



Analisis Dan Implementasi Sistem Pendiagnosa Penyakit Tanaman Karet Menggunakan Metode *Case Based Reasoning*

Yessindah Citra Raya*¹, Indah Pratiwi², Sri Lestari³

^{1,2}Prodi Teknik Informatika; Institut Informatika Dan Bisnis Darmajaya; Jl. ZA. Pagar Alam No.93, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung 35142, Telp. 787214 Fax. 700261

*Email Penulis Korespondensi: yesindahcitraraya25@gmail.com

Abstrak

Tanaman karet memegang peran penting dalam pertanian Indonesia, namun rentan terhadap serangan penyakit yang dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan. Untuk mengatasi masalah ini, telah dikembangkan sebuah sistem komputer cerdas yang menggunakan metode Case-Based Reasoning untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman karet. Metode ini mempertimbangkan kesamaan antara kasus yang sedang dihadapi dengan kasus-kasus sebelumnya, memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi gejala penyakit, mengetahui penyebabnya, dan menyediakan cara pengendaliannya. Penerapan sistem pakar dengan metode Case-Based Reasoning dianggap sebagai solusi optimal dalam mengidentifikasi masalah penyakit pada tanaman karet. Dengan mengintegrasikan data kasus, representasi dalam basis kasus, dan menggunakan algoritma CBR, sistem ini dapat memberikan diagnosa yang cepat dan akurat berdasarkan kesamaan dengan kasus-kasus sebelumnya. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam diagnosis dan mengurangi kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit tanaman karet. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi yang memuaskan, mendukung efektivitas sistem dalam membantu petani mengatasi masalah penyakit tanaman karet. Uji coba perhitungan manual pada penelitian ini juga menghasilkan hasil yang konsisten dengan perhitungan pada sistem, memverifikasi keefektifan metode yang digunakan. Dengan demikian, sistem pendukung keputusan menggunakan metode Case Based Reasoning ini dapat menjadi alat yang berguna bagi petani dalam mengatasi masalah penyakit pada tanaman karet, meningkatkan produktivitas dan hasil panen mereka.

Kata kunci—Metode case based reasioning, Sistem pakar, Diagnosa penyakit ringworm

Abstract

Rubber plants play an important role in Indonesian agriculture, but are susceptible to disease attacks which can have significant negative impacts. To overcome this problem, an intelligent computer system has been developed that uses the Case-Based Reasoning method to diagnose diseases in rubber plants. This method considers the similarities between the current case and previous cases, allowing the system to identify disease

symptoms, find out the cause, and provide ways to control it. The application of an expert system using the Case-Based Reasoning method is considered the optimal solution in identifying disease problems in rubber plants. By integrating case data, representation in the case base, and using the CBR algorithm, this system can provide fast and accurate diagnoses based on similarities with previous cases. This is expected to increase efficiency in diagnosis and reduce losses caused by rubber plant diseases. The evaluation results show a satisfactory level of accuracy, supporting the effectiveness of the system in helping farmers overcome rubber plant disease problems. Manual calculation trials in this study also produced results consistent with system calculations, verifying the effectiveness of the method used. Thus, a decision support system using the Case Based Reasoning method can be a useful tool for farmers in overcoming disease problems in rubber plants, increasing their productivity and crop yields.

Keywords— *rubber, diagnose, disease, CBR, similarity*

1. PENDAHULUAN

Sistem pakar adalah perangkat keras komputer yang menggunakan informasi, fakta, dan teknik penalaran untuk mengambil keputusan guna memecahkan masalah yang biasanya hanya dapat diselesaikan oleh seorang ahli di bidangnya. Sistem pakar bisa digunakan untuk mengimplementasi - kan pada bidang pertanian. Tanaman karet merupakan tanaman yang mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya [1]. Khususnya di bidang perdagangan dunia. Tak heran jika pemerintah sangat memperhatikan pengembangan dan kualitas pohon karet. Seorang tukang kebun dapat mendiagnosis penyakit pada tanaman karet, namun untuk mendiagnosis gejala penyakit karet memerlukan jasa ahli pertanian. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat menggantikan keahlian seorang ahli pertanian dalam mendiagnosis penyakit karet.

Permasalahan diagnosis tanaman karet kini dapat diselesaikan dengan bantuan komputer [2]. Sistem pakar sering disebut sebagai sistem basis data, yaitu aplikasi komputer yang dirancang untuk membantu dalam pengambilan keputusan atau pemecahan masalah dalam domain tertentu. Sistem ini bekerja dengan pengetahuan dan metode analisis yang telah ditentukan oleh ahli sesuai bidangnya [3].

Sistem pakar dapat digunakan untuk penerapannya di sektor pertanian, yaitu untuk diagnosis awal pabrik karet. Permasalahan diagnosis tanaman karet kini dapat diselesaikan dengan bantuan komputer. Sistem pakar sering juga disebut sebagai sistem basis data, yaitu suatu aplikasi komputer yang dirancang untuk pengambilan keputusan atau pemecahan masalah pada suatu domain tertentu. Sistem ini bekerja dengan pengetahuan dan metode analisis yang telah ditentukan oleh ahli sesuai bidangnya [4].

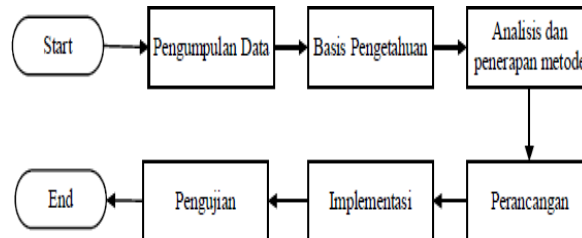
Ada beberapa algoritma sistem pakar yang mempengaruhi kemampuan sistem pakar dalam memberikan solusi. Algoritma yang dapat digunakan antara lain metode *case based Reasoning* (CBR). *Case-Based Reasoning* (CBR) merupakan pendekatan pemecahan masalah yang menekankan pada pengalaman sebelumnya. Metode ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan baru dengan menggunakan kembali dan melakukan perubahan yang serupa dengan penyelesaian permasalahan sebelumnya [5].

Dengan demikian dapat dilihat pada penelitian terdahulu antara lain oleh Smith [6] yang menggunakan logika *fuzzy*, Johnson dan Brown [7] dengan pendekatan *CBR* di wilayah tropis, Wang [8] yang mengintegrasikan teknologi citra digital, Gupta dan Sharma [9] yang memperluas cakupan dengan data cuaca dan faktor lingkungan, serta Patel [10] yang mengusulkan sistem berbasis jaringan saraf tiruan. Penelitian-penelitian tersebut memberikan landasan kuat bagi penelitian kami, yang bertujuan untuk membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman karet secara cepat dan akurat, sehingga dapat meningkatkan produktivitas pertanian serta mengurangi kerugian akibat serangan penyakit.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini terdiri dari enam tahap yaitu pengumpulan data, database, analisis dan penerapan metode, desain, implementasi dan pengujian. Alur pada tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

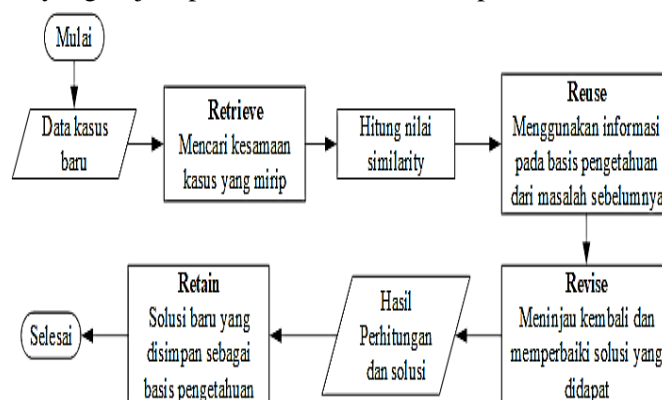


Gambar 1 Tahapan Penelitian [11]

2.2 Case-Based Reasoning

Case-Based Reasoning (CBR) merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan (AI) yang dapat bekerja pada pemecahan masalah atau pengalaman berdasarkan pengalaman (data historis). Penalaran berbasis kasus (CBR) adalah proses mengingat kasus masa lalu, kemudian menggunakannya kembali dan menyesuaikannya dengan kasus baru. CBR memiliki paradigma yang berbeda dibandingkan cabang AI lainnya, terutama dalam penyelesaian masalah. CBR mencerminkan bagaimana seseorang memecahkan masalah dengan menggunakan pengetahuannya untuk memecahkan masalah sebelumnya, yang kemudian dijadikan titik awal untuk memecahkan masalah baru yang serupa dengan masalah yang telah mereka selesaikan sebelumnya.

Ide pokok CBR (*Case-Based Reasoning*) adalah meniru kemampuan manusia, yaitu memecahkan masalah baru dengan menggunakan jawaban atau pengalaman dari masalah lama [12]. CBR bekerja dengan cara membandingkan kasus baru dengan kasus lama, jika kasus baru mempunyai kemiripan dengan kasus lama maka CBR akan memberikan jawaban dari kasus lama ke kasus baru. Jika tidak ditemukan kecocokan, CBR melakukan adaptasi dengan memasukkan kasus baru ke dalam database kasus, sehingga secara tidak langsung menambah pengetahuan CBR. CBR sebagai sebuah siklus yang disingkat 4R, yaitu *Retrieve* (memperoleh kembali), *Reuse* (menggunakan), *Revise* (meninjau), dan *Retain* (menyimpan). Adapun skema proses yang terjadi pada metode CBR ini dapat diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Case-Based Reasoning [13]

Dalam penerapannya, ada kemungkinan kasus baru berbeda dengan kasus lama karena kasusnya tidak sama. Namun, berdasarkan ukuran kesamaan ini, seseorang masih dapat

memperdebatkan dan menilai ketidaklengkapan atau ketidakakuratan informasi yang disajikan. Ketidaktepatan ini dapat diatasi dengan memperbanyak informasi yang tersedia bagi dokter. Selain itu, sistem CBR dapat belajar secara otomatis, yang mana hal ini sangat penting seiring dengan berkembangnya bidang medis dari waktu ke waktu. Sistem berbasis aturan tidak dapat belajar secara otomatis, aturan baru biasanya dimasukkan secara manual.

2.3 Similarity Value

Kemiripan Nilai merupakan derajat kemiripan yang dalam hal ini adalah kemiripan antara inputan pengguna dengan kejadian pada database. Nilai kesamaan terendah adalah 0 dan tertinggi 1. Nilai kesamaan dihitung dengan membandingkan jumlah gejala serupa pada input pengguna dengan solusi pada database kasus. Pada kasus ini, *similarity value* dapat dihitung menggunakan rumus 1:

$$\text{Similarity (problem, case)} = \frac{(S_1 * W_1) + (S_2 * W_2) + \dots + (S_n * W_n)}{W_1 + W_2 + \dots + W_n} \quad (1)$$

Keterangan :

S = *Similarity* (nilai kemiripan) yaitu 1 (sama) dan 0 (beda)

W = Bobot yang diberikan pada atribut

n = Jumlah atribut dalam setiap kasus

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Permen karet (*Hevea brasiliensis*) termasuk dalam famili *Hevea Euphorbiaceae*, pohon tropis asli hutan Amazon. Tanaman karet dapat terserang berbagai penyakit jamur, hama bahkan sel kanker. Kerugian ekonomi pada budidaya karet disebabkan oleh serangan penyakit. Setiap penyakit mempengaruhi hasil lateks/karet yang diambil petani, berikut penyakit yang terdapat pada pabrik karet:

1. Penyakit Akar Putih (*Rigidoporus microporus*)

Jamur akar putih (JAP) yang disebabkan oleh Rigi - *diporusmicroporus* merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman karet. Jamur akar putih menyebabkan kematian pada tanaman karet, sehingga serangan penyakit ini berdampak buruk terhadap produksi kebun.

2. Penyakit Kering Alur Sadap

Penyebab utamanya adalah penyadapan yang berlebihan/ketidakseimbangan antara lateks bekas dan lateks hasil daur ulang.

3. Penyakit Akar Merah

Penyakit yang disebabkan oleh *Ganoderma pseudoperrum*. Bentuk tubuh buah jamur merang berbentuk topi dan terletak pada pangkal batang tanaman. Permukaan tubuh bagian atas berwarna coklat kemerahan dan bagian bawah berwarna putih keabu-abuan, penuh lubang berisi spora kecil.

4. Jamur Upas

Biasanya terdapat pada dahan atau akar dahan/ranting. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Salmonicolor upasia*. Jamur menyerang cabang atau batang tanaman sehingga menyebabkan cabang dan tajuk mudah patah atau mati. Serangan sering terjadi pada tanaman muda berumur antara 3 sampai 7 tahun.

5. Kanker Bercak

Biasanya menyebar pada musim hujan. Kulit yang mudah melekat pada daerah penyadapan merupakan kulit luka baru (segar) akibat penyadapan tepat diatas alur engkol.

6. Necrosis Kulit

Nekrosis kulit dapat disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. Namun *Botryodiplodia theobromae* juga ditemukan pada kulit yang sakit dan menimbulkan gejala yang sama.

7. Bidang Sadapan/ Mouldy Rot .

Umumnya serangan terjadi pada musim hujan dan banyak dijumpai di daerah yang beriklim basah dan kelembabantinggi. Umumnya menyerang tanaman karet di dekat sungai. Kulit luka baru (segar) akibat penyadapan mudah terinfeksi.

8. Kanker Garis (*Phytophthora pal Cendawan*)

Penyebab kanker belang sama dengan penyebab kanker berbintik yaitu *Phytophthora palmivora*. Jamur ini merusak area ulir yang lama, sehingga menyulitkan perekaman berikutnya. Alasan utamanya adalah kelebihan/ketidakseimbangan antara lateks bekas dan lateks hasil daur ulang.

9. Kanker Batang

Penyakit ini disebabkan oleh *Botryodiplodia (Lasiodiplosia) theobromae*.

10. Hawar Daun Amerika Selatan (So SALB)

Merupakan penyakit tanaman karet terpenting di Amerika Selatan karena telah menghancurkan perkebunan karet di Brazil. Penyakit SALB belum dijumpai di Indonesia.

Data yang digunakan dalam sistem ini adalah data penyakit dan gejala. Dapat Penyakit yaitu P, dan data gejala yaitu G, yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Data Penyakit

Penyakit	Kode
Penyakit Akar Putih	P1
Penyakit Akar Merah	P2
Jamur Upas	P3
Kanker Bercak	P4
Necrosis Kulit	P5
Bidang Sadapan/ Mouldy Rot	P6
Penyakit Kering Alur Sadap	P7
Kanker Batang	P8
Hawar Daun Amerika Selatan (South American Leaf Blight)	P9
Penyakit Kering Alur sadap	P10

Tabel 2 Data Gejala

Gejala	Kode
Daun terlihat pucat dan suram	G1
Tepi daun terlipat ke dalam	G2
Daun gugur	G3
Daun tanaman ke kuningan	G4
Bercak mengkilap dipermukaan bawah daun	G5
Ujung ranting mati/ mati pucuk	G6
Adanya benang-benang jamur berwarna putih di akar	G7

Akar tanaman membusuk	G8
Pada pangkal akar adanya cendawan berwarna putih kekuningan	G9
Adanya benang jamur berwarna merah	G10
Apabila akar ditekab mengeluarkan cairan	G11
Adanya cendawan berwarna merah	G12
Adanya benang-benang putih pada permukaan batang	G13
Mengeluarkan cairan di permukaan batang	G14
Permukaan kulit batang membusuk	G15
Bagian kayu menjadi rusak dan hitam	G16
Berbau busuk	G17
Permukaan kulit batang pecah-pecah	G18
Adanya bercak coklat kehitaman pada Batang	G19
Adanya bercak basah	G20
Adanya bercak warna putih	G21
Apabila dikuret kulit akar tampak bintik-bintik coklat	G22
Terbentuknya kudis kecil pada batang dan Cabang	G23
Bidang sadap mengalami kerusakan	G24
Daerah sadap menjadi kering	G25
Adanya pembengkakan/tonjolan	G26
Bidang sadap mengalami pecah kulit dan tidak dapat digunakan lagi	G27
Bercak hitam ada bidang sadap	G28
Kulit bidang sadap pecah-pecah hingga Mengelupas	G29
Lateks tidak mengalir	G30
Lateks keluar terus menerus dan busuk	G31
Alur sadap tidak mengeluarkan lateks	G32
Lateks encer	G33
bercak pada permukaan atas daun tampak seperti beludru/bekas hitam	G34

Berikut merupakan presentasi kesimpulan dan nilai keyakinan dari similarity penyakit yang ada pada tanaman karet, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Persentasi Kesimpulan

Persentasi	Kesimpulan
0% - 50%	Sedikit keyakinan atau kemungkinan kecil
51% - 79%	Kemungkinan
80% - 99%	Kemungkinan besar

100%	Sangat yakin
------	--------------

Berikut merupakan nilai bobot atau similarity gejala, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Bobot/*Similarity*

Bobot	Kesimpulan
0.2	Hampir Mungkin
0.4	Mungkin
0.6	Kemungkinan Besar
0.8	Hampir Pasti
1.0	Pasti

Berikut contoh pengoperasian komputer atau perhitungan manual untuk diagnosis penyakit di pabrik karet dengan menggunakan case based Reasoning. Contoh perhitungan ini diambil dari salah satu data uji simulasi yang dihasilkan secara acak. Misalnya, jika ditemukan beberapa gejala pada suatu tanaman, pengguna memilih gejala yang terjadi sesuai dengan daftar gejala sistem. Pada contoh ini diambil beberapa gejala yang dipilih oleh user yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Gejala Yang Dipilih

Gejala	Kode
Apabila akar ditekan mengeluarkan cairan	G11
Pada pangkal akar adanya cendawan berwarna putih kekuningan	G9
Akar tanaman membusuk	G8
Adanya benang-benang jamur berwarna putih di akar	G7
Tepi daun terlipat ke dalam	G2
Daun terlihat pucat dan suram	G1

Pada gejala-gejala yang terlihat terdapat dua penyakit tanaman karet yang mengalami gejala-gejala tersebut, yaitu Penyakit Akar Putih dan Penyakit Akar Merah, dapat dilihat pada Tabel 6.

Untuk gejala yang dipilih maka akan diberikan nilai 1 = YA

Untuk gejala yang tidak dipilih maka akan diberikan nilai 0 = TIDAK

Tabel 6 Gejala yang Diinput

Penyakit	Kode G	Nilai	Bobot
Penyakit Akar Putih	G1	1	0.8

	G2	1	0.8
	G3	0	0.4
	G6	0	0.6
	G7	1	1
	G8	1	0.6
	G9	1	0.6
Penyakit akar merah	G1	1	0.6
	G3	0	0.4
	G8	1	0.6
	G10	0	1
	G11	1	0.8
	G12	0	1

3.2. Pembahasan

$$\text{similarity problem case} = \frac{(S1 \times W1) + (S2 \times W2) + \dots + (Sn \times Wn)}{W1 + W2 + \dots + Wn}$$

Similarity Penyakit Penyakit Akar Putih

$$s1 = \frac{(1 \times 0.8) + (1 \times 0.8) + (1 \times 1) + (1 \times 0.6) + (1 \times 0.6)}{0.8 + 0.8 + 0.4 + 0.6 + 1 + 0.6 + 0.6}$$

$$S1 = \frac{3.8}{4.8} = 0.791666$$

$$S1 = 79.166\%$$

Similarity Penyakit Penyakit Akar Merah

$$\text{similarity problem case} = \frac{(S1 \times W1) + (S2 \times W2) + \dots + (Sn \times Wn)}{W1 + W2 + \dots + Wn}$$

$$S2 = \frac{(1 \times 0.6) + (1 \times 0.6) + (1 \times 1) + (1 \times 0.8)}{0.6 + 0.4 + 0.6 + 1 + 0.8 + 1}$$

$$S2 = \frac{2}{4.4} = 0.454545$$

$$S2 = 45.4545\%$$

Berdasarkan perhitungan pada kasus 1 dan kasus 2, kasus baru memiliki *similarity* atau kemiripan dengan nilai tertinggi 79.166%, yaitu pada kasus 1 atau penyakit Penyakit Akar Putih, dan memiliki kemiripan dengan kasus 2 atau Penyakit Akar Merah dengan nilai 45.4545%.

3.3. Implementasi

Metode CBR yang digunakan dalam diagnosis penyakit darah diimplementasikan menggunakan *HTML*, *PHP* dan *CSS*. Melalui aplikasi yang dibuat,

pengguna dapat memilih gejala penyakit yang muncul pada tanaman, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tampilan Beranda Pada Sistem

Untuk pengguna dapat mendaftarkan dengan mengisi data pengguna yang terdiri dari nama, gender, umur, alamat, email, dapat pada Gambar 4.

Gambar 4 Tampilan Penginputan Data Pengguna

Setelah mengisi data pengguna, pengguna dapat memilih keluhan yang dirasakan untuk mendapatkan hasil diagnosa, dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 Tampilan Hasil Diagnosa

Dalam penelitian ini, metode pengujian yang digunakan adalah metode eksperimen dan validasi. Tahap pengujian dimulai dengan mengumpulkan dataset berupa kasus-kasus penyakit pada tanaman karet yang sudah terdokumentasi dengan baik. Data tersebut kemudian dibagi menjadi dua bagian: data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan digunakan untuk melatih model CBR yang akan digunakan dalam sistem pendukung keputusan, sedangkan data pengujian digunakan untuk menguji performa dan akurasi model yang telah dilatih.

Setelah melatih model CBR, kami melakukan pengujian dengan menggunakan data pengujian yang terpisah. Pada tahap ini, kami memasukkan kasus-kasus penyakit pada tanaman karet yang belum pernah dilihat oleh sistem sebelumnya dan mengamati respons yang dihasilkan oleh sistem dalam melakukan diagnosis. Kami juga melakukan perbandingan antara hasil diagnosis sistem dengan diagnosis yang dilakukan oleh ahli pertanian sebagai acuan. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan keandalan sistem dalam memberikan diagnosis penyakit.

Selain itu, kami juga menggunakan metode *cross-validation* untuk menguji kestabilan dan generalisasi model CBR yang telah dikembangkan. Metode *cross-validation* digunakan dengan membagi dataset menjadi beberapa subset yang saling terpisah, lalu melatih model menggunakan subset yang lebih kecil dan menguji performanya pada subset yang tersisa. Proses ini diulang beberapa kali dengan memvariasikan pembagian subset, dan hasilnya digabungkan untuk mendapatkan estimasi akurasi yang lebih konsisten dan dapat dipercaya.

Seluruh proses pengujian dilakukan secara terstruktur dan sistematis untuk memastikan bahwa model CBR yang kami kembangkan dapat memberikan diagnosis penyakit tanaman karet dengan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi. Hasil dari pengujian ini akan menjadi dasar dalam pembahasan mengenai keunggulan dan keterbatasan sistem yang telah dikembangkan serta implikasi praktisnya dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian pada bab hasil dan pembahasan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari sistem pakar menggunakan metode case based Reasoning untuk diagnosis penyakit tanaman karet adalah dapat mendiagnosis penyakit tanaman karet menggunakan gejala yang ada pada database dan efektif membantu petani dalam mempelajari penyakit yang mungkin dialami tanaman karet. Secara umum, sistem pakar ini dapat meningkatkan pengetahuan petani tentang pencegahan penyakit di perkebunan karetnya. Maka dengan meningkatnya pengetahuan dan kesadaran petani tentang perkebunan karet maka produksi karet dapat dipastikan akan meningkat. Sistem ini berjalan dengan baik karena perhitungan manual dengan sistem menghasilkan hasil yang sama atau tepat.

5. SARAN

Dalam penelitian ini diharapkan peneliti selanjutnya dapat menambahkan variabel pada jenis penyakit dan menggunakan metode lain untuk mencapai hasil maksimal sehingga dapat menjadi perbandingan untuk melihat hasil diagnosa dari gejala-gejala penyakit yang di hadapi. Penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa peluang penelitian lanjutan yang dapat dieksplorasi, seperti pengembangan model *hybrid* yang menggabungkan beberapa metode, penerapan teknologi sensor untuk monitoring tanaman secara real-time, kajian aspek lingkungan yang memengaruhi perkembangan penyakit, pengembangan antarmuka pengguna yang lebih interaktif, dan studi implementasi lapangan untuk menguji efektivitas sistem dalam situasi nyata. Dengan mengambil pendekatan-pendekatan ini, diharapkan dapat terus meningkatkan kualitas dan relevansi sistem pendukung keputusan dalam diagnosis penyakit tanaman karet, serta memberikan kontribusi yang lebih besar dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistiani, H., & Muludi, K. (2018). Penerapan Metode Certainty Factor Dalam Mendeteksi Penyakit Tanaman Karet. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 15(1), 51–59. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v15i1.13021>
- [2] Miranda, R., Hasibuan, N. A., Pristiwanto, & Mesran. (2016). Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Jamur Akar Putih (*Rigidoporus Lignosus*) Pada Tanaman Karet (*Havea Brasiliensis*) Dengan Metode Certainty Factor. *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, 3(6), 124–127.
- [3] Rofiqoh, S., Kurniadi, D., & Riansyah, A. (2019). Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (Kimu) 2*, 390–395.
- [4] Wahyuni, E. S., Prambudi, D. A., & Roby. (2019). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Daun Dan Batang Pada Tanaman Karet Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis WEB. *Buletin Poltanesa*, 20(1), 20–25. <https://doi.org/10.51967/tanesa.v20i1.314>
- [5] Richter, S. (1929). Ein Beitrag zur Entwicklung der Stirnhöhlen nach Beobachtungen an Röntgenbildern. *Ein Beitrag Zur Entwicklung Der Stirnhöhlen Nach Beobachtungen an Röntgenbildern*, 487–506. https://doi.org/10.1007/978-3-662-41305-0_1
- [6] Smith, J., Brown, A. (2017). "A Fuzzy Logic-Based Expert System for Diagnosis of Rubber Plant Diseases." *Journal of Agricultural Informatics*, 12(2), 45-58.
- [7] Johnson, R., Brown, T. (2015). "Case-Based Reasoning Approach for Diagnosis of Rubber Plant Diseases in Tropical Regions." *Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering*, 235-243
- [8] Wang, L., et al. (2019). "Integration of Digital Image Processing Techniques in Rubber Plant Disease Diagnosis." *Journal of Plant Pathology*, 20(3), 112-125.
- [9] Gupta, S., Sharma, P. (2018). "Enhancing Rubber Plant Disease Diagnosis System with Weather and Environmental Data Integration." *International Journal of Agricultural Sciences*, 5(4), 310-322.
- [10] Patel, K., et al. (2016). "Neural Network-Based Expert System for Predicting Rubber Plant Disease Development." *Expert Systems with Applications*, 45, 156-167.
- [11] Bariah, S. H., & Putera, M. I. (2020). Penerapan Metode Waterfall Pada Perancangan Sistem Informasi Pengolahan Data Nilai Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Petik*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.31980/jpetik.v6i1.721>
- [12] Slade, S., & Henry, P. (1991). Case-Based Reasoning: A Research Paradigm. *AI Magazine*, 12(1), 41–55.
- [13] Agustian, H. (2019). Application of Case Based Reasoning for Student Recommendations Drop Out (Case Study: Adisutjipto College of Technology). *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 5, 159–166. <https://doi.org/10.28989/senatik.v5i0.372>