

APLIKASI SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSA DEFISIENSI UNSUR HARA
TANAMAN HIDROPONIK PERTANIAN BERBASIS WEB

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau



OLEH :
PUTRI ENA LISA
163510190

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

Nama : Putri Ena Lisa
NPM : 163510190
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian Berbasis Web

Format sistematika dan pembahasan materi pada masing-masing bab dan sub bab dalam skripsi ini telah dipelajari dan dinilai relatif telah memenuhi ketentuan-ketentuan dan kriteria - kriteria dalam metode penulisan ilmiah. Oleh karena itu, skripsi ini dinilai layak dapat disetujui untuk disidangkan dalam ujian komprehensif.

Pekanbaru, 26 Oktober 2020

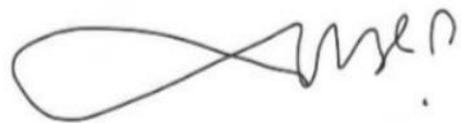
Disahkan Oleh

Ketua Prodi Teknik Informatika

Dosen Pembimbing



Dr. ARBI HAZA NASUTION, B.IT(Hons), M.IT



AUSE LABELLAPANSA, ST., M.Cs., M.Kom

**LEMBAR PENGESAHAN
TIM PENGUJI UJIAN SKRIPSI**

Nama : Putri Ena Lisa
NPM : 163510190
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi
Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian Berbasis
Web

Skripsi ini secara keseluruhan dinilai telah memenuhi ketentuan-ketentuan dan kaidah-kaidah dalam penulisan penelitian ilmiah serta telah diuji dan dapat dipertahankan dihadapan tim penguji. Oleh karena itu, Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menyatakan bahwa mahasiswa yang bersangkutan dinyatakan **Telah Lulus Mengikuti Ujian Komprehensif Pada Tanggal 26 Oktober 2020** dan disetujui serta diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Bidang Ilmu **Teknik Informatika.**

Pekanbaru, 26 Oktober 2020

Tim Penguji

- | | | |
|-----------------------------|------------------------|---|
| 1. Ir. Des Suryani, M.Sc | Sebagai Tim Penguji I | () |
| 2. Ana Yulianti, ST., M.Kom | Sebagai Tim Penguji II | () |

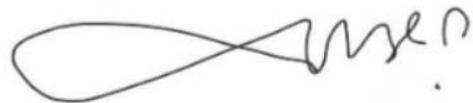
Disahkan Oleh

Ketua Prodi Teknik Informatika

Dosen Pembimbing



Dr. ARBI HAZA NASUTION, B.IT(Hons), M.IT



AUSE LABELLAPANSA, ST., M.Cs., M.Kom

LEMBAR IDENTITAS PENULIS

NPM : 163510190

Nama : Putri Ena Lisa

Tempat/Tgl Lahir : Paraman Ampalu / 28 Januari 1998

Alamat Orang Tua : Rt. III Paraman Ampalu, Gunung Tuleh Pasaman Barat,
Padang

Nama Orang Tua

Ayah : (Alm.) Asran BatuBara

Ibu : Erita

No. HP/Telp : 081374334903

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

Masuk Th. Ajaran : 2016

Wisuda Th. Ajaran : 2021

Judul Skripsi : Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur
Hara Tanaman Hiproponik Pertanian Berbasis Web.

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu..

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian Berbasis Web”**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat strata-1 (S1) di program studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari pihak-pihak lain, usaha yang penulis lakukan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak akan membuahkan hasil yang berarti. Dalam kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, karena hanya dengan izin dan karunia-Nya maka skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Segala puji bagi Allah yang maha mengabulkan segala doa.
2. Kepada Orang Tua penulis, Bapak Alm. Asran BatuBara dan Ibu Erita yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk kebahagiaan dan kesuksesan penulis. Terima kasih telah merawat dan mencintai penulis selama ini. Semoga Allah memberikan penulis kesempatan untuk dapat membahagiakan dan membanggakan mereka walaupun tidak akan sebanding dengan apa yang telah mereka berikan kepada penulis.
3. Kepada Ahmad Israr BatuBara, S.ST., Asmar Erisaputra, Abu Hanifah, Abu Hanafi, dan Zikri Alhafiz yang senantiasa memberikan dukungan serta doa

untuk dapat menyelesaikan skripsi ini agar dapat membahagiakan kedua orang tua kami.

4. Kepada Paman dan Abang Sepupu penulis, Haliman BatuBara dan Adi Nepson, S.T yang selama ini telah membantu menggantikan tugas Almarhum Ayah penulis dalam membiaya kuliah maupun memberikan biaya hidup sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah strata-1 (S1) dengan baik
5. Kepada seluruh Dosen Teknik Informatika yang selama ini telah tulus dan ikhlas dalam membimbing dan membantu penulis pada proses belajar mengajar dari semester awal hingga akhir.
6. Kepada Ema Fitri Lubis, S.Sos., M.Si, Diani Mustika Damanik, Haddiana Situmeang, Indah Lestari, Erawaty Br. Ambarita, Eni Mariani dan Nova Levanda yang selalu bersama penulis dalam suka dan duka sejak tahun 2016. Mereka adalah sahabat-sahabat terbaik yang selalu memahami dan mencintai penulis dengan segala kelebihan dan kekurangan. Semoga persahabatan kami dapat terjalin selamanya.
7. Kepada Beni Handry yang selalu menjadi pendengar yang baik untuk setiap keluh kesah penulis dan selalu ada ketika penulis membutuhkan seseorang untuk memberikan solusi maupun saran dalam setiap permasalahan penulis.
8. Kepada Bustamil Arifin, S.T dan Eva Nurafny, S.T yang selalu bisa diandalkan dan menjadi sahabat yang sabar dalam menghadapi penulis. Selalu berusaha untuk mengarahkan penulis agar bersikap dan berpikir lebih positif serta memberikan perhatian dan semangat atas kegiatan apapun yang penulis lakukan.
9. Kepada Teman-teman terbaik Jimmy Arianda, Adam Yahya, Octaviani Tanjung, Yudi Indra Prayoga, Panji Virgiawan, Loisa Saragih, Ruth

Damayanti, Rian Pratama, Sri Gusnelli, Sana Mega Wika Sirait, Imam Surya Fahrozi, Dwi Elvira, Asy Naharika, Yoga Saputra, Sisika Lestari, Bobby Irawan, Titis Ranu Sujatmiko, Zainuddin, Muhammad Zaid Amin, Nico Fernando, Reza Septianda, Sigit Prihantoro, M. Ardi, Josua Iwanda, Aminuddin Siregar, dan M. Davit yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam berbagai hal selama penulis berkuliah.

10. Kepada kelas terfavorit periode 2020, Kelas C angkatan 2016 dan kelas A konsentrasi *Artificial Intelligence* (AI) 2016 yang telah memberikan cinta, dukungan dan menemani penulis untuk dapat berjuang bersama menyelesaikan kuliah. Penulis bersyukur dan sangat bahagia bisa menjadi bagian dari kelas-kelas terbaik ini.
11. Kepada semua pihak yang mencintai, menyayangi dan mendukung penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mohon maaf atas kekeliruan dan kesalahan yang terdapat dalam skripsi ini dan berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Pekanbaru, 26 Oktober 2020

PUTRI ENA LISA

163510190

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Putri Ena Lisa

Tempat/Tgl Lahir : Paraman Ampalu, 28 Januari 1998

Alamat : Jalan Air Dingin Gang Taqwa VII, Marpoyan Damai,
Pekanbaru

Adalah mahasiswa Universitas Islam Riau yang terdaftar pada :

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Informatika

Program Studi : Teknik Informatika

Jenjang Pendidikan: Strata-1 (S1)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis adalah benar dan asli hasil dari penelitian yang telah saya lakukan dengan judul **“Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian Berbasis Web”**.

Apabila dikemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini **bukan** karya saya sendiri atau **plagiat** hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 26 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,

PUTRI ENA LISA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucap puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga Penulis berhasil menyelesaikan Penulisan laporan penelitian skripsi yang berjudul “ **Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian Berbasis Web**”.

Laporan penelitian skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Fakultas Teknik Universitas Islam Riau (UIR). Penulis sungguh sangat menyadari, bahwa Penulisan ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan, partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, iringan do'a dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya Penulis sampaikan, terutama kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
2. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc selaku Pembantu Dekan I, Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT selaku Pembantu Dekan II, Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom selaku Pembantu Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Arbi Haza Nasution, B.IT(Hons)., M.IT selaku Ketua Prodi Teknik Informatika juag selaku Dosen TI yang telah memberikan ilmu dan membimbing Penulis pada saat masa perkuliahan.

4. Ibu Ana Yulianti, ST., M.Kom selaku sekretaris Program Studi Teknik Informatika yang telah ikhlas dalam memberikan ilmu dan membimbing Penulis pada saat masa perkuliahan.
5. Ibu Ause Labellapansa, ST., M.Cs., M.Kom selaku Dosen pembimbing Penulis yang telah memberikan ilmu, motivasi, nasehat yang bermanfaat, serta ikhlas dan sabar memberikan bimbingan dan arahan disela-sela kesibukan beliau kepada Penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu Nesi Syafitri, S.Kom., M.Cs selaku Dosen Penasehat Akademik Penulis yang telah ikhlas dan sabar memberikan bimbingan, arah dan ilmu yang bermanfaat bagi Penulis.
7. Bapak Abdul Syukur, S.Kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktek Penulis yang telah sabar dan ikhlas memberikan bimbingan, arahan dan ilmu yang bermanfaat bagi Penulis.
8. Kepada seluruh Dosen Teknik Informatika yang telah membimbing dan membantu Penulis pada proses belajar mengajar selama di bangku perkuliahan.
9. Kepada seluruh staf Tata Usaha Fakultas Teknik yang telah membantu dalam kelancaran proses penyelesaian skripsi ini.
10. Kepada kedua orang tua dan segenap keluarga yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan yang terbaik bagi Penulis.
11. Kepada teman-teman yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata Penulis mohon maaf atas kekeliruan dan kesalahan yang terdapat dalam skripsi ini dan berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi khasanah pengetahuan teknologi informasi di Indonesia.

Pekanbaru, 05 Maret 2020

PUTRI ENA LISA
163510190



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

APLIKASI SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSA DEFISIENSI UNSUR HARA TANAMAN HIDROPONIK PERTANIAN BERBASIS WEB

PUTRI ENA LISA

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Informatika

Universitas Islam Riau

Email : Putrienalisa@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Hidroponik adalah sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang berisi larutan unsur hara. Jumlah unsur hara ini hanya sekitar 10% dari kebutuhan tanaman, Selebihnya tanaman banyak membutuhkan air. Dengan prinsip ini, maka bertanam bisa dilakukan dengan menggunakan media apa pun selain tanah. Asalkan, kebutuhan tanaman terhadap unsur hara dipenuhi. Bertanam secara hidroponik juga ada kendala-kendala salah satunya seperti defisiensi unsur hara. Tanaman memerlukan unsur hara yang cukup agar tumbuh dan berkembang dengan baik. Sangat kurangnya pengetahuan petani tentang gejala yang dialami tanaman saat mengalami defisiensi unsur hara tertentu sehingga seringkali terlambat untuk diketahui dan mengakibatkan perlunya kunjungan ke pakar tanaman. Agar mendapatkan penanganan lebih dini. Maka, dikembangkanlah suatu sistem pakar untuk membantu menentukan jenis defisiensi unsur hara yang dialami tanaman hidroponik yang terdiri dari 13 unsur hara, Dari akuisisi pengetahuan oleh seorang pakar, ditemukan 40 gejala dan menghasilkan 13 aturan (rule) yang direpresentasikan menggunakan tabel keputusan. Metode penelusuran defisiensi menggunakan *forward chaining* sedangkan untuk menangani ketidakpastian yang muncul digunakan metode *certainty factor* dari aplikasi *Mycin*. Untuk memudahkan pengguna, maka sistem dibuat dengan berbasis web. Berdasarkan hasil implementasi sistem didapatkan nilai sensitivitas adalah 5,0%, nilai akurasi adalah 95,0% serta hasil kuesioner 89,0% menunjukkan bahwa sistem pakar ini mampu menentukan defisiensi unsur hara tanaman hidroponik dengan nilai faktor kepastian, solusi perawatan dan deskripsi unsur hara.

Kata Kunci : *Certainty Factor*, *Forward Chaining*, Defisiensi, Hidroponik dan Unsur Hara

**EXPERT SYSTEM APPLICATION TO DIAGNOSE NUTRIENT
DEFICIENCY OF WEB-BASED AGRICULTURAL HYDROPONIC
PLANTS**

PUTRI ENA LISA

Faculty of Engineering

Department of Informatics Engineering

Islamic University of Riau

Email : Putrienalisa@student.uir.ac.id

ABSTRACT

Hydroponics is a system of agricultural cultivation without using soil but using water containing a solution of nutrients. The amount of these nutrients is only about 10% of the plant's needs, the rest plant's require a lot of water. With this principle, planting can be done using any other medium than soil. Provided, the plant's need for nutrients is met. Cultivating hydroponically there are also obstacles, one of which is a nutrient deficiency. Plants need sufficient nutrients to grow and develop properly. Farmers' lack of knowledge about the symptoms experienced by plants when they are deficient in certain nutrients, so it is often too late to know and results in the need for visits to plant experts. In order to get early treatment. Thus, an expert system was developed to help determine the type of nutrient deficiency experienced by hydroponic plants consisting of 13 nutrients. From the acquisition of knowledge by an expert, 40 symptoms were found and in 13 rules represented using a decision table. Deficiency tracing method uses forward chaining, while to handle the uncertainty that arises, a certainty factor method from the Mycin application is used. To facilitate users, the system is made web-based. Based on the results of the system implementation, the sensitivity value is 5.0%, the accuracy value is 95.0% and the results of the questionnaire 89.0% indicate that this expert system is able to determine the deficiency of hydroponic plant nutrient elements with certainty factor values , treatment solutions and nutrient descriptions.

Keyword : certainty factor, Deficiency, forward chaining, Hydroponics, and Nutrients

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI UJIAN SKRIPSI

LEMBAR IDENTITAS PENULIS

HALAMAN PERSEMBAHAN

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Hidroponik	8
2.2.2 Defisiensi Unsur Hara Tanaman	14
2.2.3 Sistem Pakar	28

2.2.4	Struktur Sistem Pakar	29
2.2.5	Manfaat Sistem Pakar	31
2.2.6	Kekurangan Sistem Pakar	31
2.2.7	Konsep Dasar Sistem Pakar	32
2.2.7.1	Kepakaran	32
2.2.7.2	Pakar	32
2.2.7.3	Pemindahan Kepakaran (<i>Transferring Expertise</i>)	33
2.2.7.4	Inferensi	33
2.2.8	Faktor Kepastian (<i>Certainty Factor</i>)	42
2.2.8.1	Perhitungan <i>Certainty Factor</i> Gabungan	45
2.3	Desain Perancangan Sistem	49
2.3.1	<i>Data Flow Diagram</i> (DFD)	49
2.3.2	<i>Flowchart</i>	50
2.3.3	<i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD)	51
BAB III	.....	54
METODOLOGI PENELITIAN	.....	54
3.1	Alat dan Bahan Penelitian yang Digunakan.....	54
3.1.1	Teknik Pengumpulan Data	54
3.1.2	Jenis Data	55
3.1.3	Spesifikasi Perangkat keras (<i>Hardware</i>)	55
3.1.4	Spesifikasi Perangkat lunak (<i>Software</i>)	56
3.2	Analisa Sistem	56
3.2.1	Analisa Sistem yang Sedang Berjalan	56
3.2.2	Analisa Sistem Baru	58
3.3	Pengembangan dan Perancangan Sistem	58
3.3.1	Gambaran Pengembangan Sistem	59
3.3.2	Perancangan Sistem	59
3.3.2.1	Diagram Konteks	59
3.3.2.2	Hierarchy Chart	60
3.3.2.3	<i>Data Flow Diagram</i> (DFD) Level 0	61
3.3.2.4	<i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD).....	63

3.3.3	<i>Schema Data</i>	63
3.3.4	Perhitungan Metode <i>Certainty Factor</i>	67
3.3.5	Desain Antarmuka	75
3.3.5.1	Desain Input	75
3.3.5.2	Desain Output	79
3.3.6	Pertanyaan	83
3.3.7	Desain Logika <i>Flowchart</i>	85
3.3.7.1	<i>Flowchart Login</i>	85
3.3.7.2	<i>Flowchart Pakar</i>	85
3.3.7.3	<i>Flowchart User</i>	86
3.3.7.4	<i>Flowchart</i> Unsur Hara	87
3.3.7.5	<i>Flowchart</i> Defisiensi	88
3.3.7.6	<i>Flowchart</i> Gejala	89
3.3.7.7	<i>Flowchart</i> Basis Pengetahuan	90
3.3.7.8	<i>Flowchart</i> Diagnosa	91
BAB IV	.....	94
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	94
4.1	Hasil Penelitian	94
4.2	Pengujian Dengan Menggunakan <i>Black Box Testing</i>	94
4.2.1	<i>Login</i>	94
4.2.2	Halaman Utama Pakar	95
4.2.3	Halaman Utama User	96
4.2.4	Defisiensi	97
4.2.5	Tambah Data Defisiensi	97
4.2.6	Edit Defisiensi	98
4.2.7	Gejala	99
4.2.8	Tambah gejala	100
4.2.9	Edit gejala	101
4.2.10	Basis Pengetahuan	102
4.2.11	Tambah Basis Pengetahuan	102
4.2.12	Edit Basis Pengetahuan	104

4.2.13	Admin	105
4.2.14	Tambah Admin.....	105
4.2.15	Edit Admin	106
4.2.16	Ubah <i>Password</i>	107
4.2.17	Diagnosa.....	108
4.2.18	Hasil Diagnosa	111
4.3	Kesimpulan Pengujian <i>Black Box</i>	112
4.4	Pengujian Sistem Berbasis <i>Rule/</i> Aturan Diagnosa Dengan Pakar	112
4.5	Kesimpulan Pengujian Akurasi Pada Sistem Aturan Dengan Pakar	139
4.6	Implementasi Sistem.....	139
4.7	Kesimpulan Implementasi Sistem	140
BAB V	.....	142
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	142
5.1	Kesimpulan.....	142
5.2	Saran	143
DAFTAR PUSTAKA	.....	xv
LAMPIRAN-LAMPIRAN	.....

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL	viii
Tabel 2.1 Jenis dan Fungsi Unsur Hara Bagi Tanaman Hidroponik.....	15
Tabel 2.2 Daftar Defisiensi Unsur Hara	35
Tabel 2.3 Gejala Defisiensi Unsur Hara.....	37
Tabel 2.4 Keputusan Diagnosa Defisiensi Unsur Hara	40
Tabel 2.5 Tabel Interpretasi Nilai CF	46
Tabel 2.6 Simbol dan Fungsi DFD.....	51
Tabel 2.7 Simbol dan Fungsi <i>Flowchart</i>	52
Tabel 2.8 <i>Simbol Entity Relationship Diagram</i>	53
Tabel 2.9 Simbol Kardinalitas Dalam <i>Entity Relationship Diagram</i>	54
Tabel 3.1 Rancangan Tebel “Admin”	64
Tabel 3.2 Rancangan Tebel “Defisiensi”	64
Tabel 3.3 Rancangan Tebel “ Hasil”	65
Tabel 3.4 Rancangan Tebel “Basis Pengetahuan”	65
Tabel 3.5 Rancangan Tebel “ Unsur Hara”	66
Tabel 3.6 Rancangan Tebel “ Gejala”	66
Tabel 3.7 Rancangan Tebel “ Kondisi”	66
Tabel 3.8 Tabel Keputusan Diagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik	67
Tabel 3.9 Nilai <i>User</i>	69
Tabel 3.10 Nilai <i>User</i>	72
Tabel 3.11 Pertanyaan	82
Tabel 4.1 Proses <i>Login</i>	94
Tabel 4.2 Proses Tambah Data Defisiensi.....	97
Tabel 4.3 Proses Edit Data Defisiensi	98
Tabel 4.4 Proses Tambah Data Gejala	100
Tabel 4.5 Proses Edit Data Gejala.....	100
Tabel 4.6 Proses Tambah Data Basis Pengetahuan.....	102
Tabel 4.7 Proses Edit Data Basis Pengetahuan.....	103

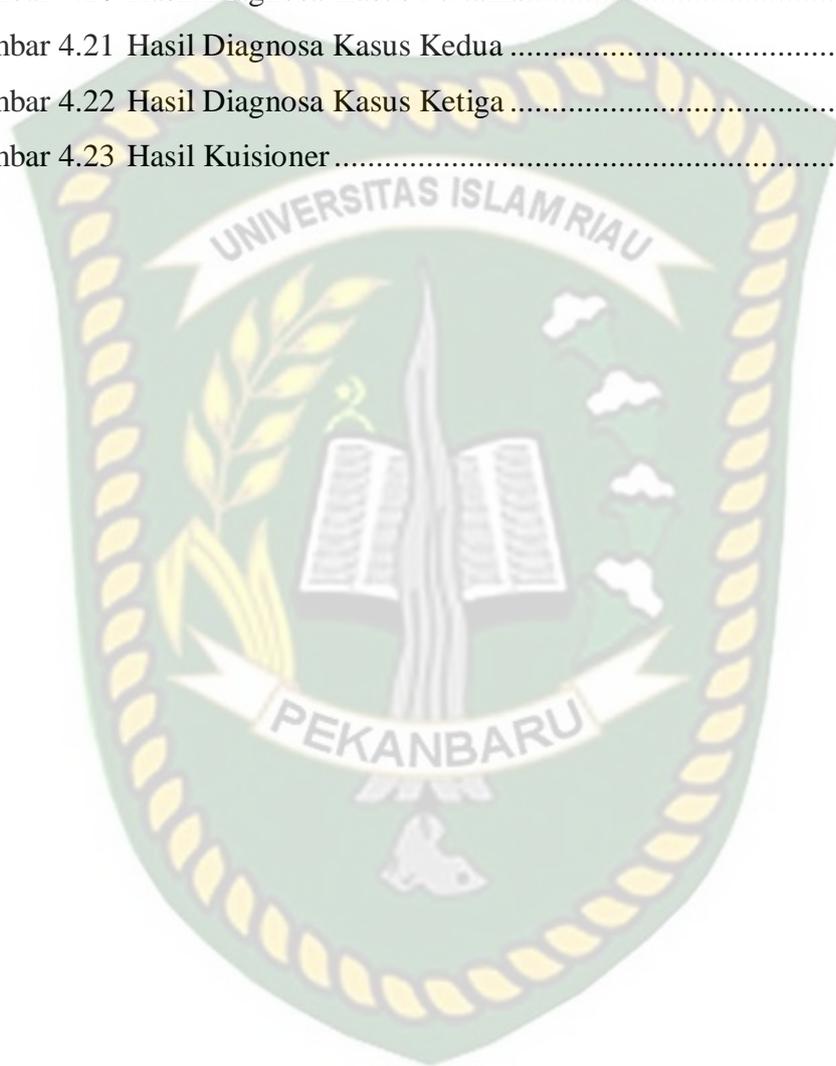
Tabel 4.8	Proses Tambah Data Admin.....	105
Tabel 4.9	Proses Edit Data Admin.....	106
Tabel 4.10	Proses Ubah <i>Password</i> Admin.....	107
Tabel 4.11	Proses Tampilan Diagnosa.....	109
Tabel 4.12	Diagnosa Pengujian 3 Kasus Terhadap Pakar.....	112
Tabel 4.13	Data Pengujian Diagnosa Kasus Pertama.....	113
Tabel 4.14	Data Pengujian Diagnosa Kasus Kedua.....	117
Tabel 4.15	Data Pengujian Diagnosa Kasus Ketiga.....	121
Tabel 4.16	Hasil Pengujian Pada Sistem.....	126
Tabel 4.17	Hasil Akurasi Pengujian 20 Kasus Pada Sistem Dengan Data Sampel.....	129
Tabel 4.18	Hasil Nilai Persentase Tiap Pertanyaan Kuisisioner.....	141

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR.....	X
Gambar 2.1 Metode Bercocok Tanam Dengan Hidroponik.....	9
Gambar 2.2 Kekurangan Unsur Hara Nitrogen	18
Gambar 2.3 Kekurangan Unsur Hara Fosfor.....	19
Gambar 2.4 Kekurangan Unsur Hara Kalium	20
Gambar 2.5 Kekurangan Unsur Hara Sulfur	21
Gambar 2.6 Kekurangan Unsur Hara Kalsium.....	22
Gambar 2.7 Kekurangan Unsur Hara Besi.....	23
Gambar 2.8 Kekurangan Unsur Hara Magnesium.....	24
Gambar 2.9 Kekurangan Unsur Hara Boron	25
Gambar 2.10 Kekurangan Unsur Hara Mnagan	26
Gambar 2.11 Kekurangan Unsur Hara Tembaga	26
Gambar 2.12 Kekurangan Unsur Hara Seng	27
Gambar 2.13 Kekurangan Unsur Hara Molibdenum.....	28
Gambar 2.14 Kekurangan Unsur Hara Khlorin.....	29
Gambar 2.15 Skema Sistem Pakar.....	30
Gambar 2.16 Proses <i>Forward Chaining</i>	35
Gambar 2.17 Penyusunan Alur <i>Forward Chaining</i>	42
Gambar 3.1 <i>Use Case Diagram</i> Sistem Yang Sedang Berjalan.....	57
Gambar 3.2 <i>Use Case Diagram</i> Sistem Baru.....	58
Gambar 3.3 <i>Context Diagram</i>	60
Gambar 3.4 <i>Hirarchy Chart</i>	61
Gambar 3.5 <i>DFD Level 0</i>	62
Gambar 3.6 <i>Entity Relationship Diagram (ERD)</i>	63
Gambar 3.7 Penyusunan Alur <i>Forward Chaining</i>	69
Gambar 3.8 Desain <i>Login</i>	75
Gambar 3.9 Desain Input Data Defisiensi Unsur Hara.....	76
Gambar 3.10 Desain Input Data Unsur Hara	76
Gambar 3.11 Desain Input Gejala	77

Gambar 3.12 Desain Input Basis Pengetahuan.....	78
Gambar 3.13 Desain Input Diagnosa	78
Gambar 3.14 Desain Output Data Defisiensi	79
Gambar 3.15 Desain Output Data Gejala.....	80
Gambar 3.16 Desain Output Basis Pengetahuan	80
Gambar 3.17 Desain Output Admin	81
Gambar 3.18 Desain Hasil Diagnosa	82
Gambar 3.19 <i>Flowchart</i> Menu <i>Login</i>	85
Gambar 3.20 <i>Flowchart</i> Pakar	86
Gambar 3.21 <i>Flowchart</i> <i>User</i>	87
Gambar 3.22 <i>Flowchart</i> Halaman Unsur Hara.....	88
Gambar 3.23 <i>Flowchart</i> Halaman Defisiensi.....	89
Gambar 3.24 <i>Flowchart</i> Halaman Gejala	90
Gambar 3.25 <i>Flowchart</i> Halaman Basis Pengetahuan	91
Gambar 3.26 <i>Flowchart</i> Diagnosa.....	93
Gambar 4.1 <i>Form Login</i>	94
Gambar 4.2 Halaman Utama Pakar	95
Gambar 4.3 Halaman Utama <i>User</i>	95
Gambar 4.4 Defisiensi.....	96
Gambar 4.5 Tambah Data Defisiensi.....	97
Gambar 4.6 Edit Defisiensi	98
Gambar 4.7 Gejala	99
Gambar 4.8 Tambah Gejala.....	99
Gambar 4.9 Edit Gejala.....	100
Gambar 4.10 Basis Pengetahuan	101
Gambar 4.11 Tambah Basis Pengetahuan.....	102
Gambar 4.12 Edit Basis Pengetahuan.....	103
Gambar 4.13 Admin.....	104
Gambar 4.14 Tambah Admin	104
Gambar 4.15 Edit Admin	105
Gambar 4.16 Ubah <i>Password</i>	105

Gambar 4.17 Diagnosa.....	109
Gambar 4.18 Hasil Diagnosa.....	110
Gambar 4.19 Laporan Hasil Diagnosa.....	111
Gambar 4.20 Hasil Diagnosa Kasus Pertama.....	117
Gambar 4.21 Hasil Diagnosa Kasus Kedua.....	121
Gambar 4.22 Hasil Diagnosa Kasus Ketiga.....	126
Gambar 4.23 Hasil Kuisisioner.....	140



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidroponik digunakan sebagai salah satu metode bercocok tanam yang dapat menumbuhkan tanaman tanpa menggunakan tanah. Termasuk menumbuhkan tanaman ditempat-tempat yang di isi air atau pun metoda perantara bukan tanah, termasuk krikil, pasir, zat silikat dan medium-medium lain yang langka. Seperti misalnya, pecahan batu karang atau batu bata, potongan kayu dan busa. Untuk mendukung jalannya bercocok tanam tanpa tanah maka dibutuhkan unsur hara sebagai parameter yang akan menentukan kualitas dan hasil panen tanaman.

Dengan perkembangan teknologi sekarang ini telah memungkinkan orang bercocok tanam tidak di atas lahan tanah, rumah tanpa halaman atau pekarangan pun masih bisa menyalurkan hobi bertanamnya. Secara prinsip, bertanam secara hidroponik adalah sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang berisi larutan nutrisi/ unsur hara. Unsur hara ini terdiri dari berbagai unsur mineral yang dibutuhkan tanaman. Namun jumlah unsur hara ini hanya sekitar 10% dari kebutuhan tanaman, Selebihnya tanaman banyak membutuhkan air. Dengan prinsip ini, maka bertanam bisa dilakukan dengan menggunakan media apa pun selain tanah. Asal, kebutuhan tanaman terhadap unsur hara dipenuhi. Dengan prinsip ini kitapun bisa mengenal bertanam secara hidroponik.

Dalam bertanam secara hidroponik juga ada kendala-kendala salah satunya seperti kekurangan mineral atau unsur hara. Tanaman memerlukan unsur hara/nutrisi yang cukup agar tumbuh dan berkembang dengan baik. Kekurangan unsur hara ataupun kelebihan unsur hara yang terasup kedalam tanaman bisa menyebabkan tanaman tumbuh dengan tidak sempurna. Keseimbangan dan kecukupan nutrisi merupakan faktor penting dari keberhasilan hasil pertanian setiap tanaman (Heliadi, dkk, 2018).

Menurut Meidiantie (2019). Pengetahuan akan konsentrasi unsur hara pada tanaman hidroponik dimasyarakat awam yang baru memulai menanam menggunakan metode hidroponik sangatlah kurang, sehingga dapat mengakibatkan tanaman mereka gagal panen, tumbuhan tidak tumbuh normal dan lain sebagainya.

Kebutuhan informasi yang cepat dan tepat dari seorang pakar pertanian sangatlah dibutuhkan untuk mengatasi masalah tersebut akan tetapi sedikit sulit bagi sebagian masyarakat untuk menemui pakar tanaman di daerah terpencil ataupun ketidakmampuan masyarakat menemui pakar dikarenakan terhalang biaya dan waktu.

Sistem pakar (*Expert system*) adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli/ pakar. Sistem pakar yang baik dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru kerja dari para ahli (Rohman dan Fuziah, 2008).

Seiring berkembangnya teknologi sudah banyak sistem pakar yang mampu memberikan solusi dari permasalahan yang dialami oleh tanaman hidroponik,

contohnya Sistem Pakar Diagnosa Defisiensi Unsur Hara. Namun Sistem Pakar Diagnosa Defisiensi Unsur Hara masih belum tersedia di kawasan pertanian hidroponik di wilayah Pekanbaru termasuk dilahan pertanian hidroponik Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau (UIR).

Maka dari itu pada penelitian ini akan dikaji mengenai pembuatan aplikasi sistem pakar yang menggunakan metode *Certainty Factor* untuk memberikan solusi dari defisiensi unsur hara pada tanaman hidroponik secara akurat. Hal inilah yang mendorong pembangunan sebuah sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara pada tanaman hidroponik diwujudkan. Maka terbentuklah judul skripsi mengenai **“Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian Berbasis Web”**.

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah yang dapat diambil dari latar belakang tersebut adalah sebagai berikut :

1. Keterbatasan para petani dalam menentukan defisiensi unsur hara yang dialami oleh tanaman hidroponik karena kurangnya pengetahuan petani tentang kegunaan dan pengaruh unsur hara bagi tanaman hidroponik.
2. Ketidaktahuan para petani tentang unsur hara pada tanaman hidroponik.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanaman yang digunakan adalah tanaman sayuran yang dapat ditanam secara hidroponik, yang terdiri dari Selada, Seledri, Sawi Putih, Sawi Hijau, Bayam, Kailan, Brokoli, Pakcoy, Kangkung, Timun, Tomat dan Buncis.
2. Jenis unsur hara yang akan dibahas terdiri dari 13 unsur hara yakni Nitrogen, Fosfor, Kalium, Sulfur, Kalsium, Besi, Magnesium, Boron, Mangan, Tembaga, Seng, Molibdenum dan Klorin.
3. Untuk mengatasi ketidakpastian maka digunakan metode Faktor Kepastian (*Certainty Factor*).
4. Inferensi yang digunakan adalah *Forward Chaining*.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut adalah bagaimana merancang dan mengaplikasikan sistem pakar yang diharapkan mampu mendiagnosa defisiensi unsur hara pada pertumbuhan tanaman secara hidroponik sehingga user mendapatkan solusi dan informasi secara optimal.

1.5 Tujuan

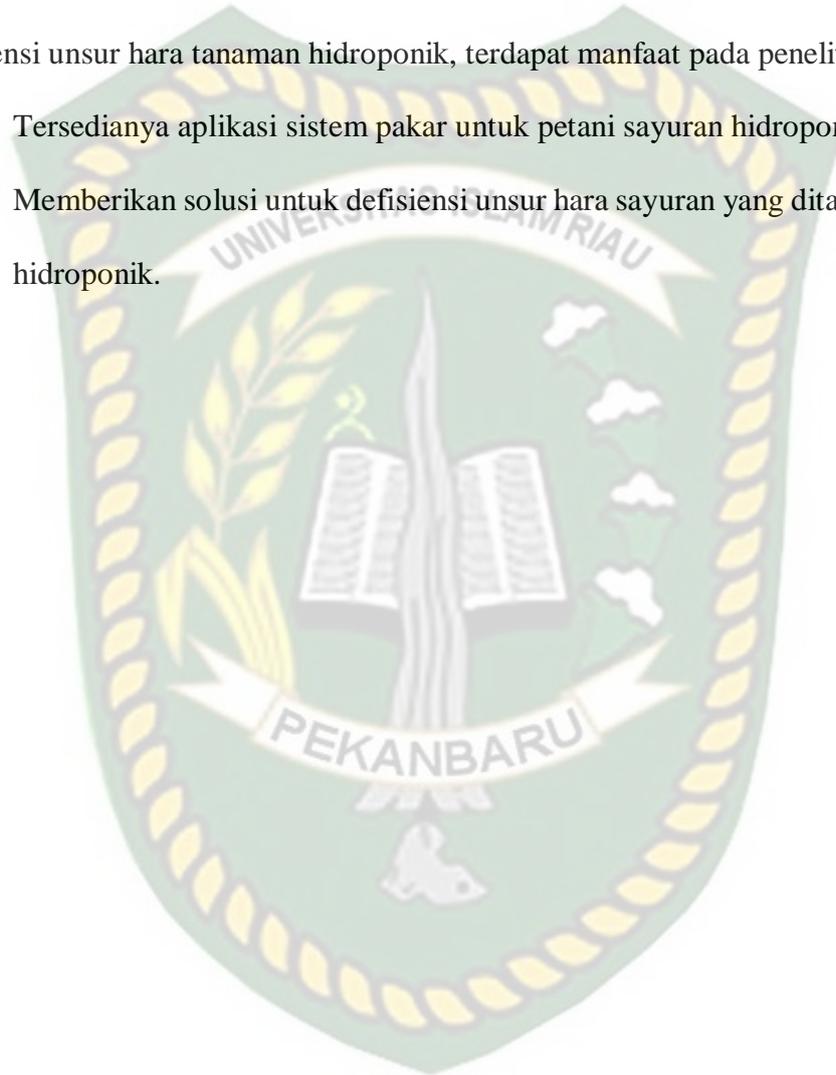
Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat sistem pakar yang mampu diharapkan mendiagnosa defisiensi unsur hara pada tanaman sayuran yang ditanam secara hidroponik.
2. Meminimalisir kesalahan pemberian solusi tanpa banyak mengeluarkan biaya dan menggunakan waktu, sehingga user mendapatkan solusi dan informasi secara optimal.

1.6 Manfaat Penelitian

Dengan adanya aplikasi sistem pakar yang digunakan untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik, terdapat manfaat pada penelitian ini :

1. Tersedianya aplikasi sistem pakar untuk petani sayuran hidroponik.
2. Memberikan solusi untuk defisiensi unsur hara sayuran yang ditanam secara hidroponik.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Studi pustaka ini bertujuan untuk memberi pengetahuan tambahan dalam melakukan penelitian, yang akan mengambil beberapa referensi yang telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu.

Pada penelitian R. Mahdalena Simanjorang, dkk 2019, dalam penelitiannya membahas tentang Penerapan Logika Fuzzy Dalam Sistem Pakar Diagnosa Defisiensi Nutrisi Tanaman Hidroponik berbasis web menjelaskan pembuatan aplikasi menggunakan pemrograman PHP (*Hypertext Preprocessor*). Pembahasan utama dalam penelitiannya adalah perancangan dan pembuatan sistem pakar *rule-based* untuk permasalahan defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik. Pembuatan sistem pakar ini menggunakan metode inferensi *forward chaining*, yaitu proses inferensi yang memulai pencarian dari premis atau data menuju pada konklusi. Tujuan dari *software* ini adalah membuat sistem pakar yang digunakan untuk mendiagnosa dari gejala-gejala defisiensi nutrisi yang akhirnya memperoleh diagnosa dan cara penanggulangannya. Pembuatan sistem pakar ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: menganalisa permasalahan tentang defisiensi tanaman hidroponik dengan melibatkan para pakar atau ahli, mengimplementasikan desain dalam program komputer dan melakukan uji coba. Sedangkan pada penelitian ini, *Certainty Factor* (CF) akan digunakan sebagai metode penyelesaian masalah yang tidak pasti dan inferensi yang digunakan adalah *Forward Chaining*.

Data tanaman hidroponik hanya difokuskan pada tanaman sayuran, yang terdiri dari Selada, Seledri, Sawi Putih, Sawi Hijau, Bayam, Kailan, Brokoli, Pakcoy, Kangkung, Timun, Tomat, dan Buncis. Adapun unsur hara yang dibutuhkan oleh sayuran hidroponik terdiri dari 13 unsur yang terdiri dari Nitrogen, Fosfor, Kalium, Sulfur, Kalsium, Besi, Magnesium, Boron, Mangan, Tembaga, Seng, Molibdenum, dan Klorin.

Handry Louis, 2019, dalam penelitiannya membahas tentang Rancang Bangun Sistem Pakar Untuk Diagnosa Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode *Certainty Factor*. Menjelaskan tentang penggunaan teknologi dalam budidaya penanaman tanaman hidroponik di Indonesia terutama perkebunan rakyat masih minim teknologi. Pendekatan sistem pakar dengan menggunakan metode *certainty factor* untuk mengukur tingkat keakurasian dari hasil yang dikeluarkan dari sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik berdasarkan 13 unsur yang terdapat pada tanaman hidroponik serta 30 kasus hasil ujicoba dengan pakar. Pada penelitian ini terdapat mengukur menggunakan *perceived ease of use* dan *perceive usefulness* dari sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi nutrisi pada tanaman hidroponik menggunakan *certainty factor*. Aplikasi yang dibuat berbasis Android yang akan digunakan pada *smartphone*. Sedangkan pada penelitian ini, metode inferensi yang digunakan adalah *Forward Chaining* dan tanaman yang digunakan yaitu tanaman sayuran hidroponik, yang terdiri dari Selada, Seledri, Sawi Putih, Sawi Hijau, Bayam, Kailan, Brokoli, Pakcoy, Kangkung, Timun, Tomat, dan Buncis. Aplikasi yang dibangun berbasis Web.

Dari penelitian Nugraha. Eka Yakub, dkk 2017, dalam penelitiannya membahas tentang Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik Menggunakan Sistem Pakar Dengan Metode *Forward Chaining*. Pada penelitiannya menggunakan implementasi Sistem pakar, mikrokontroler, Sensor dan Aktuator. Sistem yang dibuat dapat menentukan nutrisi yang sesuai berdasarkan data yang diukur oleh sensor. Selanjutnya implementasi sistem pakar yang menggunakan metode *Forward Chaining* dapat menentukan nutrisi yang sesuai dengan tanaman hidroponik yang sedang ditanam. Lalu aktuator akan mengeksekusi perintah sehingga nutrisi akan tetap terjaga kesesuaiannya. Pemilik hidroponik juga akan mendapatkan informasi mengenai kondisi nutrisi secara *realtime* dengan memanfaatkan perangkat *Internet of Things*. Pada penelitian ini, CF digunakan sebagai metode penyelesaian masalah ketidakpastian. *User* menginputkan jenis sayuran yang akan ditentukan defisiensi unsur haranya, kemudian *user* memilih gejala-gejala yang di alami oleh tanaman dari inputan tersebut maka sistem akan menentukan defisiensi dan solusinya serta penjelasan pentingnya unsur hara tersebut untuk sayuran hidroponik.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Hidroponik

Bertanam secara hidroponik menjelaskan bahwa proses budidaya secara hidroponik diwakili dengan persiapan media tanam. Media tanam kemudian di masukan ke dalam polibak kecil sebagai media penyemaian benih dan polibak besar sebagai proses pembesaran. Penyemaian benih dilakukan ditempat yang tersendiri (di dalam rumah plastik penyemaian) sampai berumur dua minggu dengan

perawatan secara manual. Selanjutnya bibit yang sudah siap tanam dipindahkan di dalam media tumbuh dalam polibak dan siap dibesarkan. Sementara penyemaian dilakukan, instalasi tangki, pompa dan pipa irigasi di persiapkan dengan cara menghubungkan tangki air dengan seluruh polibak besar menggunakan kantong plastik *PolyEthelene* (PE). Hidroponik secara harfiah berarti *Hydro* = air, *Phonic* = pengerjaan. Sehingga secara umum hidroponik adalah sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah tetapi menggunakan air yang berisi larutan nutrisi/ unsur hara (Roidah, 2014). Berikut ini gambar bercocok tanam dengan metode hidroponik.



Gambar 2.1 Metode Bercocok Tanam dengan Hidroponik (Nur Samsul, 2020)

Kunci keberhasilan hortikultura sistem hidroponik adalah pada komposisi pemberian pupuk yang tepat, sesuai dengan jenis umur tanaman. Untuk itu, unsur hara yang di butuhkan tanaman dipasokkan ke media tumbuh secara teratur dan berkala. Perlakukan kusus seperti pemangkasan dahan/ ranting yang tak berguna, pembuatan tali rambatan, pencegahan dan pemberantasan hama perlu dilakukan secara teliti. Pemangkasan bakal buah perlu agar buah yang di sisakan benar-benar tumbuh optimal karna mendapat tanaman yang cukup. Proses panen dilakukan secara manual dengan memilih buah yang benar telah cukup waktu yang telah di tentukan, artinya proses panen dapat dilakukan tidak sekaligus, melainkan secara bertahap 1-2 minggu.

Terdapat beberapa tanaman yang dapat ditanam secara hidroponik seperti sayuran, buah-buahan dan bunga. Pada penelitian ini Penulis memilih sayuran sebagai kasus. Adapun jenis-jenis sayuran yang digunakan terdiri dari sebagai berikut :

a. Selada

Selada adalah tanaman yang paling banyak digunakan untuk salad. Tanaman ini merupakan sayuran musim dingin utama yang beradaptasi paling baik pada lokasi iklim sedang, yang banyak sekali ditanam. Di beberapa negara, konsumsi selada cukup besar untuk memberikan kontribusi gizi secara nyata. Selain itu selada sangat cocok ditanam dengan metode hidroponik. Hasilnya lebih bagus dan tentunya akan jauh lebih efisien.

b. Seledri

Seledri adalah tanaman yang sangat bergantung pada lingkungan. Untuk memperoleh kualitas dan hasil tinggi, tanaman harus ditanam pada kondisi lingkungan yang tepat serta pemberian zat hara yang sesuai kebutuhannya. Produksi dapat optimum jika suhu rata-rata berkisar antara 16°C dan 21°C. Seledri menghendaki air yang selalu tersedia dan dikurangi secara berkala untuk menghindari cekaman, khususnya selama periode perkembangan akhir ketika pertumbuhan berlangsung sangat cepat. Oleh sebab itu metode hidroponik sangat cocok untuk mendapatkan hasil tinggi dan kualitas baik.

c. Sawi Putih

Sawi putih adalah sayuran terpenting dalam spesies ini. Tanaman ini dikenal sebagai pet-sai (bahasa mandarin, yang berarti sayuran putih), dan di AS dikenal sebagai napa atau kubis napa. Sawi putih diyakini berasal dari Cina dan mungkin berevolusi melalui persilangan alami dengan pak choi yang tidak membentuk kepala atau turnip. Dan sayuran ini sangat cocok ditanam dengan metode hidroponik.

d. Sawi Hijau

Tanaman sawi hijau ini mungkin berasal dari wilayah timur Mediterania. Tanaman menghasilkan daun besar berwarna hijau tua dengan aromanya lebih keras ketimbang sebagian sawi lain. Tanaman yang tumbuh cepat dan umur-gejang ini tahan suhu rendah; sebagian besar adalah setahun, tetapi ada juga yang dua-tahunan. Selain

daun yang dapat dimakan, mahkota hipokotil yang membesar juga dikonsumsi segar atau di buat acar.

e. Bayam

Bayam merupakan sayuran hijau yang sering kita jumpai di berbagai tempat di Indonesia khususnya di setiap warung makanan. Kandungan gizi yang dimiliki bayam sangat luar biasa, tidak hanya vitamin akan tetapi bayam juga mengandung magnesium, kalsium, float, protein dan serat. Untuk menumbuhkan bayam dengan metode hidroponik membutuhkan media penanaman yang lancar, hawa udara maupun saluran air yang baik. Nitrogen sangat dibutuhkan dalam jumlah banyak. Dan perlu diusahakan agar media penanamannya tidak tergenang air.

f. Kailan

Sayuran kailan ini mirip seperti sawi, akan tetapi tidak terlalu populer di dunia kuliner. Kita lebih familiar dengan kangkung dan sawi. Kailan atau yang dikenal sebagai sawi Cina ini memang bukan asli dari Indonesia, melainkan berasal dari China seperti namanya. Sayuran ini mempunyai daun dan batang yang tebal berwarna hijau. Bunga tanaman ini sering kali diolah menjadi berbagai macam masakan.

g. Brokoli

Seperti kubis bunga, ada tipe brokoli yang ditanam, yaitu tipe umur-janjang, tipe umur-sedang, dan tipe umur-dalam. Berbeda dengan kubis bunga, bagian yang dapat dimakan adalah perbungaan yang

terdiri atas bunga muda yang telah terdiferensiasi sempurna dan bagian atas batang yang lembut.

h. Pakcoy

Tanaman ini masih terus merupakan salah satu sayuran terpenting di Asia, khususnya di Cina. Daunnya bertangkai, berbentuk agak oval, berwarna hijau tua, dan mengkilap, tidak membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar, tersusun dari spiral yang rapat, melekat pada batang yang tertekan. Tangkai daunnya berwarna putih atau hijau muda, gemuk dan berdaging; tanaman ini tingginya 15-30 cm.

i. Kangkung

Kangkung merupakan sayuran yang sangat familiar di Indonesia, hampir setiap rumah makan di Indonesia menyediakan sayur kangkung dalam menunya. Sayuran ini terbilang sangat mudah di dapatkan disetiap daerah. Karena kangkung sangat mudah tumbuh maka dengan menerapkan metode penanaman secara hidroponik akan meningkatkan hasil panen dan tentunya lebih efisien.

j. Timun

Timun adalah salah satu jenis sayuran buah, yang sangat populer dan dikenal hampir di setiap negara di dunia. Tanaman ini di yakini berasal dari wilayah India dan sekitarnya, yang dibuktikan dengan banyaknya varietas timun yang dijumpai di daerah ini (Ranner et al, 2007). Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, saat ini timun telah

menyebarkan dan dibudidayakan hampir di seluruh dunia, baik daerah tropis maupun subtropis. Jadi penanam dengan metode hidroponik akan sangat bagus untuk tanaman ini karena terbilang mudah tumbuh dimana saja.

k. Tomat

Tomat adalah salah satu komoditas hortikultura sayuran yang pusat penyebarannya juga diperkirakan berada di sekitar pegunungan Andes di Amerika Selatan, karena penyebaran genus *Lycopersicon* banyak dijumpai di wilayah ini.

l. Buncis

Saat ini, buncis telah menjadi salah satu komoditas ekspor yang potensial bagi sektor hortikultura Indonesia, baik dalam bentuk buncis segar maupun produk olahan.

2.2.2 Defisiensi Unsur Hara Tanaman

Unsur hara biasanya didapatkan melalui pemupukan atau larutan nutrisi (Rosliani dan Sumami, 2005). Defisiensi atau kahat unsur hara adalah kekurangan material (bahan) yang berupa makanan bagi tanaman untuk melangsungkan hidupnya. Kebutuhan tanaman akan unsur hara berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya, ada jenis tanaman yang rakus makanan adapula yang biasa saja. Jika unsur hara tidak tersedia maka pertumbuhan tanaman akan terhambat dan produksinya menurun. Sebagai petani tidak mungkin mengecek kandungan hara tanah setiap saat untuk mengetahui ketersediaan unsur hara tersebut, salah satu

upaya mengatasinya adalah dengan mengetahui gejala defisiensi unsur hara pada tanaman. Dengan diketahuinya gejala-gejala pada tanaman yang mengalami defisiensi unsur hara petani dapat memberikan solusi yang tepat dan akurat bagi tanaman.

Adapun jenis dan fungsi unsur hara yang terdapat dalam sayuran hidroponik adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis dan Fungsi Unsur Hara Bagi Tanaman Hidroponik
(Richard E Nicholls, 1986)

No.	Unsur Hara	Fungsinya
1	Nitrogen (N)	Sangat berpengaruh terhadap produksi daun dan proses pertumbuhan batang tanaman. Juga merupakan satu komponen yang penting di dalam protoplasma. Merupakan bahan dasar sumber kehidupan yang ditemukan di dalam setiap sel hidup, dan jelas menjadi bagian yang tidak bisa dilepaskan dari komposisi tubuh tanaman.
2	Fosfor (P)	Dibutuhkan di dalam pengembangan bunga dan buah. Juga mendorong pertumbuhan akar-akar yang sehat.
3	Kalium (K)	Pembentukan jaringan penguat pada tangkai, daun dan buah. Membantu pembentukan protein dan karbohidrat, serta menjadi sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit.
4	Sulfur (S)	Bergabung dengan fosfor untuk mengaktifkan unsur itu. Juga digunakan dalam proses produksi energi.
5	Kalsium (Ca)	Menunjang pertumbuhan akar. Juga memudahkan tanaman menyerap potasium.
6	Besi (Fe)	Penting dalam proses produksi kloropil di dalam tanaman.
7	Magnesium (Mg)	Merupakan satu komponen dari kloropil. Juga aktif di dalam proses penyebaran fosfor ke seluruh batang tanaman.

8	Boron (B)	Telah diketahui bahwa dibutuhkan dalam jumlah kecil, tapi tidak digunakan bagaimana cara penggunaan boron itu.
9	Mangan (Mn)	Mendukung daya serap nitrogen dari tanah.
10	Tembaga (Cu)	Dibutuhkan dalam proses produksi klorofil.
11	Seng (Zn)	Merupakan komponen yang diperlukan pada proses peralihan energi di dalam tanaman.
12	Molibdenum (Mo)	Perannya penting dalam meningkatkan nitrogen yang berfaedah pada tanaman leguminosal. Mo juga penting bagi tanaman buah dan sayur.
13	Khlorin (Cl)	Membantu proses fotosintesis tanaman, serta memperbaiki dan meninggikan hasil kering tanaman.

Konsentrasi yang tinggi dalam larutan dapat menyebabkan serapan yang berlebihan, yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan hara. Contohnya unsur P, K dan Mn harus tetap dijaga pada konsentrasi yang rendah dalam larutan untuk mencegah akumulasi yang bersifat racun bagi tanaman, atau unsur K yang tinggi dapat mengganggu serapan Ca dan Mg, sedangkan konsentrasi fosfor yang tinggi dapat menimbulkan defisiensi unsur hara Fe, dan Zn (Rosliani dan Sumarni, 2005).

Unsur-unsur nutrisi penting digolongkan ke dalam tiga kelompok berdasarkan kecepatan hilangnya dari larutan (Bugbee, 2003). Adapun kelompok dari unsur-unsur penting nutrisi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kelompok pertama adalah unsur-unsur yang secara aktif diserap oleh akar dan hilang dari larutan dalam beberapa jam yaitu N, F, K dan Mn.
2. Kelompok kedua adalah unsur-unsur yang mempunyai tingkat serapannya sedang dan biasanya hilang dari larutan lebih cepat daripada air yang hilang (Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo, dan Cl).

3. Kelompok ketiga adalah unsur-unsur yang secara pasif diserap dari larutan dan sering bertumpuk dalam larutan (Ca dan B).

Unsur N untuk larutan hidroponik disuplai dalam bentuk Nitrat. N dalam bentuk Ammonium Nitrat mengurangi serapan K, Ca, Mg, dan unsur mikro. Kandungan Ammonium Nitrat harus dibawah 10% dari total kandungan nitrogen pada larutan nutrisi untuk mempertahankan keseimbangan pertumbuhan dan menghindari penyakit fisiologi yang berhubungan dengan keracunan Amonia yang juga tergolong kedalam defisiensi unsur hara.

Unsur mikro dibutuhkan dalam jumlah yang kecil sebagai nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik. Selain itu penting juga untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit atau hama. Sebagai mana menurut Bugee (2003), kekurangan Mn menyebabkan tanaman mudah terinfeksi oleh *Cendawan Pythium*. Tembaga (Cu) dan seng (Zn) dapat menekan pertumbuhan mikrobia, akan tetapi pada konsentrasi yang agak tinggi akan menjadi racun bagi tanaman (Rosliani dan Sumarn, 2005).

Agar penelitian ini berjalan dengan baik Penulis melakukan penelitian di ladang hidroponik sayuran yang mengalami defisiensi unsur hara serta untuk beberapa informasi tentang gejala defisiensi tanaman Penulis juga dapatkan dalam jurnal, buku-buku, dan penelitian yang dilakukan orang terdahulu. Berdasarkan Informasi yang Penulis dapatkan dari berbagai sumber maka di bawah ini merupakan gejala-gejala defisiensi sayuran hidroponik berdasarkan kandungan unsur hara yang dibutuhkan tanaman sayuran.

a. Nitrogen (N)

Aadapun gejala defisiensi dari nitrogen adalah sebagai berikut.

1. Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.
2. Daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah.
3. Daun-daun yang paling rendah posisinya yang paling menderita.

Berikut ini gambar tanaman Seledri yang mengalami gejala defisiensi unsur hara Nitrogen (N).



Gambar 2.2 Kekurangan Unsur Hara Nitrogen (Nur Samsul, 2020)

b. Fosfor (P)

Aadapun gejala defisiensi dari fosfor adalah sebagai berikut :

1. Daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan.
2. Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis).

3. Pertumbuhan akar kurang baik.

Berikut ini gambar sayur Pagoda yang mengalami gejala defisiensi unsur hara Fosfor (F).



Gambar 2.3 Kekurangan Unsur Hara Fosfor (Nur Samsul, 2020)

c. Kalium (K)

Aadapun gejala defisiensi dari Kalium adalah sebagai berikut:

1. Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus.
2. Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.
3. Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.

Dan berikut ini gambar sayuran hidroponik yang kekurangan zat hara Kalium (K).



Gambar 2.4 Kekurangan Unsur Hara Kalium (Dzikri, 2007)

d. Sulfur (S)

Gejala defisiensi dari sulfur adalah sebagai berikut:

1. Urat-urat daun berubah menguning.
2. Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.
3. Batang tanaman kurus dan kerdil

Berikut ini gambar sayur Selada yang mengalami gejala defisiensi unsur hara Sulfur (S).



Gambar 2.5 Kekurangan Unsur Hara Sulfur (Nur Samsul, 2020)

e. Kalsium (Ca)

Adapun gejala defisiensi dari kalsium adalah sebagai berikut:

1. Daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap.
2. Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).
3. Proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik.

Berikut ini gambar sayuran selada yang mengalami defisiensi unsur hara zat Kalsium (Ca).



Gambar 2.6 Kekurangan Unsur Hara Kalsium (Nur Samsul, 2020)

f. Besi (Fe)

Gejala defisiensi yang di alami tanaman jika kekurangan zat makanan

Besi adalah sebagi berikut:

1. Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta sisa tubuh daun kehilangan warnanya, mengering, dan mengeriput.
2. Pada ujung-ujung daun mulai terkikis.
3. Tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih.

Berikut ini gambar sayuran selada yang mengalami defisiensi unsur hara zat Besi (Fe).



Gambar 2.7 Kekurangan Unsur Hara Besi (Nur Samsul, 2020)

g. Magnesium (Mg)

Aadapun gejala defisiensi dari magnesium adalah sebagai berikut:

1. Daun-daun mudah menjadi warna kuning.
2. Daya tumbuh biji berkurang dan bila biji tumbuh, kualitas tanaman kurang baik.
3. Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta terdapat totol-totol kuning pada daun.

Di bawah ini merupakan salah satu tanda-tanda gejala sayur Kailan yang mengalami kekurangan unsur magnesium.



Gambar 2.8 Gejala Kekurangan Magnesium (Nur Samsul, 2020)

h. Boron (B)

Adapun gejala defisiensi dari Boron adalah sebagai berikut:

1. Batangnya pecah-pecah.
2. Daun-daunnya mengering dan kurus.
3. Ujung daun menjadi coklat.
4. Laju pertumbuhan rata-rata dari tanaman merosot atau sama sekali berhenti.

Gambar sayuran yang kekurangan unsur hara Boron terlihat pada gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9 Kekurangan Unsur Hara Boron (Nur Samsul, 2020)

i. Mangan (Mn)

Adapun gejala-gejala defisiensi dari Mangan (Mn) adalah sebagai berikut:

1. Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.
2. Pada beberapa tempat jaringan-jaringan daun mati sementara tetap hijau.
3. Pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan.

Gambar sayuran yang kekurangan unsur hara Mangan (Mn) terlihat pada gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Kekurangan Unsur Hara Mangan (Azzamy, 2016)

j. Tembaga (Cu)

Adapun gejala-gejala defisiensi dari Cu adalah sebagai berikut:

1. Ujung daun muda mengisut dan tepi-tepi daun mengering.
2. Jaringan-jaringan tidak ada yang mati, tapi pada daun muda kadang-kadang terjadi chlorose.
3. Daun terlihat layu.

Gambar tanaman yang kekurangan unsur hara Boron terlihat pada gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.11 Kekurangan Unsur Hara Tembaga (Lisa, 2018)

k. Seng (Zn)

Adapun gejala-gejala defisiensi dari Zn adalah sebagai berikut:

1. Diantara tulang daun berwarna kuning atau putih kemudian mengerut, mengering, gugur dan lekas mati.
2. Bakal buah menguning dan terbuka.
3. Ruas-ruas batang memendek dan mengerut.

Berikut ini gambar sayur Kailan yang mengalami defisiensi unsur Seng dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut ini.



Gambar 2.12 Kekurangan Unsur Hara Seng (Azzamy, 2016)

l. Molibdenum (Mo)

Adapun gejala-gejala yang ditimbulkan defisiensi dari Molibdenum (Mo) adalah sebagai berikut:

1. Terjadi perubahan warna pada daun; daun berkeriput, dan mengering, mati pucuk (*die back*) yang menyebabkan tanaman menjadi mati.

2. Muncul warna kekuningan pada daun tua yang kemudian menjalar ke daun muda.

Gambar di bawah ini merupakan tanaman sayur Selada yang mengalami defisiensi unsur Khlorin.



Gambar 2.13 Kekurangan Unsur Hara Molibdenum (Nur Samsul, 2020)

m. Khlorin (Cl)

Adapun gejala-gejala yang ditimbulkan defisiensi Khlorin (Cl) adalah sebagai berikut :

1. Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.
2. Daun lemah, layu, dan warna keemasan.
3. Produktifitas tanaman rendah.
4. Pemasakan buah lambat.

Gambar di bawah ini merupakan tanaman sayur Sawi Putih yang mengalami defisiensi unsur Khlorin.

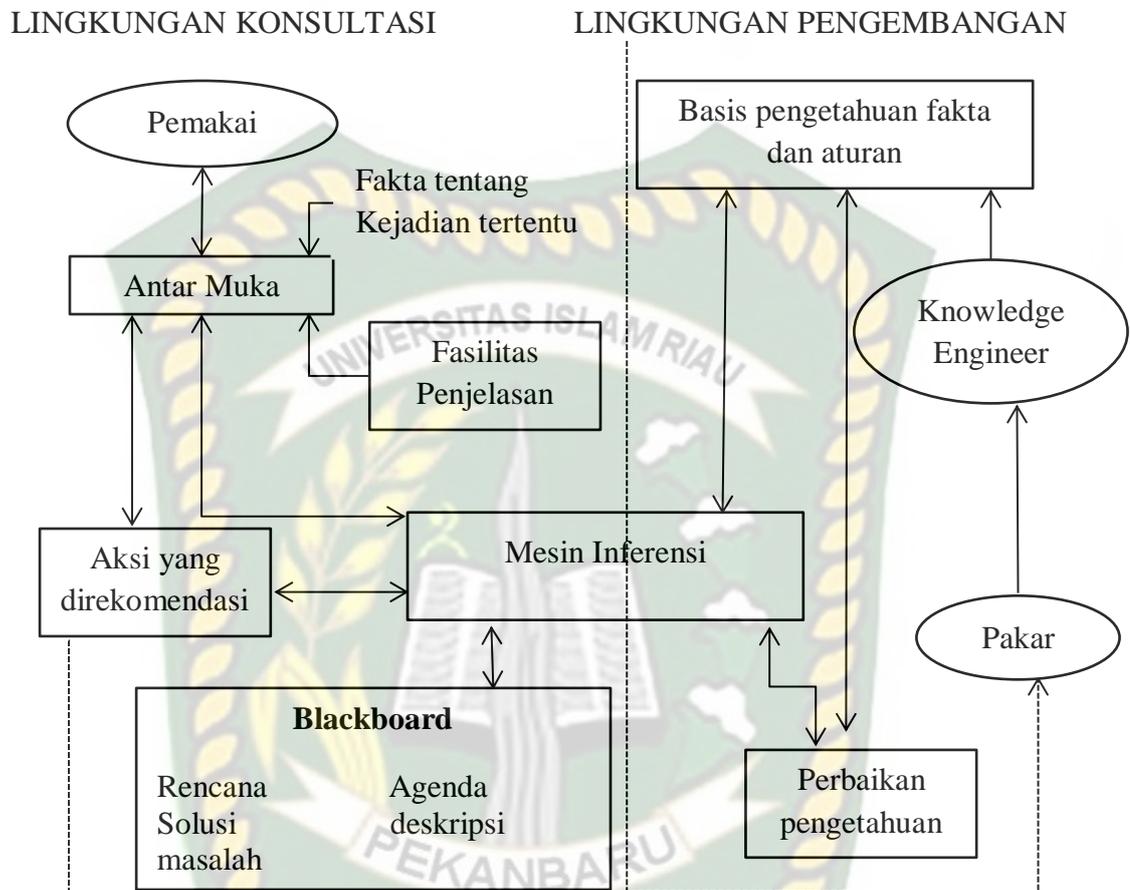


Gambar 2.14 Kekurangan unsur hara Khlorin (Nur Samsul, 2020)

2.2.3 Sistem Pakar

Sistem pakar (*expert system*) adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah, sistem pakar akan memberikan pemecahan suatu masalah yang didapat dari dialog dengan pengguna. Dengan bantuan sistem pakar seseorang yang bukan pakar atau ahli dapat menjawab pertanyaan, menyelesaikan masalah serta mengambil keputusan yang biasanya dilakukan oleh seorang pakar (Sutojo, 2011).

2.2.4 Struktur Sistem Pakar



Gambar 2.15 Skema Sistem Pakar (Kusumadewi, 2003)

Keterangan :

1. Akuisisi Pengetahuan

Subsistem ini digunakan untuk memasukkan pengetahuan dari seorang pakar dengan cara merekayasa pengetahuan agar dapat diproses oleh komputer dan menarunya ke dalam basis pengetahuan dalam format tertentu. Sumber - sumber pengetahuan bisa diperoleh dari pakar, buku, dokumen, multimedia, basis data, laporan riset khusus, dan informasi yang terdapat dari web.

2. Basis pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari dua elemen dasar, yaitu :

- a. Fakta, misalnya situasi, kondisi, atau permasalahan yang ada
- b. *Rule* (aturan), untuk mengarahkan pengguna pengetahuan dalam memecahkan masalah.

3. Mesin Inferensi

Sebuah program yang berfungsi untuk memadu proses penalaran terhadap suatu kondisi berdasarkan basis pengetahuan yang ada, memanipulasi dan mengarahkan kaidah, model dan fakta yang disimpan dalam basis pengetahuan untuk mencapai solusi atau kesimpulan.

1. Daerah kerja (*blackboard*)

Sistem pakar membutuhkan *Blackboard*, yaitu area pada memori yang berfungsi sebagai basisdata. Tiga tipe keputusan yang dapat direkam pada *blackboard*, yaitu :

- a. Rencana : bagaimana menghadapi masalah
- b. Agenda : aksi-aksi potensial yang sedang menunggu dieksekusi
- c. Solusi : calon aksi yang akan dibangkitkan.

4. Antarmuka pengguna

Digunakan sebagai media komunikasi antar pengguna dan sistem pakar. Komunikasi ini paling bagus bila dalam bahasa alami dan dilengkapi dengan grafik, menu, dan formulir elektronik.

5. Subsistem Penjelasan

Berfungsi memberi penjelasan kepada pengguna, bagaimana suatu kesimpulan dapat diambil. Kemampuan seperti ini sangat penting bagi pengguna untuk

mengetahui proses pemindahan keahlian pakar maupun dalam pemecahan masalah.

6. Sistem perbaikan pengetahuan

Kemampuan memperbaiki pengetahuan dari seorang pakar diperlukan untuk menganalisis pengetahuan, belajar dari kesalahan masa lalu, kemudian memperbaiki pengetahuannya sehingga dapat dipakai pada masa yang akan datang.

7. Pengguna

Pada umumnya pengguna sistem pakar bukanlah seorang pakar yang membutuhkan solusi, saran, atau pelatihan dari berbagai permasalahan yang ada.

2.2.5 Manfaat Sistem Pakar

1. Meningkatkan kualitas, dengan memberi nasehat yang konsisten dan mengurangi kesalahan.
2. Meningkatkan produktivitas, karena Sistem Pakar dapat bekerja lebih cepat daripada manusia.
3. Membuat seorang yang awam bekerja seperti layaknya seorang pakar.
4. Mampu menangkap pengetahuan dan kepakaran seseorang.
5. Dapat beroperasi dilingkungan yang berbahaya.

2.2.6 Kekurangan Sistem Pakar

1. Sulit dikembangkan karena keterbatasan keahlian dan ketersediaan pakar.
2. Biaya yang sangat mahal untuk membuat dan memelihara sistem pakar.
3. Sistem pakar tidak 100% bernilai benar.

2.2.7 Konsep Dasar Sistem Pakar

2.2.7.1 Kepakaran

Kepakaran merupakan pengetahuan yang diperoleh dari suatu pelatihan, membaca, dan pengalaman. Kepakaran inilah yang memungkinkan para ahli dapat mengambil keputusan lebih cepat dan lebih baik daripada orang yang bukan pakar.

Pengetahuan kepakaran meliputi :

1. Fakta-fakta tentang bidang permasalahan tertentu.
2. Teori-teori tentang bidang permasalahan tertentu.
3. Aturan-aturan dan prosedur-prosedur menurut bidang permasalahan umumnya.
4. Aturan *heuristic* yang harus dikerjakan dalam suatu situasi tertentu
5. Strategi global untuk memecahkan permasalahan.
6. Pengetahuan tentang pengetahuan (*meta knowledge*).

2.2.7.2 Pakar

Pakar adalah seseorang yang mempunyai pengetahuan, pengalaman, dan metode khusus, serta mampu menerapkannya untuk memecahkan atau memeberi nasehat. Seorang pakar harus mampu menjelaskan dan mempelajari hal-hal baru yang berkaitan dengan topik permasalahan, jika perlu harus mampu menyusun kembali pengetahuan-pengetahuan yang didapatkan, dan dapat memecahkan aturan-aturan serta menentukan relevansi kepakarannya. Kegiatan yang harus mampu seorang pakar lakukan sebagai berikut :

1. Mengenali dan memformulasikan permasalahan.
2. Memecahkan permasalahan secara cepat dan tepat.

3. Menerangkan pemecahannya.
4. Belajar dari pengalaman.
5. Merestrukturisasi pengetahuan.
6. Memecahkan aturan-aturan.
7. Menentukan relevansi.

2.2.7.3 Pemindahan Kepakaran (*Transferring Expertise*)

Proses ini melibatkan empat kegiatan, yaitu :

1. Akuisisi pengetahuan (dari pakar atau sumber lain).
2. Representasi pengetahuan (pada komputer).
3. Inferensi pengetahuan.
4. Pemindahan pengetahuan ke pengguna.

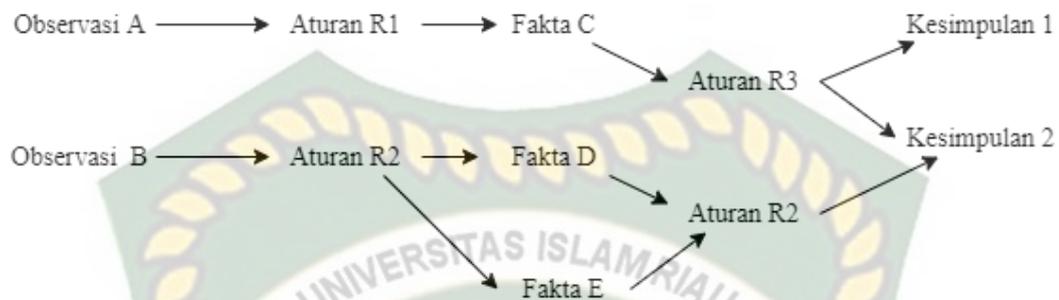
2.2.7.4 Inferensi

Inferensi adalah sebuah prosedur (program) yang mempunyai kemampuan dalam melakukan penalaran. Inferensi ditampilkan dalam suatu komponen yang disebut mesin inferensi yang mencakup prosedur-prosedur mengenai pemecahan masalah. Tugas mesin inferensi adalah mengambil kesimpulan berdasarkan basis pengetahuan yang dimilikinya.

1. *Forward Chaining*

Pelacakan kedepan adalah pendekatan yang dimotori data. Dalam pendekatan ini pelacakan dimulai dari informasi masukan dan selanjutnya mencoba menggambarkan kesimpulan. Pelacakan kedepan mencari fakta yang sesuai dengan

bagian IF dari aturan IF-THEN (Kusumadewi, 2003). Gambar 2.2 menunjukkan proses *Forward Chaining*.



Gambar 2.16 Proses *Forward Chaining* (Kusumadewi, 2003)

Forward Chaining adalah teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui, kemudian mencocokkan fakta-fakta tersebut dengan bagian IF dari *rule* IF-THEN. Bila ada fakta yang cocok dengan bagian IF, maka *rule* tersebut dieksekusi. Bila sebuah *rule* dieksekusi, maka sebuah fakta baru (bagian THEN) ditambahkan kedalam *database*. Setiap kali pencocokan *rule*, dimulai dari *rule* teratas. Setiap *rule* hanya boleh dieksekusi sekali saja. Proses pencocokan berhenti bila tidak ada lagi *rule* yang bisa dieksekusi. Berikut ini contoh kasus yang menerapkan teknik *Forward Chaining* diatas :

- a. Tabel Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik

Tabel di bawah ini merupakan tabel defisiensi unsur hara yang berhasil dikumpulkan selama pengambilan data.

Tabel 2.2 Daftar Defisiensi Unsur Hara

Kode	Defisiensi Unsur Hara	Solusi
D1	Nitrogen (N)	Dapat diatasi dengan memberi pupuk yang mengandung Potasium Nitrat (KNO ₃) atau dengan menyemprotkan pupuk daun yang mengandung nitrogen tinggi. Perlu diingat pemberian pupuk nitrogen tidak boleh berlebihan.

D2	Fosfor (P)	Dapat diatasi dengan memberikan pupuk yang mengandung fosfor seperti Ammonium Pospat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Sampai tanaman mengalami perbaikan.
D3	Kalium (K)	Kekurangan unsur kalium dapat di atasi dengan memberikan pupuk yang mengandung K seperti pupuk NPK.
D4	Sulfur (S)	Memberi pupuk yang mengandung sulfur, misalnya ZA (S =20%), Phoska (S =10%), serta pupuk daun yang mengandung S.
D5	Kalsium (Ca)	Memberi pupuk yang mengandung kalsium dengan cara menyemprotkan CaNO_3 atau <i>Growmore</i> Ca sebanyak 1 g/l air dengan interval 1 minggu sampai tanaman pulih.
D6	Besi (Fe)	Memberi pupuk yang mengandung Fe seperti pemberian garam pupuk Besi Sulfat (FeSO_4) dengan dosis yang cukup seperti 1,02 gr/l dengan interval dua kali seminggu.
D7	Magnesium (Mg)	Dengan memberikan garam pupuk yang mengandung MgSO_4 atau Magnesium Sulfat sebanyak 0,71 gr/l setiap hari dengan interval 1 minggu sampai tanaan pulih.
D8	Boron (B)	Dengan memberikan garam pupuk yang mengandung B, diberikan sebanyak 0,25 mg yang dicampurkan dengan penggunaan larutan utama.
D9	Mangan (Mn)	Memberikan pupuk yang mengandung MnCl_2 sebanyak 1,81 gr/l setiap hari hingga tanaman terlihat pulih.
D10	Tembaga (Cu)	Memberikan pupuk yang mengandung Cu.
D11	Seng (Zn)	Memberikan pupuk yang mengandung Seng(Zn) yaitu sebanyak 0,22 gr/l garam pupuk ZnSO_4 .

D12	Molibdenum (Mo)	Dengan memberikan pupuk organik yang tinggi atau memberikan pupuk cair seperti Asam Molibdat H ₂ MO ₄ , sebanyak 0,02 yang di campurkan kedalam pupuk utama dan di semprotkan setiap hari.
D13	Khlorin (Cl)	Dengan memberikan garam pupuk yang mengandung Cl seperti garam pupuk MnCl ₂ sebanyak 1,81 gr/l setiap hari sampai tanaman terlihat pulih.

b. Tabel Gejala

Terdapat beberapa gejala tentang defisiensi unsur hara tanaman hidroponik maka dibuat sebuah tabel gejala untuk mempermudah melihat jenis-jenis gejala, untuk mengetahui gejalanya dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Gejala Defisiensi Unsur Hara

Kode	Gejala Defisiensi
G1	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.
G2	Daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah.
G3	Daun-daun yang paling rendah posisinya yang paling menderita.
G4	Daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan.
G5	Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis).
G6	Pertumbuhan akar kurang baik.
G7	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus.
G8	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.
G9	Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.
G10	Urat-urat daun berubah menguning.
G11	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.

G12	Batang tanaman kurus dan kerdil.
G13	Daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap.
G14	Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).
G15	Proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik.
G16	Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta sisa tubuh daun kehilangan warnanya, mengering, dan mengeriput.
G17	Pada ujung-ujung daun mulai terkikis.
G18	Tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih.
G19	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.
G20	Daya tumbuh biji berkurang dan bila biji tumbuh, kualitas tanaman kurang baik.
G21	Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta terdapat totol-totol kuning pada daun.
G22	Batangnya pecah-pecah.
G23	Ujung daun menjadi coklat.
G24	Laju pertumbuhan rata-rata dari tanaman merosot atau sama sekali berhenti.
G25	Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.
G26	Pada beberapa tempat jaringan-jaringan daun mati sementara tetap hijau.
G27	Pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan.
G28	Ujung daun muda mengisut dan tepi-tepi daun mengering.
G29	Jaringan-jaringan tidak ada yang mati, tapi pada daun muda kadang-kadang terjadi chlorose.
G30	Daun terlihat layu.
G31	Diantara tulang daun berwarna kuning atau putih kemudian mengering, mengering, gugur dan lekas mati.
G32	Bakal buah menguning dan terbuka.
G33	Ruas-ruas batang memendek dan mengering.
G34	Terjadi perubahan warna pada daun; daun berkeriput, dan mengering, mati pucuk (<i>die back</i>) yang menyebabkan tanaman menjadi mati.
G35	Muncul warna kekuningan pada daun tua yang kemudian menjalar ke daun muda.

G36	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.
G37	Daun lemah, layu, dan warna keemasan.
G38	Produktifitas tanaman rendah.
G39	Pemasakan buah lambat.
G40	daun-daunnya mengering dan kurus



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

c. Tabel Keputusan

Tabel keputusan berguna untuk sebagai acuan dalam membuat Forward Chaining. Berdasarkan analisa masalah penyakit dengan gejala di atas, maka tabel keputusan pada sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Keputusan Diagnosa Defisiensi Unsur Hara

Analisa	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25	G26	G27	G28	G29	G30	G31	G32	G33	G34	G35	G36	G37	G38	G39	G40	Defisiensi	CF
A1	X	X	X	X																																			D1	0.8		
A2				X	X	X																																		D2	0.8	
A3							X	X	X																															D3	0.8	
A4									X	X	X	X																												D4	0.8	
A5												X	X	X																										D5	0.8	
A6														X	X	X	X																							D6	0.8	
A7																			X	X	X																			D7	0.8	
A8																					X	X	X														X		D8	0.8		
A9																							X	X	X														D9	0.8		
A10							X													X							X	X	X										D10	0.8		
A11																													X	X	X								D11	0.8		
A12																						X										X	X						D12	0.8		
A13																															X			X	X	X	X		D13	0.8		

d. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan merupakan salah satu komponen yang ada dalam sistem pakar. Setiap *rule* terdiri dari dua bagian yaitu IF adalah fakta-fakta (Gejala) dan bagian THEN adalah kesimpulan atau hipotesis (Defisiensi). Adapun kaidah dalam basis pengetahuan pada sistem pakar defisiensi unsur hara tanaman hidroponik adalah sebagai berikut :

Rule 1 :

IF G1 AND G2 AND G3 AND G4 THEN D1

Rule 2 :

IF G4 AND G5 AND G6 THEN D2

Rule 3 :

IF G7 AND G8 AND G9 THEN D3

Rule 4 :

IF G9 AND G10 AND G11 AND G12 THEN D4

Rule 5 :

IF G13 AND G14 AND G15 THEN D5

Rule 6 :

IF G15 AND G16 AND G17 AND G18 AND G19 THEN D6

Rule 7 :

IF G19 AND G20 AND G21 THEN D7

Rule 8 :

IF G22 AND G23 AND G24 AND G40 THEN D8

Rule 9 :

IF G25 AND G26 AND G27 THEN D09

Rule 10 :

IF AND G8 AND G21 G28 AND G29 AND G30 THEN D10

Rule 11 :

IF G31 AND G32 AND G33 THEN D11

Rule 12 :

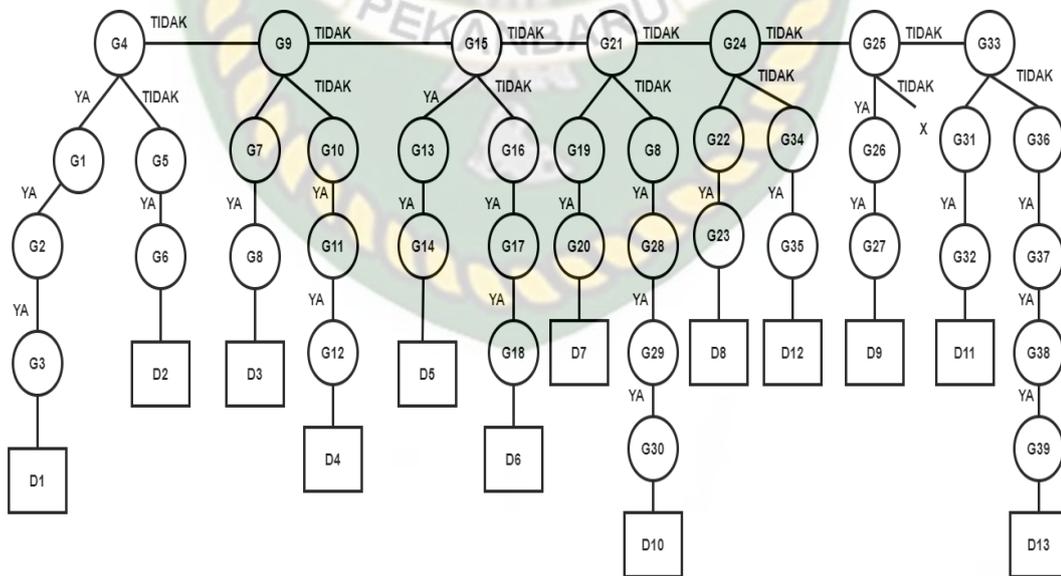
IF G24 AND G34 AND G35 THEN D12

Rule 13 :

IF G33 AND G36 AND G37 AND G38 AND G39 THEN D13

e. *Forward Chaining*

Gambar 2.17 menjelaskan tentang *Forward Chaining* berdasarkan *rule basis* pengetahuan.



Keterangan :

○ = gejala □ = defisiensi X = tidak terdiagnosis

Gambar 2.17 Penyusunan Alur *Forward Chaining*

Dapat dilihat pada gambar 2.3 metode penelusurannya menggunakan Alur *Forward Chaining*, alur tersebut bertujuan untuk mencari jenis dedisiensi unsur hara berdasarkan gejala-gejala yang telah dipilih.

2. *Backward Chaining*

Backward Chaining adalah metode inferensi yang bekerja mundur ke arah kondisi awal. Proses diawali dari *goal* (yang berada dibagian THEN dari *rule* IF-THEN), kemudian pencarian mulai dijalankan untuk mencocokkan apakah fakta-fakta yang ada cocok dengan premis-premis di bagian IF. Jika cocok, *rule* dieksekusi, kemudian hipotesa di bagian THEN ditempatkan dibasis data sebagai fakta baru. Jika tidak cocok, simpan premis dibagian IF kedalam *stack* sebagai *suGoal*.

2.2.8 Faktor Kepastian (*Certainty Factor*)

Certainty Factor (CF) diperkenalkan oleh Shortliffe Buchanan saat di *Stanford University* dalam pembuatan MYCIN pada tahun 1970an untuk MYCIN, sebuah sistem pakar untuk diagnosis dan perawatan meningitis dan infeksi darah (D. Heckerman, 1992) Sejak saat itu CF menjadi standar pendekatan manajemen ketidak tentuan dalam *Rule-based* sistem.

Metode ini sangat cocok untuk sistem pakar yang mendiagnosis sesuatu yang belum pasti (J. Giarratano, 2005). Teori *Certainty* berusaha untuk melakukan pendekatan heuristik untuk penalaran (*reasoning*) dengan *uncertainty*. Pakar manusia memberi nilai kepercayaan (*confidence*) dalam bentuk “*unlikely*”, “*almost certain*”, “*highly probable*”, “*possible*”, dan lain-lain. Nilai-nilai tersebut tidak

bersifat probabilistik tetapi lebih bersifat heuristik dan dihasilkan dari pengalaman. *Certainty Factor* memiliki keunggulan untuk dinilai sebagai metode yang relatif mudah. Untuk mengubah aturan dan faktor kepastian dinilai cukup mudah dan dapat diaplikasikan pada nilai-nilai dalam basis pengetahuan asli, tanpa penilaian ulang berturut-turut (J. E. Weber, 1988).

Saat ini ada dua model yang sering digunakan untuk mendapatkan tingkat keyakinan (CF), yaitu (Sutojo, 2011) :

1. Metode '*Net Belief*' yang diusulkan oleh E.H. Shortliffe dan B. G. Buchanan.

Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.1).

$$CF(h,e) = MB(h,e) - MD(h,e) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$MB(H,E) = \begin{cases} \frac{\max[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\max[1,0] - P(H)} & \text{lainnya} \dots \dots \dots (2.2) \end{cases}$$

$$MD(H,E) = \begin{cases} \frac{\min[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\min[1,0] - P(H)} & \text{lainnya} \dots \dots \dots (2.3) \end{cases}$$

Keterangan:

CF(Rule) = Faktor kepastian.

MB(H, E) = *Measure of Belief* (ukuran kepercayaan) terhadap hipotesis H, jika diberikan *evidence* E (antara 0 dan 1).

MD(H, E) = *Measure of Disbelief* (ukuran ketidakpercayaan) terhadap *evidence* H, jika diberikan *evidence* E (antara 0 dan 1).

P(H) = Probabilitas kebenaran hipotesis H.

P(H|E) = Probabilitas bahwa H benar karena fakta E.

Berikut ini contoh kasus yang menerapkan rumus diatas :

Seandainya seorang pakar penyakit kelamin menyatakan bahwa probabilitas seseorang berpenyakit phimosi adalah 0,02. Dari data lapangan menunjukkan bahwa dari 100 orang penderita penyakit phimosi, 40 orang memiliki gejala kulup berminyak. Dengan menganggap H = phimosi dan E = kulup berminyak, hitung faktor kepastian bahwa phimosi disebabkan oleh adanya kulup berminyak.

Jawaban :

$$P(\text{Phimosi}) = 0,02$$

$$P(\text{Phimosi} \mid \text{Kulup Berminyak}) = 40 / 100 = 0,4$$

$$\begin{aligned} \text{MB(H,E)} &= \frac{\max[p(H|E), p(H)] - p(H)}{\max[1,0] - p(H)} \\ &= \frac{\max[0,4, 0,02] - 0,02}{1 - 0,02} \\ &= \frac{0,4 - 0,02}{1 - 0,02} \\ &= 0,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MD(H,E)} &= \frac{\min[p(H|E), p(H)] - p(H)}{\min[1,0] - p(H)} \\ &= \frac{\min[0,4, 0,02] - 0,02}{1 - 0,02} \\ &= \frac{0,02 - 0,02}{0 - 0,02} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{CF} = 0,39 - 0 = 0,39$$

Rule IF (gejala = kulup berminyak) **THEN** penyakit = Phimosi (CF = 0,39)

2. Menggunakan hasil wawancara dengan pakar.

Dengan mendapatkan informasi dari hasil wawancara dengan pakar. Nilai $CF(Rule)$ didapat dari intepretasi "term" dari pakar, yang diubah menjadi nilai CF tertentu sesuai tabel berikut :

Tabel 2.5 Tabel Interpretasi Nilai CF

Uncertain Term	CF
Pasti tidak	-1,0
Hampir pasti tidak	-0,8
Kemungkinan besar tidak	-0,6
Mungkin tidak	-0,4
Tidak tahu	-0,2 to 0,2
Mungkin	0,4
Kemungkinan besar	0,6
Hampir pasti	0,8
Pasti	1,0

Berikut ini contoh kasus yang menerapkan rumus diatas :

Pakar :

Jika batuk dan panas, maka 'hampir dipastikan' penyakitnya adalah influenza.

Rule : **IF** (batuk **AND** panas) **THEN** penyakit = influenza ($CF = 0,8$)

2.2.8.1 Perhitungan *Certainty Factor* Gabungan

Secara umum, *rule* dipresentasikan kedalam bentuk :

IF E_1 **AND** $E_2 \dots E_n$ **THEN** H (*CF rule*)

IF E_1 **OR** $E_2 \dots E_n$ **THEN** H (*CF rule*)

Dimana :

$E_1 \dots E_n$ = Fakta-fakta (*evidence*) yang ada

H = Hipotesa atau Konklusi yang dihasilkan

CF = Tingkat keyakinan terhadap terjadinya hipotesa H akibat adanya fakta-fakta $E_1 \dots E_n$.

Ada 4 Metode perhitungan gabungan pada *certainty factor* yaitu :

1. *Rule* dengan *evidence* E tunggal dan hipotesa H tunggal

$$CF(H,E) = CF(E) \times CF(rule) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana nilai CF (*rule*) ditentukan oleh pakar (CF pakar), sedangkan nilai CF(E) ditentukan oleh *user* atau pengguna (CF *user*) saat melakukan konsultasi dengan sistem pakar.

Catatan : Secara praktik, nilai CF *rule* ditentukan oleh pakar, sedangkan nilai CF(E) ditentukan oleh pengguna saat berkonsultasi dengan sistem pakar.

Berikut ini contoh studi kasus yang menerapkan rumus diatas :

IF hari terang (CF = 0,4) **THEN** besok hujan (CF = 0,6)

$$CF (\text{besok hujan, hari ini terang}) = 0,4 \times 0,6 = 0,24$$

Artinya, jika hari ini terang, tingkat ke[astian besok hujan adalah 0,24.

2. *Rule* dengan *evidence* E ganda dan hipotesa H tunggal

a. $CF(H,E) = \min[CF(E_1),CF(E_2),\dots,CF(E_n)] \times H(CF \text{ rule}) \dots \dots \dots (2.5)$

b. $CF(H,E) = \max[CF(E_1),CF(E_2),\dots,CF(E_n)] \times H(CF \text{ rule}) \dots \dots \dots (2.6)$

Berikut ini contoh kasus yang menerapkan rumus diatas :

a. **IF** demam (CF = 0,4 **AND** batuk (CF = 0,2) **AND** muntah (CF = 0,7) **THEN** penyakit TBC (CF = 0,3)

$$CF (\text{TBC, demam} \cap \text{batuk} \cap \text{muntah}) = \min [0,4; 0,2; 0,7] \times 0,3$$

$$= 0,2 \times 0,3$$

$$= 0,06$$

Artinya, jika gejala demam dan batuk dan muntah, maka tingkat kepastian terkena penyakit TBC adalah 0,06.

b. **IF** demam (CF = 0,4) **OR** batuk (CF = 0,2) **OR** muntah (CF = 0,7) **THEN** penyakit TBC (CF = 0,3)

$$\begin{aligned} \text{CF (TBC, demam U batuk U muntah)} &= \max [0,4; 0,2; 0,7] \times 0,3 \\ &= 0,7 \times 0,3 \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

Artinya, jika gejala demam atau batuk atau muntah, maka tingkat kepastian terkena penyakit TBC adalah 0,21.

3. Kombinasi dua buah *rule* atau lebih dengan evidence berbeda (E1 dan E2), tetapi hipotesa sama.

$$C(\text{cf}) = \begin{cases} \text{cf}_1 + \text{cf}_2 - (\text{cf}_1 \cdot \text{cf}_2), & \text{jika } \text{cf}_1 \text{ dan } \text{cf}_2 \geq 0 \dots\dots\dots(2.7) \\ \frac{\text{cf}_1 + \text{cf}_2}{1 - \min(|\text{cf}_1|, |\text{cf}_2|)}, & \text{jika salah satu } \text{cf}_1 \text{ atau } \text{cf}_2 < 0 \dots\dots\dots(2.8) \\ \text{cf}_1 + \text{cf}_2 + (\text{cf}_1 \cdot \text{cf}_2), & \text{jika } \text{cf}_1 \text{ dan } \text{cf}_2 \geq 0 \dots\dots\dots(2.9) \end{cases}$$

Dimana :

C(cf) = CF *conclusion* / kesimpulan

CF₁ = CF aturan / *rule* 1

CF₂ = CF aturan / *rule* 2

Berikut ini contoh kasus yang menerapkan rumus diatas :

Rule 1 : **IF** batuk **THEN** penyakit = batuk rejan (CF = 0,8)

Rule 2 : **IF** demam **THEN** penyakit = batuk rejan (CF = 0,6)

Hitung CF gabungan jika :

- a. *Rule* (batuk) = 1 dan CF (demam) = 1
 b. *Rule* (batuk) = 1 dan CF (demam) = -1
 c. *Rule* (batuk) = -1 dan CF (demam) = -1

Jawaban :

a. $CF_1 = C(\text{batuk}) \times CF(\text{Rule 1}) = 1 \times 0,8 = 0,8$

$$CF_2 = C(\text{demam}) \times CF(\text{Rule 2}) = 1 \times 0,6 = 0,6$$

$$CF = CF_1 + (CF_2 \times (1 - CF_1))$$

$$= 0,8 + (0,6 \times (1 - 0,8))$$

$$= 0,92$$

b. $CF_1 = C(\text{batuk}) \times CF(\text{Rule 1}) = 1 \times 0,8 = 0,8$

$$CF_2 = C(\text{demam}) \times CF(\text{Rule 2}) = -1 \times 0,6 = -0,6$$

$$CF = \frac{CF_1 + CF_2}{1 - \min[|CF_1|, |CF_2|]}$$

$$= \frac{0,8 + (-0,6)}{1 - \min[0,8; 0,6]}$$

$$= \frac{0,2}{1 - 0,6}$$

$$= 0,5$$

c. $CF_1 = C(\text{batuk}) \times CF(\text{Rule 1}) = -1 \times 0,8 = -0,8$

$$CF_2 = C(\text{demam}) \times CF(\text{Rule 2}) = -1 \times 0,6 = -0,6$$

$$CF = CF_1 + (CF_2 \times (1 + CF_1))$$

$$= -0,8 + (-0,6) \times (1 + (-0,8))$$

$$= -0,8 - 0,6 \times (1 - 0,8)$$

$$= -0,92$$

4. Beberapa *evidence* dikombinasikan untuk menentukan CF dari suatu hipotesa

$$a. MB[h,e1^e2] = \begin{cases} 0 & MB[h,e1^e2]=1 \\ MB[h,e1]+MB[h,e2] \cdot (1-MB[h,e1]) & \text{lainnya.....(2.10)} \end{cases}$$

$$b. MD[h,e1^e2] = \begin{cases} 0 & MD[h,e1^e2]=1 \\ MD[h,e1]+MD[h,e2] \cdot (1-MD[h,e1]) & \text{lainnya.....(2.11)} \end{cases}$$

Berikut ini contoh kasus yang menerapkan rumus diatas :

Andaikan suatu observasi memberikan kepercayaan terhadap h dengan $MB[h,e1] = 0,3$ dan $MD[h,e2] = 0$. Sehingga $CF[h,e1] = 0,3 - 0 = 0,3$. Jika ada observasi baru dengan $MB[h,e2] = 0,2$ dan $MD[h,e2] = 0$, maka :

$$MB[h,e1^e2] = 0,3 + (0,2 * (1 - 0,3)) = 0,44$$

$$MD[h,e1^e2] = 0$$

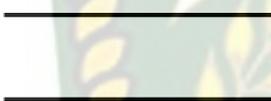
$$CF[h,e1^e2] = 0,44 - 0 = 0,44$$

2.3 Desain Perancangan Sistem

2.3.1 Data Flow Diagram (DFD)

DFD adalah suatu diagram yang menggunakan simbol untuk menggambarkan arus dari data sistem untuk membantu memahami sistem secara logika, terstruktur dan jelas. DFD merupakan alat bantu dalam menggambarkan atau menjelaskan proses kerja suatu sistem. Simbol DFD dan fungsinya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.6 Simbol dan Fungsi DFD (A.S dan Shalahudin, 2013:69)

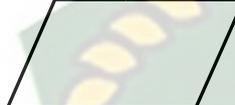
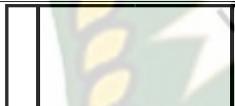
No	Simbol	Nama Simbol	Keterangan
1		<i>Terminator / Entitas Eksternal</i>	Entitas di luar sistem yang berhubungan langsung dengan sistem
2		Proses	Fungsi yang mentransformasi data secara umum
3		Data Store / Tempat penyimpanan data	Komponen yang berfungsi untuk menyimpan data atau File
4		Alur data	Menggambarkan alur data dari suatu proses ke proses Lainnya

2.3.2 Flowchart

Flowchart adalah bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah. *Flowchart* merupakan cara penyajian dari suatu algoritma. Simbol *flowchart* dan fungsinya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.7 Simbol dan Fungsi *Flowchart* (Ladjamudin, 2006:265)

No	Simbol	Nama	Fungsi
1		<i>Terminator</i>	Permulaan / pengakhiran program
2		<i>Flow Line</i>	Arah aliran program

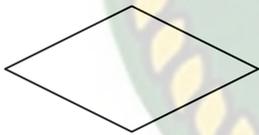
3		<i>Preparation</i>	Proses inialisasi/ pemberian nilai awal
4		<i>Process</i>	Proses pengolahan data
5		<i>Input/Output Data</i>	Proses input/output data, parameter, informasi
6		<i>Predefined Process</i>	Permulaan sub program / proses menjalankan sub program
7		<i>Decision</i>	Perbandingan pernyataan, penyeleksian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya.
8		<i>On Page Connector</i>	Penghubung bagian- bagian <i>flowchart</i> yang berada pada suatu halaman
9		<i>Off Page Connector</i>	Penghubung bagian- bagian <i>flowchart</i> yang berada pada halaman berbeda

2.3.3 Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) untuk mendokumentasikan data perusahaan dengan mengidentifikasi jenis entitas (*entity*) dan hubungannya (Yakub, 2012). ERD juga merupakan suatu model jaringan yang menggunakan susunan data yang disimpan pada sistem secara abstrak. ERD juga menggambarkan hubungan antara satu entitas yang memiliki sejumlah atribut dengan entitas yang lain dalam satu sistem yang terintegrasi. ERD digunakan oleh perancang sistem untuk

memodelkan data yang nantinya dikembangkan menjadi basis data (*database*). Model data ini juga membantu pada saat melakukan analisis pada perancangan basis data, karena model data ini menunjukkan bermacam-macam data yang dibutuhkan dan hubungan antar data. ERD ini juga merupakan model konseptual yang dapat mendeskripsikan hubungan antar file yang digunakan untuk memodelkan struktur data serta hubungan antardata.

Tabel 2.8 *Simbol Entity Relationship Diagram (ERD)* (Yakub, 2012)

No	Simbol	Nama	Fungsi
1		Simbol <i>Entity</i>	Suatu <i>entity</i> merupakan suatu objek atau konsep mengenai tempat yang anda inginkan untuk menyimpan informasi.
2		Simbol Atribut	Atribut adalah sifat-sifat atau karakteristik suatu entitas.
3		Simbol Relasi	Relasi mengilustrasikan bagaimana dua entitas terbagi informasi di dalam struktur basis data.

Konektivitas dari suatu hubungan menguraikan pemetaan dari kejadian entitas yang dihubungkan. Jenis dasar konektivitas untuk hubungan adalah satu-ke-satu, satu-ke-banyak, dan banyak-ke-banyak. Adapun simbol kardinalitas dalam *entity relationship diagram* dapat dilihat pada tabel 2.9 sebagai berikut.

Tabel 2.9 Simbol Kardinalitas Dalam *Entity Relationship Diagram* (ERD)
(Yakub, 2012)

Simbol Yang Digunakan	Jenis Kerelasiaan
	1-ke-1
	n-ke-1
	n-ke-n

Dokumen ini adalah Arsip Miilik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian yang Digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Teknik Pengumpulan Data

Pada proses pembuatan Aplikasi Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Pertanian ini, memerlukan data pendukung yang akurat. Maka dari itu, penulis menerapkan beberapa teknik pengumpulan data yaitu sebagai berikut :

1. Wawancara (*Interview*)

Penulis melakukan wawancara dengan kepala perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau yang merupakan narasumber utama terkait dalam pembuatan aplikasi sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik pertanian. Wawancara dilakukan dengan sistem tanya jawab terkait pertumbuhan tanaman hidroponik, salah satunya yaitu seperti jenis tanaman apa yang dapat ditanam secara hidroponik, seberapa sering tanaman mengalami defisiensi unsur hara, dan bagaimana cara penanganan yang dilakukan apabila tanaman mengalami defisiensi unsur hara.

2. Observasi

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan hasil dari wawancara dan melakukan survei kelapangan. Data tersebut berupa jenis sayuran yang

ditanam, Gejala yang ditimbulkan dari defisiensi unsur hara, hingga penanganan yang dilakukan oleh pihak pertanian untuk mengatasi defisiensi unsur hara. Dari data-data tersebut selanjutnya akan dijadikan acuan untuk membangun sistem baru yang diimplementasikan dalam bentuk aplikasi.

3. Penelitian Kepustakaan

Dalam melakukan penelitian kepustakaan, pengumpulan bahan terkait dengan studi kasus perancangan sistem tersebut dilakukan dengan menggunakan bahan dari buku-buku, jurnal ilmiah, artikel, maupun situs-situs resmi yang membahas mengenai tanaman hidroponik. Hal ini nantinya akan digunakan sebagai pedoman penulis dalam merancang sistem dan sebagai referensi informasi terkait dengan defisiensi unsur hara khususnya pada sayuran hidroponik.

3.1.2 Jenis Data

Adapun jenis data yang digunakan penulis merupakan jenis data sekunder (*secondary data*). Data sekunder didapat dari hasil wawancara dan survei yang dilakukan sebelumnya oleh penulis. Dalam hal ini adalah data-data yang terdiri dari : jenis sayuran yang ditanam secara hidroponik, gejala yang ditimbulkan akibat defisiensi unsur hara, dan lain-lain.

3.1.3 Spesifikasi Perangkat keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*Hardware*) yang digunakan dalam pembangunan sistem adalah komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

Leptop / *Notebook* yang digunakan dalam merancang sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik dengan metode *Certainty Factor* dengan spesifikasi berikut :

1. *Merk* : Asus AMD A9
2. *Processor* : Intel AMD Dual Core A9-9420
3. *Harddisk* : 1TB
4. *Memori RAM* : 4GB
5. *Type System* : 64-bit *Operating system*

3.1.4 Spesifikasi Perangkat lunak (*Software*)

Perangkat lunak (*Software*) yang digunakan dalam pembuatan aplikasi sistem pakar ini adalah sebagai berikut :

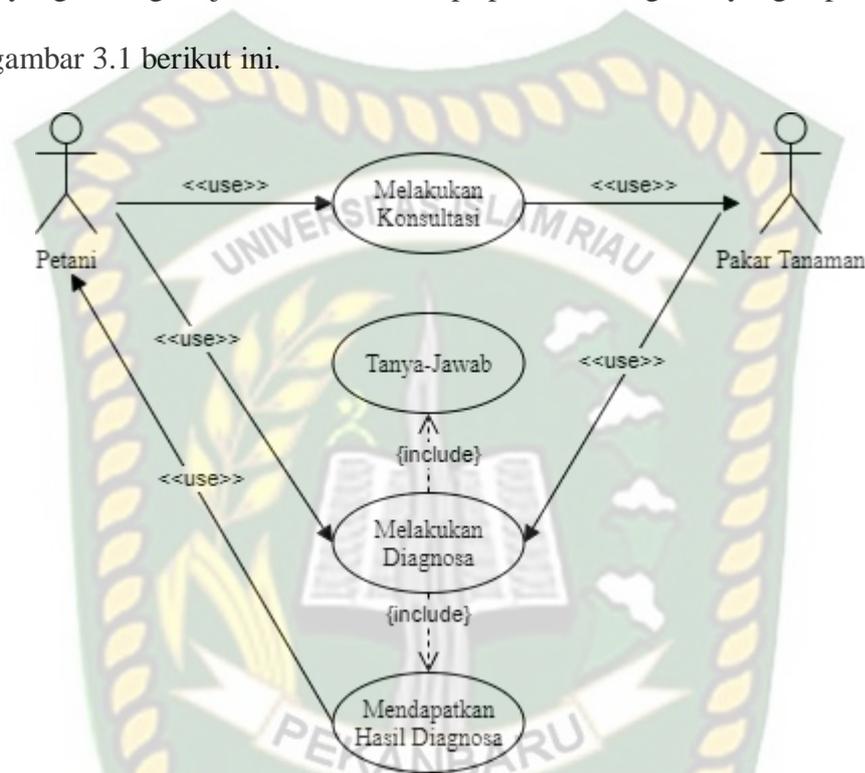
1. *Sistem Operasi* : Windows 10 (*Ten*) 64-bit
2. *Bahasa Pemrograman* : PHP, HTML
3. *Database Management Sistem (DBMS)* : XAMPP 3.2.4
4. *Framework* : CSS, *Bootstrap*
5. *Desain Logika Program* : yEd Graph Editor, Draw.io
6. *Text Editor* : *Sublime*

3.2 Analisa Sistem

3.2.1 Analisa Sistem yang Sedang Berjalan

Sebelum aplikasi sistem pakar ini dirancang, sistem yang berjalan selama ini adalah ketika tanaman sayuran mengalami gejala yang menunjukkan kekurangan unsur hara. Kemudian petani akan mendiagnosa sendiri apa yang

terjadi pada sayuran tanpa pengetahuan yang lebih lanjut. Dan petani akan memberikan solusi dari defisiensi unsur hara yang terjadi. Berikut adalah analisa sistem yang sedang berjalan dalam beberapa prosedur diagnosa yang dapat kita lihat pada gambar 3.1 berikut ini.



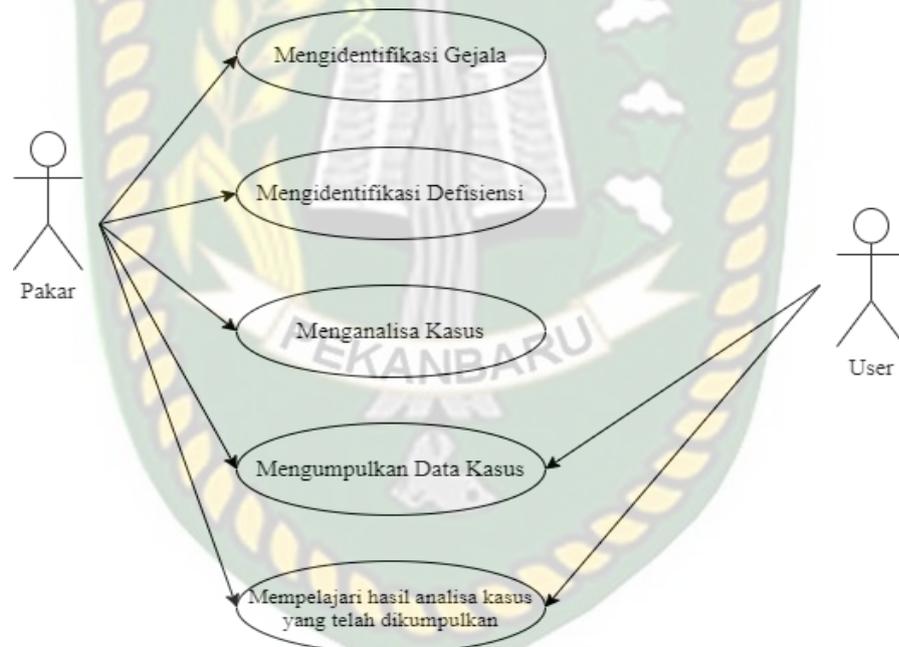
Gambar 3.1 Use Case Diagram Sistem Yang Sedang Berjalan

Use case diagram pada gambar 3.1 terdapat 2 aktor yaitu : petani dan pakar tanaman. Petani melakukan konsultasi kepada pakar tanaman tentang gejala yang dialami oleh tanaman. Selanjutnya pakar tanaman melakukan diagnosis defisiensi unsur hara berdasarkan gejala yang diterangkan oleh petani, di dalam pendiagnosaan ini pakar tanaman dan petani melakukan tanya-jawab untuk mendapatkan hasil diagnosa yang lebih akurat.

Selanjutnya dari diagnosa yang dilakukan, pakar tanaman mendapatkan hasil diagnosa dan diberikan kepada petani sebagai hasil kesimpulan diagnosa defisiensi unsur hara yang dialami tanaman tersebut.

3.2.2 Analisa Sistem Baru

Pada sistem baru ini menggunakan komputer sebagai pendiagnosa yang akan menimbulkan perubahan yang sangat signifikan, metode manual selama ini akan dihapuskan. Karena dengan menggunakan sistem baru, maka petani tidak perlu membayar pertemuan dengan pakar tanaman untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik, dan pendiagnosa tidak tersedia kapan saja. Berikut ini merupakan analisa sistem baru yang akan diterapkan yang dapat kita lihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Use Case Diagram Sistem Baru

3.3 Pengembangan dan Perancangan Sistem

Dalam proses pengembangan dan perancangan aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik pertanian ini dijelaskan dalam dua sub pembahasan. Yaitu gambaran pengembangan sistem, dan perancangan sistem.

3.3.1 Gambaran Pengembangan Sistem

Berdasarkan analisa sistem yang sedang berjalan, penulis ingin membangun aplikasi sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara pada tanaman hidroponik menggunakan metode *Certainty Factor* untuk membantu para petani hidroponik mendiagnosa defisiensi tanaman serta menemukan solusinya dengan tepat dan akurat. Aplikasi ini nantinya dikembangkan menggunakan *framework* CSS dan *Bootstrap*. Dan bahasa pemrograman PHP dan HTML.

3.3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem baru dirancang menggunakan *tools* yaitu Diagram Konteks, *Hirarchy Chart*, *Data Flow Diagram* (DFD), dan *Entity Relationship Diagram* (ERD).

3.3.2.1 Diagram Konteks

Diagram konteks (*Context diagram*) merupakan alat untuk struktur analisis, pendekatan struktur ini untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan. Pada diagram konteks ini sistem yang dibutuhkan dan tujuan yang akan dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Context Diagram

Pada gambar 3.3 di atas, dapat dijelaskan bahwa pakar melakukan inputan berupa data unsur hara, data gejala, data defisiensi, data solusi, dan data basis pengetahuan. Kemudian data tersebut diolah di dalam sistem diagnosa defisiensi unsur hara, maka pakar dapat melihat info unsur hara, info gejala, info defisiensi, info solusi, dan info basis pengetahuan. Sedangkan *user* memberi inputan kedalam sistem berupa jawab pertanyaan untuk menghasilkan sebuah hasil diagnosa dan solusi.

3.3.2.2 Hierarchy Chart

Hierarchy chart adalah suatu diagram yang menggambarkan permasalahan-permasalahan yang kompleks diuraikan pada elemen-elemen yang bersangkutan. Berikut ini adalah gambaran *hierarchy chart* pada aplikasi sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidropoik.



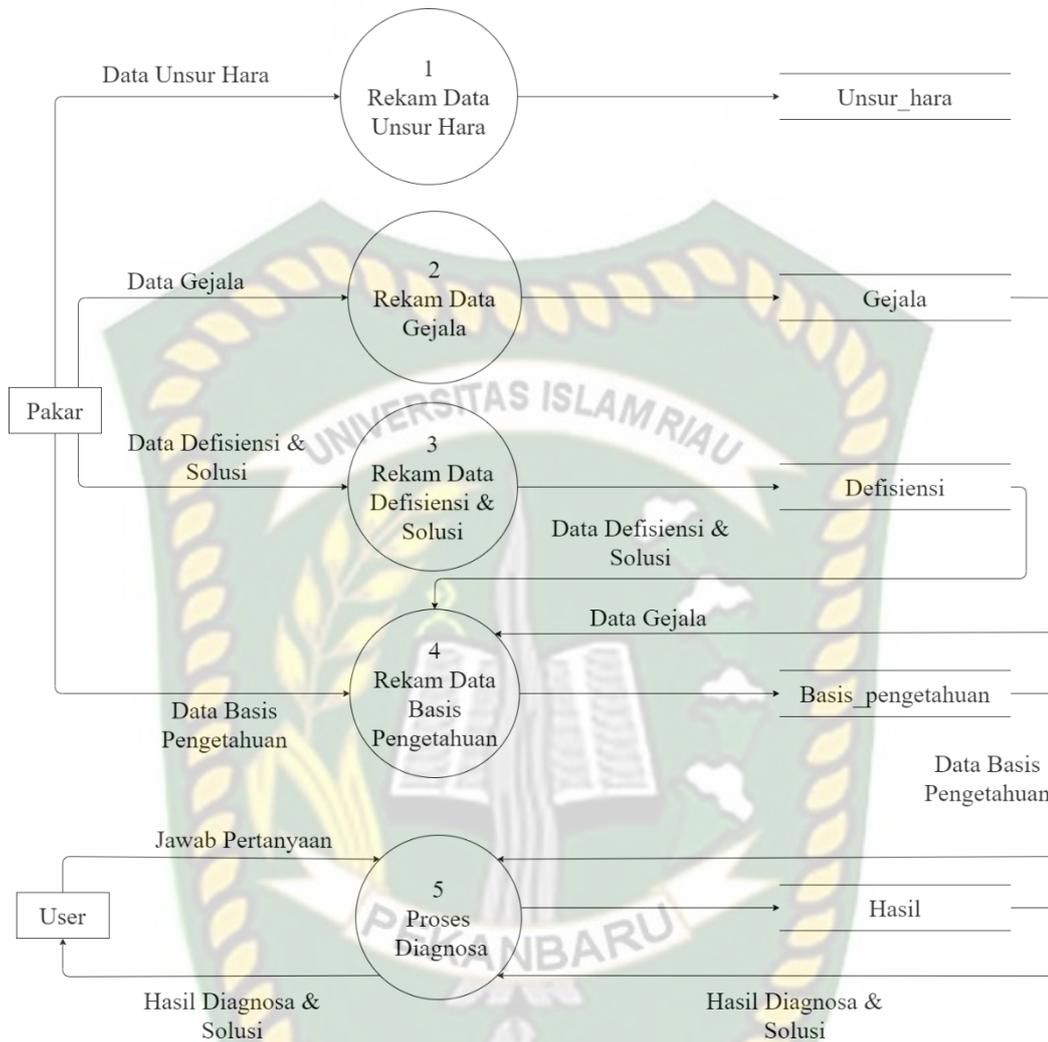
Gambar 3.4 Hirarchy Chart

Pada gambar 3.4 menjelaskan tentang proses-proses yang terjadi pada aplikasi sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik terdapat 5 proses utama, yaitu:

1. Proses rekam data unsur hara.
2. Proses rekam data gejala.
3. Proses rekam data defisiensi dan solusi.
4. Proses rakam data basis pengetahuan.
5. Proses diagnosa.

3.3.2.3 Data Flow Diagram (DFD) Level 0

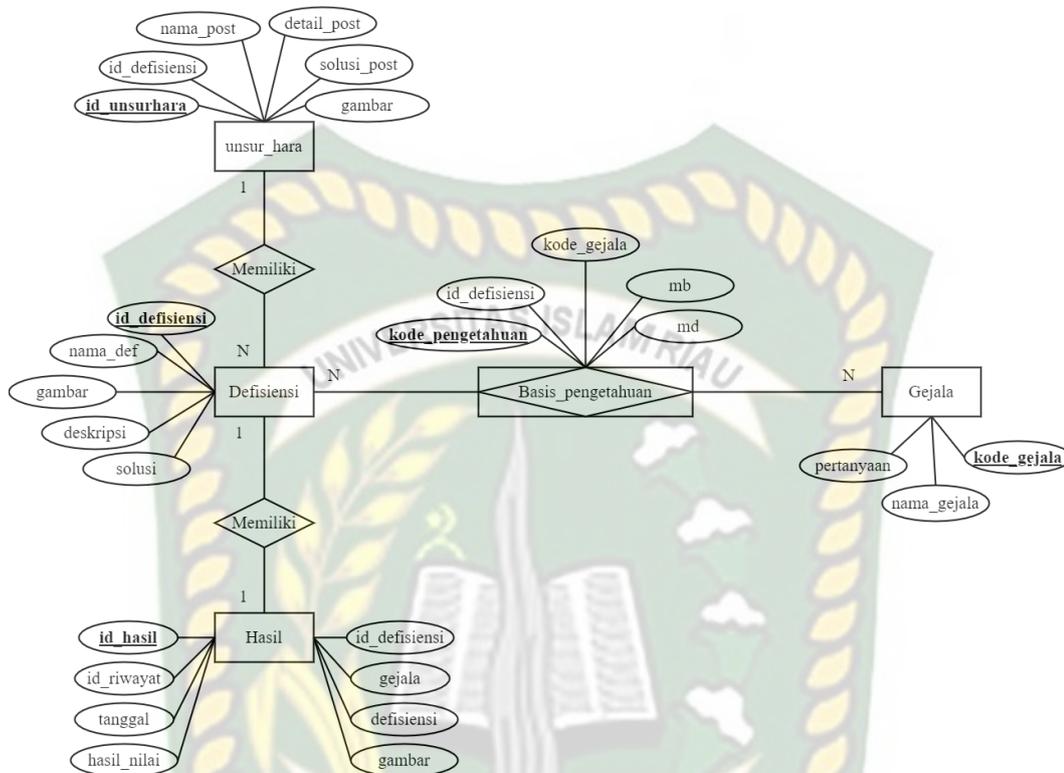
Data flow diagram (DFD) digunakan untuk menjelaskan alur kerja dari sistem yang akan dibangun. DFD yang akan dirancang pada aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik pertanian yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.5 DFD Level 0

DFD level 0 di atas memperlihatkan data yang mengalir dalam sistem. Pada sistem ini terdapat 5 proses dan dengan 2 pengguna. Masing-masing pengguna memiliki otoritas sendiri. Pakar tanaman hidroponik dapat mengakses menu rekam data unsur hara, rekam data gejala, rekam data defisiensi, rekam data solusi, dan rekam data basis pengetahuan untuk selanjutnya diproses dan disimpan kedalam *database*. Sedangkan *user* dapat menginput-kan data unsur hara dan menjawab pertanyaan yang diajukan sistem untuk didiagnosa. Selanjutnya *user* mendapatkan informasi data defisiensi dan solusinya.

3.3.2.4 Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 3.6 Entity Relationship Diagram (ERD)

Dari ERD di atas dapat dilihat bahwa struktur *database* terdiri dari 5 tabel yang saling berhubungan. Adapun tabel tersebut adalah tabel defisiensi, tabel diagnosa, tabel basis_pengetahuan, tabel tanaman, dan tabel gejala yang terbentuk oleh hubungan *many to many* tabel defisiensi dengan tabel gejala. Kemudian *one to many* table defisiensi dengan tabel tanaman, dan hubungan *one to one* antara tabel defisiensi dengan tabel diagnosa.

3.3.3 Schema Data

Pada *schema* data ini akan diuraikan secara terperinci tabel yang digunakan dalam aplikasi ini. Adapun tabel yang dimaksud sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rancangan Tabel “ Admin”

<i>No</i>	<i>Field Name</i>	<i>Field Type</i>	<i>Field Size</i>	<i>Description</i>
1	<i>Username</i>	Varchar	35	<i>Primary Key</i>
2	<i>Password</i>	Varchar	32	-
3	Nama_lengkap	Varchar	35	-

Tabel 3.1 adalah tabel pengguna. Tabel ini berfungsi sebagai keterangan untuk pengguna aplikasi serta cara pengguna agar dapat mengakses sistem. Adapun *Field* yang akan disimpan nantinya adalah : *username*, *password*, nama_lengkap.

Tabel 3.2 Rancangan Tabel “Defisiensi”

<i>No</i>	<i>Field Name</i>	<i>Field Type</i>	<i>Field Size</i>	<i>Description</i>
1	Id_defisiensi	Int	11	<i>Primary Key</i>
2	Nama_def	Varchar	50	-
3	Gambar	Varchar	500	-
4	Deskripsi	Text	-	-
5	Solusi	Text	-	-

Tabel 3.2 berfungsi sebagai keterangan dari defisiensi unsur hara yang dialami tanaman yang di dalam tabel tersebut terdapat beberapa *field* yaitu : id_defisiensi, nama_def, gambar, deskripsi, dan solusi.

Tabel 3.3 Rancangan Tabel “ Hasil”

<i>No</i>	<i>Field Name</i>	<i>Field Type</i>	<i>Field Size</i>	<i>Description</i>
1	Id_hasil	Int	11	<i>Primary Key</i>
2	Id_defisiensi	Int	11	<i>Foreign Key</i>
3	Tanggal	Date	-	-
4	Defisiensi	Text	-	-
5	Gejala	Text	-	-

6	Gambar	Varchar	500	-
7	Id_riwayat	Int	11	-
8	Hasil_nilai	Varchar	16	-

Tabel 3.3 berfungsi sebagai tempat penyimpanan hasil diagnosa dari defisiensi unsur hara yang dialami tanaman. Adapun *field* yang ditampilkan dalam hasil akhir diagnosa defisiensi pada table di atas yaitu : id_hasil, tanggal, defisiensi, gejala, gambar, hasil_id, hasil_nilai.

Tabel 3.4 Rancangan Tebel “Basis_pengetahuan”

No	Field Name	Field Type	Field Size	Description
1	Kode_pengetahuan	Int	6	Primary Key
2	Id_defisiensi	Varchar	40	Foreign Key
3	Mb	Float	11	-
4	Md	Float	11	-
5	Kode_gejala	Int	-	Foreign Key

Tabel 3.4 berfungsi sebagai tempat penyimpanan hasil pemrosesan dari gejala defisiensi unsur hara yang dialami tanaman. Adapun *field* yang ditampilkan dalam hasil akhir diagnosa defisiensi yaitu : kode_pengetahuan, id_defisiensi, mb, dan md.

Tabel 3.5 Rancangan Tebel “Unsur_hara”

No	Field Name	Field Type	Field Size	Description
1	Kode_post	Int	6	Primary Key
2	Id_defisiensi	Int	15	Foreign Key
3	Nama_post	Varchar	40	-
4	Detail_post	Text	-	-
5	Solusi_post	Text	-	-

6	Gambar	Varchar	500	-
---	--------	---------	-----	---

Tabel 3.5 berfungsi sebagai tempat penyimpanan data jenis tanaman dan lain sebagainya. Adapun field yang ditampilkan dalam hasil akhir diagnosa defisiensi yaitu : nama_post, detail_post, solusi_post, dan gambar.

Tabel 3.6 Rancangan Tabel “Gejala”

No	Field Name	Field Type	Field Size	Description
1	Kode_gejala	Int	11	Primary Key
2	Nama_gejala	Text	-	-
3	Pertanyaan	Text	-	-

Tabel 3.6 berfungsi sebagai tempat penyimpanan gejala yang dialami oleh tanaman hidroponik. Adapun field yang ditampilkan dalam hasil diagnosa yaitu : nama_gejala.

Tabel 3.7 Rancangan Tabel “Kondisi”

No	Field Name	Field Type	Field Size	Description
1	Id	Int	11	Primary Key
2	Kondisi	Varchar	64	-
3	Ket	Varchar	256	-

Tabel 3.7 berfungsi sebagai tempat penyimpanan kondisi yang akan dipilih oleh *user* dalam sistem. Adapun field yang ditampilkan dalam hasil diagnosa yaitu : kondisi dan ket.

3.3.4 Perhitungan Metode *Certainty Factor*

Perhitungan nilai kepastian menggunakan metode *Certainty Factor* pada sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik pertanian yang telah diketahui nilai CF seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.8 Tabel Keputusan Diagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik

Analisa	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25	G26	G27	G28	G29	G30	G31	G32	G33	G34	G35	G36	G37	G38	G39	G40	Defisiensi	CF
A1	X	X	X	X																																				D1	0.8	
A2				X	X	X																																			D2	0.8
A3							X	X	X																																D3	0.8
A4								X	X	X	X																														D4	0.8
A5											X	X	X																												D5	0.8
A6												X	X	X	X																										D6	0.8
A7																	X	X	X																						D7	0.8
A8																				X	X	X															X		D8	0.8		
A9																					X	X	X																	D9	0.8	
A10							X												X							X	X	X												D10	0.8	
A11																												X	X	X										D11	0.8	
A12																					X											X	X							D12	0.8	
A13																															X		X	X	X	X				D13	0.8	

Berikut ini *rule* dari gejala yang dialami tanaman hidroponik berdasarkan tabel di atas :

Rule 1 :

IF G1 AND G2 AND G3 AND G4 THEN D1

Rule 2 :

IF G4 AND G5 AND G6 THEN D2

Rule 3 :

IF G7 AND G8 AND G9 THEN D3

Rule 4 :

IF G9 AND G10 AND G11 AND G12 THEN D4

Rule 5 :

IF G13 AND G14 AND G15 THEN D5

Rule 6 :

IF G15 AND G16 AND G17 AND G18 AND G19 THEN D6

Rule 7 :

IF G19 AND G20 AND G21 THEN D7

Rule 8 :

IF G22 AND G23 AND G24 AND G40 THEN D8

Rule 9 :

IF G25 AND G26 AND G27 THEN D09

Rule 10 :

IF AND G8 AND G21 G28 AND G29 AND G30 THEN D10

Rule 11 :

IF G31 AND G32 AND G33 THEN D11

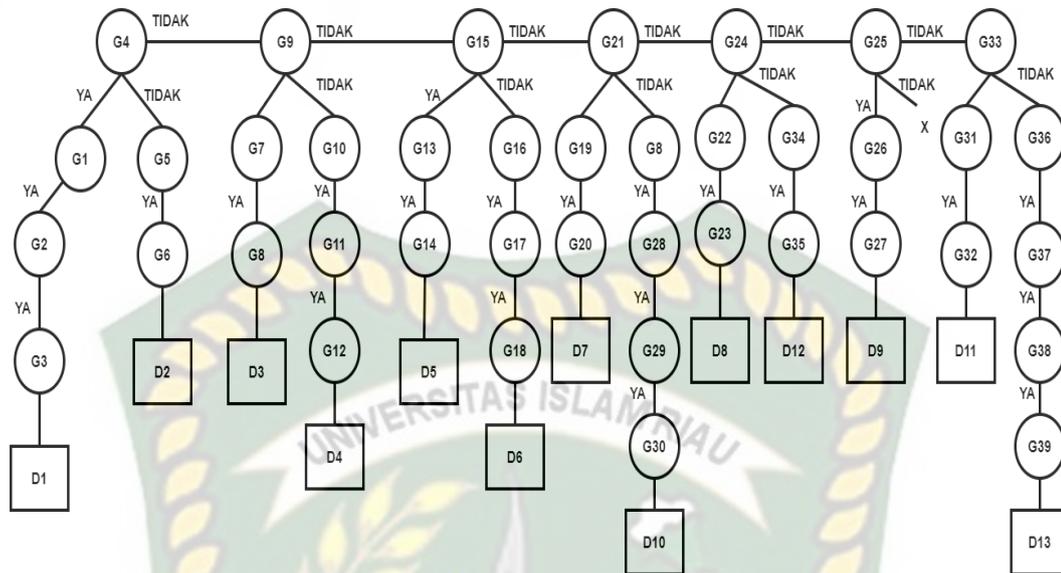
Rule 12 :

IF G24 AND G34 AND G35 THEN D12

Rule 13 :

IF G33 AND G36 AND G37 AND G38 AND G39 THEN D13

Berikut ini penyusunan alur *Forward Chaining* yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.7 Penyesuaan Alur *Forward Chaining*

Contoh kasus yang di alami oleh tanaman adalah sebagai berikut :

1. Sayur Seledri terlihat tidak seperti biasanya, Seledri terlihat kecil dan kerdil serta rata-rata pertumbuhannya berlangsung lama, daun seledri kelihatan kehilangan warna slinya menjadi hijau muda yang tidak wajar (klorosis) tetapi tetap tegak, daun yang paling rendah posisinya terlihat lebih menderita, dan daun berubah menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan. Berdasarkan kasus yang dialami sayuran seledri, dapat kita simpulkan gejala-gejala sebagai berikut :

Tabel 3.9 Nilai *User*

Kode Gejala	Nilai <i>User</i>
G1	0,4
G2	0,4
G3	1
G4	1

Kemudian setelah diketahui gejala seperti di atas, *user* akan diberi pertanyaan sesuai dengan rule seperti di bawah ini :

1. Apakah proses kecepatan pertumbuhan rata-rata tanaman terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil? (G1)

Jika **mungkin ya=mungkin** maka nilai $G1= 0,4$

Kemudian sistem akan memilih pertanyaan yang berkaitan dengan $G1=ya$

2. Apakah daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning(klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah? (G2)

Jika **mungkin ya=mungkin** maka nilai $G2= 0,4$

3. Apakah daun-daun yang paling rendah posisinya paling menderita? (G3)

Jika **pasti ya=pasti** maka nilai $G3= 1$

4. Apakah daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan? (G4)

Jika **pasti ya=pasti** maka nilai $G4= 1$

Sistem tidak akan memperhitungkan nilai *cf user* diluar dari *rule* meskipun nilainya pasti ya.

Perhitunga yang digunakan adalah kombinasi dua buah *rule* atau lebih dengan *evidence* berbeda (E1 dan E2), tetapi hipotesa sama.

Jawaban:

Untuk aturan persamaan (1)

$$\begin{aligned} CF[H,E]_1 &= (CF[h,e])_1 * CF_{user}_1 \\ &= (MB - MD)_1 * CF_{user}_1 \end{aligned}$$

$$= (1 - 0,2) * 0,4$$

$$= 0,8 * 0,4$$

$$= 0,32$$

$$CF[H,E]_2 = (CF[h,e])_2 * CF_{user2}$$

$$= (MB - MD)_2 * CF_{user2}$$

$$= (1 - 0,2) * 0,4$$

$$= 0,8 * 0,4$$

$$= 0,32$$

$$CF[H,E]_3 = (CF[h,e])_3 * CF_{user3}$$

$$= (MB - MD)_3 * CF_{user3}$$

$$= (1 - 0,2) * 1$$

$$= 0,8 * 1$$

$$= 0,8$$

$$CF[H,E]_4 = (CF[h,e])_4 * CF_{user4}$$

$$= (MB - MD)_4 * CF_{user4}$$

$$= (0,8 - 0) * 1$$

$$= 0,8 * 1$$

$$= 0,8$$

Selanjutnya jika $CF \geq 0$ dan $CF * CF_{lama} \geq 0$ maka persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut :

Persamaan (2)

$$CF_{combine}CF[H,E]_{1,2} = CF[H,E]_1 + (CF[H,E]_2 * (1 - CF[H,E]_1))$$

$$= 0,32 + (0,32 * (1 - 0,32))$$

$$= 0,32 + (0,32 * 0,68)$$

$$= 0,32 + (0,2176)$$

$$= 0,5376$$

$$CF_{combine}CF[H,E]_{old,3} = CF[H,E]_{old} + (CF[H,E]_3 * (1 - CF[H,E]_{old}))$$

$$= 0,5376 + (0,8 * (1 - 0,5376))$$

$$= 0,5376 + (0,8 * 0,4624)$$

$$= 0,5376 + (0,36992)$$

$$= 0,90752$$

$$= 0,91$$

$$CF_{combine}CF[H,E]_{old,4} = CF[H,E]_{old} + (CF[H,E]_4 * (1 - CF[H,E]_{old}))$$

$$= 0,90752 + (0,8 * (1 - 0,90752))$$

$$= 0,90752 + (0,8 * 0,09248)$$

$$= 0,90752 + (0,073984)$$

$$= 0,981504$$

$$= 0,98$$

Kesimpulan: dengan demikian dapat disimpulkan defisiensi unsur hara yang dialami sayuran seledri tersebut adalah defisiensi unsur hara **Nitrogen (N)**, dengan persentase tingkat keyakinan sebanyak **0,98%**.

2. Contoh sebuah kasus yang dialami sayuran hidroponik, Daun-daun sayur Bayam terlihat berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan, serta daun tua kadang-kadang terlihat menjadi kekuning-kuningan (klorosis), dan pertumbuhan akarnya juga terlihat kurang baik. Berdasarkan kasus yang dialami sayuran Bayam, dapat kita simpulkan gejala-gejala sebagai berikut :

Tabel 3.10 Nilai *User*

Kode Gejala	Nilai <i>User</i>
G4	0,6
G5	0,4
G6	1

Kemudian setelah diketahui gejala seperti di atas, *user* akan diberi pertanyaan sesuai dengan rule seperti di bawah ini :

4. Apakah daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan? (G4)

Jika **kemungkinan besar ya**= **kemungkinan besar ya** maka nilai G4= 0,6

Kemudian sistem akan memilih pertanyaan yang berkaitan dengan G4=ya

5. Apakah daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis)? (G5)

Jika **mungkin ya**=**mungkin** maka nilai G5= 0,4

6. Apakah pertumbuhan akar tanaman kurang baik? (G6)

Jika **ya**=**pasti** maka nilai G6= 1

Sistem tidak akan memperhitungkan nilai cf *user* diluar dari *rule* meskipun nilainya pasti ya.

Perhitunga yang digunakan adalah kombinasi dua buah *rule* atau lebih dengan *evidence* berbeda (E1 dan E2), tetapi hipotesa sama.

Jawaban:

Untuk aturan persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 CF[H,E]_1 &= (CF[h,e])_1 * CF_{user1} \\
 &= (MB - MD)_1 * CF_{user1} \\
 &= (1 - 0,2) * 0,6 \\
 &= 0,8 * 0,6 \\
 &= 0,48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CF[H,E]_2 &= (CF[h,e])_2 * CF_{user2} \\
 &= (MB - MD)_2 * CF_{user2} \\
 &= (1 - 0,2) * 0,4 \\
 &= 0,8 * 0,4 \\
 &= 0,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CF[H,E]_3 &= (CF[h,e])_3 * CF_{user3} \\
 &= (MB - MD)_3 * CF_{user3} \\
 &= (1 - 0,2) * 1 \\
 &= 0,8 * 1 \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

Selanjutnya jika $CF \geq 0$ dan $CF * CF_{lama} \geq 0$ maka persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut :

Persamaan (2)

$$\begin{aligned}
 CF_{combine}CF[H,E]_{1,2} &= CF[H,E]_1 + (CF[H,E]_2 * (1 - CF[H,E]_1)) \\
 &= 0,48 + (0,32 * (1 - 0,48)) \\
 &= 0,48 + (0,32 * 0,52) \\
 &= 0,48 + (0,1664) \\
 &= 0,6464
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CF_{\text{combine}}CF[H,E]_{\text{old},3} &= CF[H,E]_{\text{old}} + (CF[H,E]_3 * (1 - CF[H,E]_{\text{old}})) \\
 &= 0,6464 + (0,8 * (1 - 0,6464)) \\
 &= 0,6464 + (0,8 * 0,3536) \\
 &= 0,6464 + (0,28288) \\
 &= 0,92928 = 0,9293 = 0,93
 \end{aligned}$$

Kesimpulan: dengan demikian dapat disimpulkan defisiensi unsur hara yang dialami sayuran seledri tersebut adalah defisiensi unsur hara **Fosfor (P)**, dengan persentase tingkat keyakinan sebanyak **0,93%**.

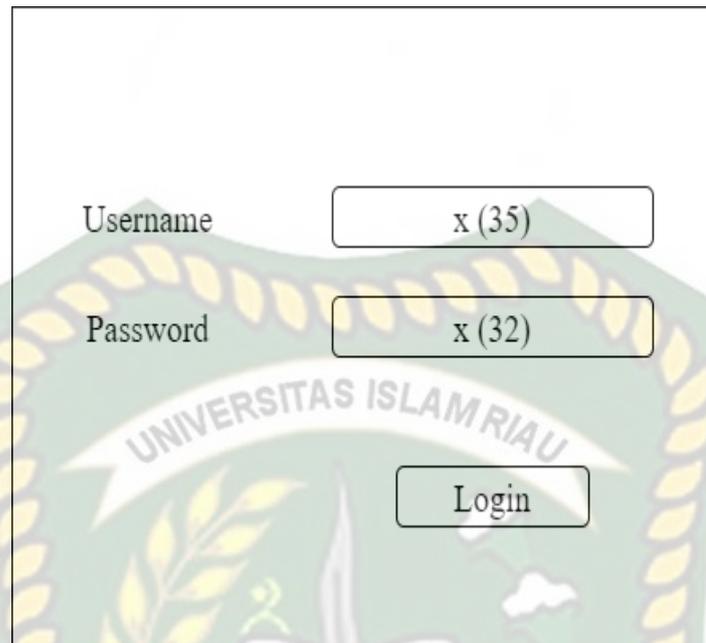
3.3.5 Desain Antarmuka

3.3.5.1 Desain Input

Desain input yaitu bentuk rancangan input pada sistem diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik, adapun beberapa rancangan inputan sistem ini sebagai berikut :

1. Desain *login*

Login adalah langkah awal untuk masuk kedalam sistem pakar, yang mana *login* akan menentukan hak akses kedalam sistem.



Username

Password

Gambar 3.8 Desain *Login*

2. Desain input data defisiensi unsur hara

Input data defisiensi berfungsi untuk menginputkan data defisiensi unsur hara tanaman hidroponik kedalam sistem pakar, terdapat dua tombol yaitu simpan dan batal. Tombol simpan berfungsi untuk menyimpan data kedalam *database* dan tombol batal berfungsi untuk membatalkan proses penyimpanan.

ID Defisiensi	<input type="text" value="x (6)"/>
Nama Unsur Hara	<input type="text" value="x (40)"/>
Foto	<input type="button" value="Browser"/> <input type="button" value="▼"/>
Solusi	<input type="text" value="Mediumtext"/>
Deskripsi	<input type="text" value="Mediumtext"/>
<input type="button" value="Simpan"/> <input type="button" value="Batal"/>	

Gambar 3.9 Desain Input Data Defisiensi Unsur Hara

3. Desain input data unsur hara

Input data unsur hara berfungsi untuk menginputkan data unsur hara beserta penjelasannya, terdapat dua tombol yaitu simpan dan batal. Tombol simpan berfungsi untuk menyimpan data kedalam sistem pakar dan tombol batal berfungsi untuk membatalkan proses penyimpanan. Inputan ini dilakukan oleh pakar.

Nama Unsur Hara	<input type="text" value="X (50)"/>
Detail Post	<input type="text" value="X (Text)"/>
Solusi Post	<input type="text" value="X (Text)"/>
Gambar	<input type="text" value="X (500)"/>
<input type="button" value="Simpan"/> <input type="button" value="Batal"/>	

Gambar 3.10 Desain Input Data Unsur Hara

4. Desain input gejala

Input gejala berfungsi untuk menambahkan data gejala beserta pertanyaan. Data gejala berfungsi untuk mengetahui tanaman

mengalami defisiensi unsur hara apa dan bagaimana penanganan yang tepat untuk masalah tersebut dan pertanyaan berfungsi untuk diagnosa tanaman untuk *user*. Pada sistem pakar ini terdapat dua tombol yaitu tombol simpan dan batal.

Gambar 3.11 Desain Input Gejala

5. Desain input basis pengetahuan

Input basis pengetahuan berfungsi untuk merelasikan data yaitu antara defisiensi dan gejala, karena suatu defisiensi memiliki beberapa gejala. Pada sistem pakar ini terdapat dua tombol yaitu simpan dan batal. Tombol simpan berfungsi untuk menyimpan data dan tombol batal berfungsi untuk membatalkan proses penyimpanan.

Gambar 3.12 Desain Input Basis Pengetahuan

6. Desain input diagnosa

Input diagnosa adalah *form* yang digunakan untuk melakukan diagnosa, pada *form* ini akan diberikan beberapa pertanyaan dengan pasti ya, hampir pasti ya, kemungkinan besar ya, mungkin ya, tidak tahu, mungkin tidak, kemungkinan besar tidak, hampir pasti tidak, dan pasti tidak. Pada sistem pakar ini akan terdapat satu tombol yaitu proses. Ketika pengguna menjawab pertanyaan, maka akan diproses oleh sistem dengan menekan tombol proses dan akan mengeluarkan hasil diagnosa.

Diagnosa Defisiensi Unsur Hara			
Silahkan pilih kondisi yang dialami tanaman hidroponik anda!			
No	Kode	Partanyaan	Pilih Kondisi
1	G001		<input type="button" value="pilih jika sesuai"/>
2	G002		<input type="button" value="pilih jika sesuai"/>
3	G003		<input type="button" value="pilih jika sesuai"/>
4	G004		<input type="button" value="pilih jika sesuai"/>

Gambar 3.13 Desain Input Diagnosa

3.3.5.2 Desain Output

Desain output yaitu bentuk rancangan output/ hasil input pada sistem diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik, adapun rancangan output pada sistem ini yang akan digambarkan pada gambar berikut ini :

1. Desain output data defisiensi

Desain data defisiensi merupakan tampilan yang akan menampilkan data defisiensi unsur hara yang terdapat di dalam sistem yang meliputi

id defisiensi, dan nama unsur hara deskripsi, dan solusi atau penanganan yang akan diberikan. Terdapat dua aksi yaitu edit dan hapus.

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Tambah Data Cari </div>				
No	Nama Defisiensi	Deskripsi	Solusi	Aksi
X (11)	X (50)	X (Text)	X (Text)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Edit Hapus </div>

Gambar 3.14 Desain Output Data Defisiensi

2. Desain output data gejala

Output data gejala merupakan tampilan yang akan menampilkan gejala-gejala apa yang dialami oleh tanaman hidroponik beserta pertanyaan yang akan dijawab oleh *user*. Dan yang terdapat di dalam sistem meliputi kode_gejala, nama gejala, pertanyaan, dan terdapat dua aksi yaitu edit dan hapus.

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Tambah Gejala </div>			
Kode Gejala	Nama Gejala	Pertanyaan	Aksi
X (11)	X (Text)	X (Text)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Edit Hapus </div>

Gambar 3.15 Desain Output Data Gejala

3. Desain output basis pengetahuan

Desain output basis pengetahuan merupakan tampilan yang akan menampilkan basis pengetahuan yang digunakan disistem pakar.

Tambah Data					
No	Defisiensi	Gejala	MB	MD	Aksi
X (11)	X (50)	X (Text)	X (11)	X (11)	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>

Gambar 3.16 Desain Output Basis Pengetahuan

4. Desain Data Admin

Desain admin menampilkan siapa saja yang dapat mengakses sistem yang meliputi no, *username*, dan tahun nama lengkap. Terdapat dua aksi di dalam tampilan berikut yang terdiri dari edit dan hapus.

Tambah Data				Cari	
No	Username	Nama Lengkap	Aksi		
	X (32)	X (35)	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>		

Gambar 3.17 Desain Output Data Admin

5. Desain hasil diagnosa

Desain hasil diagnosa merupakan ouputan dari hasil inputan yang dilakukan *user* dan tampilan ini merupakan hasil akhir dari sistem.

Hasil ini meliputi data unsur hara yang didiagnosa, gejala yang dialami tanaman sayuran, serta hasil diagnosa defisiensi unsur hara apa yang dialami tanaman beserta deskripsi dari unsur hara tersebut, dan yang terakhir adalah solusi dari defisiensi unsur hara yang dialami tanaman hidroponik tersebut.

Hasil Diagnosis			
			<input type="button" value="Cetak"/>
No	Kode	Gejala yang dialami	Pilihan
Hasil Diagnosa Jenis defisiensi unsur hara yang di alami oleh tanaman tersebut adalah : Nama Unsur Hara dan nilai persentase tingkat keyakinan			<input type="button" value="Gambar"/>
Deskripsi Unsur Hara			
Solusi			
Kemungkinan lain:			

Gambar 3.18 Desain Hasil Diagnosa

3.3.6 Pertanyaan

Pertanyaan yang akan dijawab oleh pengguna saat melakukan konsultasi berdasarkan ciri-ciri gejala yang dapat dilihat pada tabel 3.11 berikut ini.

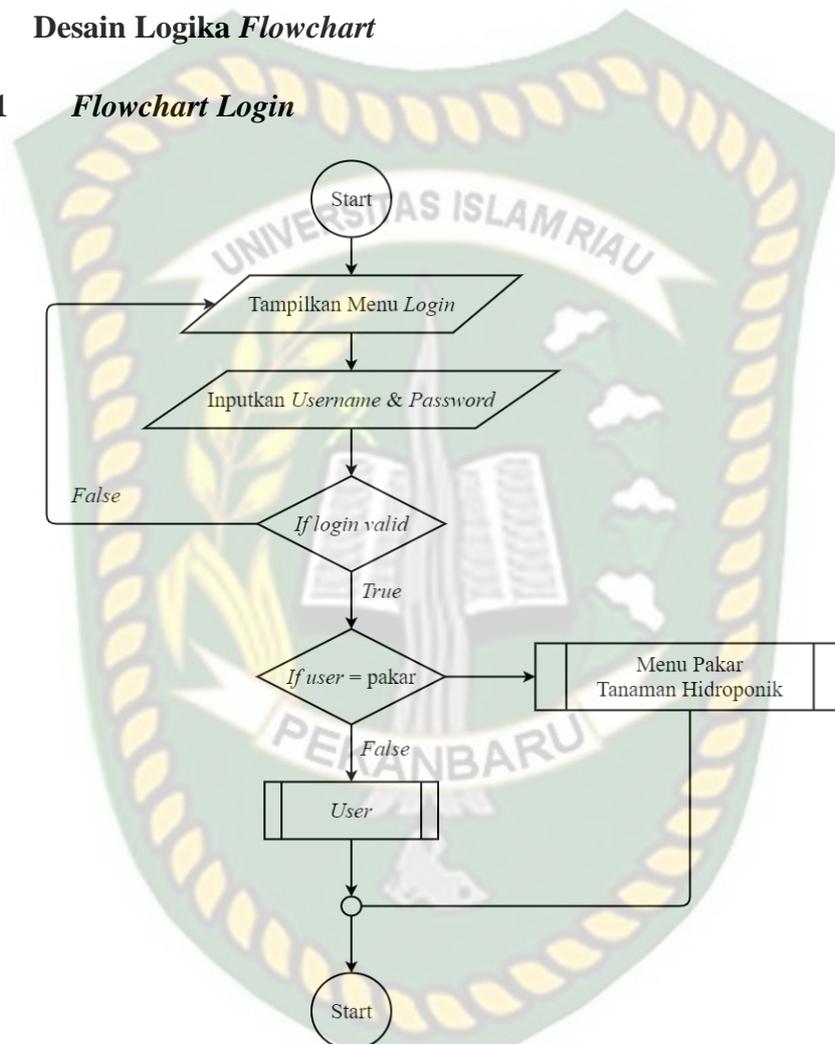
Tabel 3.11 Pertanyaan

Kode	Pertanyaan
G001	Apakah proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil?
G002	Apakah daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah?
G003	Apakah daun-daun yang paling rendah posisinya yang paling menderita?
G004	Apakah daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan?
G005	Apakah daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis)?
G006	Apakah pertumbuhan akar kurang baik?
G007	Apakah daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus?
G008	Apakah tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh?
G009	Apakah buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok?
G010	Apakah urat-urat daun berubah menguning?
G011	Apakah warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan?
G012	Apakah batang tanaman kurus dan kerdil?
G013	Apakah daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap?
G014	Apakah pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis)?
G015	Apakah proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik?
G016	Apakah hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta sisa tubuh daun kehilangan warnanya, mengering, dan mengeriput?
G017	Apakah pada ujung-ujung daun mulai terkikis?

G018	Apakah tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih?
G019	Apakah daun-daun mudah menjadi warna kuning?
G020	Apakah daya tumbuh biji berkurang dan bila biji tumbuh, kualitas tanaman kurang baik?
G021	Apakah hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta terdapat totol-totol kuning pada daun?
G022	Apakah batangnya pecah-pecah?
G023	Apakah ujung daun menjadi coklat?
G024	Apakah laju pertumbuhan rata-rata dari tanaman merosot atau sama sekali berhenti?
G025	Apakah kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar?
G026	Apakah pada beberapa tempat jaringan-jaringan daun mati sementara tetap hijau?
G027	Apakah pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan?
G028	Apakah ujung daun muda mengisut dan tepi-tepi daun mengering?
G029	Apakah Jaringan-jaringan tidak ada yang mati, tapi pada daun muda kadang-kadang terjadi chlorose?
G030	Apakah Daun terlihat layu?
G031	Apakah diantara tulang daun berwarna kuning atau putih kemudian mengerut, mengering, gugur dan lekas mati?
G032	Apakah bakal buah menguning dan terbuka?
G033	Apakah ruas-ruas batang memendek dan mengerut?
G034	Apakah terjadi perubahan warna pada daun; daun berkeriput, dan mengering, mati pucuk (<i>die back</i>) yang menyebabkan tanaman menjadi mati?
G035	Apakah muncul warna kekuningan pada daun tua yang kemudian menjalar ke daun muda?
G036	Apakah pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput?
G037	Apakah daun lemah, layu, dan warna keemasan?
G038	Apakah produktifitas tanaman rendah?
G039	Apakah pemasakan buah lambat?
G040	Apakah daun-daunnya mengering dan kurus?

3.3.7 Desain Logika *Flowchart*

3.3.7.1 *Flowchart Login*

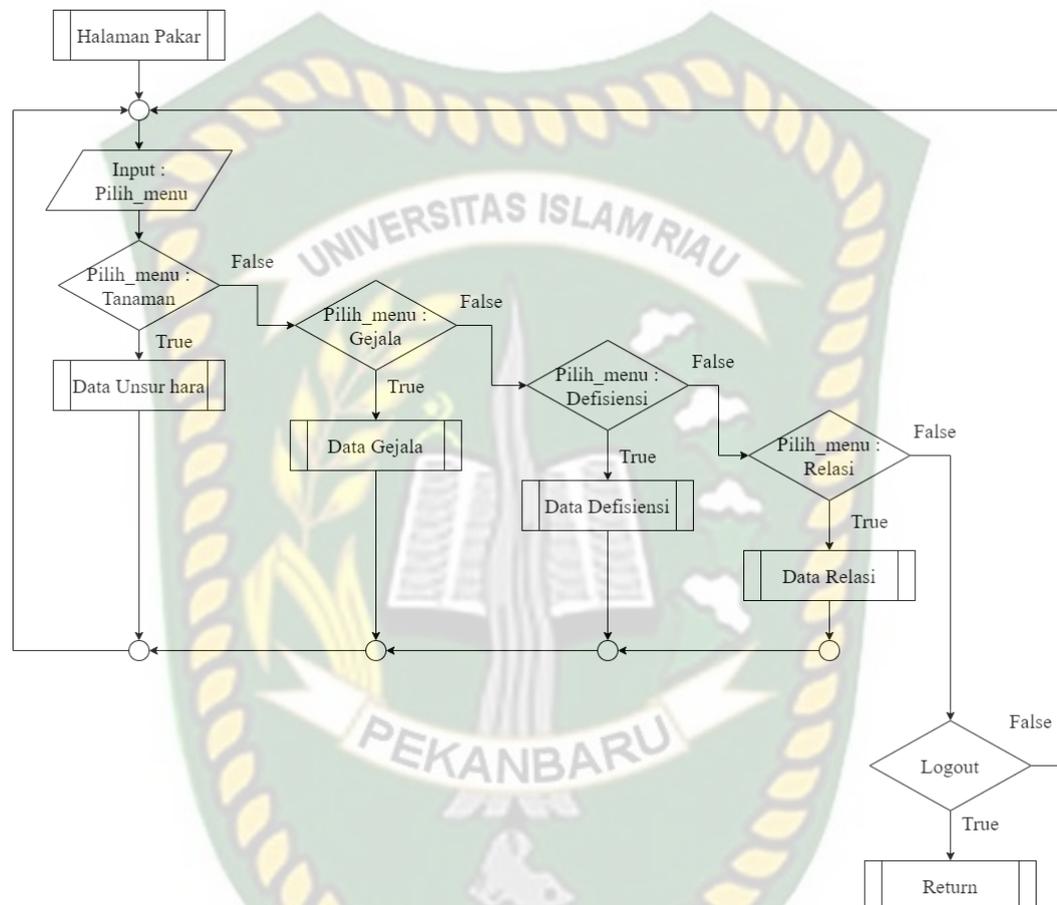


Gambar 3.19 *Flowchart Menu Login*

3.3.7.2 *Flowchart Pakar*

Pada *flowchart* pakar terdapat empat fungsi yaitu data unsur hara untuk mengelola data unsur hara, data gejala untuk mengelola data gejala-gejala yang dialami tanaman sayuran hidroponik, data defisiensi untuk mengelola data

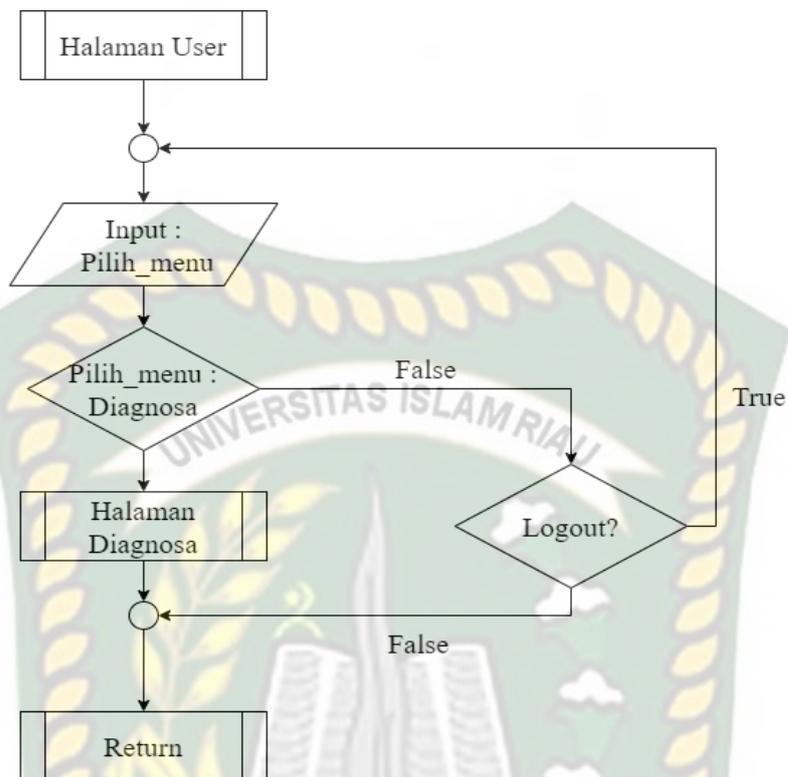
defisiensi unsur hara tanaman, dan data basis pengetahuan yang berguna untuk mengelola data basis pengetahuan antara defisiensi dengan gejala.



Gambar 3.20 Flowchart Pakar

3.3.7.3 Flowchart User

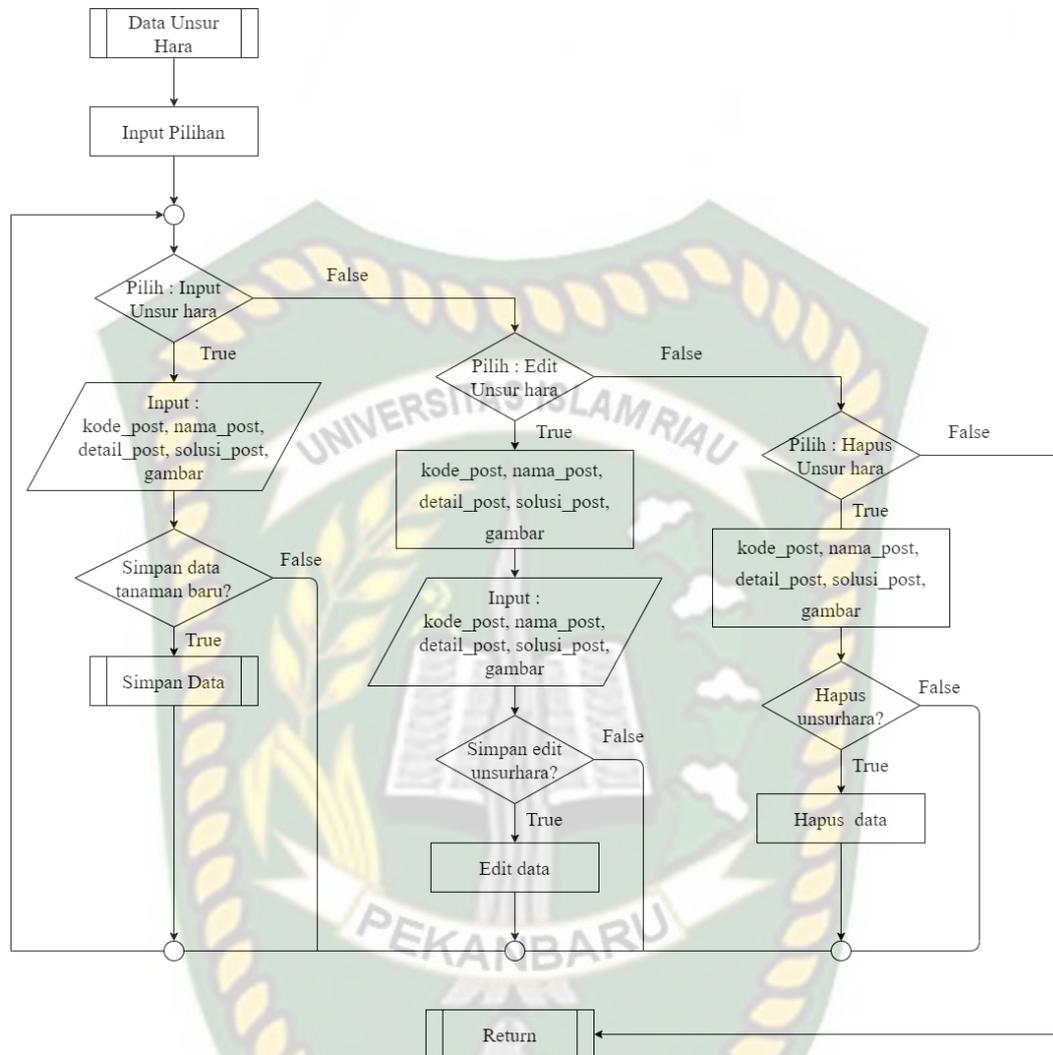
Flowchart user terdapat menu diagnosa yang mana pada menu diagnosa user akan menjawab pertanyaan yang sesuai dengan gejala-gejala yang dialami tanaman hidroponik tersebut.



Gambar 3.21 *Flowchart User*

3.3.7.4 *Flowchart Unsur Hara*

Flowchart unsur hara menggambarkan tentang bagaimana proses pengolahan data unsur hara.

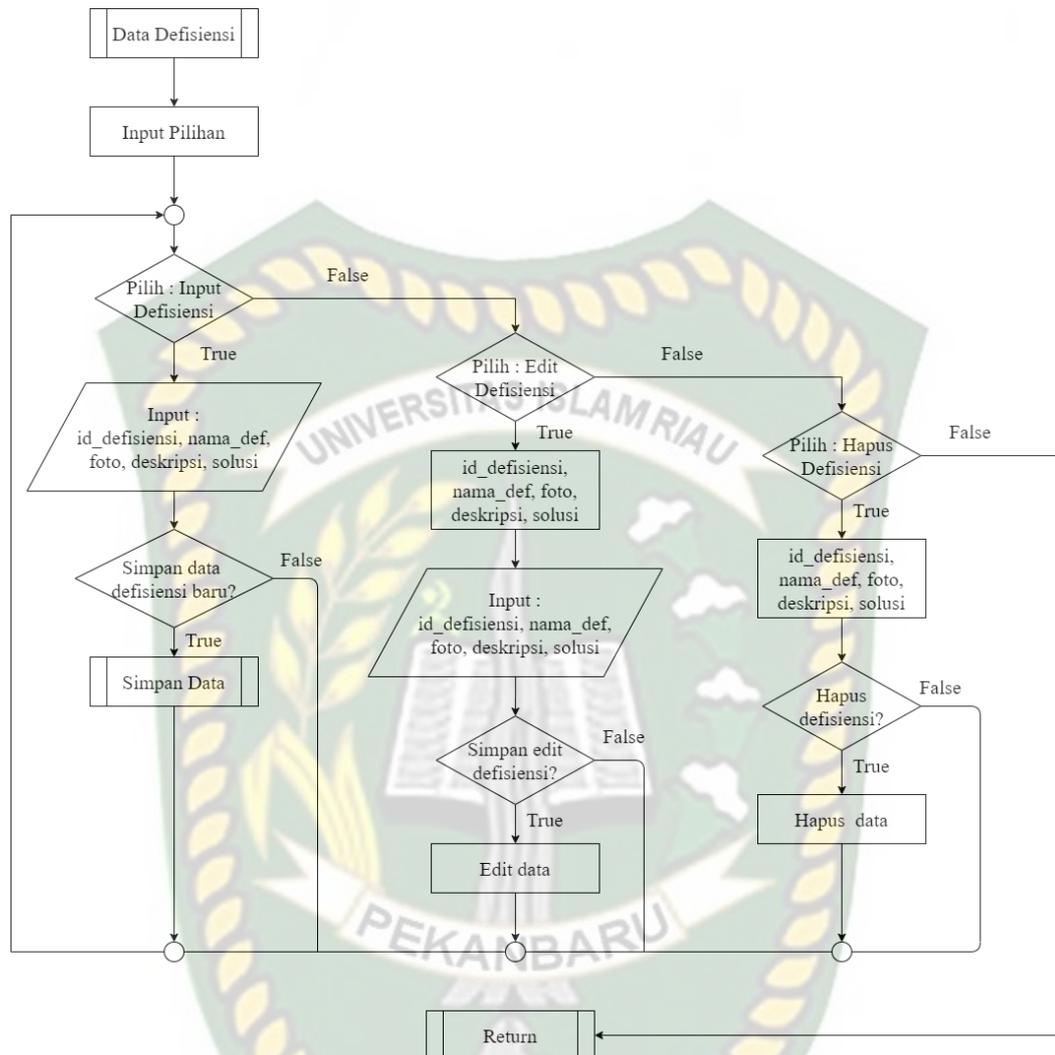


Gambar 3.22 Flowchart Halaman Unsur Hara

Pada gambar di atas, dijelaskan bahwa terdapat tiga proses pada data unsur hara, yaitu proses menambahkan data unsur hara, melakukan edit data unsur hara dan melakukan proses hapus data unsur hara.

3.3.7.5 Flowchart Defisiensi

Flowchart defisiensi menggambarkan tentang bagaimana proses yang terjadi pada data defisiensi unsur hara tanaman hidroponik.

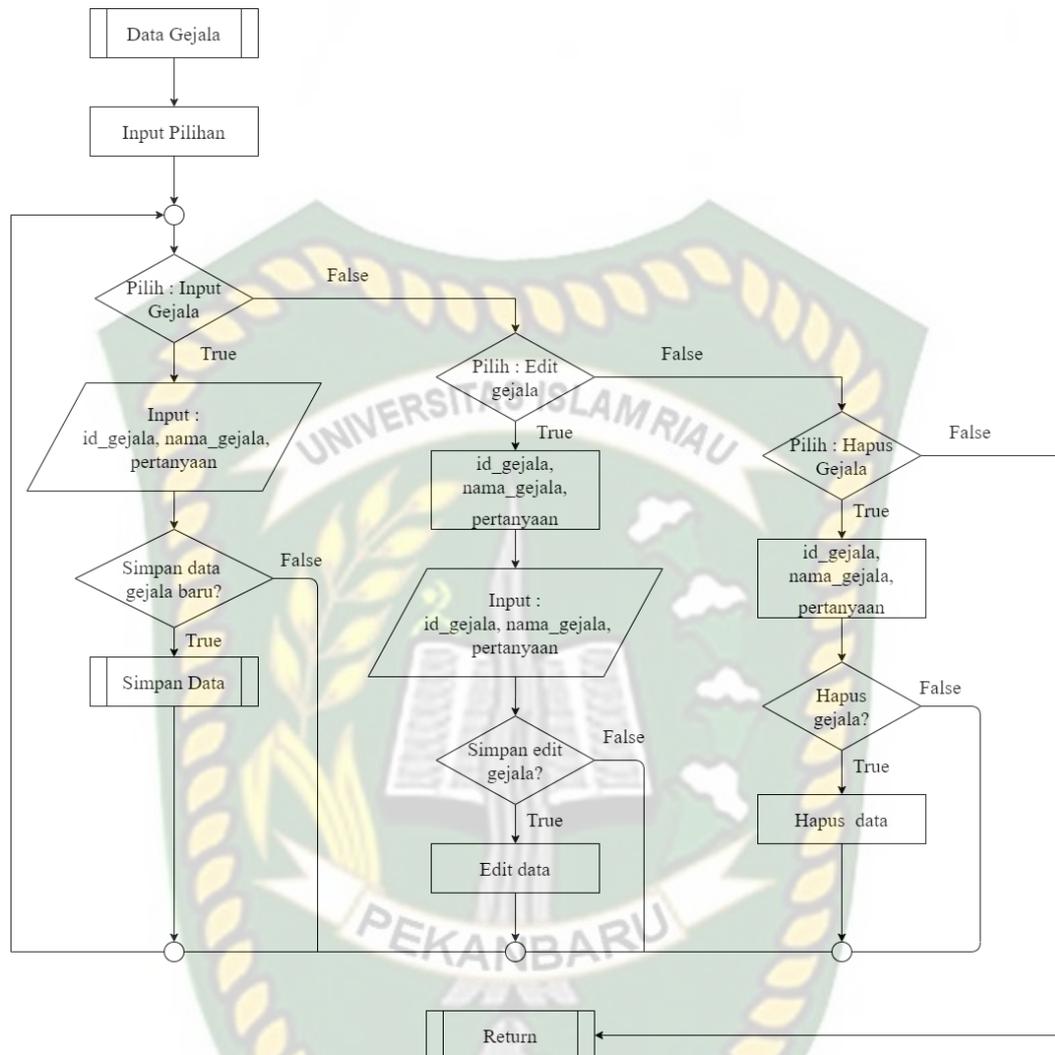


Gambar 3.23 Flowchart Halaman Defisiensi

Pada gambar di atas menjelaskan bahwa terdapat tiga proses pada data defisiensi, yaitu proses menambahkan data defisiensi, melakukan edit data dan melakukan hapus data defisiensi.

3.3.7.6 Flowchart Gejala

Flowchart gejala menggambarkan tentang bagaimana proses yang terjadi pada data gejala.

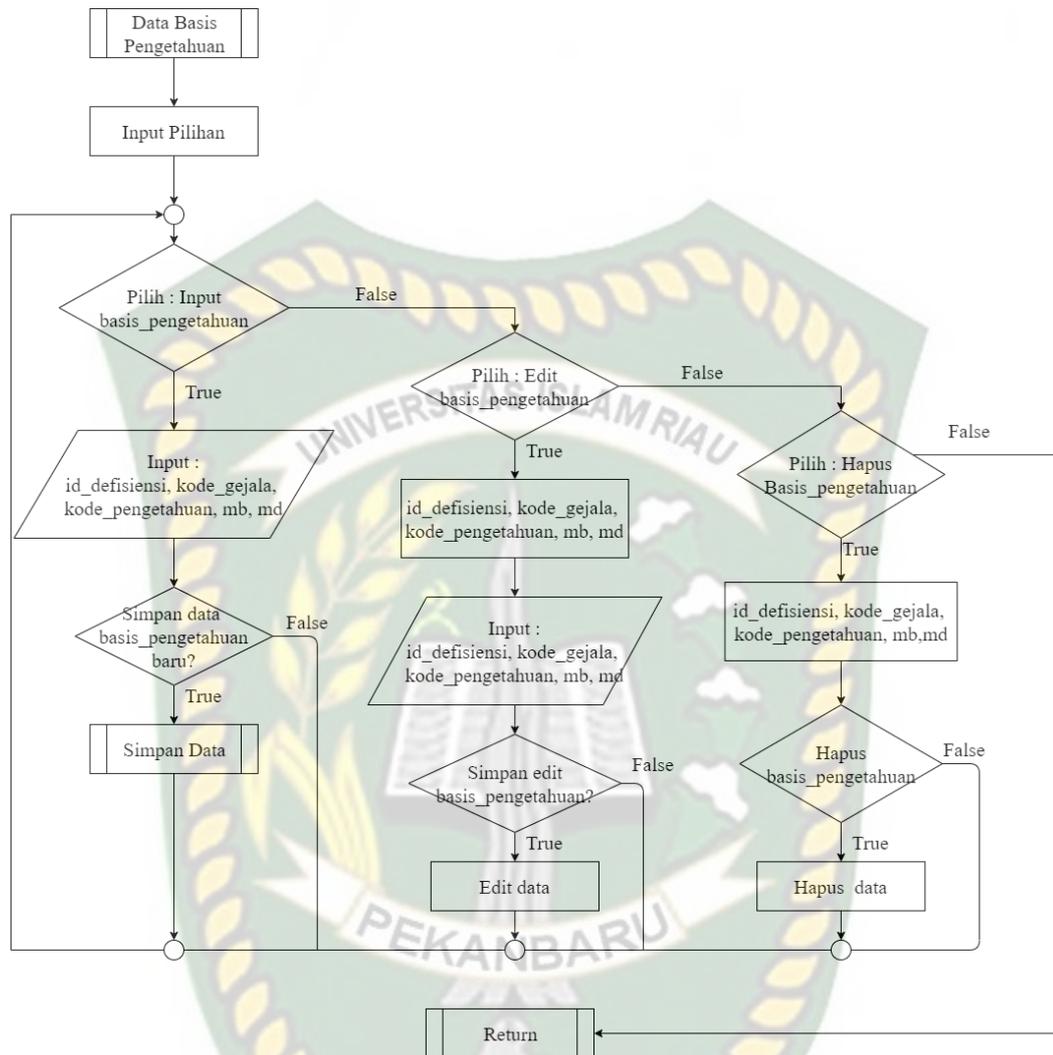


Gambar 3.24 Flowchart Halaman Gejala

Pada gambar di atas, dijelaskan bahwa terdapat tiga proses data gejala, yaitu proses tambah data gejala, proses edit data gejala dan proses hapus data gejala.

3.3.7.7 Flowchart Basis Pengetahuan

Flowchart basis pengetahuan menggambarkan tentang bagaimana proses yang terjadi pada data basis pengetahuan.



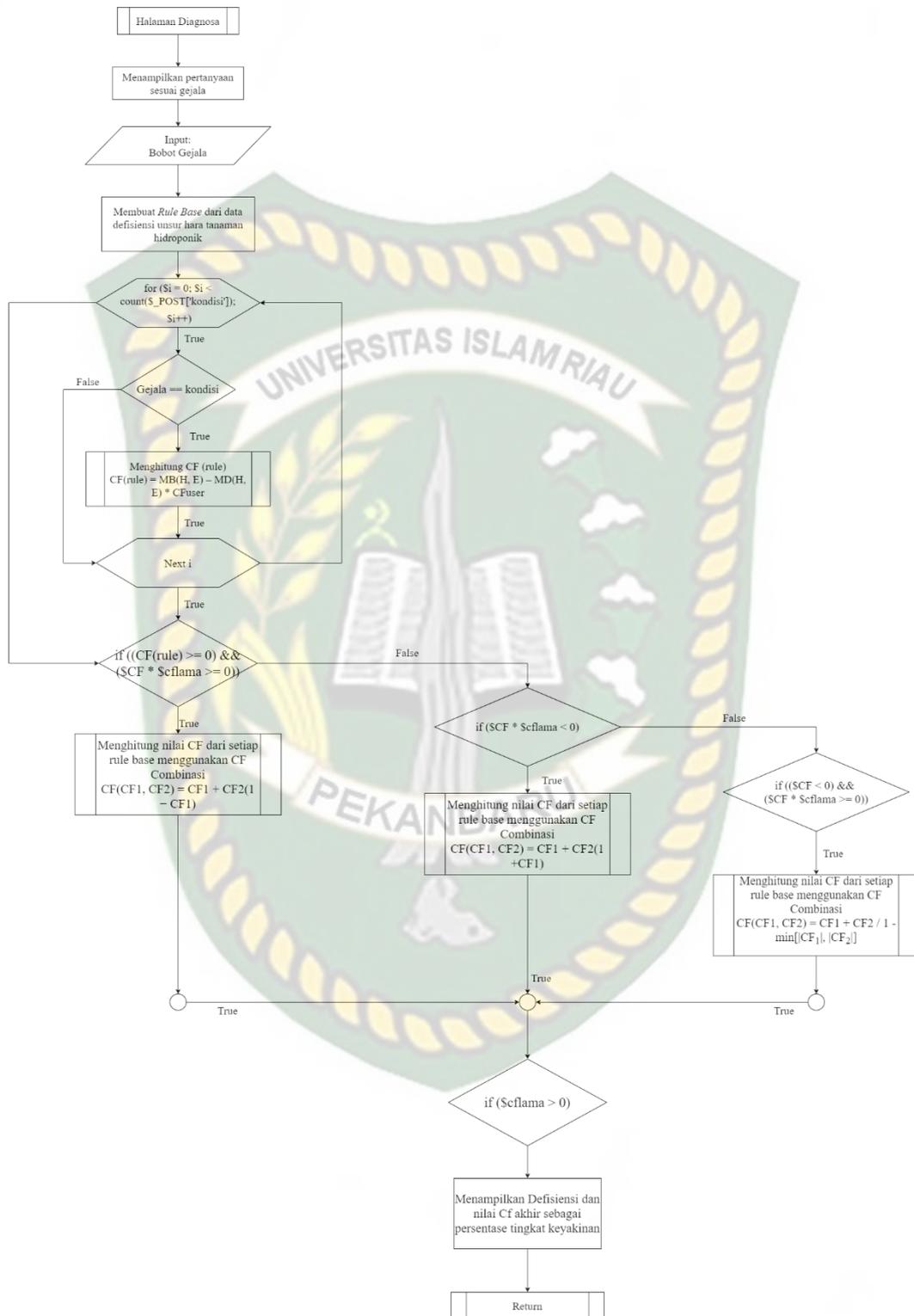
Gambar 3.25 Flowchart Halaman Basis Pengetahuan

Pada gambar di atas, dijelaskan bahwa terdapat tiga proses pada data basis pengetahuan, yaitu proses menambahkan basis pengetahuan baru, melakukan edit pada data basis pengetahuan dan menghapus data basis pengetahuan.

3.3.7.8 Flowchart Diagnosa

Flowchart diagnosa user terdapat beberapa alur proses, proses pertama user menjawab pertanyaan yang telah disediakan oleh sistem, selanjutnya setelah menjawab pertanyaan maka user akan memilih kondisi yang sesuai dialami oleh

tanamannya atau inputkan bobot gejala dari masing-masing pertanyaan. Kemudian sistem akan menentukan *rule base* dari gejala yang dialami tanaman, selanjutnya jika gejala yang dialami tanaman sesuai dengan kondisi yang dipilih maka CF akan ditentukan, hasil CF akan diseleksi jika $CF \geq 0$ dan $Cf * Cflama \geq 0$ maka CFlama pertama akan diperoleh yang selanjutnya akan diulang sampai *rule* yang ditentukan sistem dari hasil input bobot *user* akan diperoleh CFlama akhir yang dijadikan persentase tingkat keyakinan dari sebuah defisiensi. Sebelumnya proses seleksi kondisi hasil CF terdiri dari tiga untuk memperoleh hasil yang akurat apabila salah satu dari ketiga kondisi tersebut benar maka persamaan tersebut yang dipakai untuk menemukan Cflama akhir.



Gambar 3.26 Flowchart Diagnosa

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

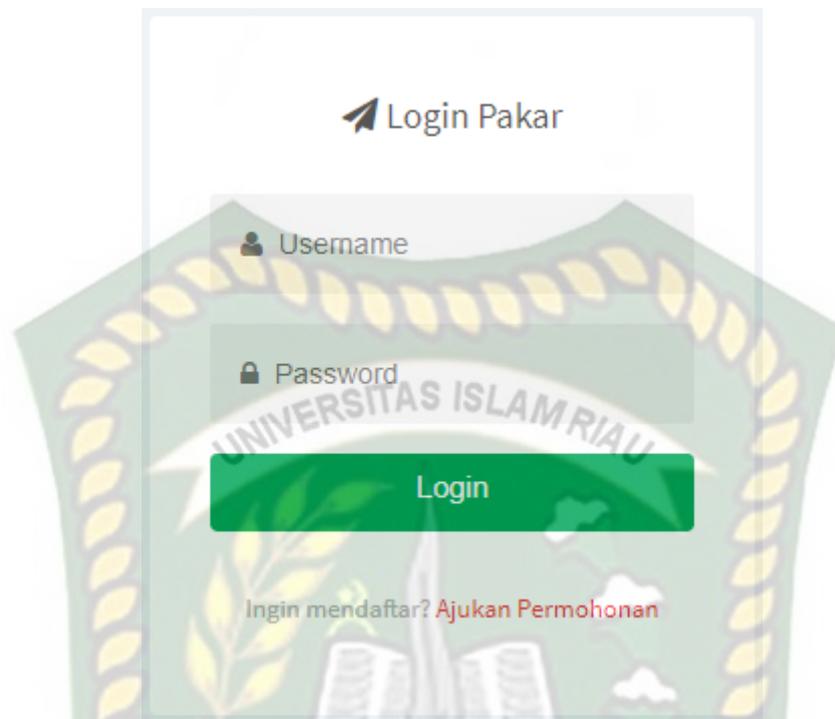
Dari penjabaran terhadap analisa dan rancangan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya berkaitan dengan sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik maka tahapan selanjutnya adalah melakukan implementasi dan pengujian terhadap sistem. Pengujian pertama dengan menggunakan *black box testing* dan pengujian terhadap aturan sistem yang akan diuji oleh pakar.

4.2 Pengujian Dengan Menggunakan *Black Box Testing*

Pengujian dengan menggunakan *black box testing* dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah dibangun atau diimplementasikan dengan benar dan sesuai antara kebutuhan yang diharapkan dan kinerja sistem. Adapun bentuk pengujiannya adalah sebagai berikut :

4.2.1 Login

Pada implementasi program terdapat dua pengguna dalam menggunakan sistem pakar ini yaitu yang pertama adalah pakar atau admin dan yang kedua *user*/petani tanaman hidroponik, yang mana setiap pengguna memiliki hak akses yang berbeda.



Gambar 4.1 Form *Login*

Adapun hasil pengujian proses *login* dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Proses *Login*

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	<i>Login</i>	Mengosongkan <i>username</i> dan <i>password</i>	Muncul pesan (masukkan <i>username</i> atau <i>password</i>)	Muncul pesan (masukkan <i>username</i> atau <i>password</i>)	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>username</i> dan <i>password</i>	Membuka halaman menu utama	Membuka halaman menu utama	Sesuai yang diharapkan

4.2.2 Halaman Utama Pakar

Halaman utama pakar merupakan halaman yang akan ditampilkan ketika login sebagai pakar. Pakar mendapatkan hak akses penuh didalam sistem pakar.



Gambar 4.2 Halaman Utama Pakar

4.2.3 Halaman Utama User

Halaman utama user merupakan halaman yang akan ditampilkan ketika user masuk ke link sistem. User akan mendapatkan hak akses diagnosa dan melihat hasil diagnosa.



Gambar 4.3 Halaman Utama User

4.2.4 Defisiensi

Defisiensi merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika pakar mengakses data defisiensi unsur hara. *Form* ini akan menampilkan seluruh data defisiensi, meliputi id defisiensi, nama defisiensi, deskripsi defisiensi dan solusi yang akan diberikan. Pada data defisiensi, pakar dapat menambah data, melakukan edit data dan menghapus data defisiensi yang tersedia.



No	Nama Defisiensi	Deskripsi	Solusi	Aksi
1	Nitrogen (N)	Sangat berpengaruh terhadap produksi daun dan proses pertumbuhan batang tanaman. Juga merupakan satu komponen yang penting di dalam protoplasma. Merupakan bahan dasar sumber kehidupan yang ditemukan di dalam setiap sel hidup, dan jelas menjadi bagian yang tidak bisa dilepaskan dari komposisi tubuh tanaman.	Dapat diatasi dengan memberi pupuk yang mengandung Potasium Nitrat (KNO ₃) atau dengan menyempatkan pupuk daun yang mengandung nitrogen tinggi. Perlu diingat pemberian pupuk nitrogen tidak boleh berlebihan.	Edit Hapus
2	Fosfor (P)	Dibutuhkan di dalam pengembangan bunga dan buah. Juga mendorong pertumbuhan akar-akar yang sehat	Dapat diatasi dengan memberikan pupuk yang mengandung fosfor seperti Ammonium Pospat (NH ₄) ₂ HPO ₄ . Sampai tanaman mengalami perbaikan.	Edit Hapus
3	Kalium (K)	Pembentukan jaringan penguat pada tangkai, daun dan buah. Membantu pembentukan protein dan karbohidrat, serta menjadi sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan nevakit.	Kekurangan unsur kalium dapat di atasi dengan memberikan pupuk yang mengandung K seperti pupuk NPK.	Edit Hapus

Gambar 4.4 Defisiensi

4.2.5 Tambah Data Defisiensi

Tambah defisiensi merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan penginputan data defisiensi baru. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Gambar 4.5 Tambah Data Defisiensi

Adapun hasil pengujian proses tambah data defisiensi dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Proses Tambah Data Defisiensi

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Simpan data defisiensi	Mengosongkan salah satu <i>field</i> yang tersedia pada <i>form</i> tambah data defisiensi	Tidak dapat menambahkan data defisiensi	Tidak dapat menambahkan data defisiensi	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form</i> tambah data defisiensi dengan lengkap	Menyimpan data defisiensi yang di <i>input</i>	Data yang telah di <i>input</i> tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.6 Edit Defisiensi

Edit defisiensi merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan edit pada defisiensi yang telah tersedia. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Nama Defisiensi	<input type="text" value="Nitrogen (N)"/>
Deskripsi	<p>Sangat berpengaruh terhadap produksi daun dan proses pertumbuhan batang tanaman. Juga merupakan satu komponen yang penting di dalam protoplasma. Merupakan bahan dasar sumber</p>
Solusi	<p>Dapat diatasi dengan memberi pupuk yang mengandung Potasium Nitrat (KNO₃) atau dengan menyemprotkan pupuk daun yang mengandung nitrogen tinggi. Perlu diingat pemberian pupuk</p>
Gambar Post	<p>Upload Gambar (Ukuran Maks = 1 MB):</p> <p><input type="button" value="Choose File"/> No file chosen</p>  <p><input type="button" value="Simpan"/> <input type="button" value="Batal"/></p>

Gambar 4.6 Edit Defisiensi

Adapun hasil pengujian proses edit data defisiensi dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

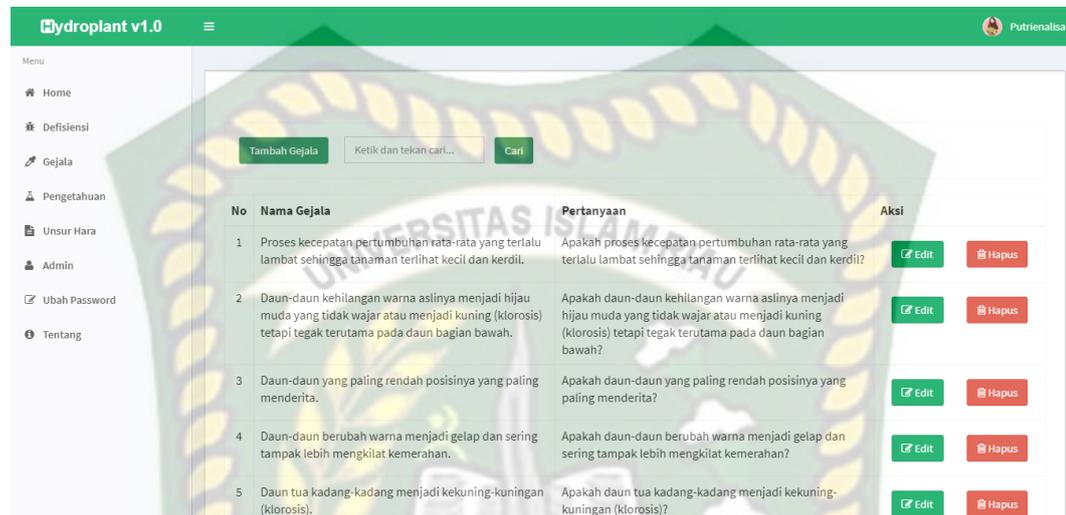
Tabel 4.3 Proses Edit Data Defisiensi

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Edit data defisiensi	Mengosongkan salah satu <i>field</i> yang tersedia pada <i>form edit data defisiensi</i>	Tidak dapat memperbaharui data defisiensi	Tidak dapat memperbaharui data defisiensi	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form edit data defisiensi</i> dengan lengkap	Menyimpan data defisiensi yang telah di <i>update</i>	Data defisiensi yang telah di <i>input</i> dan diperbaharui tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.7 Gejala

Gejala merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika pakar mengakses data gejala. *Form* ini akan menampilkan seluruh data gejala meliputi data kode gejala,

nama gejala, dan pertanyaan. Pada data gejala, pakar dapat menambah data, melakukan edit data dan menghapus data gejala yang tersedia.



Gambar 4.7 Gejala

4.2.8 Tambah gejala

Tambah gejala merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan penginputan data gejala baru. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

The screenshot shows the 'Tambah Gejala' form. It has two input fields: 'Nama Gejala' with the placeholder text 'Masukkan gejala baru...' and 'Pertanyaan' with the placeholder text 'Masukkan pertanyaan baru...'. Below the input fields are two buttons: 'Simpan' (green) and 'Batal' (red).

Gambar 4.8 Tambah Gejala

Adapun hasil pengujian proses tambah data gejala dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Proses Tambah Data Gejala

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Simpan data gejala	Mengosongkan salah satu <i>field</i> yang tersedia pada <i>form</i> tambah data gejala	Tidak dapat menambahkan data gejala	Tidak dapat menambahkan data gejala	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form</i> tambah data gejala dengan lengkap	Menyimpan data gejala yang di <i>input</i>	Data yang telah di <i>input</i> tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.9 Edit gejala

Edit gejala merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan edit pada gejala yang telah tersedia. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Gambar 4.9 Edit Gejala

Adapun hasil pengujian proses edit data gejala dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Proses Edit Data Gejala

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Edit data gejala	Mengosongkan salah satu <i>field</i> yang tersedia pada <i>form</i> edit data gejala	Tidak dapat memperbaharui data gejala	Tidak dapat memperbaharui data gejala	Sesuai yang diharapkan

		Mengisi <i>form</i> edit data gejala dengan lengkap	Menyimpan data gejala yang telah di <i>update</i>	Data gejala yang telah di <i>input</i> dan diperbaharui tersimpan	Sesuai yang diharapkan
--	--	---	---	---	------------------------

4.2.10 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika pakar mengakses data aturan. *Form* ini akan menampilkan seluruh data basis aturan/relasi, meliputi kode aturan, id defisiensi dan kode gejala. Pada data basis aturan, pakar dapat menambah data, melakukan edit data dan menghapus data aturan yang tersedia.



No	Defisiensi	Gejala	MB	MD	Aksi
1	Sulfur (S)	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.	0.8	0.0	Edit Hapus
2	Boron (B)	Batangnya pecah-pecah.	1.0	0.2	Edit Hapus
3	Boron (B)	Ujung daun menjadi coklat.	1.0	0.2	Edit Hapus
4	Nitrogen (N)	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	1.0	0.2	Edit Hapus
5	Nitrogen (N)	Daun-daun yang paling rendah posisinya yang paling menderita.	1.0	0.2	Edit Hapus

Gambar 4.10 Basis Pengetahuan

4.2.11 Tambah Basis Pengetahuan

Tambah basis aturan merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan penginputan data aturan baru. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Hydroplant v1.0 Putrienalisa

Menu

- Home
- Defisiensi
- Gejala
- Pengetahuan
- Unsur Hara
- Admin
- Ubah Password
- Tentang

Petunjuk Pengisian Pakar !

Silahkan pilih gejala yang sesuai dengan defisiensi yang ada, dan berikan nilai kepastian (MB & MD) dengan cakupan sebagai berikut:

1.0 (Pasti Ya) | 0.8 (Hampir Pasti) |
 0.6 (Kemungkinan Besar) | 0.4 (Mungkin) |
 0.2 (Hampir Mungkin) | 0.0 (Tidak Tahu atau Tidak Yakin) |

CF(Pakar) = MB - MD
MB : Ukuran kenaikan kepercayaan (measure of increased belief)
MD : Ukuran kenaikan ketidakpercayaan (measure of increased disbelief)

Contoh:
 Jika kepercayaan (MB) anda terhadap gejala Batang tanaman kurus dan kerdil adalah 0.8 (Hampir Pasti)
 Dan ketidakpercayaan (MD) anda terhadap gejala Batang tanaman kurus dan kerdil untuk defisiensi unsur hara Sulfur (S) adalah 0.2 (Hampir Mungkin)

Maka: CF(Pakar) = MB - MD (0.8 - 0.2) = 0.6
 Dimana nilai kepastian anda terhadap gejala batang tanaman kurus dan kerdil untuk defisiensi Sulfur (S) adalah 0.6 (Kemungkinan Besar)

Defisiensi

Gejala

MB

MD

Copyright © 2020 - Made with ♥ by Putri Ena Lisa [Email](#) [Whatsapp](#)

Gambar 4.11 Tambah Basis Pengetahuan

Adapun hasil pengujian proses tambah data basis pengetahuan dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Proses Tambah Basis Pengetahuan

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Simpan data aturan	Mengosongkan <i>field</i> defisiensi pada <i>form</i> tambah data basis pengetahuan	Tidak dapat menambahkan data basis pengetahuan	Tidak dapat menambahkan data basis pengetahuan	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form</i> tambah data basis pengetahuan dengan lengkap	Menyimpan data basis pengetahuan yang di <i>input</i>	Data yang telah di <i>input</i> tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.12 Edit Basis Pengetahuan

Edit basis aturan merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan edit pada data aturan atau basis pengetahuan yang telah tersedia. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Gambar 4.12 Edit Basis Pengetahuan

Adapun hasil pengujian proses edit data basis pengetahuan dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 Proses Edit Data Basis Pengetahuan

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Edit data aturan	Mengosongkan <i>field</i> defisiensi pada <i>form edit</i> data basis pengetahuan	Tidak dapat memperbaharui data basis pengetahuan	Tidak dapat memperbaharui data basis pengetahuan	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form edit</i> data basis pengetahuan dengan lengkap	Menyimpan data basis pengetahuan yang telah di <i>update</i>	Data basis pengetahuan yang telah di <i>input</i> dan diperbaharui tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.13 Admin

Admin merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika pakar ingin menambahkan pakar baru sebagai admin. *Form* ini akan menampilkan seluruh data admin, meliputi *username*, dan nama lengkap didalam sistem. Pada data admin, pakar dapat menambah data, melakukan edit data dan menghapus data *user* yang tersedia.



Gambar 4.13 Admin

4.2.14 Tambah Admin

Tambah admin merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan penginputan data admin atau pakar baru. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Nama Lengkap	<input type="text" value="Masukkan nama lengkap..."/>
Username	<input type="text" value="Masukkan username..."/>
Password	<input type="text" value="Masukkan password admin..."/>
<input type="button" value="Simpan"/> <input type="button" value="Batal"/>	

Gambar 4.14 Tambah Admin

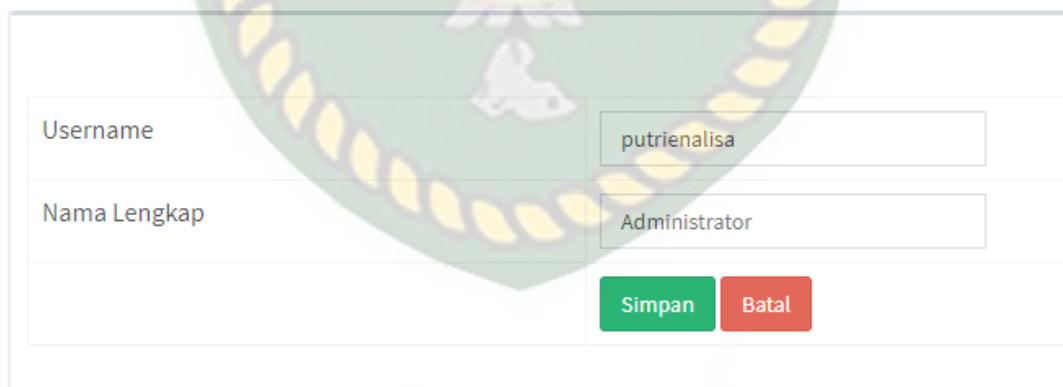
Adapun hasil pengujian proses tambah data admin dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8 Proses Tambah Data Admin

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Tambah data admin	Mengosongkan salah satu <i>field</i> yang tersedia pada <i>form</i> tambah data admin	Tidak dapat memperbaharui data admin	Tidak dapat memperbaharui data admin	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form</i> tambah data admin dengan lengkap	Menyimpan data admin yang di <i>input</i>	Data yang telah di <i>input</i> tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.15 Edit Admin

Edit admin merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan edit pada admin yang telah tersedia. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.



The screenshot shows a web form for editing an admin user. It contains two input fields: 'Username' with the value 'putrienalisa' and 'Nama Lengkap' with the value 'Administrator'. Below the fields are two buttons: a green 'Simpan' button and a red 'Batal' button.

Gambar 4.15 Edit Admin

Adapun hasil pengujian proses edit data admin dapat dilihat pada tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4.9 Proses Edit Data Admin

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Edit data user	Mengosongkan salah satu <i>field</i> pada <i>form edit</i>	Tidak dapat memperbaharui data admin	Tidak dapat memperbaharui data admin	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form edit</i> data admin dengan lengkap	Menyimpan data admin yang telah di <i>update</i>	Data admin yang telah di <i>input</i> dan diperbaharui tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.16 Ubah *Password*

Ubah password merupakan *form* yang akan ditampilkan, ketika akan melakukan ubah password pada admin yang telah tersedia. Terdapat dua aksi, yaitu simpan dan batal.

Gambar 4.16 Ubah *Password* Admin

Adapun hasil pengujian proses ubah *password* admin dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Proses Ubah Password Admin

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Ubah <i>password</i> admin	Mengosongkan salah satu <i>field</i> pada <i>form edit</i>	Tidak dapat memperbaharui <i>password</i> admin	Tidak dapat memperbaharui <i>password</i> admin	Sesuai yang diharapkan
		Mengisi <i>form</i> ubah <i>password</i> admin dengan lengkap	Menyimpan <i>password</i> admin yang telah di <i>update</i>	<i>Password</i> admin yang telah di <i>input</i> dan diperbaharui tersimpan	Sesuai yang diharapkan

4.2.17 Diagnosa

Diagnosa merupakan *form* yang akan ditampilkan ketika akan dilakukan diagnosa kepada tanaman. Diagnosa dilakukan oleh petani yang telah mengakses sistem. Pada halaman ini pengguna melakukan sesi jawab atas pertanyaan yang gejala yang dilihat oleh petani dengan menjawab tingkat keyakinan pada gejala yang dilihat pada tanaman hidroponik. Terdapat 9 tingkat keyakinan pasti ya, hamper pasti ya, kemungkinan besar ya, mungkin ya, tidak tahu, mungkin tidak, kemungkinan besar tidak, hamper pasti tidak dan pasti tidak untuk gejala yang tidak dilihat pada tanaman hidroponik.

Diagnosa Defisiensi

⚠ Perhatian !

Silahkan memilih gejala sesuai dengan kondisi tanaman hidroponik anda, anda dapat memilih kepastian kondisi tanaman dari pasti tidak sampai pasti ya, jika sudah tekan tombol proses (Q) di bawah untuk melihat hasil.

No	Kode	Gejala	Pilih Kondisi
1	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	Pilih jika sesuai
2	G002	Daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah.	Pilih jika sesuai
3	G003	Daun-daun yang paling rendah posisinya yang paling menderita.	Pilih jika sesuai
4	G004	Daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan.	Pilih jika sesuai
5	G005	Apakah daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis)?	Pilih jika sesuai
6	G006	Apakah pertumbuhan akar kurang baik?	Pilih jika sesuai
7	G007	Apakah daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus?	Pilih jika sesuai
8	G008	Apakah tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh?	Pilih jika sesuai
9	G009	Apakah buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok?	Pilih jika sesuai
10	G010	Apakah urat-urat daun berubah menguning?	Pilih jika sesuai
11	G011	Apakah warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan?	Pilih jika sesuai
12	G012	Apakah batang tanaman kurus dan kerdil?	Pilih jika sesuai
13	G013	Apakah daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap?	Pilih jika sesuai
14	G014	Apakah pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis)?	Pilih jika sesuai
15	G015	Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).	Pilih jika sesuai
16	G016	Proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik.	Pilih jika sesuai
17	G017	Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta sisa tubuh daun kehilangan warnanya, mengering, dan mengeriput.	Pilih jika sesuai
18	G018	Pada ujung-ujung daun mulai terkikis.	Pilih jika sesuai
19	G019	Tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih.	Pilih jika sesuai Pasti ya
20	G020	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	Hampir pasti ya Kemungkinan besar ya Mungkin ya
21	G021	Daya tumbuh biji berkurang dan bila biji tumbuh, kualitas tanaman kurang baik.	Tidak tahu Mungkin tidak Kemungkinan besar tidak
22	G022	Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta terdapat totol-totol kuning pada daun.	Hampir pasti tidak Pasti tidak
23	G023	Batangnya pecah-pecah.	Pilih jika sesuai
24	G024	Ujung daun menjadi coklat.	Pilih jika sesuai

25	G025	Apakah kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
26	G026	Apakah pada beberapa tempat jaringan-jaringan daun mati sementara tetap hijau?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
27	G027	Apakah pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
28	G028	Apakah ujung daun muda mengisut dan tepi-tepi dau mengering?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
29	G029	Apakah Jaringan-jaringan tidak ada yang mati, tapi pada daun muda kadang-kadang terjadi chlorose?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
30	G030	Apakah Daun terlihat layu?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
31	G031	Apakah diantara tulang daun berwarna kuning atau putih kemudian mengerut, mengering, gugur dan lekas mati?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
32	G032	Apakah bakal buah menguning dan terbuka?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
33	G033	Apakah ruas-ruas batang memendek dan mengerut?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
34	G034	Apakah terjadi perubahan warna pada daun; daun berkeriput, dan mengering, mati pucuk (die back) yang menyebabkan tanaman menjadi mati?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
35	G035	Apakah muncul warna kekuningan pada daun tua yang kemudian menjalar ke daun muda?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
36	G036	Apakah pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
37	G037	Apakah daun lemah, layu, dan warna keemasan?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
38	G038	Apakah produktifitas tanaman rendah?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
39	G039	Apakah pemasakan buah lambat?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>
40	G040	Apakah daun-daunnya mengering dan kurus?	<input type="text" value="Pilih jika sesuai"/>

Copyright © 2020 - Made with by Putri Ena Lisa Kontak Kami

Gambar 4.17 Diagnosa

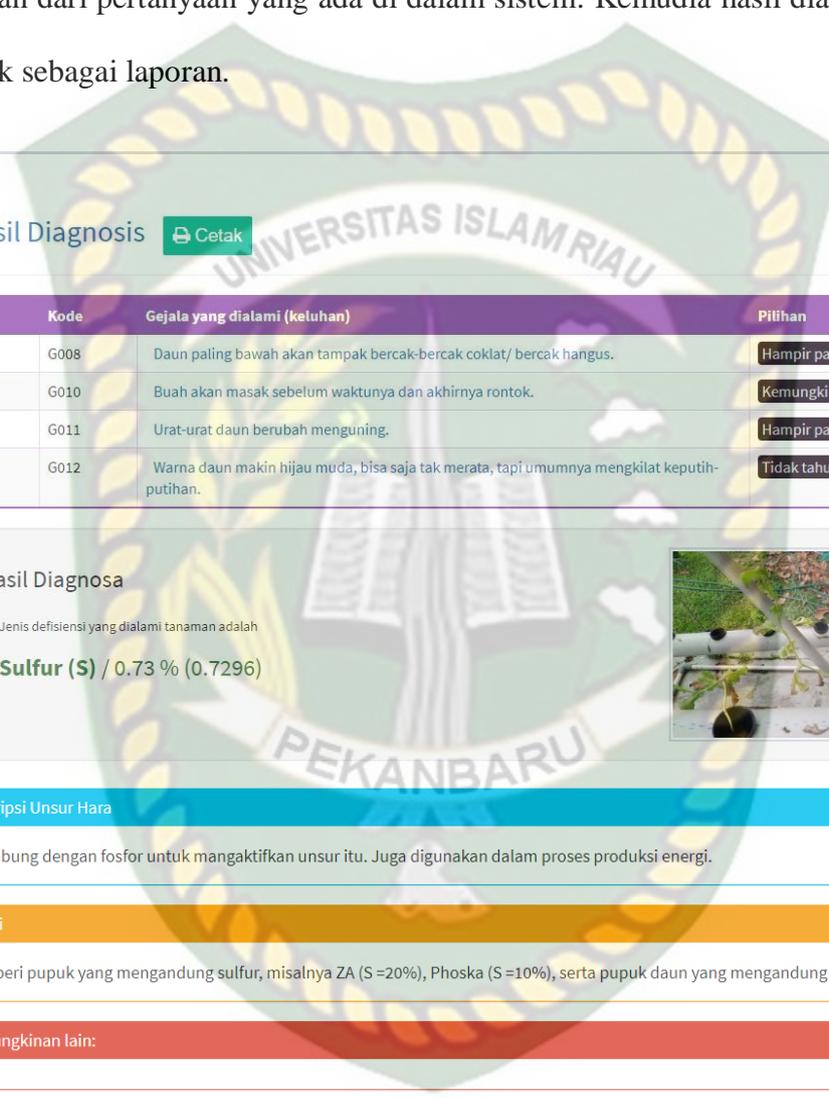
Tabel 4.11 Proses Tampilan Diagnosa

No	Fungsi yang diuji	Cara menguji	Hasil yang diterapkan	Hasil setelah pengujian	Kesimpulan hasil pengujian
1	Melihat detail data diagnosa	Klik <i>icon detail</i> data diagnosa	Sistem menampilkan data pada halaman diagnosa	Sistem menampilkan data pada halaman diagnose	Sesuai yang diharapkan

4.2.18 Hasil Diagnosa

Hasil diagnosa merupakan tampilan setelah petani/ *user* melakukan input jawaban dari pertanyaan yang ada di dalam sistem. Kemudian hasil diagnosa dapat dicetak sebagai laporan.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Miik :



Hasil Diagnosis Cetak

No	Kode	Gejala yang dialami (keluhan)	Pilihan
1	G008	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus.	Hampir pasti ya
2	G010	Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.	Kemungkinan besar ya
3	G011	Urut-urut daun berubah menguning.	Hampir pasti ya
4	G012	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.	Tidak tahu

Hasil Diagnosa

Jenis defisiensi yang dialami tanaman adalah

Sulfur (S) / 0.73 % (0.7296)



Deskripsi Unsur Hara

Bergabung dengan fosfor untuk mengaktifkan unsur itu. Juga digunakan dalam proses produksi energi.

Solusi

Memberi pupuk yang mengandung sulfur, misalnya ZA (S =20%), Phoska (S =10%), serta pupuk daun yang mengandung S.

Kemungkinan lain:

Gambar 4.18 Hasil Diagnosa

Kemudia *user* dapat mencetak hasil diagnosa berupa laporan yang terlihat pada gambar di bawah ini :

7/20/2020 Diagnosa - Hidroponik v1.0

Hasil Diagnosa Cetak Klik tombol ini untuk menotak hasil diagnosa

No	Kode	Gejala yang dialami (keluhan)	Pilihan
1	G008	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	Hampir pasti ya
2	G010	Urat-urat daun berubah menguning.	Kemungkinan besarnya
3	G011	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.	Hampir pasti ya
4	G012	Batang tanaman kurus dan kerdil.	Tidak tahu

Hasil Diagnosa

Jenis defisiensi unsur hara yang di alami oleh tanaman tersebut adalah :

Sulfur (S) / 0.73 % (0.7296)

Deskripsi Unsur Hara

Bergabung dengan fosfor untuk mengaktifkan unsur itu. Juga digunakan dalam proses produksi energi.

Solusi

Memberi pupuk yang mengandung sulfur, misalnya ZA (S =20%), Phoska (S =10%), serta pupuk daun yang mengandung S.

Print 1 sheet of paper

Destination OneNote for Windows

Pages All

Copies 1

Layout Portrait

Color Color

More settings

Print Cancel

Gambar 4.19 Laporan Hasil Diagnosa

4.3 Kesimpulan Pengujian *Black Box*

Dari proses pengujian *black box* ini dapat disimpulkan bahwa setiap data yang akan diinputkan kedalam sistem harus benar-benar sesuai dengan format sistem yang dibuat apabila ada kesalahan dalam penginputan data kedalam sistem, maka sistem akan menolak dan muncul kolom berwarna biru beserta peringatan kalau kolom harus diisi. Apabila diinputkan dengan benar sistem dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan harapan yang diinginkan.

4.4 Pengujian Sistem Berbasis *Rule/* Aturan Diagnosa Dengan Pakar

Sistem diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik akibat kekurangan larutan nutrisi berupa unsur hara ini telah diuji serta dilihat oleh pakar secara langsung dengan memberikan kasus-kasus yang kemudian diberikan kesimpulan

oleh pakar. Adapun data kasus yang diberikan pakar berjumlah 3 kasus yang dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Diagnosa Pengujian 3 Kasus Terhadap Pakar

No	Nama Gejala	Hasil diagnosa pakar
1	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	Kalsium (Ca)
	Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis).	
	Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).	
	Proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik. Kuncup-kuncup gagal untuk berkembang dan mekar.	
2	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus.	Kalium (K)
	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	
	Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.	
	Urut-urut daun berubah menguning.	
	Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.	
3	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.	Klorin (Cl)
	Daun lemah, layu dan warna keemasan	
	Produktivitas tanaman rendah.	
	Pemasakan buah lambat.	
	Daun-daunnya mengering dan kurus.	
	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	
	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	

Setelah didapatkan hasil diagnosa pakar terhadap 3 kasus yang diajukan maka pengujian selanjutnya adalah membandingkan *output* dari sistem dengan diagnosa pakar.

Tabel 4.13 Data Pengujian Diagnosa Pada Kasus Pertama

No	Kode gejala	Nama Gejala	Tingkat Keyakinan	Nilai CF User
1	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	Pasti ya	1
2	G005	Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis).	Pasti ya	1
3	G014	Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).	Pasti ya	1
4	G015	Proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik.	Pasti ya	1
5	G020	Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.	Mungkin ya	0,4

Pada tabel 4.13 dilakukan pengujian pengujian kasus pertama, pada kasus pertama mendapat diagnosa Kalsium (Ca), berdasarkan gejala yang dirasakan, gejala tersebut terdapat pada 4 defisiensi yang berbeda yaitu defisiensi Nitrogen (D1), Fosfor (D2), Kalsium (D3), dan Magnesium (D7).

1. Aturan ke-1 (Defisiensi Nitrogen)

$$Cf \text{ combine aturan ke 1 } CF[H,E]_1 = (CF[h,e])_1 * CF_{user_1}$$

$$= (MB - MD)_1 * CF_{user_1}$$

$$= (1 - 0,2) * 1$$

$$= 0,8 * 1 = 0,8$$

2. Aturan ke-2 (Defisiensi Fosfor)

$$Cf \text{ combine aturan ke 2 } CF[H,E]_1 = (CF[h,e])_1 * CF_{user1}$$

$$= (MB - MD)_1 * CF_{user1}$$

$$= (1 - 0,2) * 1$$

$$= 0,8 * 1$$

$$= 0,8$$

3. Aturan ke-3 (Defisiensi Kalsium)

$$Cf \text{ combine aturan ke 3 } CF[H,E]_1 = (CF[h,e])_1 * CF_{user1}$$

$$= (MB - MD)_1 * CF_{user1}$$

$$= (1 - 0,2) * 1$$

$$= 0,8 * 1 = 0,8$$

$$CF[H,E]_2 = (CF[h,e])_2 * CF_{user2}$$

$$= (MB - MD)_2 * CF_{user2}$$

$$= (0,8 - 0) * 1 = 0,8$$

$$CF_{combine} CF[H,E]_{1,2} = CF[H,E]_1 + (CF[H,E]_2 * (1 - CF[H,E]_1))$$

$$= 0,8 + (0,8 * (1 - 0,8))$$

$$= 0,8 + (0,8 * 0,2)$$

$$= 0,8 + (0,16)$$

$$= 0,96$$

4. Aturan ke-7 (Defisiensi Magnesium)

$$\begin{aligned}
 \text{Cf combine aturan ke 7 } CF[H,E]_1 &= (CF[h,e])_1 * CF_{\text{user}_1} \\
 &= (MB - MD)_1 * CF_{\text{user}_1} \\
 &= (0,8 - 0) * (0,4) \\
 &= 0,8 * (0,4) \\
 &= 0,32
 \end{aligned}$$

Aturan ke-1, 2, 3 dan 4 mempunyai besar nilai yang berbeda. Maka, selanjutnya menghitung jumlah gejala pada aturan dan menghitung jumlah gejala yang dialami oleh tanaman. Pada aturan ke-1 terdapat satu gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan, pada aturan ke-2 terdapat satu gejala yang dialami oleh tanaman dengan basis aturan, pada aturan ke-3 terdapat dua gejala yang dialami oleh tanaman sedangkan pada aturan ke-7 terdapat satu gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan.

Maka, dari perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil yaitu pengguna terdiagnosa defisiensi unsur hara Kalsium (Ca) dengan tingkat kepercayaan tertinggi yaitu 0,96 atau 96%.

Pada gambar 4.20 Merupakan tampilan *output* berdasarkan gejala-gejala yang diinputkan oleh pakar pada pengujian ini. Setelah melihat *output* pada gambar 4.20 dan berdasarkan hasil diagnosa dari pakar, maka diperoleh kesimpulan bahwa hasil diagnosa pakar maupun hasil diagnosa sistem memberikan kesimpulan yang sama yaitu defisiensi Kalsium (Ca) dan tingkat kepercayaan yang dilakukan secara manual maupun yang dilakukan oleh sistem memiliki hasil yang sama yaitu 0,96 atau 96 %.

Diagnosa Defisiensi

⚠ Perhatian !

Silahkan memilih gejala sesuai dengan kondisi tanaman hidroponik anda, anda dapat memilih kepastian kondisi tanaman dari pasti tidak sampai pasti ya, jika sudah tekan tombol proses (🔄) di bawah untuk melihat hasil.

No	Kode	Pertanyaan	Pilih Kondisi
1	G001	Apakah proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil?	<input type="button" value="Pasti ya"/>
2	G002	Apakah daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
3	G003	Apakah daun-daun yang paling rendah posisinya yang paling menderitanya?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
4	G004	Apakah daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tampak lebih mengkilat kemerahan?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
5	G005	Apakah daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis)?	<input type="button" value="Pasti ya"/>
14	G014	Apakah daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap?	<input type="button" value="Pasti ya"/>
15	G015	Apakah pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis)?	<input type="button" value="Pasti ya"/>
16	G016	Apakah proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
17	G017	Apakah hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta sisa tubuh daun kehilangan warnanya, mengering, dan mengeriput?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
18	G018	Apakah pada ujung-ujung daun mulai terkikis?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
19	G019	Apakah tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih?	<input type="button" value="Pilih jika sesuai"/>
20	G020	Apakah daun-daun mudah menjadi warna kuning?	<input type="button" value="Mungkin ya"/>

Hasil Diagnosis

[🖨 Cetak](#)

No	Kode	Gejala yang dialami (keluhan)	Pilihan
1	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	<input checked="" type="button" value="Pasti ya"/>
2	G005	Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis).	<input checked="" type="button" value="Pasti ya"/>
3	G014	Daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap.	<input checked="" type="button" value="Pasti ya"/>
4	G015	Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).	<input checked="" type="button" value="Pasti ya"/>
5	G020	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	<input checked="" type="button" value="Mungkin ya"/>

Hasil Diagnosa

Jenis defisiensi unsur hara yang di alami oleh tanaman tersebut adalah :

Kalsium (Ca) / 0.96 % (0.9600)



Deskripsi Unsur Hara

Menunjang pertumbuhan akar. Juga memudahkan tanaman menyerap potasium.

Solusi

Memberi pupuk yang mengandung kalsium dengan cara menyemprotkan CaNO₃ atau Growmore Ca sebanyak 1 g/l air dengan interval 1 minggu sampai tanaman pulih.

Kemungkinan lain:

- Fosfor (P) / 0.8 % (0.8000)
- Nitrogen (N) / 0.8 % (0.8000)

Gambar 4.20 Hasil Diagnosa Kasus Pertama

Tabel 4.14 Data Pengujian Diagnosa Pada Kasus Kedua

No	Kode gejala	Nama Gejala	Tingkat Keyakinan	Nilai CF User
1	G007	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/bercak hangus.	Pasti ya	1
2	G008	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	Hampir pasti ya	0,8
3	G009	Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.	Mungkin ya	0,4
4	G010	Urut-urut daun berubah menguning.	Mungkin ya	0,4

Pada tabel 4.14 dilakukan pengujian pengujian kasus kedua, pada kasus kedua mendapat diagnosa Kalium (K), berdasarkan gejala yang dialami tumbuhan, gejala tersebut terdapat pada dua defisiensi yaitu Kalium (D3) dan Sulfur (D4).

1. Aturan ke-3 (Defisiensi Kalium)

$$\begin{aligned}
 \text{Cf combine aturan ke 3 } CF[H,E]_1 &= (CF[h,e])_1 * CF_{\text{Fuser}_1} \\
 &= (MB - MD)_1 * CF_{\text{Fuser}_1} \\
 &= (0,8 - 0) * 1
 \end{aligned}$$

$$= 0,8 * 1 = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 CF[H,E]_2 &= (CF[h,e])_2 * CF_{\text{Fuser}_2} \\
 &= (MB - MD)_2 * CF_{\text{Fuser}_2} \\
 &= (0,8 - 0) * 0,8
 \end{aligned}$$

$$= 0,8 * 0,8 = 0,64$$

$$\begin{aligned}
 CF[H,E]_3 &= (CF[h,e])_3 * CF_{\text{Fuser}_3} \\
 &= (MB - MD)_3 * CF_{\text{Fuser}_3} \\
 &= (1 - 0,2) * 0,4 \\
 &= 0,8 * 0,4 = 0,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CF_{\text{combine}} CF[H,E]_{1,2} &= CF[H,E]_1 + (CF[H,E]_2 * (1 - CF[H,E]_1)) \\
 &= 0,8 + (0,64 * (1 - 0,8)) \\
 &= 0,8 + (0,64 * 0,2) \\
 &= 0,8 + (0,128) \\
 &= 0,928
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CF_{\text{combine}} CF[H,E]_{\text{old},3} &= CF[H,E]_{\text{old}} + (CF[H,E]_3 * (1 - CF[H,E]_{\text{old}})) \\
 &= 0,928 + (0,32 * (1 - 0,928)) \\
 &= 0,928 + (0,32 * 0,072) \\
 &= 0,928 + 0,02304 \\
 &= 0,9510 = 0,95
 \end{aligned}$$

2. Aturan ke-4 (Defisiensi Sulfur)

$$\begin{aligned}
 \text{Cf combine aturan ke 4 } CF[H,E]_1 &= (CF[h,e])_1 * CF_{\text{user}1} \\
 &= (MB - MD)_1 * CF_{\text{user}1} \\
 &= (0,8 - 0) * 0,4 \\
 &= 0,8 * 0,4 \\
 &= 0,32
 \end{aligned}$$

Aturan ke-3 mempunyai nilai yaitu 0,95 sedangkan aturan ke-4 mempunyai nilai 0,32. Maka, selanjutnya menghitung jumlah gejala pada aturan dan menghitung jumlah gejala yang dialami oleh tanaman. pada aturan ke-3 terdapat tiga gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan dan pada aturan ke-4 terdapat satu gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan.

Maka, dari perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil yaitu pengguna terdiagnosa Defisiensi unsur hara Kalium (K) dengan tingkat kepercayaan paling tinggi yaitu 0,95 atau 95%.

Pada gambar 4.21 Merupakan tampilan *output* berdasarkan gejala-gejala yang diinputkan oleh pakar pada pengujian ini. Setelah melihat *output* pada gambar 4. 21 dan berdasarkan hasil diagnosa dari pakar, maka diperoleh kesimpulan bahwa hasil diagnosa pakar maupun hasil diagnosa sistem memberikan kesimpulan yang sama yaitu Kalium dan tingkat kepercayaan yang dilakukan secara manual maupun yang dilakukan oleh sistem memiliki hasil yang sama yaitu 0,95 atau 95%.

Diagnosa Defisiensi

⚠ Perhatian !

Silahkan memilih gejala sesuai dengan kondisi tanaman hidroponik anda, anda dapat memilih kepastian kondisi tanaman dari pasti tidak sampai pasti ya, jika sudah tekan tombol proses (Ⓞ) di bawah untuk melihat hasil.

7	G007	Apakah pertumbuhan akar kurang baik?	Pasti ya
8	G008	Apakah daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus?	Hampir pasti ya
9	G009	Apakah tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh?	Mungkin ya
10	G010	Apakah buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok?	Mungkin ya

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Hasil Diagnosis [Cetak](#)

No	Kode	Gejala yang dialami (keluhan)	Pilihan
1	G007	Pertumbuhan akar kurang baik.	Pasti ya
2	G008	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus.	Hampir pasti ya
3	G009	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	Mungkin ya
4	G010	Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.	Mungkin ya

Hasil Diagnosa

Jenis defisiensi unsur hara yang di alami oleh tanaman tersebut adalah :

Kalium (K) / 0.95 % (0.9510)



Deskripsi Unsur Hara

Pembentukan jaringan penguat pada tangkai, daun dan buah. Membantu pembentukan protein dan karbohidrat, serta menjadi sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit.

Solusi

Kekurangan unsur kalium dapat di atasi dengan memberikan pupuk yang mengandung K seperti pupuk NPK.

Kemungkinan lain:

Gambar 4.21 Hasil Diagnosa Kasus Kedua

Tabel 4.15 Data Pengujian Diagnosa Pada Kasus Ketiga

No	Kode gejala	Nama Gejala	Tingkat Keyakinan	Nilai CF User
1	G036	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.	Kemungkinan Besar ya	0,6
2	G037	Daun lemah, layu dan berwarna keemasan.	Pasti ya	1

3	G038	Produktifitas tanaman rendah.	Kemungkinan Besar ya	0,6
4	G039	Pemasakan buah lambat.	Pasti ya	1
5	G040	Daun-daunnya mengering dan kurus.	Hampir Pasti ya	0,8
6	G019	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	Hampir Pasti ya	0,8
7	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	Mungkin ya	0,4

Pada tabel 4.15 dilakukan pengujian pengujian kasus ketiga, pada kasus ketiga mendapat diagnosa Khlorin (Cl), berdasarkan gejala yang dialami tumbuhan, gejala tersebut terdapat pada empat defisiensi yaitu Khlorin (D13), Boron (D8), magnesium (D7) dan Nitrogen (D1).

1. Aturan ke-13 (Defisiensi Khlorin)

$$\begin{aligned}
 \text{Cf combine aturan ke 13 } CF[H,E]_1 &= (CF[h,e])_1 * CF_{\text{user}_1} \\
 &= (MB - MD)_1 * CF_{\text{user}_1} \\
 &= (1 - 0,2) * 0,6 \\
 &= 0,8 * 0,6 = 0,48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CF[H,E]_2 &= (CF[h,e])_2 * CF_{\text{user}_2} \\
 &= (MB - MD)_2 * CF_{\text{user}_2} \\
 &= (1 - 0,2) * 1 \\
 &= 0,8 * 1 = 0,8
 \end{aligned}$$

$$CF[H,E]_3 = (CF[h,e])_3 * CF_{\text{user}_3}$$

$$= (MB - MD)_3 * CF_{user3}$$

$$= (1 - 0,2) * 0,6$$

$$= 0,8 * 0,6 = 0,48$$

$$CF[H,E]_4 = (CF[h,e])_4 * CF_{user4}$$

$$= (MB - MD)_4 * CF_{user4}$$

$$= (1 - 0,2) * 1$$

$$= 0,8 * 1 = 0,8$$

$$CF_{combine}CF[H,E]_{1,2} = CF[H,E]_1 + (CF[H,E]_2 * (1 - CF[H,E]_1))$$

$$= 0,48 + (0,8 * (1 - 0,48))$$

$$= 0,48 + (0,8 * 0,52)$$

$$= 0,48 + 0,416$$

$$= 0,896$$

$$CF_{combine}CF[H,E]_{old,3} = CF[H,E]_{old} + (CF[H,E]_3 * (1 - CF[H,E]_{old}))$$

$$= 0,896 + (0,48 * (1 - 0,896))$$

$$= 0,896 + (0,48 * 0,104)$$

$$= 0,896 + 0,04992$$

$$= 0,94592$$

$$CF_{combine}CF[H,E]_{old,4} = CF[H,E]_{old} + (CF[H,E]_4 * (1 - CF[H,E]_{old}))$$

$$= 0,94592 + (0,8 * (1 - 0,94592))$$

$$= 0,94592 + (0,8 * 0,05408)$$

$$= 0,94592 + 0,043264$$

$$= 0,9892 = 0,99$$

2. Aturan ke-8 (Defisiensi Boron)

$$Cf_{combine} \text{ aturan ke 8 } CF[H,E]_1 = (CF[h,e])_1 * CF_{user1}$$

$$= (MB - MD)_1 * CF_{user1}$$

$$= (1 - 0,2) * 0,8$$

$$= 0,8 * 0,8$$

$$= 0,64$$

3. Aturan ke-7 (Defisiensi Magnesium)

$$Cf_{combine} \text{ aturan ke 7 } CF[H,E]_1 = (CF[h,e])_1 * CF_{user1}$$

$$= (MB - MD)_1 * CF_{user1}$$

$$= (0,8 - 0) * 0,8$$

$$= 0,8 * 0,8$$

$$= 0,64$$

4. Aturan ke-1 (Defisiensi Nitrogen)

$$Cf_{combine} \text{ aturan ke 1 } CF[H,E]_1 = (CF[h,e])_1 * CF_{user1}$$

$$= (MB - MD)_1 * CF_{user1}$$

$$= (1 - 0,2) * 0,4$$

$$= 0,8 * 0,8$$

$$= 0,64$$

Setiap aturan yang diperoleh mempunyai besar nilai yang berbeda yaitu aturan ke-1 mempunyai nilai 0,32, aturan ke-7 dan 8 mempunyai nilai yang sama yaitu 0,64, dan nilai aturan ke-13 adalah 0,99. Maka, selanjutnya menghitung jumlah gejala pada aturan dan menghitung jumlah gejala yang dirasakan oleh pasien. Pada aturan ke-1 terdapat satu gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan, aturan ke-7 terdapat satu gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan, sedangkan aturan ke-8 juga memiliki satu gejala yang dialami tanaman sama

dengan basis aturan dan pada aturan ke-13 terdapat empat gejala yang dialami tanaman sama dengan basis aturan.

Maka, dari perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil yaitu tanaman petani terdiagnosa defisiensi unsur hara Klorin (K) dengan tingkat kepercayaan tertinggi 0,99 atau 99%.

Pada gambar 4.22 Merupakan tampilan *output* berdasarkan gejala-gejala yang diinputkan oleh pakar pada pengujian ini. Setelah melihat *output* pada gambar 4.22 dan berdasarkan hasil diagnosa dari pakar, maka diperoleh kesimpulan bahwa hasil diagnosa pakar maupun hasil diagnosa sistem memberikan kesimpulan yang sama yaitu Klorin dan tingkat kepercayaan yang dilakukan secara manual maupun yang dilakukan oleh sistem memiliki hasil yang sama yaitu 0,99 atau 99%.

Diagnosa Defisiensi

⚠ Perhatian !
Silahkan memilih gejala sesuai dengan kondisi tanaman hidroponik anda, anda dapat memilih kepastian kondisi tanaman dari pasti tidak sampai pasti ya, jika sudah tekan tombol proses (🔄) di bawah untuk melihat hasil.

No	Kode	Pertanyaan	Pilih Kondisi
1	G001	Apakah proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil?	Hampir pasti ya
19	G019	Apakah tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih?	Hampir pasti ya
36	G036	Apakah pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput?	Kemungkinan besar ya
37	G037	Apakah daun lemah, layu, dan warna keemasan?	Pasti ya
38	G038	Apakah produktifitas tanaman rendah?	Kemungkinan besar ya
39	G039	Apakah pemasakan buah lambat?	Pasti ya
40	G040	Apakah daun-daunnya mengering dan kurus?	Hampir pasti ya



Hasil Diagnosis



No	Kode	Gejala yang dialami (keluhan)	Pilihan
1	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	Hampir pasti ya
2	G019	Tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih.	Hampir pasti ya
3	G036	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.	Kemungkinan besar ya
4	G037	Daun lemah, layu, dan warna keemasan.	Pasti ya
5	G038	Produktivitas tanaman rendah.	Kemungkinan besar ya
6	G039	Pemasakan buah lambat.	Pasti ya
7	G040	daun-daunnya mengering dan kurus	Hampir pasti ya

Hasil Diagnosa

Jenis defisiensi unsur hara yang dialami oleh tanaman tersebut adalah :

Khlorin (Cl) / 0.99 % (0.9892)



Deskripsi Unsur Hara

Membantu proses fotosintesis tanaman, serta memperbaiki dan meninggikan hasil kering tanaman.

Solusi

Dengan memberikan garam pupuk yang mengandung Cl seperti garam pupuk $MnCl_2$ sebanyak 1,81 gr/l setiap hari sampai tanaman terlihat pulih.

Kemungkinan lain:

Boron (B) / 0.64 % (0.6400)

Magnesium (Mg) / 0.64 % (0.6400)

Gambar 4.22 Hasil Diagnosa Kasus Ketiga

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Pada Sistem

No	Nama Gejala	CF User	Sistem	
			Hasil Diagnosa Sistem	Nilai Kepastian
1	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	1		

	Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis).	1	Kalsium (Ca)	0,96 atau 96%
	Pada daun muda selain berkeriput, juga mengalami perubahan warna terutama pada ujung dan tepi daun (klorosis).	1		
	Proses pertumbuhannya berhenti dan perkembangan akar kurang baik.	1		
	Kuncup-kuncup gagal untuk berkembang dan mekar.	0,4		
2	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus.	1	Kalium (K)	0,95 atau 95%
	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	0,8		
	Buah akan masak sebelum waktunya dan akhirnya rontok.	0,4		
	Urut-urat daun berubah menguning.	0,4		
	Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.	1		
3	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.	0,6		
	Daun lemah, layu dan berwarna keemasan	1		
	Produktifitas tanaman rendah.	0,6		
	Pemasakan buah lambat.	1		

Daun-daunnya mengering dan kurus.	0,8	Khlorin (Cl)	0,99 atau 99%
Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	0,8		
Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,8		

Pada pengumpulan data sampel yang ada dapat dilakukan pengujian akurasi dengan 20 kasus dari 40 kasus pengumpulan data sampel yang diujikan kemudian dibandingkan dengan *output* sistem dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.17 Hasil Akurasi Pengujian 20 Kasus Pada Sistem Dengan Data Sampel

No	Kode Gejala	Nama Gejala	CF User	Hasil diagnosa pada pakar/data uji	Hasil perhitungan sistem dan manual	Hasil diagnosa sistem	Akurasi perbandingan pakar dan sistem
1	G036	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.	0,6	Khlorin (Cl)	0,87 atau 87%	Khlorin (Cl)	1
	G037	Daun lemah, layu dan berwarna keemasan.	0,8				
	G038	Produktifitas tanaman rendah.	0,6				
	G039	Pemasakan buah lambat.	-0,2				
	G040	Daun-daunnya mengering dan kurus.	0,4				
	G019	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	0,4				
	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,4				
2	G012	Batang tanaman kurus dan kerdil.	0,6				

	G013	Daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap.	0,6				
	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,8	Sulfur (S)	0,81 atau 81%	Sulfur (S)	1
	G011	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.	0,8				
3	G013	Daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap.	1				
	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,4				
	G031	Diantara tulang daun berwarna kuning atau putih kemudian mengerut, mengering, gugur dan lekas mati.	0,4				

	G022	Batangya pecah-pecah.	0,4	Kalsium (Ca)	0,8 atau 80%	Kalsium (Ca)	1
	G029	Jaringan-jaringan tidak ada yang mati, tapi pada daun muda kadang-kadang terjadi chloroses.	0,6				
	G030	Daun terlihat layu.	0,4				
4	G016	Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta sisa tubuh daun kehilangan warnanya, mengering dan mengeriput.	1	Besi (Fe)	0,96 atau 96%	Besi (Fe)	1
	G017	Pada ujung-ujung daun mulai terkikis.	0,8				
	G018	Tulang daun berwarna kekuning-kuningan sampai putih.	0,6				
	G019	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	0,6				
	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,8				

5	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,6	Nitrogen (N)	0,54 atau 54%	Nitrogen (N)	1
	G002	Daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah.	0,4				
	G003	Daun-daun paling rendah posisinya paling menderita.	-0,2				
6	G024	Laju pertumbuhan rata-rata dari tanaman yang merosot atau sama sekali berhenti .	1	Boron (Br)	0,8 atau 80%	Boron (Br)	1
	G025	Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.	0,4				
	G027	Pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan.	-0,2				
7	G030	Daun terlihat layu.	0,6				
	G033	Ruas-ruas batang emendek dan mengerut.	1				

	G034	Terjadi perubahan warna pada daun; daun keriput, mengering dan mati pucuk (<i>die back</i>) yang menyebabkan tanaman menjadi mati.	-0,2	Seng (Zn)	0,8 atau 80%	Seng (Zn)	1
	G036	Pada daun muda tampak kelainan yaitu daun menjadi keriput.	0,4				
8	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,4	Fosfor (P)	0,86 atau 86%	Fosfor (P)	1
	G005	Daun tua kadang-kadang menjadi kekuning-kuningan (klorosis)	1				
	G006	Pertumbuhan akar kurang baik.	0,4				
	G008	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	0,4				
9	G038	Produktifitas tanaman rendah.	1				0
	G039	Pemasakan buah lambat.	-1				
	G040	Daun-daunnya mongering dan kurus.	-0,2				

				Molibdenum (Mo)			
10	G009	Buah akan masak senelum waktunya dan akhirnya rontok.	0,4	Kalsium (Ca)	0,48 atau 48%	Kalsium (Ca)	1
	G011	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.	-0,4				
	G013	Daun-daun gagal untuk berkembang penuh, berukuran terlalu kecil, kering dan berwarna gelap.	0,6				
11	G008	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	1	Kalium(K)	0,9 atau 90%	Kalium(K)	1
	G009	Buah akan masak senelum waktunya dan akhirnya rontok.	0,6				
	G011	Warna daun makin hijau muda, bisa saja tak merata, tapi umumnya mengkilat keputih-putihan.	-0,2				

	G017	Pada ujung-ujung daun mulai terkikis.	0,4				
	G019	Daun-daun mudah menjadi warna kuning.	0,8				
12	G032	Bakal buah menguning dan terbuka.	0,8	Seng (Zn)	0,93 atau 93%	Seng (Zn)	1
	G033	Ruas-ruas batang memendek dan mengerut.	1				
	G034	Terjadi perubahan warna pada daun; daun keriput, mengering dan mati pucuk (<i>die back</i>) yang menyebabkan tanaman menjadi mati.	0,4				
13	G028	Ujung-ujung daun muda mengisut dan tepi daun-daun mengering.	1	Tembaga (Cu)	0,93 atau 93%	Tembaga (Cu)	1
	G029	Jaringan-jaringan tidak ada yang mati, tapi pada daun muda kadang-kadang terjadi chloroses.	0,6				
	G030	Daun terlihat layu.	0,4				
14	G026	Pada beberapa tempat jaringan-jaringan daun mati sementara tetap hidup.	0,8				

	G027	Pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan.	1	Mangan (Mn)	0,93 atau 93%	Mangan (Mn)	1
15	G007	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus,	0,8	Kalium (K)	0,93 atau 93%	Kalium (K)	1
	G008	Tepi daun akan terlihat kekuning-kuningan robek dan membentuk gerigi karna bagian yang bercak jatuh.	1				
	G010	Urat-urat daun berubah menguning.	0,4				
16	G006	Pertumbuhan akar kurang baik.	0,8	Fosfor (P)	0,64 atau 64%	Fosfor (P)	1
	G007	Daun paling bawah akan tampak bercak-bercak coklat/ bercak hangus,	0,4				
17	G020	Daya tumbuh biji berkurang dan bila biji tumbuh, kualitas tanaman kurang baik.	1	Magnesium (Mg)	0,9 atau 90%	Magnesium (Mg)	1
	G021	Hanya urat-urat daun yang berwarna hijau, serta terdapat totol-totol kuning pada daun	0,6				
	G022	Batangnya pecah-pecah.	0,4				

	G024	Laju pertumbuhan rata-rata dari tanaman yang merosot atau sama sekali berhenti .	0,6				
18	G025	Kuncup-kuncup gagal berkembang dan mekar.	1	Mangan (Mn)	0,99 atau 99%	Mangan (Mn)	1
	G026	Pada beberapa tempat jaringan-jaringan daun mati sementara tetap hidup.	1				
	G027	Pada kuncup bunga terjadi kegagalan pertumbuhan dan perkembangan.	1				
19	G001	Proses kecepatan pertumbuhan rata-rata yang terlalu lambat sehingga tanaman terlihat kecil dan kerdil.	0,4	Fosfor (P)	0,76 atau 76%	Fosfor (P)	1
	G002	Daun-daun kehilangan warna aslinya menjadi hijau muda yang tidak wajar atau menjadi kuning (klorosis) tetapi tegak terutama pada daun bagian bawah.	0,6				
	G003	Daun-daun yang paling rendah posisinya paling menderita.	-0,6				

	G004	Daun-daun berubah warna menjadi gelap dan sering tanpak lebih mengkilat kemerahan.	0,4				
	G006	Pertumbuhan akar kurang baik.	0,8				
	G010	Urat-urat daun berubah menguning.	0,6				
20	G012	Batang tanaman kurus dan kerdil.	0,6	Sulfur (S)	0,48 atau 48%	Sulfur (S)	1
	G023	Ujung daun menjadi coklat.	0,4				

$$\text{Akurasi} = (\text{Jumlah data akurat} / \text{jumlah seluruh data}) * 100$$

$$= (19/20) * 100 = 95,0\%$$

$$\text{Error} = (\text{Jumlah data salah} / \text{jumlah seluruh data}) * 100$$

$$= (1/20) * 100 = 5,0\%$$

4.5 Kesimpulan Pengujian Akurasi Pada Sistem Aturan Dengan Pakar

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan data sampel sebanyak 20 kasus yang diujikan dan dihitung dengan pengukuran performa untuk menentukan tingkat akurasi dan tingkat kesalahan maka dapat disimpulkan bahwa akurasi sistem pakar dengan menggunakan metode certainty factor berbasis aturan mempunyai tingkat akurasi yang baik yaitu 95,0% dan tingkat kesalahan yaitu 5,0%. Sehingga pengetahuan dari pakar serta sistem dapat berfungsi dengan baik dalam mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik.

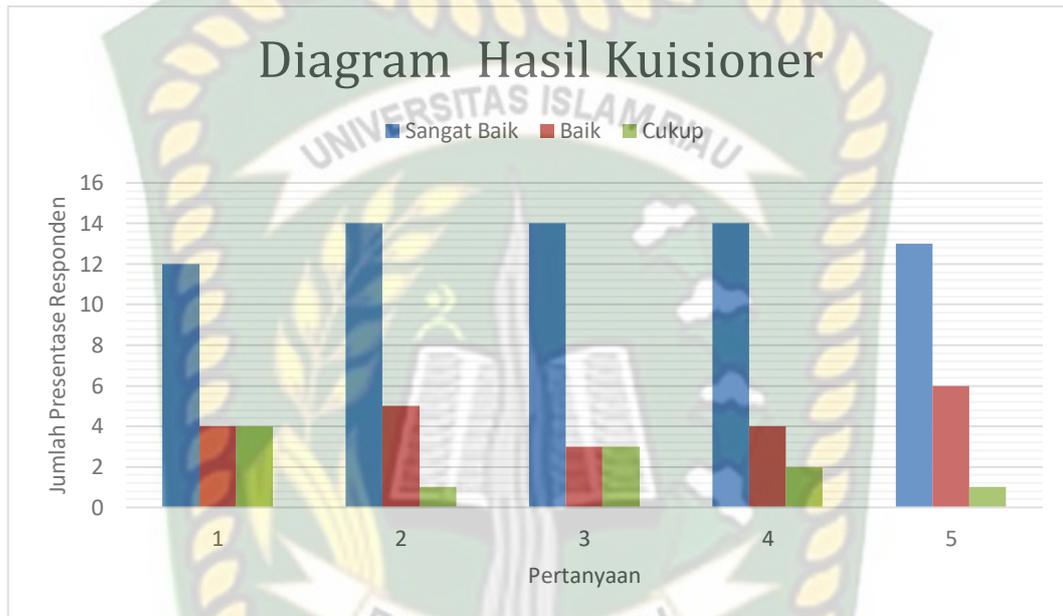
4.6 Implementasi Sistem

Implementasi sistem yang dipakai adalah membuat kuisioner dengan 5 pertanyaan dan 15 responden yang mana ditunjukkan kepada *user* yaitu 1 responden dari pakar tanaman, 1 responden dari pakar tanaman hidroponik, 5 responden dari petani hidroponik, 8 responden dari mahasiswa pertanian, dan 5 responden dari mahasiswa. Kepada 15 responden diajukan pertanyaan yang terkait dengan sistem ini. Adapun 5 pertanyaan tersebut adalah :

1. Apakah informasi sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara pada tanaman hidroponik yang dihasilkan ini sudah tepat?
2. Dari hasil informasi yang diberikan, apakah sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik bermanfaat bagi masyarakat?
3. Apakah sistem ini layak diterapkan pada kasus yang sebenarnya?
4. Apakah bahasa penyajian pada sistem pakar defisiensi unsur hara tanaman hidroponik ini mudah dipahami?

5. Bagaimana pendapat anda tentang tampilan sistem ini, apakah mudah dimengerti oleh pengguna?

Dari lima pertanyaan diatas, maka diperoleh hasil jawaban atau tanggapan dari responden terhadap kinerja dan tujuan dari sistem sebagai berikut :



Gambar 4.23 Hasil Kuisisioner

4.7 Kesimpulan Implementasi Sistem

Berdasarkan hasil kuisisioner tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Sistem Pakar Diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik ini memiliki presentasi sebagai berikut :

Tabel 4.18 Hasil Nilai Presentase Tiap Pertanyaan Kuisisioner

No	Pertanyaan	Jumlah Presentase Responden		
		Sangat Baik	Baik	Cukup
1	Apakah informasi sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara pada tanaman hidroponik yang dihasilkan ini sudah tepat?	12	4	4
2	Dari hasil informasi yang diberikan, apakah sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik bermanfaat bagi masyarakat?	14	5	1
3	Apakah sistem ini layak diterapkan pada kasus yang sebenarnya?	14	3	3
4	Apakah bahasa penyajian pada sistem pakar defisiensi unsur hara tanaman hidroponik ini mudah dipahami?	14	4	2
5	Bagaimana pendapat anda tentang tampilan sistem ini, apakah mudah dimengerti oleh pengguna?	13	6	1
Total		67%	22%	11%

Dari hasil presentasi tabel 4.17, Sistem Pakar Diagnosa Defisiensi Unsur Hara Tanaman Hidroponik Berbasis Web dengan Metode *Certainty Factor* ini memiliki *performance* yang sangat baik dan baik dengan nilai rata-rata 89%, sehingga sistem ini dapat diimplementasikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses pembangunan aplikasi pakar untuk mendiagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik menggunakan metode *Certainty Factor* ini dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Dengan dibuatnya sistem pakar diagnosa defisiensi unsur hara ini dapat membantu *user* untuk mendiagnosa defisiensi/ kekurangan unsur hara yang dialami tanaman hidroponik, penanganan disertai dengan solusi, deskripsi dan contoh gambar tanaman yang mengalami defisiensi unsur hara, sehingga masalah tersebut cepat dapat teratasi dan tanaman terhindar dari kematian.
2. Berdasarkan hasil pengujian terhadap perhitungan *certainty factor* (CF) secara manual dan hasil perhitungan yang dilakukan oleh sistem didapatkan hasil yang sama dalam menentukan tingkat kepercayaan akhir (CF *conclusion*) terhadap suatu diagnosa. Sehingga sistem pakar ini dapat diterapkan oleh petani hidroponik atau mahasiswa pertanian.
3. Hasil kesimpulan implementasi berdasarkan dari hasil kuisisioner adalah 89% sedangkan menurut hasil pengujian validasi dan fungsionalitas yang dimiliki oleh sistem menunjukkan bahwa sistem memiliki fungsionalitas sebesar 95%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian Analisa dan perancangan sistem pakar untuk diagnosa defisiensi unsur hara tanaman hidroponik ini ada beberapa saran yang sebaiknya dilakukan guna pengembanagan sistem ini menjadi lebih baik, diantaranya sebagai berikut:

1. Aplikasi ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lain selain metode *Certainty Factor*.
2. Sistem ini dapat dikembangkan lebih canggih lagi dengan menggunakan alat sensor untuk pengontrolan unsur hara dilahan pertanian hidroponik.
3. Aplikasi ini dapat dikembangkan menjadi sistem berbasis android.

DAFTAR PUSTAKA

- A.S, Rossa, M. Shalahuddin., 2013. *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur Dan Berorientasi Objek*, Informatika, Bandung.
- Abdul Kadir. (2002). *Pengenalan Sistem Informasi*. Penerbit Andi Yogyakarta: Yogyakarta.
- Al-Bahra Bin Ladjamudin. 2006. *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Bugbee, B. 2003. Nutrient management in recirculating hydroponik culture. Paper presented at The South Pacific Soil-less Culture Conference, Feb 11, 2003 in Palmerston North, New Zealand.
- Buchanan, B. G., & Shortliffe, E. H. (1984). *Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. London: Addison Wesley.
- D. Heckerman, "The Certainty Factor Model" dalam *Encyclopedia of Artificial Intellegence*, edisi ke-2, New York, USA, 1992, hal. 1-21.
- Giarratano, J. C., Riley, G.D., *Expert Sistem Principles and Programming Fourth Edition*, Canada: Course Technology, 2005.
- Gunawan, Wahyu., 2010. *Kebut Sehari Jadi Master PHP*, Genius Publisher, Yogyakarta.
- Handry, Louis. (2019) *Rancang Bangun Sistem Pakar untuk Diagnosa Defisiensi Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Certainty Factor*. Bachelor Thesis thesis, Universitas Multimedia Nusantara.Nusantara.
- Heliadi, G.G., Kirom, R.M., & Suhendi, A, (2018). *Monitoring dan Kontrol Nutrisi Pada Sistem Hidroponik NFT Berbasis Konduktivitas Elektrik*. Universitas Telkom.
- J. E. Weber and P. H. Bartels, "*Performance evaluation of an expert system using rescaled certainty factors (medical diagnosis)*," *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, New Orleans, LA, USA, 1988*, pp. 1371-1372 vol.3. doi: 10.1109/IEMBS.1988.95175.

- Kusumadewi, Sri. 2003. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Meidiantie, D. (2019). Diwawancara Oleh Penulis. Gunung Sahari. Jakarta. Indonesia 12 Februari.
- Nugraha, Yakub Eka. Irawan, Budi. Saputra, Randy Erfa. 2017. *“Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik Menggunakan Sistem Pakar Dengan Metode Forward Chaining”*. Fakultas Teknik, Universitas Telkom.
- R. Mahdalena Simanjorang, dkk. 2019. *“Penerapan Logika Fuzzy Dalam Sistem Pakar Diagnosa Defisiensi Nutrisi Tanaman Hidroponik”*. Teknik Informatika, STMIK Pelita Nusan tera Medan. Medan.
- Roslani, R dan N. Sumarni. 2005. Budidaya Tanaman Sayuran dengan Teknik Hidroponik. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 27 Hal.
- Fahrur, Feri Rohman, Ami Fauziah, 2008, Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar untuk Menentukan Jenis Gangguan Pada Anak, Media Informatika, Vol. 6, No. 1, Hal 1-23, ISSN: 0854-4743, Universitas Islam Indonesia.
- Sutojo, Edv. 2011. "Kecerdasan Buatan". Andi Yogyakarta. Yogyakarta.