

SmartHydro Doctor: Smart System Berbasis Web untuk Analisis dan Deteksi Penyakit Tanaman Hidroponik (Bayam dan Kangkung) Menggunakan Pendekatan Bayesian

Siti Julianita Siregar^{1*}, Ameilia Zuliyantri Siregar^{2*}, Syarifah Fadillah Rezky³, Meri Sri Wahyuni⁴, Muhammad Syahril⁵

^{1,3,4,5}Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

²Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

*Email Korespondensi: siti.julianita18@gmail.com; ameilia@usu.ac.id

Abstrak

Hidroponik merupakan salah satu teknik budidaya tanaman modern yang banyak diterapkan karena mampu memanfaatkan air, nutrisi, dan lahan secara lebih efisien. Namun, budidaya hidroponik bayam dan kangkung masih menghadapi kendala berupa gangguan nutrisi, ketidaksesuaian pH, perubahan EC/TDS, gangguan akar, serta masalah sirkulasi air yang sering sulit dikenali secara cepat oleh pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan SmartHydro Doctor sebagai sistem pakar berbasis web untuk membantu analisis dan deteksi awal masalah pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung menggunakan pendekatan Bayesian. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan dengan pendekatan pengembangan sistem. Data yang digunakan terdiri atas data tanaman, data gejala, data masalah, nilai prior probability, relasi gejala terhadap masalah, bobot probabilitas, serta rekomendasi penanganan. Sistem dikembangkan menggunakan PHP, MySQL, HTML, CSS, dan Bootstrap, kemudian diuji melalui beberapa skenario kombinasi gejala. Proses diagnosis dilakukan dengan menghitung kemungkinan masalah berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan informasi hidroponik, menerima input tanaman dan gejala, menghasilkan diagnosis utama, ranking kemungkinan masalah, serta rekomendasi penanganan. Pengujian menunjukkan hasil diagnosis Kekurangan Nitrogen sebesar 98,96%, Kekurangan Fosfor 100,00%, Kekurangan Kalsium/Tip Burn 97,92%, pH Larutan Tidak Sesuai 99,98%, dan EC/Nutrisi Terlalu Rendah 98,84%. Pada gejala bervariasi, sistem menampilkan pH Larutan Tidak Sesuai sebesar 40,93% sebagai diagnosis utama. Dengan demikian, SmartHydro Doctor dapat menjadi media bantu diagnosis awal yang praktis, edukatif, dan mudah diakses oleh pengguna hidroponik.

Kata kunci: Bayesian, Hidroponik, Kangkung, Bayam, Sistem Pakr, SmartHydro Doctor

Abstract

Hydroponics is a modern cultivation technique widely applied because it can utilize water, nutrients, and limited land more efficiently. However, hydroponic cultivation of spinach and water spinach still faces several problems, such as nutrient imbalance, inappropriate pH, EC/TDS changes, root disorders, and poor water circulation, which are often difficult for users to identify quickly. This study aims to develop SmartHydro Doctor as a web-based expert system to assist early analysis and detection of problems in hydroponic spinach and water spinach using a Bayesian approach. This research is applied quantitative research with a system development approach. The data used include plant data, symptom data, problem data, prior probability values, symptom-problem relationships, probability weights, and handling recommendations. The system was developed using PHP, MySQL, HTML, CSS, and Bootstrap, then tested through several symptom-combination scenarios. The diagnosis process was carried out by calculating the probability of plant problems based on the symptoms selected by users. The results show that the system can provide hydroponic information, receive plant and symptom inputs, generate the main diagnosis, display ranking of possible problems, and provide initial handling recommendations. The testing results show diagnoses of Nitrogen Deficiency at 98.96%, Phosphorus Deficiency at 100.00%, Calcium Deficiency/Tip Burn at 97.92%, Inappropriate Solution pH at 99.98%, and Low EC/Nutrient Concentration at 98.84%. In a varied-symptom scenario, the system identified Inappropriate Solution pH as the main diagnosis at 40.93%. Therefore, SmartHydro Doctor can serve as a practical, educational, and accessible early diagnosis tool for hydroponic users.

Keywords: Bayesian, Hydroponics, Water spinach, Spinach, Expert system, SmartHydro Doctor

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pertanian modern mendorong penerapan sistem budidaya yang lebih efisien, terkontrol, dan adaptif terhadap keterbatasan lahan, salah satunya melalui hidroponik. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman tanpa tanah yang memanfaatkan air dan larutan nutrisi sebagai sumber utama pertumbuhan tanaman. Sistem ini dinilai relevan untuk mendukung produksi sayuran berkelanjutan, terutama pada wilayah perkotaan dan lahan terbatas, karena mampu mengoptimalkan penggunaan air, nutrisi, dan ruang tanam secara lebih terukur (Food and Agriculture Organization, 2025; Gunapala *et al.*, 2025). Dalam konteks pertanian cerdas, hidroponik juga memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui dukungan teknologi digital, baik dalam pemantauan kondisi tanaman, pengelolaan nutrisi, maupun deteksi dini masalah pertumbuhan tanaman (Fathidarehniyeh *et al.*, 2024).

Bayam dan kangkung merupakan komoditas sayuran daun yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia dan memiliki peluang besar untuk dikembangkan melalui sistem hidroponik. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa bayam dan kangkung termasuk dalam komoditas sayuran semusim yang tercatat dalam statistik hortikultura nasional (Badan Pusat Statistik, 2025b). Pada tahun 2024, produksi bayam nasional tercatat sebesar 1.684.001,95 kuintal, sedangkan kangkung juga menjadi salah satu komoditas sayuran daun dengan volume produksi yang besar di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2025a). Hal ini menunjukkan bahwa kedua tanaman tersebut memiliki nilai ekonomi dan konsumsi yang cukup penting, sehingga diperlukan upaya untuk menjaga kualitas pertumbuhan dan produktivitasnya, termasuk pada sistem budidaya hidroponik.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, budidaya hidroponik tidak terlepas dari kendala teknis. Permasalahan yang sering terjadi antara lain gangguan nutrisi, ketidaksesuaian pH larutan, perubahan EC/TDS, kualitas air yang tidak stabil, gangguan akar, serangan hama, penyakit daun, serta masalah pada sirkulasi air. Pada tanaman hidroponik, gejala seperti daun menguning, daun tampak pucat, pertumbuhan lambat, batang lemah, akar tidak berkembang baik, daun menggulung, serta perubahan kondisi larutan nutrisi dapat menjadi indikator adanya gangguan pertumbuhan atau penyakit tanaman (Luckardi *et al.*, 2025). Kondisi tersebut perlu dikenali sejak awal karena keterlambatan penanganan dapat menurunkan kualitas tanaman, memperlambat pertumbuhan, bahkan menyebabkan gagal panen. Pengelolaan pH, Total Dissolved Solids,

komposisi nutrisi, dan pemantauan kondisi tanaman menjadi faktor penting dalam menjaga keberhasilan budidaya hidroponik (Alimussadad *et al.*, 2025).

Permasalahan lain yang dihadapi pengguna hidroponik adalah keterbatasan pengetahuan dalam membedakan gejala penyakit, gangguan nutrisi, dan kesalahan perawatan. Petani pemula, pelaku hidroponik skala rumah tangga, maupun masyarakat umum sering kali hanya mengandalkan pengalaman pribadi, informasi dari komunitas, atau konsultasi langsung dengan ahli. Cara tersebut belum selalu efektif karena gejala pada tanaman sering memiliki kemiripan, sedangkan akses terhadap pakar tidak selalu tersedia. Oleh karena itu, diperlukan sistem bantu diagnosis yang mampu mengolah gejala secara sistematis, memberikan estimasi kemungkinan masalah, serta menyajikan rekomendasi penanganan awal secara cepat dan mudah diakses.

Pemanfaatan teknologi informasi dalam bidang pertanian telah berkembang melalui sistem pakar, Internet of Things, kecerdasan buatan, machine learning, dan aplikasi berbasis web. Sistem pakar dapat digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan pakar ke dalam sistem komputer sehingga pengguna memperoleh rekomendasi berdasarkan fakta atau gejala yang dimasukkan. Dalam bidang pertanian, sistem pakar telah diterapkan untuk diagnosis penyakit tanaman, identifikasi hama, serta pemberian rekomendasi penanganan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem pakar pada budidaya sayuran hidroponik dapat membantu pengguna mengenali penyakit dan hama serta memberikan solusi perawatan berdasarkan basis pengetahuan yang telah disusun (Sakti & Thoriq, 2021).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam sistem pakar adalah Teorema Bayes. Pendekatan Bayesian memiliki keunggulan dalam menangani ketidakpastian karena dapat menghitung kemungkinan suatu masalah berdasarkan gejala yang muncul. Dalam proses diagnosis tanaman, satu gejala dapat berkaitan dengan beberapa kemungkinan gangguan, sehingga diperlukan metode yang mampu menilai kekuatan hubungan antara gejala dan masalah secara probabilistik. Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode Bayes dalam diagnosis penyakit tanaman, seperti bawang merah, kopi, jagung, dan buah naga. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan Bayesian dapat membantu proses pengambilan keputusan ketika data bersifat tidak pasti dan gejala yang diamati saling beririsan (Ginting *et al.*, 2025; Junaidi *et al.*, 2023; Kartika Imam Santoso *et al.*, 2025).

Walaupun penelitian mengenai sistem pakar penyakit tanaman telah banyak dilakukan, pengembangan sistem cerdas berbasis web yang secara khusus menganalisis

masalah tanaman hidroponik bayam dan kangkung menggunakan pendekatan Bayesian masih relatif terbatas. Sebagian penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada tanaman pangan, tanaman perkebunan, atau diagnosis berbasis citra, sedangkan kebutuhan pengguna hidroponik skala kecil hingga menengah lebih banyak berkaitan dengan diagnosis cepat berbasis gejala yang mudah digunakan melalui website. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan SmartHydro Doctor, yaitu smart system berbasis web untuk analisis dan deteksi masalah tanaman hidroponik bayam dan kangkung menggunakan pendekatan Bayesian. Sistem ini dirancang untuk membantu pengguna memilih gejala, menghitung kemungkinan masalah berdasarkan basis pengetahuan, menampilkan hasil diagnosis, serta memberikan rekomendasi penanganan awal. Dengan demikian, SmartHydro Doctor diharapkan dapat menjadi solusi digital yang praktis, edukatif, dan mendukung penerapan smart farming pada budidaya hidroponik skala rumah tangga maupun usaha kecil.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan dengan pendekatan pengembangan sistem, karena menghasilkan aplikasi berbasis web untuk membantu analisis dan deteksi awal masalah pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung. Objek penelitian meliputi gejala penyakit dan gangguan pertumbuhan tanaman, sedangkan data yang digunakan terdiri atas data gejala, jenis masalah tanaman, nilai probabilitas hubungan gejala dengan masalah, serta rekomendasi penanganan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, pengamatan kebutuhan sistem, dan penyusunan basis pengetahuan sesuai karakteristik gangguan pada tanaman hidroponik. Pemilihan data menggunakan teknik purposive sampling, yaitu memilih gejala dan masalah yang paling relevan dengan kondisi umum budidaya hidroponik bayam dan kangkung.

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan Bayesian untuk menghitung kemungkinan masalah berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Setiap gejala diberi nilai probabilitas terhadap masalah tertentu, kemudian sistem menentukan diagnosis dengan nilai kemungkinan tertinggi. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk nama masalah, persentase kemungkinan, dan rekomendasi penanganan awal. Aplikasi SmartHydro Doctor dikembangkan berbasis web menggunakan PHP, MySQL, HTML, CSS, dan Bootstrap, dengan perangkat pendukung berupa laptop, web server lokal, browser, dan sistem manajemen basis data. Penyajian hasil dilakukan melalui halaman konsultasi dan hasil diagnosis agar informasi dapat diakses secara cepat, terstruktur, dan mudah dipahami.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan menjelaskan luaran utama penelitian, yaitu SmartHydro Doctor sebagai sistem cerdas berbasis web untuk membantu analisis dan deteksi awal masalah pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung. Karena penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan berbasis pengembangan sistem, karakteristik subjek penelitian dijelaskan melalui data dan fungsi sistem, bukan responden manusia. Data yang dianalisis meliputi data tanaman, gejala, penyakit atau gangguan tanaman, nilai probabilitas hubungan gejala dengan penyakit, serta hasil diagnosis sistem. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menampilkan aplikasi, tetapi juga menjelaskan proses sistem dalam menerima input gejala, melakukan perhitungan Bayesian, dan menampilkan diagnosis beserta rekomendasi penanganan.

Karakteristik Data Penelitian

Data yang digunakan dalam SmartHydro Doctor meliputi data tanaman, gejala, masalah tanaman, nilai probabilitas, dan rekomendasi penanganan pada hidroponik bayam dan kangkung. Gejala yang dimasukkan mencakup kondisi daun, pertumbuhan, batang, akar, serta larutan air atau nutrisi. Beberapa gejala yang dianalisis antara lain daun menguning, daun pucat, pertumbuhan lambat, batang lemah, akar pendek, tepi daun mengering, ujung daun terbakar, daun menggulung, pH larutan tidak stabil, serta EC/TDS terlalu rendah atau tinggi. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk membantu pengguna mengenali gangguan tanaman berdasarkan gejala yang dapat diamati langsung.

Basis pengetahuan SmartHydro Doctor disusun dengan memberi kode pada setiap gejala, yaitu G01 sampai G25, untuk memudahkan penyimpanan data, pencarian relasi gejala dengan masalah, dan perhitungan Bayesian. Gejala dikelompokkan ke dalam lima kategori, yaitu daun, pertumbuhan, batang, akar, serta air atau nutrisi. Pengelompokan ini penting karena gangguan tanaman hidroponik tidak hanya terlihat dari perubahan daun, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh kondisi akar, batang, pertumbuhan, serta ketidakseimbangan pH, EC, dan TDS larutan nutrisi.

Tabel 1. Data Gejala pada Sistem SmartHydro Doctor

Kode Gejala	Nama Gejala	Kategori
G01	Daun menguning secara umum	Daun
G02	Daun tua menguning lebih dulu	Daun
G03	Daun muda menguning	Daun
G04	Daun tampak pucat	Daun
G05	Pertumbuhan tanaman lambat	Pertumbuhan

Kode Gejala	Nama Gejala	Kategori
G06	Batang tampak lemah	Batang
G07	Tanaman mudah rebah	Batang
G08	Daun kecil tidak normal	Daun
G09	Akar sedikit dan pendek	Akar
G10	Akar tidak berkembang baik	Akar
G11	Warna daun berubah keunguan	Daun
G12	Tepi daun mengering	Daun
G13	Ujung daun terbakar	Daun
G14	Daun menggulung ke atas	Daun
G15	Daun menggulung ke bawah	Daun
G16	Daun rapuh/mudah patah	Daun
G17	Bercak kuning di antara tulang daun	Daun
G18	Tulang daun tetap hijau tetapi	Daun
G19	jaringan daun menguning	Daun
G20	Daun muda tumbuh tidak normal	Daun
G21	pH larutan sering berubah	Air/Nutrisi
G22	pH larutan terlalu tinggi	Air/Nutrisi
G23	pH larutan terlalu rendah	Air/Nutrisi
G24	EC/TDS larutan rendah	Air/Nutrisi
G25	EC/TDS larutan tinggi	Air/Nutrisi

Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem menggunakan 25 gejala sebagai dasar proses konsultasi. Sebagian besar gejala berada pada kategori daun karena perubahan kondisi daun merupakan indikator visual yang paling mudah diamati oleh pengguna hidroponik. Gejala pada daun dapat menunjukkan beberapa kemungkinan gangguan, seperti kekurangan unsur hara, ketidakseimbangan nutrisi, maupun respons tanaman terhadap kondisi lingkungan tumbuh. Selain itu, sistem juga memuat gejala pada kategori akar, batang, pertumbuhan, serta air atau nutrisi. Keberadaan kategori air atau nutrisi penting karena pada sistem hidroponik, gangguan tanaman tidak hanya disebabkan oleh penyakit biologis, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh ketidakseimbangan pH, EC, TDS, dan kualitas larutan nutrisi. Dengan demikian, data gejala yang digunakan dalam SmartHydro Doctor telah disusun secara terstruktur untuk mendukung proses diagnosis berbasis Bayesian.

Analisis Univariat

Analisis univariat dalam penelitian ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik data gejala yang terdapat pada basis pengetahuan sistem SmartHydro Doctor. Pada tahap ini, setiap gejala dianalisis berdasarkan kategori gangguan yang muncul pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung. Pengelompokan gejala dilakukan untuk mengetahui sebaran data yang digunakan dalam proses diagnosis, sehingga struktur basis pengetahuan sistem dapat dijelaskan secara lebih terukur. Data gejala dalam sistem

dikelompokkan ke dalam lima kategori, yaitu gangguan daun, air atau nutrisi, akar, batang, dan pertumbuhan.

Jumlah gejala pada setiap kategori dinyatakan dalam nilai n, yaitu banyaknya gejala yang termasuk ke dalam kategori tersebut. Persentase dihitung dengan membandingkan jumlah gejala pada setiap kategori terhadap total seluruh gejala yang digunakan dalam sistem. Berdasarkan data pada database SmartHydro Doctor, terdapat 25 gejala yang digunakan sebagai dasar proses konsultasi. Distribusi gejala berdasarkan kategori gangguan tanaman hidroponik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Gejala Berdasarkan Kategori Gangguan Tanaman Hidroponik

Kategori Gangguan	n	%
Gangguan Daun	15	60.00
Gangguan Air/Nutrisi	5	20.00
Gangguan Akar	2	8.00
Gangguan Batang	2	8.00
Gangguan Pertumbuhan	1	4.00
Total	25	100.00

Tabel 2 menunjukkan bahwa gejala paling banyak berada pada kategori gangguan daun, yaitu 15 gejala atau 60,00% dari total gejala. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan pada daun menjadi indikator utama dalam identifikasi gangguan tanaman hidroponik karena mudah diamati pengguna, seperti daun menguning, pucat, tepi daun mengering, ujung daun terbakar, daun menggulung, dan perubahan warna jaringan daun.

Kategori air atau nutrisi menempati urutan kedua dengan 5 gejala atau 20,00%, yang menunjukkan pentingnya kestabilan pH, EC, dan TDS dalam budidaya hidroponik. Sementara itu, kategori akar dan batang masing-masing memiliki 2 gejala atau 8,00%, sedangkan pertumbuhan memiliki 1 gejala atau 4,00%. Distribusi ini memperlihatkan bahwa basis pengetahuan SmartHydro Doctor telah mencakup aspek penting pengamatan tanaman, mulai dari daun, larutan nutrisi, akar, batang, hingga pertumbuhan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis Bayesian.

Analisis Bivariat

Analisis bivariat dalam penelitian ini digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel gejala dengan variabel masalah atau penyakit tanaman hidroponik. Hubungan tersebut diperoleh dari basis pengetahuan sistem yang menghubungkan setiap gejala dengan kemungkinan masalah tertentu melalui nilai bobot probabilitas. Dalam sistem SmartHydro Doctor, satu gejala dapat berhubungan dengan lebih dari satu masalah, dan satu masalah juga dapat memiliki beberapa gejala pendukung. Oleh karena itu, analisis

bivariat penting untuk menunjukkan bagaimana keterkaitan antara gejala dan masalah disusun sebelum digunakan dalam proses perhitungan Bayesian.

Nilai bobot probabilitas menunjukkan tingkat kekuatan hubungan antara suatu gejala dengan masalah tanaman tertentu. Semakin tinggi nilai bobot yang diberikan, maka semakin besar kontribusi gejala tersebut dalam mendukung kemungkinan diagnosis terhadap masalah tertentu. Sebagai contoh, gejala daun tua menguning lebih dahulu memiliki bobot probabilitas yang tinggi terhadap masalah kekurangan nitrogen, sedangkan gejala warna daun berubah keunguan lebih kuat mengarah pada kekurangan fosfor. Dengan demikian, sistem tidak hanya mencocokkan gejala secara langsung, tetapi juga mempertimbangkan tingkat kemungkinan setiap gejala terhadap masing-masing masalah tanaman.

Tabel 3. Hubungan Gejala dengan Masalah Tanaman Hidroponik Berdasarkan Bobot Probabilitas

Kode Masalah	Nama Masalah	Kode Gejala	Nama Gejala	Bobot Probabilitas
P01	Kekurangan Nitrogen	G01	Daun menguning secara umum.	0.750
P01	Kekurangan Nitrogen	G02	Daun tua menguning lebih dahulu.	0.900
P01	Kekurangan Nitrogen	G04	Daun tampak pucat.	0.650
P01	Kekurangan Nitrogen	G05	Pertumbuhan tanaman lambat.	0.800
P01	Kekurangan Nitrogen	G08	Daun kecil tidak normal	0.600
P02	Kekurangan Fosfor	G05	Pertumbuhan tanaman lambat.	0.700
P02	Kekurangan Fosfor	G09	Akar sedikit dan pendek	0.600
P02	Kekurangan Fosfor	G10	Akar tidak berkembang baik	0.650
P02	Kekurangan Fosfor	G11	Warna daun berubah keunguan	0.800
P03	Kekurangan Kalium	G12	Tepi daun mengering	0.800
P03	Kekurangan Kalium	G13	Ujung daun terbakar	0.700
P03	Kekurangan Kalium	G14	Daun menggulung ke atas	0.600
P03	Kekurangan Kalium	G16	Daun rapuh/mudah patah	0.550
P04	Kekurangan Kalsium / Tip Burn	G13	Ujung daun terbakar	0.900
P04	Kekurangan Kalsium / Tip Burn	G20	Daun muda tumbuh tidak normal	0.77

Tabel 3 menunjukkan bahwa setiap masalah tanaman memiliki gejala pendukung dengan bobot probabilitas yang berbeda. Pada kekurangan nitrogen, gejala daun tua menguning lebih dahulu memiliki bobot tertinggi sebesar 0.900, sehingga menjadi indikator kuat terhadap masalah tersebut. Pada kekurangan fosfor, gejala warna daun berubah keunguan memiliki bobot 0.800, sedangkan pada kekurangan kalsium atau tip burn, gejala ujung daun terbakar memiliki bobot 0.900 dan menjadi indikator dominan dalam proses diagnosis.

Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa hubungan antara gejala dan masalah tanaman telah disusun secara terukur melalui nilai probabilitas. Relasi ini menjadi dasar perhitungan Bayesian, karena sistem membaca gejala yang dipilih pengguna, mencocokkannya dengan masalah yang relevan, lalu menghitung kemungkinan diagnosis berdasarkan bobot probabilitas. Dengan demikian, proses diagnosis pada SmartHydro Doctor dilakukan berdasarkan hubungan probabilistik, bukan pencocokan gejala secara acak.

Analisis Multivariat

Analisis multivariat digunakan untuk menjelaskan proses diagnosis yang melibatkan beberapa variabel secara bersamaan. Pada sistem SmartHydro Doctor, diagnosis tidak hanya didasarkan pada satu gejala, tetapi mengolah kombinasi jenis tanaman, nilai prior probability setiap masalah, relasi gejala terhadap masalah, serta bobot probabilitas gejala yang dipilih pengguna. Dengan demikian, hasil diagnosis merupakan perhitungan dari beberapa komponen data yang saling berhubungan.

Data tanaman digunakan untuk membedakan objek diagnosis antara kangkung hidroponik dan bayam hidroponik, karena setiap tanaman dapat memiliki tingkat kemungkinan masalah yang berbeda. Nilai prior probability digunakan sebagai peluang awal suatu masalah, kemudian dikombinasikan dengan bobot probabilitas gejala. Melalui pendekatan Bayesian, sistem menghitung kemungkinan setiap masalah dan menampilkan nilai tertinggi sebagai diagnosis utama.

Tabel 4. Data Tanaman pada Sistem SmartHydro Doctor

Tanaman	Nama Tanaman	Nama Latin	Deskripsi
T01	Kangkung Hidroponik	<i>Ipomoea aquatica</i>	Tanaman sayuran daun yang cepat panen dan sensitif terhadap perubahan nutrisi serta kualitas air.
T02	Bayam Hidroponik	<i>Amaranthus spp.</i>	Tanaman sayuran daun yang membutuhkan nutrisi seimbang dan kondisi lingkungan tumbuh yang stabil.

Tabel 4 menunjukkan bahwa sistem SmartHydro Doctor dirancang untuk menganalisis dua jenis tanaman, yaitu kangkung hidroponik dan bayam hidroponik. Kedua tanaman tersebut dipilih karena umum dibudidayakan dengan sistem hidroponik dan memiliki gejala gangguan yang relatif mudah diamati secara visual. Data tanaman ini menjadi input awal dalam proses konsultasi sebelum pengguna memilih gejala yang muncul pada tanaman.

Tabel 5. Contoh Prior Probability Masalah berdasarkan Jenis Tanaman

Tanaman	Kode Masalah	Nama Masalah	Prior Probability
Kangkung Hidroponik	P01	Kekurangan Nitrogen	0.066
Kangkung Hidroponik	P02	Kekurangan Fosfor	0.066
Kangkung Hidroponik	P03	Kekurangan Kalium	0.066
Kangkung Hidroponik	P10	Busuk Akar	0.075
Kangkung Hidroponik	P13	Kurang Cahaya Matahari	0.075
Bayam Hidroponik	P01	Kekurangan Nitrogen	0.075
Bayam Hidroponik	P02	Kekurangan Fosfor	0.066
Bayam Hidroponik	P04	Kekurangan Kalsium	0.075
Bayam Hidroponik	P06	Kekurangan Zat Besi	0.075
Bayam Hidroponik	P07	pH Larutan Tidak Sesuai	0.066

Tabel 5 menunjukkan contoh nilai prior probability yang digunakan sebagai peluang awal suatu masalah terhadap jenis tanaman tertentu. Nilai prior probability tidak berdiri sendiri sebagai hasil diagnosis, tetapi menjadi dasar awal yang akan diperbarui berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Misalnya, suatu masalah dapat memiliki peluang awal yang relatif kecil, tetapi nilainya dapat meningkat apabila pengguna memilih beberapa gejala yang memiliki bobot kuat terhadap masalah tersebut.

Pada tahap perhitungan multivariat, sistem menggabungkan nilai prior probability dengan bobot probabilitas gejala. Sebagai contoh, apabila pengguna memilih tanaman kangkung hidroponik dengan gejala daun menguning secara umum, daun tua menguning lebih dahulu, daun tampak pucat, dan pertumbuhan tanaman lambat, maka sistem akan membaca seluruh relasi gejala tersebut terhadap setiap kemungkinan masalah. Jika sebagian besar gejala memiliki hubungan kuat dengan kekurangan nitrogen, maka nilai akhir kekurangan nitrogen akan menjadi lebih tinggi dibandingkan kemungkinan masalah lainnya.

Tabel 6. Hasil Diagnosis berdasarkan Kombinasi Gejala pada Sistem SmartHydro Doctor

Tanaman	Kombinasi Gejala	Hasil Diagnosis	Nilai Kemungkinan
Kangkung Hidroponik	Daun menguning secara umum, daun tua menguning lebih dahulu, daun tampak pucat, pertumbuhan tanaman lambat.	Kekurangan Nitrogen kategori nutrisi	98,96%
Kangkung Hidroponik	Akar sedikit dan pendek, akar tidak berkembang baik, warna daun berubah keunguan, pertumbuhan tanaman lambat.	Kekurangan Fosfor kategori nutrisi	100%
Bayam Hidroponik	Ujung daun terbakar, daun muda tumbuh tidak normal, daun menggulung ke atas.	Kekurangan Kalsium / Tip Burn	97,92
Bayam Hidroponik	pH larutan sering berubah, pH larutan terlalu tinggi, pH larutan terlalu rendah.	pH Larutan Tidak Sesuai. Kategori: lingkungan air	99,98%
Bayam Hidroponik	EC/TDS larutan rendah, pertumbuhan tanaman lambat, daun tampak pucat	EC/Nutrisi Terlalu Rendah	98,84%

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian SmartHydro Doctor berdasarkan kombinasi gejala pada tanaman kangkung dan bayam hidroponik. Setiap kombinasi gejala diproses menggunakan pendekatan Bayesian dengan mempertimbangkan jenis tanaman, peluang awal masalah, relasi gejala, dan bobot probabilitas dalam basis pengetahuan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kangkung hidroponik, kombinasi gejala daun menguning, daun tua menguning lebih dahulu, daun tampak pucat, dan pertumbuhan lambat menghasilkan diagnosis Kekurangan Nitrogen sebesar 98,96%, sedangkan kombinasi gejala akar sedikit, akar tidak berkembang baik, warna daun keunguan, dan pertumbuhan lambat menghasilkan diagnosis Kekurangan Fosfor sebesar 100%.

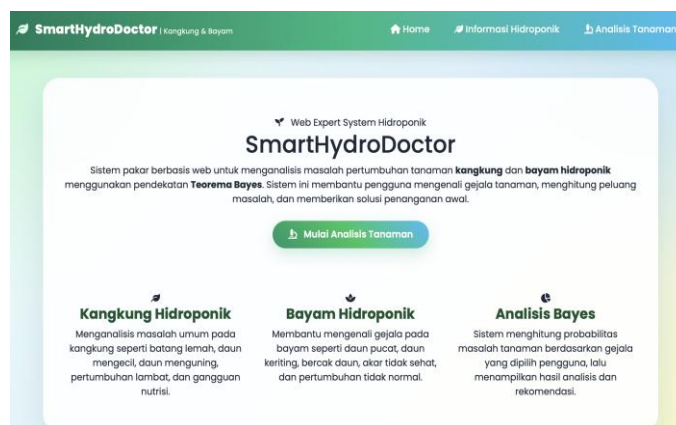
Pada bayam hidroponik, kombinasi gejala ujung daun terbakar, daun muda tumbuh tidak normal, dan daun menggulung ke atas menghasilkan diagnosis Kekurangan Kalsium/Tip Burn sebesar 97,92%. Selanjutnya, kombinasi gejala pH larutan sering berubah, pH terlalu tinggi, dan pH terlalu rendah menghasilkan diagnosis pH Larutan Tidak Sesuai sebesar 99,98%, sedangkan kombinasi gejala EC/TDS rendah, pertumbuhan lambat, dan daun tampak pucat menghasilkan diagnosis EC/Nutrisi Terlalu Rendah sebesar 98,84%. Hasil ini menunjukkan bahwa SmartHydro Doctor mampu mengolah beberapa gejala secara bersamaan dan menghasilkan diagnosis berdasarkan nilai kemungkinan

tertinggi, sehingga pendekatan Bayesian dapat digunakan untuk membantu mempersempit kemungkinan masalah pada tanaman hidroponik secara lebih terarah.

Implementasi Sistem SmartHydro Doctor

Hasil implementasi menunjukkan bahwa aplikasi SmartHydro Doctor telah berjalan dengan baik dan mampu menjalankan fungsi utama sesuai tujuan penelitian. Sistem menyediakan halaman utama, informasi hidroponik, konsultasi, pemilihan gejala, dan hasil diagnosis. Pada halaman konsultasi, pengguna dapat memilih jenis tanaman dan gejala sesuai kondisi tanaman, kemudian sistem memproses data menggunakan perhitungan Bayesian untuk menampilkan diagnosis, nilai kemungkinan, serta rekomendasi penanganan.

Sistem dirancang berbasis web sehingga dapat diakses melalui browser tanpa instalasi aplikasi tambahan. Antarmuka yang responsif memungkinkan penggunaan melalui laptop maupun smartphone. Secara umum, SmartHydro Doctor mampu menjadi media bantu diagnosis awal yang sederhana, informatif, mudah digunakan, dan relevan dengan kebutuhan pengguna hidroponik bayam dan kangkung.



Gambar 1. Tampilan Halaman Utama SmartHydro Doctor

Gambar 1 menunjukkan tampilan halaman utama sistem SmartHydro Doctor sebagai halaman pembuka yang memperkenalkan identitas, tujuan, dan fitur utama aplikasi. Pada halaman ini ditampilkan nama aplikasi SmartHydroDoctor dengan keterangan bahwa sistem merupakan web expert system hidroponik untuk menganalisis masalah pertumbuhan tanaman kangkung dan bayam menggunakan pendekatan Teorema Bayes. Tampilan dirancang sederhana, informatif, dan mudah dipahami agar pengguna dapat mengetahui fungsi utama sistem sebelum melakukan konsultasi.

Halaman utama dilengkapi tombol Mulai Analisis Tanaman yang berfungsi mengarahkan pengguna ke halaman analisis tanaman. Melalui fitur ini, pengguna dapat

memulai konsultasi dengan memilih jenis tanaman dan gejala yang sesuai dengan kondisi tanaman hidroponik yang diamati. Selain itu, tersedia menu navigasi Home, Informasi Hidroponik, dan Analisis Tanaman untuk memudahkan pengguna berpindah antarhalaman.

Halaman ini juga menampilkan informasi ringkas mengenai ruang lingkup sistem, yaitu Kangkung Hidroponik, Bayam Hidroponik, dan Analisis Bayes. Informasi tersebut menjelaskan bahwa sistem dapat membantu mengenali masalah umum pada tanaman hidroponik, seperti daun menguning, batang lemah, pertumbuhan lambat, gangguan nutrisi, akar tidak sehat, dan gejala lain yang berkaitan dengan kondisi tanaman. Secara keseluruhan, halaman utama berperan sebagai pintu masuk pengguna untuk memahami fungsi SmartHydro Doctor dengan tampilan responsif, navigasi jelas, serta desain hijau dan biru yang merepresentasikan konsep pertanian hidroponik dan teknologi digital.



Gambar 2. Tampilan Halaman Informasi Hidroponik Kangkung & Bayam

Gambar 2 menunjukkan tampilan halaman informasi hidroponik pada sistem SmartHydro Doctor. Halaman ini berfungsi sebagai media edukasi awal sebelum pengguna melakukan analisis tanaman. Informasi yang disajikan mencakup konsep dasar hidroponik sebagai teknik budidaya tanpa tanah dengan memanfaatkan air dan larutan nutrisi. Penjelasan ini penting karena keberhasilan budidaya hidroponik dipengaruhi oleh kestabilan nutrisi, kualitas air, pencahayaan, sirkulasi larutan, dan kondisi lingkungan tanaman.

Halaman ini juga menjelaskan karakteristik kangkung dan bayam hidroponik. Kangkung merupakan sayuran daun yang cepat tumbuh, tetapi sensitif terhadap gangguan

nutrisi, pH larutan, kualitas air, dan kelancaran aliran. Sementara itu, bayam membutuhkan kondisi lingkungan yang stabil karena gangguan nutrisi, EC/TDS, pH, cahaya, hama, maupun jamur dapat memengaruhi pertumbuhannya. Dengan informasi ini, pengguna dapat memahami bahwa masalah pada tanaman hidroponik tidak hanya disebabkan oleh penyakit, tetapi juga dapat berkaitan dengan nutrisi, lingkungan, dan sistem instalasi.

Selain itu, halaman informasi menampilkan metode analisis yang digunakan, yaitu pendekatan Teorema Bayes untuk menganalisis gejala, menentukan kemungkinan masalah, menghitung probabilitas, dan memberikan rekomendasi penanganan awal. Secara fungsional, halaman ini menjadi penghubung antara edukasi pengguna dan proses konsultasi. Setelah memahami informasi dasar, pengguna dapat melanjutkan ke proses analisis tanaman melalui tombol Mulai Analisis Tanaman.

Gambar 3. Tampilan Halaman Analisis Tanaman

Halaman analisis tanaman hidroponik merupakan tahap awal dalam proses konsultasi pada sistem SmartHydro Doctor. Pada halaman ini, pengguna mengisi nama dan memilih jenis tanaman yang akan dianalisis, yaitu bayam hidroponik atau kangkung hidroponik. Pemilihan tanaman menjadi penting karena data tersebut digunakan sebagai dasar awal untuk menyesuaikan proses diagnosis berdasarkan karakteristik tanaman yang dipilih.

Tampilan halaman dirancang sederhana dan responsif agar mudah digunakan melalui laptop maupun perangkat mobile. Setelah pengguna memilih tanaman, tombol Lanjut Pilih Gejala akan mengarahkan pengguna ke tahap pemilihan gejala. Informasi pada halaman ini juga menjelaskan bahwa sistem akan menganalisis kemungkinan masalah tanaman berdasarkan gejala yang dipilih menggunakan metode Teorema Bayes.

Secara fungsional, halaman ini berperan sebagai tahap identifikasi awal sebelum proses perhitungan dilakukan. Data tanaman yang dipilih akan digunakan bersama data gejala, data masalah, bobot probabilitas, dan nilai prior probability dalam proses analisis Bayesian. Dengan demikian, halaman ini menjadi bagian penting dalam alur kerja sistem karena menentukan objek tanaman yang akan dianalisis pada tahap diagnosis berikutnya.

SmartHydroDoctor | [Home](#) | [Informasi Hidroponik](#) | [Analisa Tanaman](#)

Pilih Gejala Tanaman

Pilih gejala yang terlihat pada tanaman hidroponik.

Nama Pengguna: SR Jularita
Jenis Tanaman: Bayam Hidroponik

☒ 001 - Daun menguning secara umum Kategori: Daun	☐ 002 - Daun tua menguning lebih dahulu Kategori: Daun
☐ 003 - Daun muda menguning Kategori: Daun	☐ 004 - Daun tampak pucat Kategori: Daun
☐ 005 - Pertumbuhan tanaman lambat Kategori: Pertumbuhan	☒ 006 - Batang tampak lemah Kategori: Batang
☐ 007 - Tanaman mudah rebah Kategori: Batang	☐ 008 - Daun kecil tidak normal Kategori: Daun
☐ 009 - Akar sedikit dan pendek Kategori: Akar	☐ 010 - Akar tidak berkembang baik Kategori: Akar
☒ 011 - Warna daun berubah keunguan Kategori: Daun	☐ 012 - Tepi daun mengerut Kategori: Daun
☐ 013 - Ujung daun terbakar Kategori: Daun	☐ 014 - Daun menggulung ke atas Kategori: Daun
☐ 015 - Daun menggulung ke bawah Kategori: Daun	☒ 016 - Daun nguput/mudah patah Kategori: Daun
☐ 017 - Berak tunas di antara tulang daun Kategori: Daun	☐ 018 - Tulang daun tetap hijau tetapi jaringan daun kuring Kategori: Daun
☐ 019 - Daun muda pucat hampir putih Kategori: Daun	☐ 020 - Daun muda tumbuh tidak normal Kategori: Daun
☒ 021 - perakaran sering berubah Kategori: Akr/batang	☐ 022 - perakaran terlalu tinggi Kategori: Akr/batang
☐ 023 - perakaran terlalu rendah Kategori: Akr/batang	☐ 024 - EC/TDS larutan rendah Kategori: Akr/batang
☐ 025 - EC/TDS larutan tinggi Kategori: Akr/batang	☐ 026 - Tanaman layu meskipun air tersedia Kategori: Pertumbuhan
☐ 027 - Akar berwarna coklat Kategori: Akar	☐ 028 - Akar berlendir Kategori: Akar
☐ 029 - Akar berbau tidak sedap Kategori: Akar	☐ 030 - Air larutan berbau Kategori: Akr/batang
☐ 031 - Terdapat kumut pada instalasi Kategori: Sistem	☒ 032 - Aliran air tidak lancar Kategori: Sistem
☐ 040 - Daun terasa terbelak/leku Kategori: Daun	☐ 040 - Daun tampak terbakar setelah penambahan nutrisi Kategori: Daun
☐ 041 - larutan nutrisi cepat keruh Kategori: Akr/batang	☐ 042 - Tanaman tidak segar setelah pindah tanam Kategori: Pertumbuhan
☐ 043 - Daun bayam kemerahan tidak normal Kategori: Daun	☐ 044 - Batang kangkung terlalu panjang dan lemah Kategori: Batang
☐ 045 - Daun kangkung mengerut Kategori: Daun	☐ 046 - Daun bayam kecil dan kering Kategori: Daun
☐ 047 - Media tanam terlalu basah dan kotor Kategori: Sistem	☐ 048 - Netpot tersumbat akar/kumut Kategori: Sistem
☒ 049 - Daun tampak kusam Kategori: Daun	☐ 050 - Pertumbuhan berhenti setelah beberapa hari Kategori: Pertumbuhan

[Analisa sekarang](#)

Gambar 4. Halaman Pemilihan Gejala Tanaman

Gambar 4 menunjukkan halaman pemilihan gejala pada sistem SmartHydro Doctor yang muncul setelah pengguna mengisi nama dan memilih jenis tanaman. Pada contoh pengujian, pengguna memilih Bayam Hidroponik, kemudian sistem menampilkan daftar gejala dalam bentuk checkbox yang dilengkapi kode, nama, dan kategori gejala. Tampilan ini memudahkan pengguna memilih gejala berdasarkan kondisi tanaman atau lingkungan hidroponik, seperti daun, batang, akar, air atau nutrisi, pertumbuhan, dan sistem hidroponik.

Pada skenario ini, pengguna memilih gejala G01 daun menguning secara umum, G06 batang tampak lemah, G11 warna daun berubah keunguan, G16 daun rapuh/mudah patah, G21 pH larutan sering berubah, G32 aliran air tidak lancar, dan G59 daun tampak kusam. Kombinasi gejala tersebut menunjukkan adanya gangguan yang berkaitan dengan kondisi daun, batang, kestabilan larutan nutrisi, dan aliran air. Data gejala yang dipilih menjadi input utama karena setiap gejala memiliki relasi dan bobot probabilitas terhadap masalah tanaman tertentu.

Setelah gejala dipilih, pengguna menekan tombol Analisis Sekarang untuk memulai perhitungan. Sistem membaca kode gejala, mencocokkannya dengan basis pengetahuan, lalu menghitung kemungkinan diagnosis menggunakan pendekatan Bayesian. Hasil analisis ditampilkan pada halaman diagnosis berupa masalah tanaman yang paling mungkin terjadi, nilai probabilitas, deskripsi masalah, dan rekomendasi penanganan.

No	Kode	Masalah Tanaman	Kategori	Probabilitas
1	P01	pH Larutan Tidak Sesuai	Lingkungan Air	40.93%
2	P02	Kekurangan Nitrogen	Nutrisi	35.24%
3	P03	Kekurangan Kalium	Nutrisi	20.41%
4	P04	Salinitas Air Berak	Sistem Hidroponik	6.79%
5	P05	Kekurangan Fosfor	Nutrisi	6.68%
6	P06	EC (Kandungan Garam)	Lingkungan Air	6.54%
7	P07	Kekurangan Sulfur	Nutrisi	6.49%
8	P08	Kurang Cahaya Matahari	Lingkungan Hidroponik	6.45%
9	P09	Serangan Jamur Daun	Penyakit Daun	6.45%
10	P10	Kekurangan Kalsium / Tip Burn	Nutrisi	6.05%
11	P11	Kekurangan Zat Besi	Nutrisi	6.05%
12	P12	Serangan Hama Kutu Daun Terpa	Hama	6.05%
13	P13	EC (Kandungan Garam) Tinggi	Lingkungan Air	6.05%
14	P14	Bauk Aler	Penyakit Aler	6.05%
15	P15	Suhu Lingkungan Terlalu Panas	Lingkungan Ruah	6.05%

Gambar 5. Halaman Hasil Analisis Tanaman Hidroponik

Gambar 5 menunjukkan hasil analisis tanaman hidroponik berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Pada skenario pengujian ini, pengguna atas nama Siti Julianita memilih Bayam Hidroponik dengan tujuh gejala, yaitu G01 daun menguning secara umum, G06 batang tampak lemah, G11 warna daun berubah keunguan, G16 daun rapuh/mudah patah, G21 pH larutan sering berubah, G32 aliran air tidak lancar, dan G59 daun tampak kusam. Gejala tersebut diproses menggunakan Teorema Bayes untuk menentukan kemungkinan masalah tanaman berdasarkan nilai probabilitas tertinggi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa masalah utama yang terdeteksi adalah pH Larutan Tidak Sesuai dengan probabilitas 40,93% dan termasuk kategori Lingkungan Air. Hasil ini menunjukkan bahwa gejala yang dipilih memiliki keterkaitan paling kuat dengan

ketidaksesuaian pH larutan. Pada sistem hidroponik, pH yang terlalu asam atau basa dapat menghambat penyerapan unsur hara, sehingga tanaman dapat mengalami daun menguning, pertumbuhan tidak optimal, daun kusam, dan kondisi tanaman yang melemah.

Selain diagnosis utama, sistem juga menampilkan ranking kemungkinan masalah lain, yaitu Kekurangan Nitrogen sebesar 35,24% dan Kekurangan Magnesium sebesar 20,47%. Penyajian ranking ini penting karena satu gejala dapat berkaitan dengan beberapa penyebab, misalnya daun menguning dapat disebabkan oleh gangguan pH, kekurangan nitrogen, atau kekurangan magnesium. Sistem juga memberikan rekomendasi penanganan berupa pengukuran pH larutan, penyesuaian pH menggunakan pH up atau pH down, serta penggantian larutan nutrisi jika kondisi larutan tidak stabil.

Berdasarkan hasil tersebut, SmartHydro Doctor telah mampu membaca gejala yang dipilih pengguna, menghubungkannya dengan basis pengetahuan, menghitung nilai probabilitas, serta menampilkan diagnosis utama, kategori, ranking alternatif masalah, dan rekomendasi penanganan. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi berjalan dengan baik dan dapat digunakan sebagai sistem bantu diagnosis awal pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa SmartHydro Doctor berhasil diimplementasikan sebagai sistem pakar berbasis web untuk membantu analisis dan deteksi awal masalah pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung. Sistem menyediakan halaman beranda, informasi hidroponik, analisis tanaman, pemilihan gejala, dan hasil analisis yang saling terhubung sehingga pengguna dapat memilih tanaman, menentukan gejala, memperoleh diagnosis, serta melihat rekomendasi penanganan dengan mudah (Siregar, *et al.*, 2025).

Berdasarkan Tabel 6, sistem mampu menghasilkan diagnosis dengan nilai kemungkinan tinggi ketika gejala yang dipilih mengarah pada satu masalah tertentu. Pada kangkung hidroponik, sistem menghasilkan diagnosis Kekurangan Nitrogen sebesar 98,96% dan Kekurangan Fosfor sebesar 100,00%. Pada bayam hidroponik, sistem menghasilkan diagnosis Kekurangan Kalsium/Tip Burn sebesar 97,92%, pH Larutan Tidak Sesuai sebesar 99,98%, dan EC/Nutrisi Terlalu Rendah sebesar 98,84%. Hasil ini menunjukkan bahwa basis pengetahuan dan relasi gejala-masalah telah mendukung proses diagnosis secara terarah.

Sistem juga diuji menggunakan kombinasi gejala yang lebih bervariasi pada bayam hidroponik, yaitu G01, G06, G11, G16, G21, G32, dan G59. Hasil analisis menunjukkan diagnosis utama pH Larutan Tidak Sesuai sebesar 40,93%, diikuti Kekurangan Nitrogen sebesar 35,24% dan Kekurangan Magnesium sebesar 20,47%. Nilai diagnosis utama yang tidak terlalu dominan menunjukkan bahwa gejala yang dipilih berkaitan dengan beberapa kemungkinan masalah, sehingga sistem menampilkan ranking alternatif diagnosis yang relevan.

Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa SmartHydro Doctor mampu menangani dua kondisi diagnosis. Pada gejala yang spesifik dan searah, sistem menghasilkan nilai kemungkinan tinggi, sedangkan pada gejala yang bervariasi, sistem tetap memberikan diagnosis utama beserta alternatif masalah. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan Bayesian sesuai digunakan untuk mengolah ketidakpastian gejala dan mempersempit kemungkinan masalah berdasarkan hubungan gejala dengan basis pengetahuan.

Secara keseluruhan, SmartHydro Doctor telah berjalan sesuai tujuan penelitian karena mampu menyediakan informasi hidroponik, menerima input tanaman dan gejala, memproses diagnosis, menampilkan ranking masalah, serta memberikan rekomendasi penanganan awal. Sistem ini dapat digunakan sebagai media bantu diagnosis yang praktis dan mudah diakses, meskipun hasilnya tetap perlu dipahami sebagai rekomendasi awal. Pengembangan selanjutnya perlu dilakukan dengan memperluas basis pengetahuan, melibatkan validasi pakar hidroponik, dan menguji sistem pada lebih banyak kasus nyata di lapangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, SmartHydro Doctor berhasil dikembangkan sebagai sistem pakar berbasis web untuk membantu analisis awal masalah pada tanaman hidroponik bayam dan kangkung. Sistem mampu menampilkan informasi hidroponik, menerima input tanaman dan gejala, memproses kombinasi gejala, serta menghasilkan diagnosis, ranking kemungkinan masalah, dan rekomendasi penanganan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan diagnosis dengan nilai kemungkinan tinggi, yaitu Kekurangan Nitrogen sebesar 98,96%, Kekurangan Fosfor sebesar 100,00%, Kekurangan Kalsium/Tip Burn sebesar 97,92%, pH Larutan Tidak Sesuai sebesar 99,98%, dan EC/Nutrisi Terlalu Rendah sebesar 98,84%. Pada pengujian dengan gejala bervariasi,

sistem menghasilkan diagnosis utama pH Larutan Tidak Sesuai sebesar 40,93%, diikuti Kekurangan Nitrogen sebesar 35,24% dan Kekurangan Magnesium sebesar 20,47%. Dengan demikian, pendekatan Bayesian dapat digunakan untuk membantu diagnosis awal secara terarah berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Pengembangan selanjutnya disarankan dengan menambah basis pengetahuan, melibatkan validasi pakar hidroponik, melakukan pengujian pada kasus nyata, serta menambahkan fitur riwayat konsultasi, laporan hasil analisis, dan integrasi sensor pH atau EC/TDS.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimussadad, M., Lestari, D., & Utomo, W. M. (2025). Smart Hydroponic Nutrient Monitoring and Control System using Fuzzy Logic and IoT. *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi Dan Komputer*, 9(2), 115–129. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v9i2.1494>
- Badan Pusat Statistik. (2025a). *Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Menurut Jenis Tanaman, 2024*.
- Badan Pusat Statistik. (2025b). *Statistik Hortikultura 2024*.
- Fathidarehniyeh, E., Nadeem, M., Cheema, M., Thomas, R., Krishnapillai, M., & Galagedara, L. (2024). Current perspective on nutrient solution management strategies to improve the nutrient and water use efficiency in hydroponic systems. *Canadian Journal of Plant Science*, 104(2), 88–102. <https://doi.org/10.1139/cjps-2023-0034>
- Food and Agriculture Organization. (2025). Technical options for crop production in urban and peri-urban agriculture. *FAO*.
- Ginting, D. E. P., Sitorus Pane, S. A., Nababan, M. N. K., & Christnatalis, C. (2025). Smart Diagnosis of Coffee Diseases via Web-Based Expert System. *Sinkron*, 9(3), 1108–1119. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v9i3.14974>
- Gunapala, R., Gangahagedara, R., Wanasinghe, W. C. S., Samaraweera, A. U., Gamage, A., Rathnayaka, C., Hameed, Z., Baki, Z. A., Madhujith, T., & Merah, O. (2025). Urban agriculture: A strategic pathway to building resilience and ensuring sustainable food security in cities. *Farming System*, 3(3), 100150. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100150>
- Junaidi, J., Fadjryani, F., Setiawan, I., Batara, M., Hendra, S., & Ismail, N. (2023). EXPERT SYSTEM DESIGN TO DIAGNOSE PESTS AND DISEASES ON LOCAL RED ONION PALU USING BAYESIAN METHOD. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 17(1), 0371–0382. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss1pp0371-0382>
- Kartika Imam Santoso, Eko Supriyadi, Andri Triyono, & Dhika Malita Puspita. (2025). Expert System For Corn Plant Disease Diagnosis Using Hybrid Fuzzy Tsukamoto

And Naive Bayes Method. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 9(2), 141–155. <https://doi.org/10.26740/jieet.v9n2.p141-155>

- Luckardi, S., Rafdhi, A. A., Sari, A. W., Zangana, H. M., & Soegoto, E. S. (2025). How to Improve Hydroponic Leafy Vegetable Plant Productivity by Balancing Nutrient Solution, Total Dissolved Solids (TDS), and pH Completed with Literature Review on Standard Vegetable pH & TDS Requirement to Support Sustainable Development Goals (SDGs). *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 6(1), 113–128. <https://doi.org/10.17509/ajse.v6i1.89992>
- Sakti, H. T., & Thoriq, A. (2021). Expert System for Hydroponic Vegetable Cultivation Using Forward and Backward Chaining Inference Technique. *Inform : Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 6(2), 69–74. <https://doi.org/10.25139/inform.v6i2.3905>.
- Siregar, A.Z., Tulis, Zulkifli, n. Nismah, P., Nik, M.I.M.N., Abdul H, A.M., Rosnida, T. (2025). Workshop Hidroponik untuk Mahasiswa School Biologi, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia. *Talenta Conference Series: Local Wisdom, Social, and Arts (LWSA)* 8(2): 19-25. DOI: <https://doi.org/10.32734/lwsa.v8i2.2422>