Fitur-fitur utama dalam sistem ini mencakup penginputan data gejala dan penyakit, pengolahan data untuk proses diagnosis, penyimpanan dan pengelolaan data, serta pembuatan laporan hasil diagnosis. Sistem juga menerapkan pembatasan akses berdasarkan peran pengguna untuk memastikan keamanan dan efisiensi dalam penggunaannya.

3.8.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan melalui pendekatan *Black Box Testing* dan *User Acceptance Test (UAT)*. Metode *Black Box* digunakan untuk menguji fungsionalitas sistem berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) tanpa memeriksa kode program secara langsung. Selain itu, dilakukan juga pengujian oleh pengguna sistem, seperti petani kacang hijau, melalui penyebaran angket yang berisi pertanyaan terkait kemudahan penggunaan, keakuratan hasil diagnosis, dan manfaat sistem. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat digunakan dengan baik oleh petani, serta sesuai dengan kebutuhan mereka dalam mengenali dan menangani penyakit pada tanaman kacang hijau. Jika ditemukan kekurangan atau ketidaksesuaian, maka akan dilakukan evaluasi dan perbaikan sistem sebelum diterapkan secara lebih luas.

3.9 Kesimpulan dan Saran

3.9.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman kacang hijau dengan menggunakan metode *certainty factor* dapat membantu petani dalam mengidentifikasi jenis penyakit berdasarkan gejala yang terdeteksi pada tanaman. Sistem ini memberikan kemudahan dalam proses diagnosa serta menyajikan solusi atau penanganan yang sesuai untuk setiap jenis penyakit yang dikenali. Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat lebih cepat dan tepat dalam mengambil keputusan tanpa harus selalu bergantung pada tenaga ahli secara langsung.

3.9.2 Saran

Agar sistem ini dapat terus berkembang dan memberikan hasil yang lebih maksimal, disarankan untuk menambahkan lebih banyak data gejala dan jenis penyakit tanaman kacang hijau, agar akurasi diagnosis semakin meningkat. Selain itu, perlu dilakukan sosialisasi atau pelatihan kepada petani mengenai cara penggunaan sistem, agar mereka dapat memanfaatkannya secara optimal. Pengembangan ke versi *mobile* juga dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan aksesibilitas sistem di lapangan.