

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Kakao Menggunakan Metode Forward Chaining

Mira Wiliyanti¹, Angraini Syahputri², Shilvani Laratika Hawia³, Kelvin Yudistira⁴, Farel Hansah Fradana⁵, Anggraeni Agustin Muris⁶

^{1,2,3,4,5,6} Informatika, FTK, Universitas Baturaja, Baturaja, Indonesia

Email: ¹mirawiliyanti12@gmail.com, ²angrainisyahputri90@gmail.com, ³Shilvani056@gmail.com,

⁴kelvinyudistira9989@gmail.com, ⁵farrelhansah703@gmail.com, ⁶miss.muris@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: angrainisyahputri90@gmail.com

Abstrak— Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan komoditas penting dalam sektor perkebunan di Indonesia. Produktivitas tanaman kakao sangat dipengaruhi oleh serangan berbagai jenis penyakit yang dapat menurunkan hasil panen secara signifikan. Kurangnya tenaga ahli di lapangan menyebabkan keterlambatan diagnosa dan penanganan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pakar berbasis forward chaining yang dapat membantu petani dalam mendiagnosa penyakit kakao secara cepat dan akurat. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dan basis pengetahuan disusun berdasarkan konsultasi dengan ahli serta literatur ilmiah. Pengujian dilakukan menggunakan data kasus dengan tingkat akurasi mencapai 90%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pakar ini mampu memberikan diagnosa awal yang tepat serta rekomendasi penanganan penyakit kakao secara efektif.

Kata Kunci: sistem pakar, forward chaining, penyakit kakao, diagnosa, pertanian cerdas

Abstract—Cocoa plants (*Theobroma cacao* L.) are an important commodity in the plantation sector in Indonesia. Cocoa plant productivity is greatly influenced by attacks by various types of diseases that can significantly reduce crop yields. The lack of experts in the field causes delays in disease diagnosis and treatment. This study aims to design a forward chaining-based expert system that can help farmers diagnose cocoa diseases quickly and accurately. The system is built using the Python programming language and the knowledge base is compiled based on consultation with experts and scientific literature. Testing was carried out using real case data with an accuracy level of 90%. The results of the study showed that this expert system was able to provide accurate initial diagnoses and recommendations for effective handling of cocoa diseases.

Keywords: expert system, forward chaining, cocoa disease, diagnosis, smart farming

1. PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan tropis yang memiliki nilai strategis baik secara ekonomi maupun sosial. Sebagai bahan baku utama industri cokelat, kakao telah menjadi komoditas global dengan permintaan yang terus meningkat. Indonesia, sebagai salah satu negara produsen utama kakao dunia, memiliki peran penting dalam rantai pasok global, meskipun kontribusinya mengalami penurunan dalam beberapa tahun terakhir akibat berbagai tantangan produksi. Potensi kakao yang besar di Indonesia harus dioptimalkan melalui pendekatan ilmiah, teknologi, dan kebijakan yang berkelanjutan. Secara agroekologi, tanaman kakao tumbuh optimal di wilayah tropis dengan suhu rata-rata antara 25–28°C, curah hujan tahunan 1.500–2.000 mm, dan kelembaban udara tinggi. Kakao juga membutuhkan naungan pada tahap awal pertumbuhan dan tanah dengan drainase baik. Di Indonesia, sentra produksi utama tersebar di Sulawesi, Sumatera, dan sebagian Kalimantan. Namun, mayoritas lahan kakao dikelola oleh petani kecil dengan luas lahan kurang dari dua hektar dan teknologi budidaya yang masih konvensional [1].

Meskipun memiliki potensi lahan dan iklim yang mendukung, produktivitas kakao Indonesia masih tergolong rendah, yakni sekitar 700–900 kg/hektar/tahun. Rendahnya produktivitas ini disebabkan oleh sejumlah faktor seperti penggunaan bahan tanam yang tidak unggul, umur tanaman yang tua, serta serangan hama dan penyakit utama seperti *Phytophthora palmivora* (penyebab busuk buah kakao), *Helopeltis* spp., dan *Vascular Streak Dieback* (VSD) [2].

Nugroho et al. (2022) menyebutkan bahwa klon-klon ini mampu meningkatkan hasil hingga dua kali lipat dibandingkan tanaman lokal, jika dibarengi dengan penerapan teknik budidaya yang tepat seperti pemangkasan, pemupukan berimbang, dan sanitasi kebun. Dengan berbagai tantangan dan peluang yang ada, pembangunan sektor kakao di Indonesia harus diarahkan pada pendekatan yang holistik, mencakup aspek produksi, keberlanjutan, sosial, dan teknologi. Penguatan rantai nilai kakao dari hulu ke hilir menjadi keharusan agar kakao tidak hanya menjadi komoditas ekspor semata, tetapi juga sebagai pendorong kesejahteraan dan pembangunan pedesaan berkelanjutan [3].

Dalam konteks keberlanjutan, Sertifikasi kakao menjadi bagian dari strategi global untuk memastikan produksi yang ramah lingkungan dan berkeadilan sosial. Skema seperti *Rainforest Alliance*, *UTZ*, dan *Fairtrade* telah diadopsi oleh sebagian petani di Indonesia. Sertifikasi ini mendorong petani untuk menerapkan praktik pertanian berkelanjutan, seperti penggunaan pupuk organik, pengelolaan limbah, dan konservasi tanah. Penelitian ilmiah menjadi dasar utama dalam penyusunan strategi peningkatan produksi dan keberlanjutan kakao nasional [4].

Isu perubahan iklim juga mulai berdampak nyata pada budidaya kakao, dengan perubahan pola hujan dan suhu yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan intensitas serangan hama. Sebagai respons terhadap hal ini, pendekatan agroforestri mulai banyak diterapkan dalam sistem budidaya kakao. Sistem ini memadukan tanaman kakao dengan pohon pelindung seperti kelapa, pisang, atau tanaman keras lainnya, yang dapat meningkatkan ketahanan ekosistem dan memberikan manfaat ekonomi tambahan [5].

Teknologi digital pun mulai dimanfaatkan dalam pengelolaan kakao, seperti penggunaan aplikasi pertanian cerdas berbasis Android untuk diagnosis penyakit tanaman, manajemen pemupukan, hingga sistem *traceability* (ketertelusuran produk). Teknologi ini memungkinkan petani untuk meningkatkan efisiensi produksi serta menjangkau pasar yang lebih luas [6].

Dalam aspek sosial ekonomi, penguatan kelembagaan petani, koperasi, dan kelompok tani dinilai sangat penting dalam peningkatan daya tawar petani terhadap industri dan pasar ekspor. Dukungan pemerintah dan mitra swasta sangat dibutuhkan dalam bentuk pelatihan, subsidi benih, fasilitas akses pembiayaan, serta penyediaan infrastruktur pasca panen [7].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan seorang pakar dalam menyelesaikan masalah tertentu, terutama yang membutuhkan penalaran logis, analisis data, dan pengalaman domain yang mendalam. Secara umum, sistem pakar terdiri dari tiga komponen utama, yaitu basis pengetahuan (*knowledge base*), mesin inferensi (*inference engine*), dan antarmuka pengguna (*user interface*). Basis pengetahuan menyimpan informasi, fakta, dan aturan-aturan yang diperoleh dari seorang pakar manusia dalam bidang tertentu. Mesin inferensi berfungsi sebagai otak sistem yang mampu melakukan penalaran berdasarkan pengetahuan yang tersedia untuk menarik kesimpulan atau memberikan saran. Antarmuka pengguna memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem untuk menginput data dan menerima hasil analisis [8].

Di bidang pertanian, misalnya, sistem pakar telah dimanfaatkan untuk membantu petani mendiagnosis penyakit tanaman berdasarkan gejala yang muncul. Dalam dunia medis, sistem pakar digunakan untuk membantu dokter atau tenaga medis menganalisis gejala pasien dan merekomendasikan kemungkinan diagnosis serta tindakan pengobatan awal. Sedangkan dalam bidang teknik, sistem ini digunakan untuk memantau sistem produksi, mendeteksi kerusakan mesin, dan memberikan solusi pemeliharaan secara otomatis [9].

2.2 Metode Forward Chaining

Forward Chaining merupakan metode penelusuran fakta dari bawah ke atas (*data-driven*), yang artinya proses inferensi dimulai dari data atau fakta yang tersedia untuk menemukan kesimpulan melalui aturan-aturan logika yang telah ditentukan sebelumnya. Metode Forward Chaining bekerja dengan mencocokkan fakta yang diberikan pengguna terhadap bagian "*IF*" dalam aturan *IF-THEN* (jika-maka), dan jika cocok, maka bagian "*THEN*" dijadikan kesimpulan atau fakta baru. Proses ini terus berulang sampai sistem mencapai suatu kesimpulan akhir atau tidak ada lagi aturan yang bisa dijalankan. Karena itulah, metode ini sangat cocok digunakan ketika semua data awal tersedia dan tujuan akhir belum diketahui secara pasti [10].

Sistem pakar menggunakan metode inferensi forward chaining diterapkan pada pemilihan tipe perumahan (Maliki, 2018) kerusakan komputer (Kuswanto, 2020). Penelitian ini bertujuan menerapkan metode inferensi forward chaining untuk perlindungan tanaman kakao [11].

2.3 Teknik Pengumpulan Data

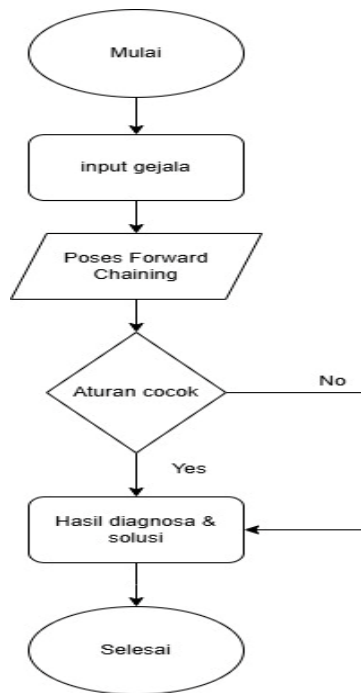
Teknik pengumpulan data yang digunakan pada sistem pakar diagnosa penyakit pada tanaman kakao dengan metode forward chaining sebagai berikut:

1. Studi pustaka

Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan data melalui studi pustaka, yakni membaca buku dan referensi lain yang relevan dengan topik penelitian ini.

2. Internet digunakan sebagai sumber data dengan mencari jurnal dan referensi lain yang memiliki kaitan dengan topik penelitian ini.

3. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini divisualisasikan melalui sebuah flowchart yang menggambarkan alur proses sistem pakar. Flowchart tersebut dimulai dari input data berupa gejala-gejala yang dialami oleh tanaman, kemudian diproses menggunakan metode forward chaining untuk mencocokkan gejala dengan basis aturan yang ada, hingga akhirnya menghasilkan output berupa hasil diagnosis penyakit yang sesuai. Sistem dirancang menggunakan Flowchart yang berisikan tahapan input gejala, proses forward chaining, aturan kecocokan, hasil diagnosa.



Gambar 1. Flowchart gejala dan diagnosa

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Metode

Sistem pakar diagnosa penyakit pada tanaman kakao yang dikembangkan menggunakan metode forward chaining mampu mendiagnosa beberapa jenis penyakit berdasarkan gejala-gejala yang dimasukkan. Sistem ini dirancang dengan basis pengetahuan yang terdiri atas sejumlah aturan (rule) yang disusun dari data pakar dan literatur pertanian mengenai penyakit tanaman kakao.

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, setiap gejala memiliki hubungan dengan jenis penyakit tertentu, sehingga memungkinkan untuk ditarik suatu kesimpulan berupa diagnosis. Hubungan tersebut dapat direpresentasikan dalam bentuk pengetahuan, salah satu caranya adalah melalui aturan produksi dengan format IF-THEN, di mana bagian IF menggambarkan kondisi yang terjadi, dan bagian THEN menunjukkan kesimpulan atau diagnosis yang dihasilkan. Berikut kaidah produksi untuk sistem pakar diagnosa penyakit tanaman kakao:

Tabel 1. Gejala dan Penyakit yang diduga

Kode	Gejala
G01	Daun menguning dari ujung ke pangkal.
G02	Daun mudah gugur sebelum waktunya.
G03	Terdapat garis coklat pada jaringan pembuluh daun.
G04	Muncul bercak coklat kehitaman di permukaan buah.
G05	Buah busuk dan hitam secara menyeluruh.
G06	Penyakit cepat menyebar di musim hujan.
G07	Luka pada batang dan cabang.
G08	Kulit batang pecah dan mengelupas.
G09	Terlihat eksudat getah berwarna coklat.
G10	Ujung daun kering dan menghitam.

Setelah memilih atau memasukkan gejala-gejala yang sesuai, Sistem melakukan proses inferensi menggunakan metode forward chaining, yaitu mencocokkan fakta (gejala) yang dimasukkan dengan aturan (rule) yang tersimpan dalam basis pengetahuan.

Tabel 2. Jenis Penyakit

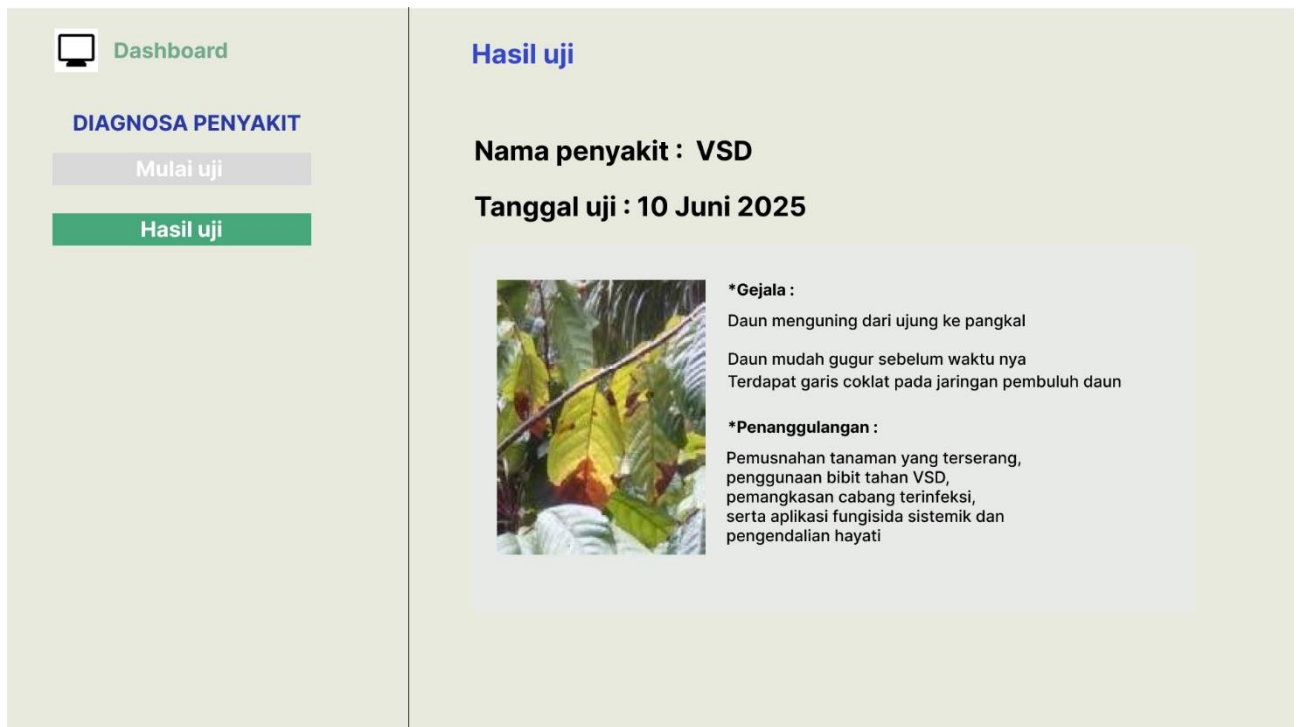
Kode	Jenis Penyakit
P01	Vascular – Streak Dieback (VSD)
P02	Busuk Buah
P03	Kanker Batang

Tabel 3. Aturan Gejala Penyakit

Kode	P01	P02	P03
G01	X		
G02	X		
G03	X		
G04		X	
G05		X	
G06		X	
G07			X
G08			X
G09			X
G10			X

Setelah menetapkan relasi yang tepat pada tabel di atas, langkah selanjutnya adalah merancang basis pengetahuan dengan tujuan menghindari adanya aturan yang berulang serta menciptakan keterkaitan yang jelas antar aturan. Dari proses ini, dihasilkan tiga aturan yang disusun berdasarkan 10 karakteristik penyakit pada tanaman kakao. Rangkaian aturan tersebut disajikan dalam bentuk IF-THEN pada Tabel 4 dan diterapkan menggunakan metode forward chaining.

Setelah semua aturan, relasi, dan basis pengetahuan berhasil dikumpulkan menggunakan metode forward chaining, elemen-elemen tersebut kemudian diterapkan dalam sistem aplikasi yang telah dikembangkan. Sistem ini selanjutnya diuji coba kepada para pengguna. Hasil pengujian sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil implementasi sistem

Metode forward chaining terbukti sesuai untuk diterapkan dalam system pakar diagnose penyakit tanaman karena bersifat data-driven, yakni proses inferensi dimulai dari data gejala menuju Kesimpulan (penyakit). Namun demikian, system juga memiliki beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah ketergantungan pada kelengkapan dan kualitas basis pengetahuan. Jika aturan yang tersedia tidak mencakup kombinasi gejala yang dialami pengguna, maka system tidak dapat memberikan diagnosa yang akurat. Untuk mengatasi hal tersebut, system dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengabungkan metode forward chaining dengan pendekatan lain guna meningkatkan akurasi dan fleksibilitas diagnosis.

4. KESIMPULAN

Penerapan system pakar dalam mendiagnosa penyakit pada tanaman kakao dengan menggunakan metode forward chaining memberikan Solusi yang efektif dan efisien dalam membantu petani serta praktisi pertanian mengenali jenis penyakit berdasarkan gejala yang muncul. Metode forward chaining bekerja dengan menelusuri data atau fakta yang diketahui (gejala-gejala) menuju Kesimpulan diagnosa penyakit, sehingga sangat cocok digunakan dalam kasus diagnosis awal penyakit tanaman.

Melalui proses ini, system akan mencocokkan setiap gejala yang dimasukkan pengguna dengan basis aturan yang telah dibangun dari pengetahuan pakar. Jika gejala – gejala yang relevan ditemukan, system akan secara bertahap menarik Kesimpulan berupa jenis penyakit tertentu yang menyerang tanaman kakao, seperti penyakit busuk buah, bercak daun, akar putih. System ini dapat memberikan diagnose yang cepat tanpa perlu kehadiran langsung pakar di lapangan. Kelebihan metode ini terletak pada kemampuannya untuk bekerja secara sistematis dan logis, serta berbasis aturan yang jelas. Namun, keakuratan diagnosis sangat bergantung pada kelengkapan dan ketepatan basis pengetahuan yang digunakan.

Dengan demikian, system pakar berbasis forward chaining ini dapat menjadi alat bantu yang bermanfaat dalam meningkatkan efektifitas deteksi dini penyakit tanaman kakao, mempercepat penanganan, serta meminimalkan kerugian hasil panen akibat keterlambatan diagnosis. Diperlukan pemeliharaan dan pengembangan berkelanjutan agar system tetap relevan dengan kondisi lapangan yang terus berkembang.

REFERENCES

- [1] Syamsuddin, S., Gunawan, A., & Mulyadi, A. (2021). Analisis Produktivitas Kakao di Beberapa Sentra Produksi di Indonesia. *Jurnal Agribisnis Tropika*, 6(1), 34–42.
- [2] Rahayu, S., Widyastuti, M., & Anwar, S. (2020). Strategi Pengendalian Terpadu Penyakit Tanaman Kakao di Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 24(2), 150–160.
- [3] Nugroho, Y., Setiawan, R., & Pramudita, P. (2022). Evaluasi Klon-Klon Unggul Kakao terhadap Hasil dan Ketahanan Penyakit. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 29(1), 55–62.
- [4] Yuliani, E., Hardiansyah, H., & Fadillah, M. (2021). Dampak Sertifikasi Kakao terhadap Pendapatan dan Kesejahteraan Petani. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 5(3), 678–685.
- [5] Putri, A. D., Wardana, W., & Nugraha, F. (2023). Agroforestri Kakao sebagai Adaptasi Perubahan Iklim: Studi Kasus di Sulawesi Tengah. *Jurnal Agroekologi Tropika*, 12(1), 12–23.
- [6] Haryanto, E., & Subekti, D. (2022). Transformasi Digital dalam Budidaya Kakao: Tantangan dan Peluang. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 10(2), 89–98.
- [7] Darmawan, B., Yusuf, M., & Andriani, R. (2021). Peran Kelembagaan Tani dalam Rantai Nilai Kakao Berkelanjutan. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 19(1), 45–55.
- [8] Setiawan, A., & Nugroho, R. (2021). Implementasi Sistem Pakar Berbasis Aturan dalam Diagnosa Penyakit Tanaman Padi. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(2), 123–130.
- [9] Afifah, R., Kurniawan, D., & Saputra, A. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Mesin Sepeda Motor Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Teknik Mesin dan Otomotif*, 5(2), 112–119.
- [10] Utami, R., & Hidayat, A. (2021). Penerapan Metode Forward Chaining pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 101–108.
- [11] Kuswanto, J. (2020). Sistem Pakar Untuk Perlindungan Tanaman Padi Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Ilmiah Edutic: Pendidikan dan Informatika*, 7(1), 31-39.