

**PERANCANGAN APLIKASI SISTEM PAKAR TANAMAN HIDROPONIK
TERINTEGRASI IOT MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING
APPLICATION DESIGN EXPERT SYSTEM HYDROPONIC PLANT IOT
INTEGRATED USING FORWARD CHAINING METHOD**

Muhamad Ramadhan¹, Muhammad Ary Murti², Casi Setianingsih³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

mrdhan@student.telkomuniversity.ac.id¹, ²arymurti@telkomuniversity.ac.id²
setiacasie@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Aplikasi sistem pakar hidroponik dengan metode pengambil keputusan forward chaining dan certainty factor, menjadi alat bantu pegiat hidroponik yang dapat dibawa kemanapun yang hanya bermodalkan Internet dan Smartphone android. Sistem pakar yang dibangun dapat melakukan monitoring, serta pengendalian alat kontrol nutrisi hidroponik yang terintegrasi (Internet of Things). Data sensor ph dan tds akan diproses menggunakan metode pengambil keputusan forward chaining dan penentu kepastian Certainty Factor untuk melakukan klasifikasi dan penanganan solusi masalah larutan hidroponik.

Sistem pakar dibuat menggunakan aplikasi android studio yang memiliki akurasi pengambilan keputusan yang telah di validasi pakar sebesar 100%, dan memiliki interval waktu rata-rata pengiriman data ke alat selama 39,2 detik. Alpha testing has been carried out on the application system with 100% accuracy, pengujian beta dengan aspek usability > 80%, pengujian validitas dengan ke-6 pertanyaan memiliki nilai > rtabel dinyatakan valid, Uji reliabilitas memiliki nilai Alpha = 0.8105 > 0.6 (nilai pembandingan) maka dinyatakan reliable.

Kata Kunci : Hidroponik, Sistem Pakar, Forward Chaining, Certainty Factor

Abstract

The hydroponic expert system application with the forward chaining decision-making method and certainty factors, becomes a tool for hydroponic activists that can be carried anywhere with only the Internet and an Android Smartphone. The expert system that is built can monitor and control an integrated hydroponic nutrition control device (Internet of Things). The ph and tds sensor data will be processed using the forward chaining decision-making method and the Certainty Factor determinant to classify and handle hydroponic solution problems.

The expert system is made using the android studio application which has an accuracy of decision making that has been validated by experts at 100%, and has an average time interval of sending data to the tool for 39.2 seconds. Alpha testing has been carried out on the application system with 100% accuracy, beta testing with usability aspects > 80%, validity testing with all 6 questions having a value > rtabel declared valid, reliability test having Alpha value = 0.8105 > 0.6 (comparable value) then declared reliable.

Keyword : Hydroponic, Expert System, Forward Chaining, Certainty Factor

1 Pendahuluan

Hidroponik adalah alternatif bagi masyarakat yang ingin berkebun, namun tidak memiliki lahan cukup untuk bercocok tanam. Hidroponik merupakan lahan budidaya pertanian dengan tanah sebagai media tanam, sehingga hidroponik memiliki aktivitas pertanian yang dijalankan dengan air sebagai medium pengganti tanah [1].

Pemeliharaan tanaman hidroponik memerlukan pengetahuan yang cukup, seperti faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tumbuh kembang tanaman hidroponik. Faktor-faktor pembatas seperti nutrisi, dan ph adalah hal yang perlu diperhatikan secara konsisten dan menjadi syarat penting agar tanaman hidroponik tumbuh baik [1].

Sistem pakar dapat membantu para pemilik hidroponik dalam memantau keadaan kepada tanaman yang sedang dibudidayakan dimanapun dan kapanpun. Dan dapat mengurangi peluang kegagalan dalam bercocok tanam hidroponik, dan Teknologi IoT dapat memangkas pembiayaan perawatan tanamam dalam satu bulan sekitar 23%-70% [2].

2 Tinjauan Pustaka

2.1. Hidroponik

Hidroponik merupakan budidaya menanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Sekarang ini lebih sering diartikan sebagai budidaya / cara bercocok tanam tanpa tanah [1].

Dengan hidroponik ini dapat menanam berbagai jenis tanaman, diantaranya tanaman sayuran daun, sayuran buah, maupun buah-buahan. Hidroponik menjadi salah satu alternatif bercocok tanam namun tidak memiliki tempat yang luas.

2.1.1. Jenis Variabel Pada Hidroponik

Untuk mendapatkan hasil tanaman hidroponik yang berkualitas tinggi, ada beberapa hal yang perlu diatur ketika proses tumbuh kembang tanaman. Terutama adalah kadar nutrisi dalam air, dan derajat keasamannya [3].

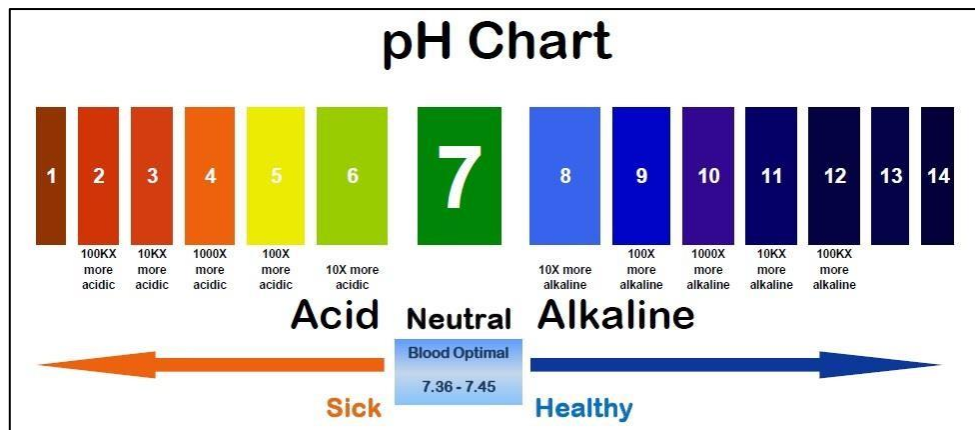
Setiap tanaman memiliki kebutuhan nutrisi dan keasaman yang berbeda-beda yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Tabel Formula Tanaman Hidroponik

Plant Name	Lightning Condition	Hid Lamp Type	Favorable Temp.	Ph	Ppm/Tds
<i>African Violet</i>	<i>Bright Bur Filtered</i>	<i>250/400/1000w Hps</i>	<i>Warm</i>	<i>6.0-7.0</i>	<i>840-1050</i>
<i>Basil</i>	<i>High Light.</i>	<i>250/400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>5.5-6.5</i>	<i>700-1120</i>
<i>Beans</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>6</i>	<i>1400-2800</i>
<i>Broccoli</i>	<i>Medium To High Light</i>	<i>400w</i>	<i>Cool</i>	<i>6.0-6.8</i>	<i>1900-2450</i>
<i>Chilies-Capsicum</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w Mh</i>	<i>Warm To Hot</i>	<i>6</i>	<i>1260-1540</i>
<i>Cucumber</i>	<i>Medium Light</i>	<i>1000w</i>	<i>Hot</i>	<i>5.5-6.0</i>	<i>1100-1750</i>
<i>Eggplant</i>	<i>High Light</i>	<i>1000w</i>	<i>Hot</i>	<i>6</i>	<i>1200-2450</i>
<i>Endive-Chicory</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w Mh</i>	<i>Cool</i>	<i>5.5</i>	<i>1100-1680</i>
<i>Lettuce</i>	<i>Medium Light</i>	<i>250/400/1000w Mh</i>	<i>Cool</i>	<i>6.0-7.0</i>	<i>560-840</i>
<i>Marjoram</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>6.9</i>	<i>1120-1400</i>
<i>Melon</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Hot</i>	<i>5.5-6.0</i>	<i>1400-1750</i>
<i>Mint</i>	<i>Medium To High Light</i>	<i>250/400/1000w Mh</i>	<i>Warm</i>	<i>5.5-6.5</i>	<i>1400-1680</i>
<i>Mustard Green</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>5.5-6.5</i>	<i>1050-1400</i>
<i>Okra</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>6.5</i>	<i>1400-1680</i>
<i>Oregano</i>	<i>High Light</i>	<i>250/400/1000w Mh</i>	<i>Warm</i>	<i>6.0-7.0</i>	<i>1120-1400</i>
<i>Parsley</i>	<i>High Light</i>	<i>250/400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>5.5-7.0</i>	<i>560-1260</i>
Plant Name	Lightning Condition	Hid Lamp Type	Favorable Temp.	Ph	Ppm/Tds
<i>Pakcoy</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>7</i>	<i>1050-1400</i>
<i>Pea</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Cool</i>	<i>6.0-7.0</i>	<i>980-1260</i>
<i>Peppers-Chillies</i>	<i>Bright Shady Light</i>	<i>400/1000w Mh</i>	<i>Warm To Hot</i>	<i>5.5-6.0</i>	<i>300-500</i>
<i>Rosemary</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>5.5-6.0</i>	<i>700-1120</i>
<i>Roses</i>	<i>1000-3000fc</i>	<i>400/1000w Hps</i>	<i>Warm</i>	<i>5.5-6.0</i>	<i>1050-1750</i>
<i>Spinach</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Cool To Warm</i>	<i>6.0-7.0</i>	<i>1260-1610</i>
<i>Spring Onion</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Warm</i>	<i>6.5-7.0</i>	<i>980-1260</i>
<i>Strawberry</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w Hps</i>	<i>Warm</i>	<i>6</i>	<i>1260-1540</i>
<i>Tomato</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000w Hps</i>	<i>Hot</i>	<i>5.5-6.5</i>	<i>1400-3500</i>
<i>Water Spinach</i>	<i>Medium Light</i>	<i>400/1000w</i>	<i>Cool</i>	<i>5.5-6.5</i>	<i>1050-1400</i>
<i>Zucchini</i>	<i>High Light</i>	<i>400/1000@</i>	<i>Warm To Hot</i>	<i>6</i>	<i>1260-168099</i>

2.2. Potential of Hydrogen

PH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Huruf "H" pada singkatan "pH" didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H⁺) yang terlarut



Gambar 2.1 Tabel kadar pH [4].

Keberadaan derajat ph merupakan salah satu parameter penting untuk keberlangsungan hidup tanaman hidroponik. Seluruh tanaman hidroponik memiliki kadar ph yang variatif, disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi tanaman tersebut, namun rata-rata kadar ph larutan tanaman hidroponik berada di kisaran 5.5-7 [4], yang menyimpulkan bahwa kadar larutan tersebut tidak terlalu asam maupun basa.

2.3. Total Disolved Solid

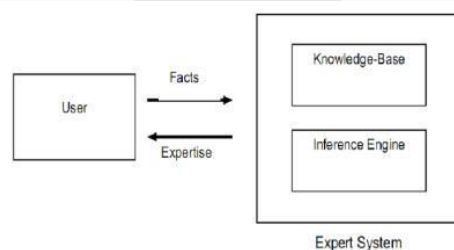
Satuan yang digunakan pada TDS adalah ppm (Part per Million). ppm merupakan satuan pengukuran jumlah partikel terlarut yang diukur [5]. Pengukuran kepekatan nutrisi menjadi salah satu parameter penting dalam berhidroponik, disandingkan dengan ph, kepekatan larutan nutrisi adalah syarat penting untuk keberlangsungan hidup tanaman hidroponik.

Kebutuhan nutrisi ABmix setiap jenis tanaman itu berbeda-beda. Sebagai contoh tanaman selada membutuhkan kepekatan nutrisi (ppm) yang berkisar antara 560 - 840 ppm, sedangkan untuk tanaman brokoli membutuhkan kadar kepekatan yang berkisar 1960 – 2450 [5].

2.4. Sistem Pakar

Dapat disimpulkan, sistem pakar adalah sebuah sistem berbasis komputer yang ditujukan untuk meniru semua aspek serta kemampuan pengambilan keputusan (decision making) seorang pakar [6]. Sistem pakar melakukan implementasi pengetahuan khusus selayaknya seorang pakar (dokter, praktisi, pegiat) untuk memecahkan masalah [6].

Sistem pakar memiliki dua komponen utama yaitu basis pengetahuan seorang pakar atau lebih (knowledge based) dan berisi pengetahuan yang akan digunakan oleh komponen lainnya yang dinamakan mesin inferensi (inference engine) untuk menghasilkan kesimpulan serta kebutuhan solusi lainnya terhadap permasalahan yang dilakukan pengguna [6] [7].



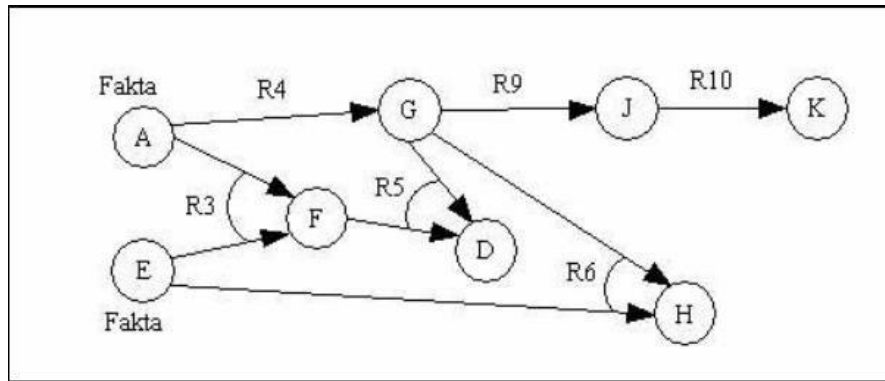
Gambar 2.2 Konsep dasar fungsi Sistem Pakar [7].

2.5. Forward Chaining

Algoritma forward-chaining adalah satu dari dua metode utama yang biasa digunakan ketika menggunakan mesin inferensi dan secara umum dapat dideskripsikan sebagai aplikasi pengulangan (satu set aturan inferensi dan argumen yang valid) [5]. Sedangkan reverse dari forward-chaining adalah backward-chaining yang merupakan metode pengurutan belakang [8].

Forward-chaining bekerja dengan data yang tersedia dan menggunakan aturan-aturan inferensi untuk mendapatkan data yang lain sampai sasaran atau kesimpulan didapatkan [5]. Mesin inferensi yang menggunakan forward-chaining melakukan pengecekan aturan-aturan inferensi sampai menemukan satu dari premis yang cocok

dengan hipotesa atau kondisi IF - THEN yang benar. Ketika aturan tersebut ditemukan maka mesin pengambil keputusan *forward chaining* dapat membuat kesimpulan [9] [10]. Berikut adalah contoh diagram dari *forward chaining*.



Gambar 2.3 Contoh *Forward Chaining Diagram*

2.6. Certainty Factor

Certainty Factor adalah sebuah metode untuk menentukan tingkat kepastian dari sebuah keputusan [11], setelah *forward chaining* menentukan sebuah keputusan berdasarkan gejala-gejala yg ada, certainty factor akan memberikan nilai kepastian dari keputusan yg dibuat oleh algoritma *forward chaining* [12]. Untuk mengukur kepastian terhadap suatu keputusan, berikut notasi certainty factor yang digunakan untuk melakukan perhitungan:

Untuk premis tunggal [11].

$$CF[H, E] = CF[E] * CF[R]$$

(2.1)

Dimana :

CF[H] = ukuran kepercayaan pengguna

CF[E] = ukuran kepercayaan pakar

Jika terdapat lebih dari satu premis [11].

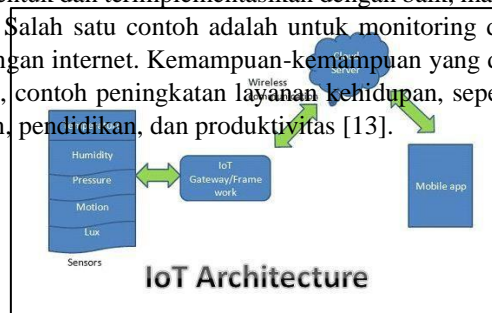
$$CF[H, E1, E2] = CF[H, E1] + CF[H, E2] * (1 - CF[H, E1])$$

(2.2)

2.7. Internet Of Things

Internet of Things merupakan pengembangan teknologi dalam konsep transfer data. Dengan adanya IoT, transfer data dapat dilakukan tanpa adanya campur tangan manusia. Setiap perangkat sistem dapat berkomunikasi satu sama lain berdasarkan program dan sistem komunikasi yang dibangun oleh manusia [13].

Ketika sistem IoT sudah terbentuk dan terimplementasikan dengan baik, manusia hanya memiliki peran sebagai pengatur dan pengawas sistem. Salah satu contoh adalah untuk monitoring dan controlling suatu sistem hanya dengan menggunakan akses jaringan internet. Kemampuan-kemampuan yang dimiliki IoT sangat berdampak bagi keberlangsungan hidup manusia, contoh peningkatan layanan kehidupan, seperti smart home, smart cities, dapat meningkatkan kualitas kesehatan, pendidikan, dan produktivitas [13].



Gambar 2.4 *IoT Architecture* [13].

2.8. Android Studio

Android Studio adalah (IDE) resmi yang dikeluarkan google selaku developer android untuk pengembangan aplikasi Android. Ini didasarkan pada IntelliJ IDEA, Java integrated development untuk perangkat lunak, dan menggabungkan code editing dan developers tools [14].

Android Studio menggunakan beberapa bahasa pemrograman seperti Java, xml, dan lainnya sebagai bahasa utama dalam pembuatan aplikasi android, dan bahasa yang terbaru untuk pengembang adalah Kotlin [15].

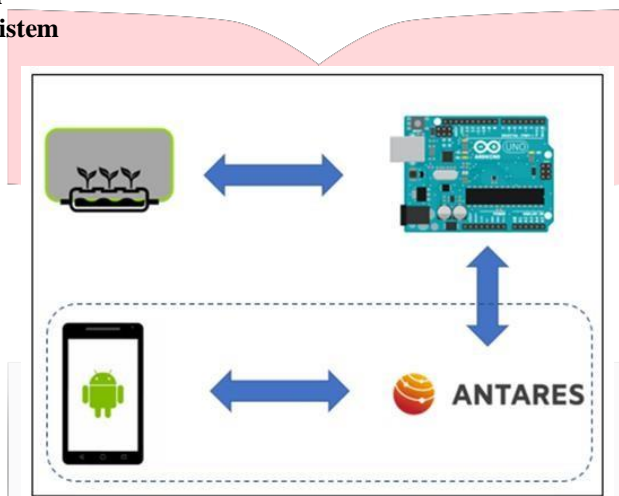
2.9. Antares Server

Antares merupakan suatu brandmark produk yang dinaungi oleh PT. Telekomunikasi Indonesia yang bergerak pada IoT platform selaku database. Antares didukung oleh beberapa protocol seperti HTTP, MQTT, dan COAP [13].

Antares memiliki dashboard berbasis web yang dapat digunakan untuk membuat project berupa untuk menyimpan data ke server, mengambil data dari server, dan mengakses API gratis hingga 10.000 akses/hari [13].

3 Perancangan Sistem

3.1. Gambaran Umum Sistem



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 3.1 diatas merupakan gambaran umum sistem rancang bangun IoT Hidroponik yang dikerjakan secara berkelompok. Sistem terbagi menjadi beberapa bagian utama, diantaranya adalah perangkat input (sensor), mikrokontroler, database sistem menggunakan antares.id serta aplikasi android sebagai user interface dari sistem hidroponik.

3.2. Pengetahuan Pakar

Pengetahuan pakar akan menjadi hal terpenting dan menjadi sebuah inti dari suatu sistem pakar. Ahli atau pakar ataupun praktisi yang sudah dianggap memiliki kapabilitas dalam suatu bidang, dapat memenuhi syarat untuk menjadi referensi dalam membuat sistem pakar. Dalam tugas akhir ini yang bertindak sebagai seorang pakar adalah Ibu Nur Hidayati, seorang wirausaha yang juga menjadi praktisi hidroponik selama kurang lebih 8 tahun, yang beralamat di Cileungsi, Bogor.

3.2.1. Daftar Kondisi Tanaman

Pada table III.1 adalah contoh daftar kondisi nutrisi tanaman selada yang terdiri dari kadar ph, dan tds dari tanaman hidroponik yang telah divalidasi oleh pakar untuk berada di sistem pakar.

Tabel 3.1 Daftar Kondisi Nutrisi Tanaman Hidroponik

Kode	Kondisi	Tanaman	Kondisi Dalam Numerik
K1	Larutan Normal	Selada	$6.0 \leq \text{pH} \leq 7.0$ $560 \leq \text{ppm} \leq 840$

Kode	Kondisi	Tanaman	Kondisi Dalam Numerik
K2	Kadar Nutrisi Tinggi	Selada	$6.0 \leq \text{pH} \leq 7.0$ $\text{ppm} > 840$
K3	Kadar Nutrisi Rendah	Selada	$6.0 \leq \text{pH} \leq 7.0$ $\text{ppm} < 560$
K4	Kadar pH Tinggi	Selada	$\text{pH} > 7.0$ $560 \leq \text{ppm} \leq 840$
K5	Kadar pH rendah	Selada	$\text{pH} < 6.0$ $560 \leq \text{ppm} \leq 840$
K6	Kadar pH tinggi dan Kadar Nutrisi Tinggi	Selada	$\text{pH} > 7.0$ $\text{ppm} > 840$
K7	Kadar pH tinggi dan Kadar Nutrisi Rendah	Selada	$\text{pH} > 7.0$ $\text{ppm} < 560$
K8	Kadar pH rendah dan Kadar Nutrisi Tinggi	Selada	$\text{pH} < 7.0$ $\text{ppm} > 840$
K9	Kadar pH rendah dan Kadar Nutrisi Rendah	Selada	$\text{pH} < 6.0$ $\text{ppm} < 560$

3.2.2. Daftar Gejala Kondisi Tanaman

Berikut adalah daftar gejala dari larutan hidroponik.

Tabel 3.2 Daftar Gejala Tanaman

Kode Gejala	Gejala Pengukuran
G1	TDS normal
G2	TDS di atas batas
G3	TDS di bawah batas
G4	Kadar pH normal
G5	Kadar pH di atas batas
G6	Kadar pH di bawah batas

3.2.3. Daftar Relasi Keputusan Gejala Berdasarkan Kondisi

Berikut adalah tabel relasi antara Kondisi tanaman dengan gejala pengukuran tanaman, yang dapat dilihat pada table 3.3.

Tabel 3.3 Tabel relasi antara kondisi dan gejala tanaman

Kode	Kondisi Tanaman								
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
G1	✓			✓	✓				
G2		✓				✓		✓	
G3			✓				✓		✓
G4	✓	✓	✓						
G5				✓		✓	✓		
G6					✓			✓	✓

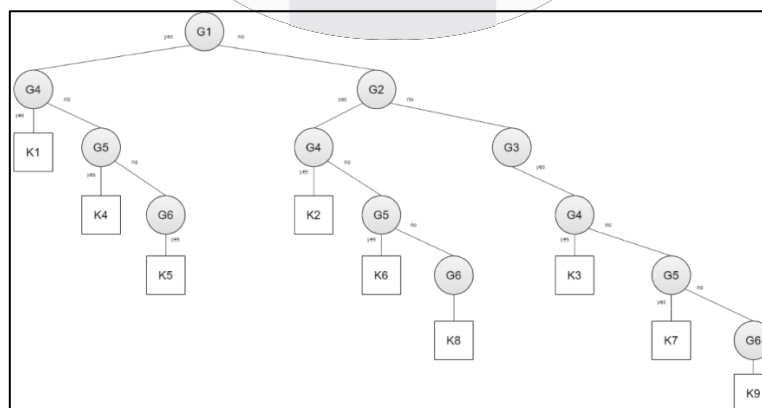
3.2.4. Penentuan Basis Aturan

Berdasarkan tabel relasi antara gejala tanaman dan kondisi nutrisi, maka dapat dibentuk basis aturan (base rules) untuk sistem pakar yang akan dirancang, basis aturan ini telah divalidasi oleh pakar dan diuraikan sebagai berikut :

Tabel 3.4 Basis aturan sistem pakar hidroponik

No.	Kondisi Aturan	Solusi
R-1	If (G01 \cap G04) THEN K01	Setpoint tidak ada yang diubah
R-2	If(G02 \cap G04) THEN K02	Kurangi setpoint nutrisi ppm
R-3	If(G03 \cap G04) THEN K03	Tambah setpoint nutrisi ppm
R-4	If (K03 \cap G05) THEN K07	Tambah setpoint nutrisi ppm, kurangi kadar ph,
R-5	If (K01 \cap G05) THEN K04	Kurangi kadar ph
R-6	If (K01 \cap G06) THEN K05	Tambah kadar ph
R-7	If (K02 \cap G05) THEN K06	Kurangi setpoint nutrisi ppm, kurangi kadar ph,
R-8	If (K02 \cap G06) THEN K08	Kurangi setpoint nutrisi ppm, tambah kadar ph
R-9	If (K03 \cap G06) THEN K09	Tambah setpoint nutrisi ppm, tambah kadar ph

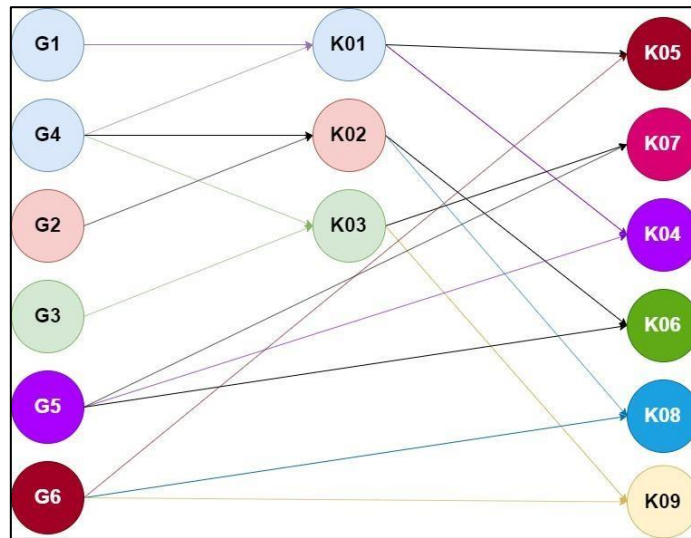
3.3. Pohon Keputusan Sistem Pakar



Gambar 3.2 Pohon Keputusan Sistem Pakar

Didasari dari basis pengetahuan dan aturan pakar yang telah dibuat maka dapat dibuat sebuah pohon keputusan dengan metode penelusuran penalaran runut maju (*forward chaining*).

3.4. Diagram *Forward Chaining*



Gambar 3.3 Diagram Forward Chaining

Pada gambar 3-4 menunjukkan bahwa penelusuran dilakukan dari setiap gejala hingga kondisi. Diagram ini berfungsi untuk bagaimana mengetahui cara mengambil keputusan atau kesimpulan dengan metode penelusuran forward chaining.

3.5. Certainty Factor Design

Tabel 3.5 Tabel nilai Certainty Factor

Kondisi	G1		G2		G3		G4		G5		G6	
	CF (Pakar)	CF (Sistem)	CF (Pakar)	CF (Sistem)	CF (Pakar)	CF (Sistem)	CF (Pakar)	CF (Sistem)	CF (Pakar)	CF (Sistem)	CF (Pakar)	CF (Sistem)
K1	0.8	0.95	0.2	0.12	0.2	0.15	0.8	0.85	0.2	0.13	0.2	0.14
K2	0.6	0.65	0.4	0.43	0.4	0.42	0.2	0.22	0.8	0.95	0.2	0.15
K3	0.6	0.55	0.4	0.43	0.4	0.42	0.2	0.19	0.2	0.12	0.8	0.95
K4	0.2	0.23	0.8	0.95	0.2	0.2	0.8	0.75	0.4	0.34	0.4	0.3
K5	0.2	0.15	0.2	0.22	0.8	0.89	0.6	0.56	0.2	0.12	0.2	0.14
K6	0.2	0.24	0.8	0.93	0.4	0.31	0.2	0.26	0.8	0.83	0.2	0.12
K7	0.2	0.12	0.8	0.93	0.2	0.27	0.2	0.23	0.2	0.12	0.8	0.92
K8	0.2	0.13	0.2	0.14	0.8	0.92	0.2	0.26	0.8	0.88	0.2	0.22
K9	0.2	0.14	0.2	0.13	0.8	0.94	0.2	0.29	0.2	0.23	0.8	0.94

Untuk memastikan sebuah kondisi terpilih memiliki tingkat kepastian yang tinggi, ditentukan berdasarkan seberapa besar nilai kepastian, yg didapat dari perhitungan Certainty Factor, nilai CF pakar ditentukan oleh pakar, berdasarkan penilaian dari gejala yang berhubungan dengan kondisi, dan CF Sistem adalah hasil representasi pengguna.

4 Analisis dan Pengujian

4.1. Pengujian Perhitungan Certainty Factor

Skenario test perhitungan untuk Certainty Factor adalah dengan membandingkan Nilai keluaran sistem (Certainty Factor) dengan perhitungan manual dari beberapa kondisi larutan hidroponik.

4.1.1. Perhitungan Certainty Factor secara Manual

Berikut hasil pengujian perhitungan certainty factor secara manual untuk kondisi larutan normal sesuai dengan gejala ppm normal dan ph normal ada :

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Certainty Factor secara manual

Gejala	Kondisi	CF Pakar	CF Sistem	CF
Nilai Ppm normal	Larutan Normal	0.8	0.95	0.76
	Kadar AB mix tinggi	0.6	0.65	0.39
	Kadar AB mix rendah	0.6	0.55	0.33
	Kadar pH tinggi	0.2	0.23	0.046
	Kadar pH rendah	0.2	0.15	0.03
	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix tinggi	0.2	0.24	0.048
	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix rendah	0.2	0.12	0.024
	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix tinggi	0.2	0.13	0.026
	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix rendah	0.2	0.14	0.028
Nilai PH Normal	Larutan Normal	0.8	0.85	0.68
	Kadar AB mix tinggi	0.2	0.22	0.044
	Kadar AB mix rendah	0.2	0.19	0.038
	Kadar pH tinggi	0.8	0.75	0.6
	Kadar pH rendah	0.6	0.56	0.336
	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix tinggi	0.2	0.26	0.052
	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix rendah	0.2	0.23	0.046
	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix tinggi	0.2	0.26	0.052
	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix rendah	0.2	0.29	0.058

Setelah didapat nilai CF tiap kondisi, selanjutnya adalah menggunakan rumus CFkombnasi yaitu mengkombinasikan CFpakar dengan CFSistem

Menggunakan formula (2.2), contoh untuk penentuan CF kombinasi untuk kondisi larutan normal sbb berikut : $CF = 0.76 + 0.68 * (1-0.76) = 0.92$

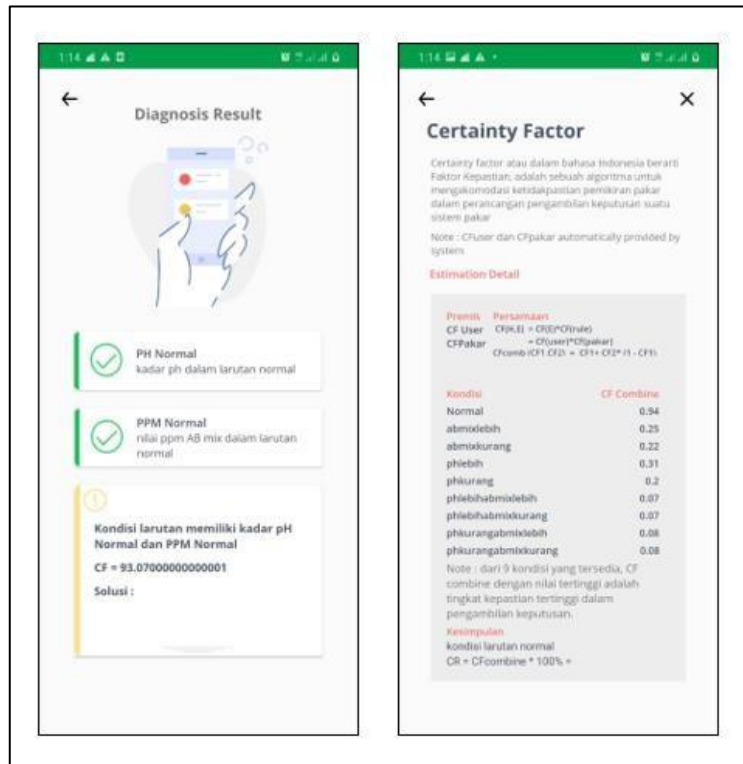
Tabel 4.2 Perhitungan CF kombinasi manual

Kondisi	CF (PPM)	CF (PH)	CF (kombinasi)
Larutan Normal	0.76	0.68	0.9232
Kadar AB mix tinggi	0.39	0.044	0.41684
Kadar AB mix rendah	0.33	0.038	0.35546
Kadar pH tinggi	0.046	0.6	0.6184
Kadar pH rendah	0.03	0.336	0.35592
Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix tinggi	0.048	0.052	0.097504
Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix rendah	0.024	0.046	0.068896
Kadar pH rendah dan Kadar AB mix tinggi	0.026	0.052	0.076648
Kadar pH rendah dan Kadar AB mix rendah	0.028	0.058	0.084376

Setelah mendapatkan nilai kombinasi, nilai CF terbesar yang menjadi konklusi kondisi dari Gejala tersebut, adalah perhitungan di Tabel IV.7 Larutan normal memiliki nilai CF 0.9232 untuk gejala ph Normal dan ppm Normal, yang memiliki arti presentasi kepastian dari kondisi Larutan Normal tersebut adalah 92%

4.1.2. Perhitungan Certainty Factor melalui sistem

Nilai hasil merancang certainty factor disimpan di database antares.id sehingga setiap aplikasi membutuhkan data certainty factor, sudah tersedia pada database antares id. Berikut adalah gambar hasil kalkulasi dari sistem untuk gejala ph normal dan ppm normal.



Gambar 4.1 CF Hasil kalkulasi system

Pada Gambar 4.2 hasil kalkulasi sistem untuk Certainty Factor adalah 93,07% sedangkan dalam perhitungan manual, nilai CF adalah 92,3%. Dengan hal ini, dapat disimpulkan bahwa memiliki error sebesar 0.83%.

4.2. Pengujian Akurasi Sistem

Berikut adalah beberapa hasil tes akurasi sistem dalam melakukan penentuan kondisi dari larutan air Hidroponik berdasarkan gejala, pengujian dilakukan sebanyak 9 kali.

Gejala	Tanaman	CF (Manual)	CF (Sistem)	Hasil (Pakar)	Hasil (Sistem)	Akurasi
1. Ppm normal 2. Kadar pH normal	Kangkung	93.07%	93%	Larutan normal	Larutan normal	Sesuai
1. Ppm di atas batas 2. Kadar pH normal	Kangkung	79.72%	80.1%	Kadar AB mix tinggi	Kadar AB mix tinggi	Sesuai
1. Ppm di bawah batas 2. Kadar pH normal	Kangkung	75.3%	75.17%	Kadar AB mix rendah	Kadar AB mix rendah	Sesuai

Gejala	Tanaman	CF (Manual)	CF (Sistem)	Hasil (Pakar)	Hasil (Sistem)	Akurasi
1. Ppm normal 2. Kadar pH di atas batas	Kangkung	89.5%	89.65%	Kadar pH tinggi	Kadar pH tinggi	Sesuai
1. Ppm normal 2. Kadar pH di bawah batas	Kangkung	73.48%	73.91%	Kadar pH rendah	Kadar pH rendah	Sesuai
1. Ppm di atas batas 2. Kadar pH di atas batas	Kangkung	91.72%	91.8%	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix tinggi	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix tinggi	Sesuai
1. Ppm di bawah batas 2. Kadar pH di atas batas	Kangkung	94.6%	94.8%	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix rendah	Kadar pH tinggi dan Kadar AB mix rendah	Sesuai
1. Ppm di atas batas 2. Kadar pH di bawah batas	Kangkung	92.8%	93.1%	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix tinggi	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix tinggi	Sesuai
1. Ppm di bawah batas 2. Kadar pH di bawah batas	Kangkung	95.6%	95.8%	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix rendah	Kadar pH rendah dan Kadar AB mix rendah	Sesuai

$$Accuracy = \frac{\sum P_{ij}}{\sum P_{ij}} \times 100\%$$

9

$$Accuracy = \frac{9}{9} \times 100\% = 100\%$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa aplikasi sistem pakar memiliki kapabilitas untuk menggantikan pakar dalam menentukan kondisi larutan hidroponik dengan input gejala kondisi PH dan PPM yg terdapat pada larutan hidroponik.

4.3. Pengujian Integrasi Aplikasi Dengan Alat

Skenario pengujian untuk pengujian ini adalah ketika pengguna telah menerima hasil diagnosa dari sistem, alat akan menyalakan pompa peristaltik sesuai dengan solusi kondisi tanaman hidroponik. Pengujian dilakukan sebanyak 18 kali, pada 24 November 2020, Berikut hasil pengujian Integrasi Aplikasi dengan alat.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Integrasi ke Alat

Sensor		System					Delay (detik)	Actuator (pompa)			Accuracy
tds (ppm)	ph	tanaman	konklusi	action				pompa1 (phup)	pompa2 (phdown)	pompa3 (abmix)	
				phup	phdown	abmix					
458	5.23	selada	phkurang & abmix kurang	tambah	-	tambah	35	ON	OFF	ON	Sesuai
623	5.73	selada	phkurang	tambah	-	-	42	ON	OFF	OFF	Sesuai
655	6.17	selada	normal	-	-	-	52	OFF	OFF	OFF	Sesuai
923	7.67	selada	phlebih & abmix lebih	-	tambah	-	34	OFF	ON	OFF	Sesuai
830	6.85	selada	abmixlebih	-	-	-	35	OFF	OFF	OFF	Sesuai
553	6.77	selada	abmixkurang	-	-	tambah	33	OFF	OFF	ON	Sesuai
647	7.32	selada	phlebih	-	tambah	-	38	OFF	ON	OFF	Sesuai
941	7.64	selada	phlebih & abmix kurang	-	tambah	tambah	40	OFF	ON	ON	Sesuai
962	5.44	selada	phkurang & abmix lebih	tambah	-	-	42	ON	OFF	OFF	Sesuai
976	6.52	selada	abmixlebih	-	-	-	40	OFF	OFF	OFF	Sesuai
720	6.57	selada	normal	-	-	-	35	OFF	OFF	OFF	Sesuai
533	5.84	selada	phkurang & abmix kurang	tambah	-	tambah	42	ON	OFF	ON	Sesuai
885	7.54	selada	phlebih & abmix lebih	-	tambah	-	45	OFF	ON	OFF	Sesuai
815	5.56	selada	phkurang	tambah	-	-	36	ON	OFF	OFF	Sesuai
513	6.23	selada	abmixkurang	-	-	tambah	37	OFF	OFF	ON	Sesuai
505	7.23	selada	phlebih & abmix kurang	-	tambah	tambah	38	OFF	ON	ON	Sesuai
920	5.88	selada	phkurang & abmix lebih	tambah	-	-	40	ON	OFF	OFF	Sesuai
555	7.28	selada	phlebih	-	tambah	-	42	OFF	ON	OFF	Sesuai

$$R_{\text{akurasi}} = \frac{\sum V_{\text{akurasi}}}{\sum T_{\text{akurasi}}} \times 100\%$$

$$R_{\text{akurasi}} = \frac{18}{18} \times 100\% = 100\%$$

$$R_{\text{waktu}} = \frac{\sum J_{\text{waktu}}}{\sum T_{\text{waktu}}}$$

=

$$R_{\text{waktu}} = \frac{706}{18} = 39.2$$

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi dapat disimpulkan bahwa sistem pakar memiliki tingkat akurasi 100%. Terdapat delay atau interval waktu antara pengiriman data setpoint menuju alat, dengan rata-rata waktu interval pengiriman data sebesar 39.2 detik.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, serta analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem dapat mengklasifikasi data pengukuran sensor PH dan TDS sesuai dengan jenis tanaman, Hasil pengambilan keputusan klasifikasi gejala larutan menggunakan metode forward chaining dan penentuan nilai kepastian keputusan menggunakan Certainty Factor dengan nilai akurasi yang telah divalidasi pakar sebesar 100% dengan rata-rata interval waktu pengiriman data menuju alat selama 39.2 detik.
2. Hasil pengujian beta yang diikuti oleh 40 responden menunjukkan bahwa 6 pertanyaan yang mengandung aspek Usability memiliki indeks nilai $> 80\%$, uji validitas pertanyaan menggunakan korelasi moment Pearson dinyatakan Valid dan Uji Reliabilitas dengan nilai $\text{Alpha} = 0.8 > 0.6$ dan dapat disimpulkan bahwa aplikasi berfungsi Sangat Baik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis pada tugas akhir ini, berikut beberapa saran dari penulis untuk kajian penelitian kedepannya :

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan jumlah tolak ukur dalam penanaman hidroponik seperti suhu, serta intensitas cahaya di dalam mesin inferensi pakar.
2. Membangun sistem yang sama atau lebih baik dengan menggunakan tools pengembang berbeda (selain android studio dengan bahasa pemrograman java), sehingga dapat melakukan pengujian perbandingan tingkat akurasi pengolahan data Certainty Factor.

Referensi

- [1] K. Roberto, *How-To Hydroponics Fourth Edition*, New York: The Futuregarden Press a division of Futuregarden, Inc., 2003.
- [2] D. Komaludin, "Penerapan Teknologi Internet of Thing (IoT) pada bisnis budidaya tanaman Hidroponik sebagai langkah efisiensi biaya perawatan," pp. 682-690, 2018.
- [3] F. J, "Smart Plant Growth on Hydroponics using Rain Water Harvesting," *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJSTRD)*, vol. 2, no. 3, p. 1928, 2018.
- [4] R. M. Kingsta and A. S. Saumi, "DESIGN AND CONSTRUCTION OF ARDUINO BASED PH CONTROL SYSTEM FOR HOUSEHOLD WASTE WATER REUSE," *Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI 2019)*, p. 1037, 2019.
- [5] Y. E. Nugraha, B. Irawan and R. E. Saputra, "SYSTEM DESIGN AND IMPLEMENTATION AUTOMATION SYSTEM OF EXPERT SYSTEM ON HYDROPONICS NUTRIENTS CONTROL USING FORWARD CHAINING," *IEEE Asia Pasific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)*, p. 41, 2017.
- [6] M. Hazman and A. M. Idrees, "A Healthy Nutrition Expert System for Children," in *The 5th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2015*, Iasi, Romania, 2015.
- [7] R. Rosnelly, *Sistem Pakar : Konsep dan Teori*, Yogyakarta: Andi Offset, 2012.

- [8] A. Rupnawar, "Study on Forward Chaining and Reverse Chaining in Expert System," *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, vol. 3, no. 12, pp. 60-63, 2016.
- [9] S. M. Fakhramad, "A proposed expert system for word sense disambiguation: deductive ambiguity resolution based on data mining and," *Expert Systems, April 2015, Vol. 32, No. 2*, vol. 32 No.2, p. 175, 2015.
- [10] D. A. Kurniawan, S. W. Sihwi and G. , "An Expert System for Diagnosing Dysgraphia," in *2017 2nd International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, Yogyakarta, 2017.
- [11] R. N. Pranata and A. B. Osmond, "Potential Level Detection of Skin Cancer with Expert System Using," 2018.
- [12] I. M. Shofi, L. K. Wardhani and G. Anisa, "Android Aplication for Diagnosing General Symptoms of Disease Using Forward Chaining Method," in *4th International Conference on Cyber and IT Service Management*, Bandung, 2016.
- [13] antares.id, "index," a .nl. [Accessed 20 January 2020].
- [14] R. Y. Zhong, "IoT-enabled smart manufacturing systems using barcode scanners," *45th SME North American Manufacturing Research Conference*, 2017, pp. 1-14, 2017.
- [15] A. Singh, "Android Application Development using Android Studio," *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, 2016.

