

# Aplikasi Sistem Pakar Guna Mendiagnosa Defisiensi Nutrisi Tanaman Hidroponik Dengan Menggunakan Metode *Certainty Factor*

Dadan Nugraha<sup>1,\*</sup>, Nita Mirantika<sup>2</sup>, Aldi Renaldi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Sistem Informasi, Universitas Kuningan, Kuningan, Indonesia  
Jl. Pramuka No.67, Purwawinangun, Kec. Kuningan, Kab. Kuningan, Jawa Barat 45512  
Email: <sup>1,\*</sup>dadan.nugraha@uniku.ac.id, <sup>2</sup>nita.mirantika@uniku.ac.id,  
<sup>3</sup>dzulfiqarrenaldi01@gmail.com,

**Abstrak**—Hidroponik PBIO merupakan organisasi yang bergerak di bidang pertanian, meskipun menjanjikan, terdapat masalah dalam meningkatkan kewaspadaan terhadap kekurangan unsur hara, khususnya pada tanaman hidroponik yang rentan terhadap defisiensi nutrisi. Defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik dapat diidentifikasi dengan menggunakan sistem pakar yang didasarkan pada pengetahuan langsung dari seorang pakar dan studi literatur. Implementasi sistem pakar dalam suatu organisasi bertujuan untuk meningkatkan nilai, produktivitas, dan efisiensi manajerial untuk pengambilan keputusan yang cepat. Manfaat dari sistem pakar yang dapat mendiagnosis gejala defisiensi nutrisi dengan cepat, tepat, dan akurat diharapkan dapat membantu untuk mengantisipasi kerugian akibat kekurangan unsur hara pada tanaman. Dengan menggunakan metode *certainty factor* dalam menghitung tingkat keahlian sistem pakar ini, data penelitian mencakup gejala, defisiensi tanaman, dan aturan. Oleh karena itu, pentingnya akurasi dan ketepatan perhitungan dalam mendiagnosis gejala penyakit menggunakan metode *certainty factor* sangat ditekankan. Dalam penelitian ini, tingkat keakuratan sistem pakar yang diberikan dalam mendiagnosa mencapai 86.6%. Kesimpulannya, implementasi sistem pakar berbasis *certainty factor* pada organisasi Hidroponik PBIO dapat meningkatkan deteksi dan diagnosis defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik dengan tingkat keakuratan yang memuaskan, memberikan kontribusi positif terhadap nilai, produktivitas, dan efisiensi manajerial.

**Kata Kunci:** Sistem Pakar, Defisiensi Nutrisi, *Certainty Factor*, Keakuratan Perhitungan, Manfaat Organisasi Pertanian

**Abstract**— *Hydroponic PBIO is an organization operating in the field of agriculture. Despite its promising potential, there are challenges in raising awareness of nutrient deficiencies, particularly in hydroponic plants that are susceptible to nutritional deficiencies. Nutrient deficiencies in hydroponic plants can be identified using an expert system based on direct knowledge from an expert and literature studies. The implementation of the expert system in an organization aims to enhance value, productivity, and managerial efficiency for quick decision-making. The benefits of an expert system that can diagnose symptoms of nutrient deficiency rapidly, accurately, and precisely are expected to help anticipate losses due to nutrient deficiencies in plants. By employing the certainty factor method to calculate the expertise level of this expert system, research data includes symptoms, plant deficiencies, and rules. Therefore, the importance of accuracy and precision in diagnosing disease symptoms using the certainty factor method is strongly emphasized. In this study, the accuracy rate of the expert system provided in diagnosing reached 86.6%. In conclusion, the implementation of the certainty factor-based expert system in the Hydroponic PBIO organization can improve the detection and diagnosis of nutrient deficiencies in hydroponic plants with a satisfactory level of accuracy, contributing positively to value, productivity, and managerial efficiency.*

**Keywords:** Expert System, Nutrient Deficiency, Hydroponic Plants, *Certainty factor*, Agricultural Decision-making

## 1. PENDAHULUAN

Dalam era kemajuan IT yang pesat, penerapan sistem komputer merupakan pilihan vital guna menangani berbagai macam masalah, termasuk dalam sektor pertanian. Perkembangan Teknologi kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) telah menghasilkan perubahan besar, khususnya dalam evolusi sistem pakar. Sistem pakar, yang memiliki kemampuan meniru pemikiran seorang pakar, memberikan solusi dan kesimpulan pada masalah – masalah khusus [1]. Sistem pakar merupakan jenis sistem kecerdasan buatan yang diciptakan untuk meniru kemampuan berpikir dan pengambilan keputusan seorang ahli manusia di bidang tertentu. Sasaran utama dari sistem pakar adalah memberikan solusi atau rekomendasi cerdas terkait dengan masalah atau tugas yang kompleks. Penggunaan sistem pakar juga telah meluas di bidang pertanian, khususnya dalam mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. [2]

Tanaman hidroponik, sebagai teknik pertanian tanpa tanah yang mengandalkan air dan nutrisi melalui sistem irigasi, memberikan keunggulan produktivitas yang tinggi, efisiensi penggunaan air, dan kemandirian terhadap kondisi tanah [3]. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah risiko defisiensi nutrisi yang dapat mengakibatkan malnutrisi bahkan kematian tanaman. Defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik dapat dipicu oleh kurangnya asupan nutrisi dalam media tanam atau karena sistem irigasi yang tidak optimal. [4]

Defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik menjadi fokus utama penelitian ini, terutama di *Green House*, Hidroponik PBIO. Studi kasus menunjukkan bahwa identifikasi defisiensi nutrisi menjadi kendala utama bagi

pengelola *Green House*, mempengaruhi produktivitas tanaman dan keuntungan yang dapat diperoleh. Keterbatasan informasi tentang nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman hidroponik menjadi hambatan, dan proses diagnosa manual seringkali tidak akurat. [5]

Pada penelitian ini, *certainty factor* merupakan metode yang digunakan. Metode *certainty factor* adalah metode pendekatan pada sebuah sistem pakar yang digunakan guna menghitung tingkat keyakinan atau kepastian pada suatu keputusan juga diagnosa berdasarkan sejumlah aturan atau faktor yang terkait dengan masalah yang dihadapi. Metode ini memungkinkan penggabungan antara pengetahuan subjektif dan objektif dalam proses pengambilan keputusan, serta memberikan nilai kepastian terhadap setiap informasi yang diberikan oleh sistem pakar. Sistem pakar dengan metode *certainty factor* menjadi solusi yang menjanjikan [2]. Metode ini memungkinkan pengelola *Green House* untuk mengidentifikasi jenis nutrisi yang dibutuhkan tanaman hidroponik dengan akurat dan efisien, serta memberikan rekomendasi tindakan yang tepat.

Beberapa penelitian terdahulu telah berhasil mengembangkan sistem pakar mengaplikasikan *certainty factor* dalam proses diagnosis kekurangan nutrisi pada berbagai jenis tanaman, termasuk tanaman hidroponik. Keberhasilan ini memberikan landasan penting untuk pengembangan sistem pakar serupa di *Green House*, Hidroponik PBIO. Beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi dapat dilihat sebagai berikut. Pertama, penelitian oleh Yerri Kurnia Febrina, Sarjon Defir, dan Gunadi Widi Nurcahyo fokus pada pemanfaatan sistem pakar dalam mendiagnosa kekurangan nutrisi pada tanaman hidroponik. Metode *certainty factor* digunakan untuk memberikan diagnosa yang akurat dan solusi yang tepat. Melalui data dari petani di Kantor Pertanian Kota Payakumbuh, sistem ini dapat mendeteksi berbagai kekurangan nutrisi dengan tingkat akurasi mencapai hampir 94% [6]. Kedua, penelitian oleh Syahirul Alim, Peni Puji Lestari, dan Rusliyawati menghadirkan sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi tanaman kakao. Dengan menggunakan *certainty factor*, sistem ini membantu petani kakao di PT Olam Indonesia (Cocoa) Cabang Lampung dalam mengidentifikasi jenis defisiensi dan memberikan solusi yang sesuai. Akurasi sistem mencapai 85,7% [7]. Selanjutnya, penelitian oleh Patmawati Hasan dan Elvis Pawan berfokus pada pengembangan sistem pakar untuk diagnosis dini malaria tropis dan tertiana. Metode *certainty factor* dipilih karena efektifitasnya dalam menentukan defisiensi, dan hasilnya mencapai tingkat akurasi diagnosa sebesar 80% [8]. Kemudian, Sumiati, Hoga Saragih, Titik Khawa Abdul Rahman, dan Agung Triyudi mengembangkan sistem pakar untuk identifikasi kelainan jantung di daerah terpencil (3T). Metode *certainty factor* digunakan dengan pendekatan aturan ganda, mencapai tingkat akurasi 95% untuk jantung normal dan 99% untuk jantung abnormal [9]. Dan terakhir, penelitian oleh Adi Sucipto, Yusra Fernando, Rohmat Indra Borman, dan Nisa Mahmuda bertujuan membantu masyarakat dalam mendiagnosa defisiensi saraf tulang belakang. Metode *certainty factor* digunakan dengan tingkat kesesuaian antara data testing dan output sistem pakar yang mendapatkan tingkat akurasi sebesar 90% [10].

Secara umum, metode *certainty factor* terbukti efektif dalam berbagai konteks, memberikan kepastian dan mengatasi ketidakpastian dalam proses pengambilan keputusan. Dalam bidang pertanian, kesehatan, dan pengembangan sistem pakar lainnya, metode ini memberikan landasan yang kuat untuk merancang solusi yang akurat dan dapat diandalkan. Keberhasilan tingkat akurasi yang tinggi dalam beberapa penelitian menunjukkan potensi metode *certainty factor* dalam meningkatkan kualitas diagnosa dan rekomendasi yang diberikan oleh sistem pakar. [6]

Dalam konteks ini, penelitian ini memiliki dua rumusan masalah utama, yaitu (1) bagaimana merancang sistem pakar yang mampu mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik? dan (2) bagaimana metode *certainty factor* dapat diterapkan dalam sistem pakar tersebut untuk memberikan rekomendasi solusi dan informasi yang akurat dan efisien?

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) merancang sistem pakar yang dapat mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik dengan menggunakan metode *certainty factor*, dan (2) menghasilkan sistem pakar yang memberikan rekomendasi solusi yang akurat dan efisien dalam mengatasi defisiensi pada tanaman hidroponik.

Dalam konteks studi kasus pertanian hidroponik di *Green House*, Hidroponik PBIO, sistem pakar dengan metode *certainty factor* diharapkan dapat membantu pengelola dalam mengidentifikasi jenis defisiensi nutrisi, memberikan solusi yang akurat, dan meningkatkan produktivitas tanaman secara efisien. Sistem pakar ini menjadi alat yang berpotensi mengatasi keterbatasan informasi dan akurasi diagnosa yang dapat mempengaruhi keberhasilan pertanian hidroponik.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk pengumpulan datanya diantaranya yaitu, wawancara dengan Ibu Dr. Ilah Nurlaelah, M.Si., sebagai Wakil Dekan I Bidang Akademik di FKIP UNIKU dan pembina kelompok studi ilmiah Hidroponik PBIO. Selain itu, observasi langsung dilakukan di *Green House* Hidroponik PBIO, serta pengamatan terhadap tanaman hidroponik di lokasi tersebut. Selain metode tersebut, studi literatur juga digunakan

dengan mempelajari berbagai literatur terkait topik penelitian, seperti buku, jurnal ilmiah, situs web, dan sumber lainnya.

## 2.2 Penyelesaian Masalah (*Certainty Factor*)

*Certainty Factor* (CF) adalah metode yang digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, di mana kepastian dapat terjadi dalam berbagai kondisi [5]. Salah satu kondisi yang mungkin adalah adanya beberapa anteseden (dalam aturan yang berbeda) dengan satu konsekuensi yang sama. Selama tahap diagnosis kekurangan nutrisi, pengguna diberikan opsi interpretasi, di mana setiap opsi memiliki nilai CF sebagai berikut :

Pasti ya	: 1.0
Hampir pasti ya	: 0.8
Kemungkinan besar ya	: 0.6
Mungkin ya	: 0.4
Tidak yakin	: 0.2

Gambar 1. Opsi Nilai CF

Dalam kasus ini, kita harus mengagregasikan nilai CF keseluruhan dari setiap kondisi yang ada. Berikut formula yang digunakan :

$$CF(H,E) = CF(E) * CF(Rule)$$

$$CF(H,E) = CF(User) * CF(Pakar)$$

a. Jika kedua  $CF > 0$ , maka rumusnya adalah :

$$CFc(CF[lama], CF[baru]) = CF[lama] + CF[baru] (1 - CF[lama])$$

b. Jika kedua  $CF < 0$ , maka rumusnya adalah :

$$CFc(CF[lama], CF[baru]) = CF[lama] + CF[baru] (1 + CF[lama])$$

c. Jika kedua salah satu  $CF < 0$ , maka rumusnya adalah :

$$CFc(CF[lama], CF[baru]) = CF[lama] + CF[baru] / 1 - \min(CF[lama] | CF[lama])$$

Dimana :

CF[H, E] : CF dari hipotesis yang dipengaruhi *evidence*

CF[lama] : CF pertama atau CF hasil perhitungan sebelumnya

CF[baru] : CF kedua atau CF selanjutnya

Gambar 2. Rumus Perhitungan Certainty Factor

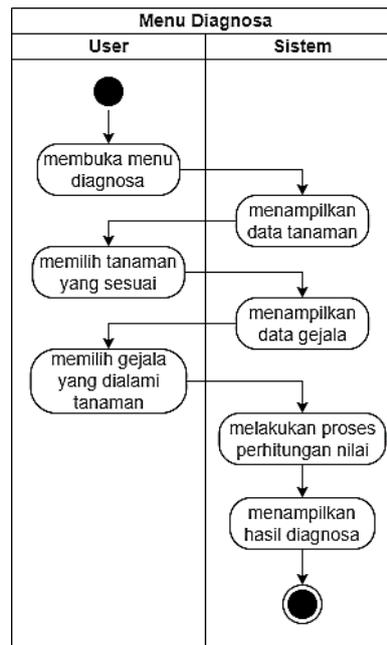
## 2.3 Pengembangan & Perancangan

### 2.3.1 Pengembangan

Sistem pengembangan yang diterapkan adalah *Rational Unified Process* (RUP), suatu kerangka kerja proses pengembangan perangkat lunak yang bersifat iteratif. RUP terdiri dari fase-fase seperti insepisi, elaborasi, konstruksi, dan transisi. Tahap insepisi mencakup pemodelan proses bisnis, analisis kebutuhan, serta pemodelan *use case* dan *activity diagram*. Fase elaborasi menghasilkan *sequence diagram*, *class diagram*, *physical data model*, perancangan antarmuka, dan algoritma. Selanjutnya, fase konstruksi melibatkan implementasi sistem dan pengujian dengan *compatibility testing* dan *validation testing*. Pada fase transisi, fokusnya adalah mempersiapkan sistem untuk diimplementasikan atau diinstalasi di lingkungan produksi, termasuk pengujian *User Acceptance Testing* (UAT) untuk memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna akhir.

Penggunaan RUP bertujuan untuk menjamin produksi perangkat lunak yang berkualitas tinggi, memenuhi kebutuhan semua pemangku kepentingan, dan memperhatikan aspek waktu dan biaya. Pendekatan ini dikembangkan oleh IBM pada tahun 1998.





Gambar 5. Activity Diagram Menu Diagnosa

Activity diagram yang ada dalam gambar di atas memperlihatkan interaksi antara user dan sistem dalam sebuah proses diagnosa tanaman. Proses ini dimulai ketika user mengaktifkan sistem dengan memilih menu diagnosa. Sistem kemudian merespons dengan menampilkan data mengenai tanaman yang tersedia. Setelah itu, user dapat memilih tanaman yang ingin di diagnosa, dan sistem akan menampilkan list gejala yang terkait dengan tanaman tersebut. Selanjutnya, user boleh memilih gejala yang dialami oleh tanaman yang akan di diagnosa. Sistem kemudian mengolah informasi ini dengan melakukan proses perhitungan untuk mendiagnosa kondisi tanaman. Hasil diagnosa tersebut kemudian ditampilkan sebagai keluaran oleh sistem. Langkah terakhir dalam proses ini adalah ketika user dapat melihat informasi hasil diagnosa yang diberikan oleh sistem. Keseluruhan interaksi antara user dan sistem ini diwakili oleh activity diagram, yang membantu memvisualisasikan urutan langkah – langkah dalam proses diagnosa tanaman tersebut.

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan wawancara dan observasi langsung ke pihak terkait, yaitu hidroponik PBIO, untuk memahami praktik – praktik dalam sistem hidroponik. Dari hasil wawancara dan observasi, teridentifikasi masalah utama berupa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. Dikarenakan kompleksitas masalah dan kebutuhan akan solusi yang cepat, peneliti memutuskan untuk berkonsultasi dengan seorang pakar dalam bidang tersebut untuk melakukan diagnosa dan memberikan rekomendasi solusi. Berdasarkan masalah yang diidentifikasi dan konsultasi dengan pakar, peneliti menyimpulkan bahwa diperlukan sebuah sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi dan rekomendasi dengan lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan metode konvensional. Untuk pengembangan sistem, dipilih metode pengembangan perangkat lunak (RUP) atau Rational Unified Process dengan bahasa pemrograman PHP dan MySQL sebagai databasenya. Metode penyelesaian masalah yang dipilih adalah metode *Certainty Factor*. Dari proses ini, disimpulkan sebuah judul penelitian, yaitu "Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Defisiensi Nutrisi pada Tanaman Hidroponik dengan Metode *Certainty Factor*", yang bertujuan untuk merancang dan menghasilkan sistem pakar yang memberikan solusi dan rekomendasi dengan lebih cepat dan akurat dari seorang pakar dalam bidang hidroponik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada metode *certainty factor*, langkah langkah yang umumnya dilakukan melibatkan penentuan kepastian (*certainty*) dari seorang pakar terhadap suatu aturan atau gejala. Dalam konteks mendiagnosa defisiensi nutrisi, proses tersebut melibatkan pembobotan gejala – gejala yang mungkin muncul dan menentukan tingkat kepastian terhadap setiap gejala tersebut. Berikut adalah hasil analisis dan pembahasan dari sistem pakar menggunakan metode faktor keyakinan (CF).

Memberikan bobot pada setiap opsi dapat terlihat dalam tabel di bawah sebelum mendiagnosa defisiensi nutrisi menggunakan *certainty factor*, memerlukan penentuan bobot untuk setiap opsi guna menilai tingkat gejala yang tengah dialami. Dengan cara ini, bobot untuk setiap gejala diketahui, memungkinkan perhitungan yang akurat ketika melakukan diagnosa defisiensi nutrisi dengan *certainty factor*.

**Tabel 1.** Menentukan Nilai CF Term

No	CF Term	Nilai
1	Pasti ya	1
2	Hampir pasti ya	0.8
3	Kemungkinan besar ya	0.6
4	Mungkin ya	0.4
5	Tidak yakin	0.2

Tabel 1 di atas berperan dalam mengestimasi bobot untuk setiap opsi, sehingga ketika user memasukkan gejala, bobotnya dapat diidentifikasi.

Mengidentifikasi hipotesis gejala defisiensi nutrisi pada tabel 2 di bawah melibatkan penentuan bobot untuk setiap gejala berdasarkan pandangan seorang pakar. Gejala yang disertakan berasal dari penilaian seorang pakar, dan hipotesis yang diajukan juga merupakan pandangan dari pakar tersebut. Tingkat kepercayaan yang telah ditetapkan oleh pakar terhadap gejala – gejala tersebut mempengaruhi probabilitas terjadinya gejala defisiensi nutrisi.

**Tabel 2.** Studi Kasus Gejala Defisiensi Nutrisi

Gejala	CF(User)	CF(Rule)	CF(H,E)
Daun ungu, coklat, menebal, keriting, dan mudah rontok	0.6	0.6	0.36
Daun tua akan mengkerut dan keriting	0.6	0.6	0.36
Klorosis antar tulang daun, bercak kecoklatan atau abu	0.6	0.6	0.36
Kuncup muda mati karena perakaran kurang sempurna	0.6	0.6	0.36
Seluruh daun berwarna lebih tua, menjadi sering mengkilap kemerahan	0.6	0.6	0.36
Tanaman kerdil, daun mengecil dan mengumpul	0.6	0.6	0.36

Tabel tersebut menampilkan indikasi gejala yang muncul, disertai dengan bobot gejala yang berasal dari opsi yang dipilih oleh pengguna, dan selanjutnya ditentukan bobotnya oleh seorang ahli. Ahli memberikan penilaian bobot pada skala 0 hingga 1 untuk setiap gejala.

Nilai 0 menunjukkan bahwa pengguna menyatakan tanaman tidak menunjukkan gejala yang ditanyakan oleh sistem. Semakin yakin pengguna bahwa gejala tersebut memang dialami oleh tanamannya, akan menjadi faktor dalam perhitungan premis majemuk dan akan menjadi dasar untuk peraturan – peraturan dengan premis tunggal. Selanjutnya, setiap aturan baru dihitung dengan faktor kepastiannya, sehingga diperoleh nilai faktor kepastian untuk masing-masing aturan.

Proses pembobotan dilakukan pada setiap premis untuk mendapatkan persentase kepastian yang diperlukan untuk melakukan diagnosis kekurangan nutrisi.

**Tabel 3.** Persentase Nilai Kepastian

Presentase	Nilai Kepastian
0% - 40%	Negatif
41% - 85 %	Kemungkinan Besar
86% - 100%	Positif

Menerapkan metode *certainty factor* (CF) dalam sistem pakar melibatkan aturan yang mencakup variabel gejala dan nilai bobot yang telah ditetapkan sebelumnya. Rule CF memuat informasi mengenai gejala dan nilai bobot yang diberikan oleh pengguna dan pakar untuk setiap gejala tertentu. *Certainty factor* dihitung untuk setiap gejala yang terkait dengan suatu defisiensi, dan dalam kerangka sistem ini, nilai *certainty factor* dapat diperbarui. Dengan memasukkan gejala, aturan – aturan berikut dapat dihasilkan.

[R1] : if daun ungu, coklat, menebal, keriting, dan mudah rontok then boron

[R2] : if daun tua akan mengkerut dan keriting then boron

[R3] : if klorosis antar tulang daun, bercak kecoklatan atau abu then boron

[R4] : if kuncup muda mati karena perakaran kurang sempurna then boron

[R5] : if warna daun tua, menjadi sering mengkilap kemerahan then boron

[R6] : if tanaman kerdil, daun mengecil dan mengumpul then boron

Perhitungan diperlukan untuk memahami langkah – langkah dan hasil dalam penelitian ini, sehingga diterapkan suatu metode perhitungan yang mendukung proses diagnosa defisiensi nutrisi. Penelitian ini menggunakan metode *certainty factor* dalam perhitungan sistem. Tahap awal penerapan metode *certainty factor* dalam perhitungan, berdasarkan gejala – gejala yang diinputkan oleh pengguna, melibatkan perkalian dua nilai bobot, yakni CF pengguna dan CF pakar. Setelah melalui langkah pertama, dilakukan kombinasi hasil perkalian dari setiap gejala yang telah dikalikan. Kombinasi ini hanya dapat dilakukan pada dua nilai CF. Nilai bobot maksimum dalam penelitian ini adalah 1. Berdasarkan hasil kombinasi, sistem mengeluarkan diagnosa dengan menyertakan nilai keyakinan dari setiap aturan (*rule*). Langkah selanjutnya adalah mengonversi nilai keyakinan menjadi persentase, sehingga mendapatkan persentase keyakinan sebagai diagnosa akhir dalam sistem.

Proses Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut :

$$1. R1 \text{ dan } R2 = CF_c(CF1,CF2) = CF1 + CF2(1 - CF1)$$

$$= 0.36 + 0.36(1 - 0.36)$$

$$= 0.36 + (0.36)(0.64)$$

$$= 0.36 + 0.2304$$

$$= 0.5904 \text{ (a)}$$

$$2. R3 \text{ dan } R(a) = CF_c(CF1,CF2) = CF1 + CF2(1 - CF1)$$

$$= 0.36 + 0.5904(1 - 0.36)$$

$$= 0.36 + (0.5904)(0.64)$$

$$= 0.36 + 0.377856$$

$$= 0.737856 \text{ (b)}$$

$$3. R4 \text{ dan } R(b) = CF_c(CF1,CF2) = CF1 + CF2(1 - CF1)$$

$$= 0.36 + 0.737856(1 - 0.36)$$

$$= 0.36 + (0.737856)(0.64)$$

$$= 0.36 + 0.47222784$$

$$= 0.83222784 \text{ (c)}$$

$$4. R5 \text{ dan } R(c) = CF_c(CF1,CF2) = CF1 + CF2(1 - CF1)$$

$$= 0.36 + 0.83222784(1 - 0.36)$$

$$= 0.36 + (0.83222784)(0.64)$$

$$= 0.36 + 0.5326258176$$

$$= 0.8926258176 \text{ (d)}$$

$$5. R6 \text{ dan } R(d) = CF_c(CF1,CF2) = CF1 + CF2(1 - CF1)$$

$$= 0.36 + 0.8926258176(1 - 0.36)$$

$$= 0.36 + (0.8926258176)(0.64)$$

$$= 0.36 + 0.571280523264$$

$$= 0.931280523264 \text{ (e)}$$

Kesimpulannya : Suatu defisiensi unsur hara boron yang diakibatkan dari beberapa gejala di atas memiliki nilai *certainty factor* (CF) sebesar 93% yang berarti tanaman tersebut positif mengalami defisiensi nutrisi boron sebanyak 93%.

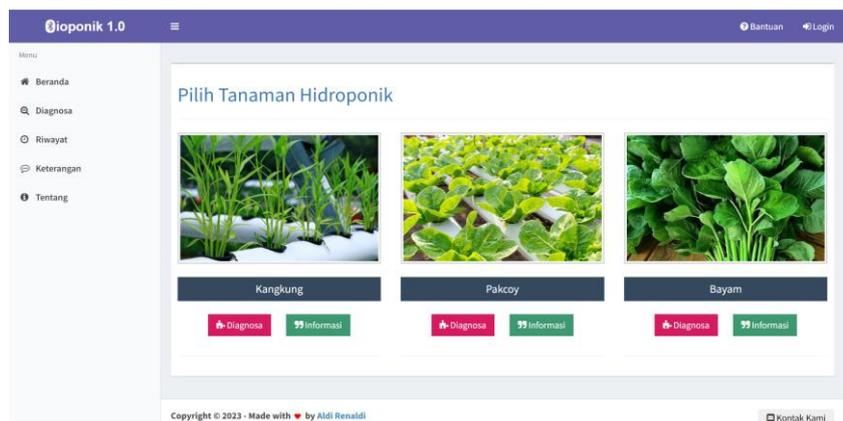
Aturan perhitungan di atas merupakan salah satu contoh saat menggunakan sistem pakar dengan perhitungan rumus *certainty factor*. Kompleksitas sebuah sistem pakar membuat hasil perhitungan bisa berbeda beda tergantung gejala yang dialami dan pemilihan tingkat kondisi kepastian dari seorang pakar dan *user*. Oleh karena itu proses perhitungan hanya mengambil satu sampel dimana gejala – gejala yang dialami oleh tanaman hidroponik di atas mengalami defisiensi unsur Boron dengan nilai 93%.

## Implementasi

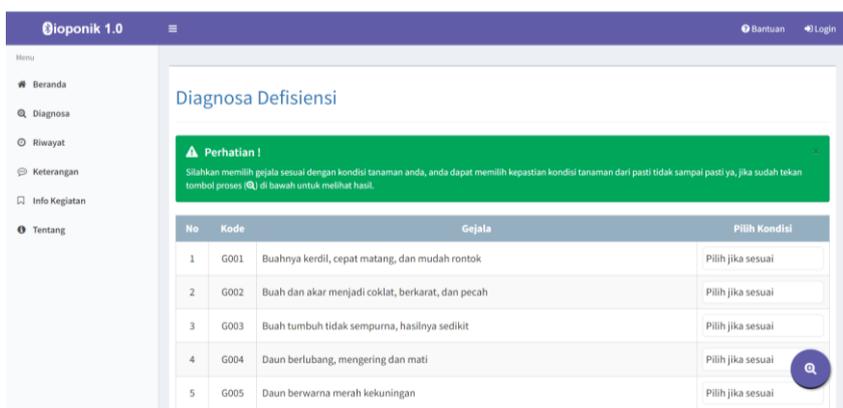
Pengujian implementasi sistem dilaksanakan guna menilai sejauh mana tingkat efisiensi dan efektivitas penggunaan suatu aplikasi atau sistem. Proses ini melibatkan penerapan metode pengukuran untuk menilai efisiensi dan efektivitas sistem yang diimplementasikan.

### a. Halaman Diagnosa

Di halaman ini, terdapat opsi untuk melakukan diagnosa yang melibatkan pemilihan tanaman dan gejala. Pengguna diminta untuk memilih jenis tanaman terlebih dahulu, diikuti dengan memilih gejala yang teramati di lapangan, serta melihat kemungkinan – kemungkinan yang tersedia. Setelah langkah – langkah tersebut dilakukan, pengguna dapat menekan tombol proses. Informasi lebih rinci mengenai antarmuka halaman diagnosa dalam sistem pakar dapat ditemukan pada gambar yang terlampir.



Gambar 6. Halaman Diagnosa Pilih Tanaman



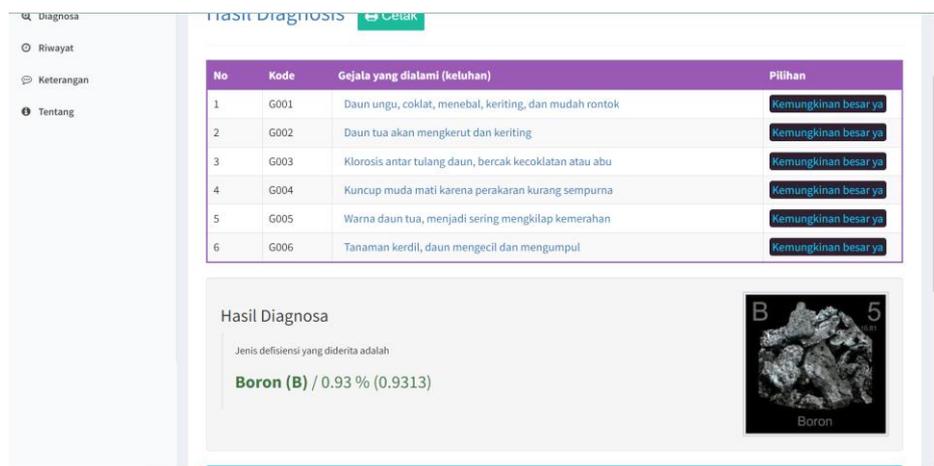
Gambar 7. Halaman Diagnosa Pilih Gejala

### b. Halaman Hasil Diagnosa

Halaman ini merupakan kelanjutan dari halaman diagnosa, di mana hasil gejala yang sudah dipilih akan ditampilkan sebagai defisiensi tanaman dalam bentuk nilai CF dan persentase (%). Selain itu, tersedia saran dan deskripsi singkat mengenai kondisi tersebut. Dalam halaman ini, juga disajikan nilai kemungkinan defisiensi

lainnya jika terdapat gejala yang serupa. Informasi lebih lanjut mengenai antarmuka ini dapat ditemukan pada gambar yang tersedia di bawah ini, yang dapat diakses melalui halaman hasil diagnosis.

Antarmuka pada halaman hasil diagnosis memberikan informasi terperinci tentang defisiensi tanaman berdasarkan gejala yang telah diidentifikasi. Setiap nilai *certainty factor* (CF) memberikan indikasi sejauh mana gejala tersebut berkaitan dengan defisiensi tertentu. Persentase (%) yang ditampilkan memberikan gambaran tentang tingkat kepastian diagnosis. Saran dan deskripsi singkat ditambahkan untuk memberikan panduan tambahan kepada pengguna mengenai tindakan yang perlu diambil untuk mengatasi defisiensi tersebut. Selain itu, pengguna juga diberikan wawasan terhadap kemungkinan defisiensi lainnya yang mungkin muncul jika terdapat gejala yang mirip. Gambaran lebih lanjut mengenai tampilan antarmuka ini dapat ditemukan pada ilustrasi pada halaman hasil diagnosis.



Gambar 8. Halaman Hasil Diagnosa

### Pengujian Sistem (*System Testing*)

#### a. *Black Box Testing*

*Black box testing* atau pengujian kotak hitam merupakan pengujian perangkat lunak dari segi fungsional tanpa menguji desain dan kode program. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi – fungsi, masukan dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. [11]

Tabel 4. Black Box Testing Diagnosa

No	Input	Output	Status
1	Daftar Tanaman	Memberikan pilihan daftar tanaman hidroponik	Valid
2	Daftar gejala	Memberikan pilihan daftar gejala defisiensi	Valid
3	Tombol Hasil Diagnosa	Mengakses menu lihat hasil, dan memproses data	Valid

#### b. *White Box Testing*

*White Box Testing* merupakan pengujian perangkat lunak dari segi kode program apakah mampu menghasilkan fungsi – fungsi, masukkan dan keluaran yang sesuai dengan spesifikasi kebutuhan. Struktur program yang diuji terdapat dalam sintaks bagian proses analisis Sistem Pakar Guna Mendiagnosa Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Dengan Metode *Certainty Factor*. [12]

Berikut ini script program pada bagian analisis Sistem Pakar Guna Mendiagnosa Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Dengan Metode *Certainty Factor*.

```
// ----- perhitungan certainty factor (CF) -----
// ----- START -----
$sqldefisiensi = mysqli_query($conn, "SELECT * FROM defisiensi order by kode_defisiensi");
$ardefisiensi = array();
while ($rdefisiensi = mysqli_fetch_array($sqldefisiensi)) {
    $cftotal_temp = 0;
    $scf = 0;
    $sqlgejala = mysqli_query($conn, "SELECT * FROM basis_pengetahuan where kode_defisiensi=$rdefisie
    $cflama = 0;
    while ($rgejala = mysqli_fetch_array($sqlgejala)) {
        $arkondisi = explode(" ", $_POST['kondisi'][0]);
        $gejala = $arkondisi[0];

        for ($i = 0; $i < count($_POST['kondisi']); $i++) {
            $arkondisi = explode(" ", $_POST['kondisi'][$i]);
            $sgejala = $arkondisi[0];
            if ($rgejala['kode_gejala'] == $sgejala) {
                $scf = ($rgejala['mb'] - $rgejala['md']) * $arbobot[$arkondisi[1]];
                if (($scf >= 0) && ($scf * $cflama >= 0)) {
                    $cflama = $cflama + ($scf * (1 - $cflama));
                }
                if ($scf * $cflama < 0) {
                    $cflama = ($cflama + $scf) / (1 - Math . Min(Math . abs($cflama), Math . abs($scf)));
                }
                if (($scf < 0) && ($scf * $cflama >= 0)) {
                    $cflama = $cflama + ($scf * (1 + $cflama));
                }
            }
        }
    }
}
}
```

Gambar 9. White Box Testing Perhitungan CF (1)

```
if ($cflama > 0) {
    $ardefisiensi += array($rdefisiensi[kode_defisiensi] => number_format($cflama, 4));
}
}

arsort($ardefisiensi);

$inpgejala = serialize($argejala);
$inpdefisiensi = serialize($ardefisiensi);

$np1 = 0;
foreach ($ardefisiensi as $key1 => $value1) {
    $np1++;
    $idpkt1[$np1] = $key1;
    $vlpkt1[$np1] = $value1;
}

mysqli_query($conn, "INSERT INTO hasil(
    tanggal,
    gejala,
    defisiensi,
    hasil_id,
    hasil_nilai
)
VALUES(
    '$inptanggal',
    '$inpgejala',
    '$inpdefisiensi',
    '$idpkt1[1]',
    '$vlpkt1[1]'
)");
```

Gambar 10. White Box Testing Perhitungan CF (2)

Kode PHP di atas merupakan implementasi sistem diagnosis defisiensi nutrisi yang berfokus pada pengambilan dan perhitungan faktor keyakinan untuk berbagai defisiensi berdasarkan gejala yang diinputkan pengguna. Proses dimulai dengan pengambilan informasi defisiensi dari tabel `defisiensi`, yang kemudian disimpan dalam array `\$ardefisiensi`. Setiap defisiensi dianalisis dengan mengambil informasi gejala terkait dari tabel `basis\_pengetahuan`. Dengan menggunakan gejala yang diberikan pengguna (`\$\_POST['kondisi']`), dilakukan perhitungan faktor keyakinan untuk setiap pasangan gejala-defisiensi.

Faktor keyakinan dihitung dengan mempertimbangkan perbedaan antara keyakinan (`mb`) dan ketidakkeyakinan (`md`), serta bobot gejala yang terkait. Faktor keyakinan akhir (`\$cflama`) diperbarui berdasarkan kondisi tertentu terkait tanda dari `\$scf` dan `\$cflama`. Hasil perhitungan tersebut kemudian disimpan dalam array `\$ardefisiensi` dan diurutkan secara descending berdasarkan tingkat keyakinan. Selanjutnya, hasil diagnosis teratas dimasukkan ke dalam tabel `hasil` bersama dengan informasi relevan lainnya seperti tanggal, gejala, dan defisiensi.

### c. Pengujian UAT

Pengujian dengan UAT dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan terhadap pengelola Hidroponik PBIO yang bertindak sebagai pengguna, pengujian ini melibatkan 10 orang sebagai *user*. Pada pengujian ini kuesioner diberikan kepada 10 responden. Hasil persentase dari tiap pertanyaan yang diberikan kepada responden memiliki 5 skala menggunakan skala *Likert*. Kuesioner terdiri dari 6 pertanyaan dimana dengan menggunakan skala *Likert* kriteria skor dapat dilihat pada tabel di bawah. [13]

**Tabel 5.** Kriteria Skala Likert

Skala Jawaban	Keterangan	Skor	Persentase
SS	Sangat Setuju	5	80% - 100%
S	Setuju	4	60% - 79%
C	Cukup	3	40% - 59%
TS	Tidak Setuju	2	20% - 39%
STS	Sangat Tidak Setuju	1	0% - 19%

Data yang telah didapatkan kemudian akan dihitung persentasenya menggunakan rumus :

$$P = \frac{S}{\text{Skor Ideal}} \times 100\%$$

Dengan keterangan :

P : Nilai presentasi yang dicari

S : Jumlah frekuensi dikalikan dengan skor yang dimiliki tiap jawaban

Skor Ideal : Skor tertinggi dikalikan dengan jumlah sampel

#### Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil persentase tiap jawaban yang didapatkan dari kuesioner yang kemudian dihitung menggunakan rumus diatas.

1. Apakah anda setuju bahwa aplikasi sistem pakar ini mudah digunakan untuk mendukung pengelolaan *Green House* Hidroponik PBIO?

No	Keterangan	Skor	Frekuensi	S
1	SS	5	3	15
	S	4	5	20
	C	3	2	6
	TS	2	0	0
	STS	1	0	0
Jumlah			10	41

$$\frac{41}{50} \times 100\% = 82\%$$

Berdasarkan hasil persentase nilai pada tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penilaian terhadap pertanyaan mengenai setujuakah aplikasi sistem pakar ini mudah digunakan untuk mendukung pengelolaan *Green House*, Hidroponik PBIO sebesar 85% dari 100 % dan dapat dikategorikan sangat setuju.

2. Apakah anda setuju perihal keakuratan yang diberikan oleh aplikasi sistem pakar ini dalam membantu mengambil keputusan di *Green House*, Hidroponik PBIO dengan metode *certainty factor*?

No	Keterangan	Skor	Frekuensi	S
2	SS	5	3	15
	S	4	4	16
	C	3	3	9
	TS	2	0	0
	STS	1	0	0
Jumlah			10	40

$$\frac{40}{50} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan hasil persentase nilai pada tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penilaian terhadap pertanyaan mengenai setujuakah keakuratan yang diberikan oleh aplikasi sistem pakar ini dalam membantu mengambil keputusan di *Green House*, Hidroponik PBIO dengan metode *certainty factor* sebesar 80% dari 100 % dan dapat dikategorikan sangat setuju.

3. Apakah anda setuju perihal kepuasan dalam interaktivitas aplikasi sistem pakar ini, terutama dalam hal memberikan masukan atau rekomendasi yang diberikan?

No	Keterangan	Skor	Frekuensi	S
3	SS	5	1	5
	S	4	3	12
	C	3	6	18
	TS	2	0	0
	STS	1	0	0
Jumlah			10	35

$$\frac{35}{50} \times 100\% = 70\%$$

Berdasarkan hasil persentase nilai pada tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penilaian terhadap pertanyaan mengenai setujukah perihal kepuasan dalam interaktivitas aplikasi sistem pakar ini, terutama dalam hal memberikan masukan atau rekomendasi yang diberikan sebesar 70% dari 100 % dan dapat dikategorikan setuju.

4. Apakah anda setuju bahwa aplikasi sistem pakar ini dapat membantu dengan efektif dalam melakukan diagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik?

No	Keterangan	Skor	Frekuensi	S
4	SS	5	6	30
	S	4	4	16
	C	3	0	0
	TS	2	0	0
	STS	1	0	0
Jumlah			10	46

$$\frac{46}{50} \times 100\% = 92\%$$

Berdasarkan hasil persentase nilai pada tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penilaian terhadap pertanyaan mengenai setujukah aplikasi sistem pakar ini dapat membantu dengan efektif dalam melakukan diagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik sebesar 92% dari 100 % dan dapat dikategorikan sangat setuju.

5. Apakah anda setuju perihal diagnosa yang diberikan oleh aplikasi sistem pakar ini terkait defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik?

No	Keterangan	Skor	Frekuensi	S
5	SS	5	5	25
	S	4	5	20
	C	3	0	0
	TS	2	0	0
	STS	1	0	0
Jumlah			10	45

$$\frac{45}{50} \times 100\% = 90\%$$

Berdasarkan hasil persentase nilai pada tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penilaian terhadap pertanyaan mengenai setujukah perihal diagnosa yang diberikan oleh aplikasi sistem pakar ini lebih efisien dalam hal waktu sebesar 90% dari 100 % dan dapat dikategorikan sangat setuju.

6. Apakah anda setuju terhadap kemudahan mengoperasikan fitur – fitur aplikasi sistem pakar ini dalam membantu pengelola *Green House*, Hidroponik PBIO, khususnya dalam melakukan diagnosa defisiensi nutrisi?

No	Keterangan	Skor	Frekuensi	S
6	SS	5	1	5
	S	4	5	20
	C	3	4	12
	TS	2	0	0
	STS	1	0	0
Jumlah			10	33

$$\frac{37}{50} \times 100\% = 74\%$$

Berdasarkan hasil persentase nilai pada tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penilaian terhadap pertanyaan mengenai setujukah kemudahan mengoperasikan fitur – fitur aplikasi sistem pakar ini dalam membantu pengelola *Green House*, Hidroponik PBIO, khususnya dalam melakukan diagnosa defisiensi nutrisi sebesar 74% dari 100 % dan dapat dikategorikan setuju.

d. Pengujian Tingkat Akurasi

Pengujian akurasi dilaksanakan dengan tujuan mengidentifikasi persentase keakuratan pada langkah klasifikasi terhadap data yang diuji. Tingkat akurasi dihitung melalui suatu rumus sebagai berikut. [14]

$$Akurasi = \frac{\sum match}{\sum tp} \times 100\%$$

Keterangan.

$\sum match$  : jumlah klasifikasi yang benar

$\sum tp$  : jumlah data yang dilakukan pengujian

Berikut ini adalah tabel yang mencerminkan hasil pengujian akurasi pada tanaman yang telah dilakukan.

**Tabel 6.** Sampel Tanaman Uji Akurasi

No	Tanaman	Diagnosa User	Diagnosa Pakar	Akurasi
1	Bayam	Boron	Boron	1
2	Bayam	Sulfur	Sulfur	1
3	Bayam	Nitrogen	Nitrogen	1
4	Kangkung	Besi	Besi	1
5	Kangkung	Nitrogen	Nitrogen	1
6	Kangkung	Kalsium	Kalsium	1
7	Pakcoy	Molibdenum	Nitrogen	0
8	Pakcoy	Besi	Besi	1
9	Pakcoy	Nitrogen	Nitrogen	1
10	Sawi	Kalsium	Kalsium	1
11	Sawi	Boron	Boron	1
12	Sawi	Sulfur	Sulfur	1
13	Selada	Zinc	Boron	0
14	Selada	Nitrogen	Nitrogen	1
15	Selada	Kalsium	Kalsium	1

Berdasarkan data yang tercantum dalam tabel di atas, eksperimen telah dilaksanakan menggunakan 15 sampel data tanaman, dan menghasilkan tingkat akurasi sesuai perhitungan sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{\sum match}{\sum tp} \times 100\%$$

Masukan ke dalam rumus.

$$Akurasi = \frac{13}{15} \times 100\%$$

$$Akurasi = 0.866 \times 100\%$$

$$Akurasi = 86,6 \%$$

Dengan demikian, dapat diambil kesimpulan bahwa akurasi sistem pakar, berdasarkan pengujian pada 15 data, mencapai 86.6%. Hal ini menandakan bahwa kinerja sistem pakar ini cukup efektif sesuai dengan standar diagnosa pakar.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pakar yang dapat secara efektif mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik menggunakan metode *certainty factor*. Rumusan masalah melibatkan perancangan sistem pakar dan implementasi metode *certainty factor* untuk memberikan rekomendasi solusi yang akurat dan efisien terkait defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. Dalam pengembangan sistem pakar, dilakukan desain dan implementasi yang responsif dan *user friendly*, dengan integrasi database yang menyimpan informasi tentang defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. Penggunaan aturan berbasis pengetahuan yang komprehensif mendukung proses diagnosa. Penerapan metode *certainty factor* melibatkan pembentukan aturan dengan mempertimbangkan tingkat keyakinan (*certainty factor*) untuk setiap gejala defisiensi nutrisi. Mekanisme pengembangan untuk menghitung dan mengelola *certainty factor* sesuai dengan input data dan aturan diterapkan, serta uji coba dan validasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa *certainty factor* memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan.

Dalam tingkat pengujian akurasi, evaluasi lapangan menggunakan aplikasi sistem pakar tersebut menunjukkan tingkat keberhasilan atau akurasi sebesar 86.6%, menandakan bahwa aplikasi ini berhasil digunakan. Temuan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa aplikasi sistem pakar dapat meningkatkan efisiensi dalam mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi untuk pertanian tanaman hidroponik dengan meningkatkan kemampuan diagnosa defisiensi nutrisi.

#### REFERENCES

- [1] M. Hutasuht, E. F. Ginting, and D. Nofriansyah, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Osteochondroma Dengan Metode Certainty Factor," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 5, p. 1401, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i5.4959.
- [2] M. Dahria, R. Kustini, R. Gunawan, and M. Hutasuht, "Sistem Pakar Mendiagnosa Definisi Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Dengan Metode Certainty Factor," *J. Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD*, vol. 6, no. 1, pp. 216–226, 2023.
- [3] Sulmi, "Pendidikan Hidroponik Tentang Pentingnya Pemenuhan Kebutuhan Nutrisi Bagi Tanaman," *J. Community Dedication*, vol. 2, no. 2, pp. 98–104, 2022.
- [4] T. E. Alodokter, "Pengertian Defisiensi," *ALODOKTER*, 2023. <https://www.alodokter.com/defisiensi>
- [5] A. Zatznika, T. Rohana, and K. B. Ahmad, "Implementasi Metode Certainty Factor Dalam Mendiagnosa Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. IV, no. 1, pp. 39–46, 2023.
- [6] Y. K. Febrina, S. Defit, and G. W. Nurcahyo, "Sistem Pakar dalam Menganalisis Defisiensi Nutrisi Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 3, no. 4, pp. 203–208, 2021, doi: 10.37034/jsisfotek.v3i4.66.
- [7] S. Alim, P. P. Lestari, and R. Rusliyawati, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kakao Menggunakan Metode Certainty Factor Pada Kelompok Tani Pt Olam Indonesia (Cocoa) Cabang Lampung," *J. Data Min. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, p. 26, 2020, doi: 10.33365/jdmsi.v1i1.798.
- [8] P. Hasan and E. Pawan, "Expert System for Early Diagnosis of Tropical Malaria and Tertiana Malaria using Certainty Factor," *Int. J. off [I] P. Hasan E. Pawan, "Expert Syst. Early Diagnosis Trop. Malar. Tertiana Malar. using Certain. Factor," Int. J. Comput. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 4, pp. 155–160, 2021, doi 10.29040/ijcis.v2i4.49. *Comput.*, vol. 2, no. 4, pp. 155–160, 2021, doi: 10.29040/ijcis.v2i4.49.
- [9] Sumiati, H. Saragih, T. K. A. Rahman, and A. Triayudi, "Expert System For Heart Disease Based On Electrocardiogram Data Using Certainty Factor With Multiple Rule," *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 10, no. 1, pp. 43–50, 2021, doi: 10.11591/ijai.v10.i1.pp43-50.
- [10] A. Sucipto, Y. Fernando, R. I. Borman, and N. Mahmuda, "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Diagnosa Penyakit Saraf Tulang Belakang," *J. Ilm. FIFO*, vol. 10, no. 2, p. 18, 2019, doi: 10.22441/fifo.2018.v10i2.002.
- [11] I. Jamaliyah, "PERBANDINGAN METODE TESTING ANTARA BLACKBOX DENGAN WHITEBOX PADA SEBUAH SISTEM INFORMASI," vol. 8, no. 2, pp. 105–114, 2022.
- [12] A. C. Praniffa, A. Syahri, F. Sandes, U. Fariha, and Q. A. Giansyah, "Jurnal Testing dan Implementasi Sistem Informasi PARKIR BERBASIS WEB BLACK BOX AND WHITE BOX TESTING OF WEB-BASED PARKING," vol. 1, no. 1, pp. 1–16, 2023.
- [13] A. Tenriawaru, W. O. Irmayadani, and J. Nangi, "Sistem Pakar Kebutuhan Nutrisi Ibu Hamil Studi Kasus Rumah Sakit Aliyah 1 Kendari," *Anoatik J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: 10.33772/anoatik.v1i1.6.
- [14] D. Kusbianto, R. Ardiansyah, and D. Alwan Hamadi, "IMPLEMENTASI SISTEM PAKAR FORWARD CHAINING UNTUK IDENTIFIKASI DAN TINDAKAN PERAWATAN JERAWAT WAJAH," *J. Inform. Polinema*, vol. 4, no. 2407–070X, pp. 71–80, 2017.