

Application of Expert System Identification of Horticultural Plant Diseases with Certainty Factor and Forward Chaining for Smart Village Concept Development

Aplikasi Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Hortikultura dengan *Certainty Factor* dan *Forward Chaining* untuk Pengembangan Konsep *Smart Village*

Damar Wicaksono¹, Imam Adi Nata²

^{1,2} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten Suparman No.39, Tuguran, Potrobangsari, Kecamatan Magelang Utara,
Kota Magelang, Jawa Tengah Indonesia

^{1*} damar@untidar.ac.id ²imamadinata@untidar.ac.id

Informasi Artikel

Received: December 2022

Revised: January 2023

Accepted: January 2023

Published: February 2023

Abstract

Purpose: This research was conducted to help identify diseases early and provide suggestions for recommendation systems for these plants in general that are beneficial for farmers.

Design/methodology/approach: This research goes through several stages, namely planning, analysis, design, and implementation.

Findings/result: CLIPS-based Horticultural Plant Disease Identification Expert System

Originality/value/state of the art:

In the process of diagnosing plant diseases, it requires the accuracy and thoroughness of an expert or experts on symptoms that indicate a disease because of the similarity of these symptoms. Misdiagnosis of existing symptoms causes differences in the results of the diagnosis with the actual disease suffered by the plant. Along with the development of technology, a system was devised that would help report early identification of diseases and provide suggestions for recommendation systems for these plants in general that are beneficial to farmers.

Abstrak

Tujuan:

Penelitian ini dilakukan untuk membantu identifikasi penyakit secara dini serta pemberian saran untuk sistem rekomendasi pada tanaman tersebut secara umum yang bermanfaat bagi para petani.

Keywords: *Expert System; diagnosing; plants*

Kata kunci: *sistem pakar; diagnosis; tanaman*

Perancangan/metode/pendekatan:

Penelitian ini melalui beberapa tahap, yaitu perencanaan (planning), analisis (analysis), perancangan (design), dan implementasi (implementation).

Hasil:

Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Hortikultura berbasis CLIPS

Keaslian/ state of the art:

Dalam proses diagnosis penyakit tanaman diperlukan kecermatan dan ketelitian dari pakar atau ahli terhadap gejala yang mengindikasikan suatu penyakit karena adanya kemiripan pada gejala tersebut. Kesalahan diagnosis dari gejala yang telah ada ini menyebabkan perbedaan hasil diagnosis dengan penyakit yang sebenarnya diderita oleh tanaman. Seiring dengan perkembangan teknologi maka dibuatlah sebuah sistem yang akan membantu merisalahkan identifikasi penyakit secara dini serta pemberian saran untuk sistem rekomendasi pada tanaman tersebut secara umum yang bermanfaat bagi para petani. Pada penelitian ini menyajikan empat jenis tanaman dimana tanaman tersebut dapat dideteksi penyakitnya berdasarkan gejala teramati.

1. Pendahuluan

Hortikultura berasal dari bahasa latin, yakni *hortus* yang berarti kebun dan *colere* yang berarti menumbuhkan (terutama mikroorganisme) pada suatu medium buatan. Secara harfiah, hortikultura berarti ilmu yang mempelajari pembudidayaan tanaman kebun [1]. Akan tetapi, pada umumnya para pakar mendefinisikan hortikultura sebagai ilmu yang memperelajari budidaya tanaman sayuran, buah, bunga, ataupun tanaman hias [1][2]. Tanaman hortikultura yang tumbuh subur, bebas penyakit dan menghasilkan buah yang berkualitas merupakan dambaan setiap petani. Namun penyakit pada tanaman tersebut dapat menyerang sewaktu-waktu dan ini merupakan satu kekhawatiran tersendiri bagi para petani tersebut. Banyak jenis penyakit yang dapat menyerang tanaman ini dan dengan cara pengendalian yang berbeda-beda. Terkadang ketidaktahuan para petani terhadap penyakit dan cara pengendaliannya menyebabkan keterlambatan dan bisa juga menyebabkan kesalahan dalam menanggulangnya, sehingga tanaman tersebut tidak dapat memproduksi hasil panen yang berkualitas baik, bahkan terkadang tanaman bisa sampai mati [3]. Perkembangan teknologi informasi dalam konteks pemerintahan dimulai sejak diberlakukannya Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 2003 yang menjadi pintu gerbang penerapan *electronic government* dan menjadi manifestasi akan komitmen pemerintah dalam penyelenggaraan pemerintahan dengan berbasis kepada pemanfaatan infrastruktur teknologi informasi [4],[5]. Kemajuan teknologi komputer dapat membantu kehidupan [6][7]. Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) merupakan cabang dari ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan otomasi tingkah laku cerdas. Kecerdasan buatan didasarkan pada teori suara (*sound theoretical*) dan prinsip-prinsip aplikasi dari bidangnya [8]. Prinsip-prinsip ini meliputi struktur data yang digunakan dalam representasi pengetahuan, algoritma yang diperlukan untuk mengaplikasikan pengetahuan tersebut serta

bahasa dan teknik pemrograman yang digunakan dalam mengimplementasikannya [9][10]. Dengan kecerdasan buatan memungkinkan komputer untuk bisa berpikir dan mampu mengolah pengetahuan tertentu [11]. Dengan cara ini, kecerdasan buatan dapat menirukan proses belajar dan berpikir seperti cara yang dilakukan oleh manusia, sehingga informasi baru dapat diserap dan digunakan sebagai acuan di masa mendatang [12][13]. Kecerdasan atau kepandaian itu didapat berdasarkan pengetahuan dan pengalaman. Untuk itu agar perangkat lunak bisa mempunyai kecerdasan, maka perangkat lunak tersebut harus diberi pengetahuan dan kemampuan untuk menalar. Dari pengetahuan dan kemampuan yang telah didapat akan digunakan dalam menemukan solusi atau kesimpulan [14].

Sistem pakar adalah sebuah perangkat lunak komputer yang memiliki basis pengetahuan untuk domain tertentu dan menggunakan penalaran menyerupai seorang pakar dalam memecahkan masalah [15]. Sistem pakar adalah salah satu jalan untuk mendapatkan pemecahan masalah secara lebih cepat dan mudah [16][17]. Sistem pakar juga dapat membantu aktifitas pakar, yang difungsikan sebagai asisten yang berpengalaman dan mempunyai pengetahuan yang dibutuhkan. Sistem pakar merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan yang menggabungkan pengetahuan, pengalaman dan penelusuran data dari satu atau banyak pakar ke dalam bentuk sistem [18] sehingga dapat digunakan untuk memecahkan berbagai masalah yang bersifat spesifik, dalam hal ini adalah permasalahan tentang mengidentifikasi penyakit pada tanaman ini [19][20].

Dalam proses diagnosis penyakit diperlukan kecermatan dan ketelitian dari pakar atau ahli terhadap gejala yang mengindikasikan suatu penyakit karena adanya kemiripan pada gejala-gejala tersebut [21][22]. Kesalahan diagnosis dari gejala yang telah ada ini menyebabkan perbedaan hasil diagnosis dengan penyakit yang sebenarnya diderita oleh tanaman [23][24]. Jika salah dalam menerapkan metode pencegahan dan pengendalian untuk menangani suatu penyakit [25][26][27], maka penyakit ini tidak dapat diatasi secara tepat sehingga tanaman akan tetap terjangkiti penyakit tersebut. Kemungkinan terburuk diantaranya tanaman akan mengalami kematian dan petani mengalami gagal panen [28]. Sedangkan pada penelitian ini menyajikan empat jenis tanaman dimana tanaman tersebut dapat dideteksi penyakitnya berdasarkan gejala teramati.

Penelitian sebelumnya dilakukan [7] telah dilakukan penelitian untuk sistem pakar tanaman, namun hanya sebatas pada satu jenis tanaman saja tanpa memperlihatkan kalkulasi nilai *certainty factornya* dan hanya memberikan informasi identifikasi penyakit tanpa adanya saran lebih lanjut. Sistem pakar yang berbasis pengetahuan telah dilakukan dan terekam dalam komputer dapat diterapkan untuk mendiagnosis penyakit tanaman khususnya hanya pada sayuran dengan beragam algoritma terimplementasi. Berikutnya [8] mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit dengan metode *backward chaining*, sedangkan [9] menggunakan *forward chaining*. Risfianti [10] mengembangkan dengan menggunakan metode *case based reasoning* menggunakan algoritma *nearest neighbor* berbasis web dan [11] melakukan penelitian menggunakan fuzzy mamdani untuk diagnosis penyakit tanaman cabai. Sehingga dengan masalah yang telah dijabarkan diatas diperlukan penelitian lanjutan tentang identifikasi penyakit secara dini serta pemberian saran atau sistem rekomendasi pada tanaman tersebut secara umum yang bermanfaat bagi para petani.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap pengerjaan sebagai berikut:

2.1. Studi kepustakaan

Dilakukan studi literatur atau tinjauan pustaka tentang konsep dan teori dasar sistem pakar serta pengembangan program identifikasi dan rekomendasi pada tanaman hortikultura menggunakan CLIPS 6.3 dari berbagai referensi yang relevan.

2.2. Metode Pengumpulan data

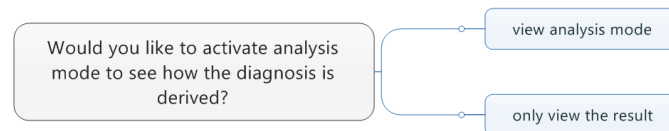
Melakukan proses pengumpulan data mengenai gejala dan jenis-jenis penyakit pada tanaman hortikultura dari laboratorium data dan perpustakaan balai penelitian tanaman dan buah subtropika (Balitjestro) serta data penyakit tanaman dari situs di internet (repositori GitHub yang telah dapat diakses di laman : github.com/sistempakar/leafdataset).

2.3. Perancangan sistem

Perencanaan sistem dilakukan dengan cara merancang *tree* diagram untuk menyusun langkah-langkah atau aturan (rule) menuju pada kesimpulan akhir.

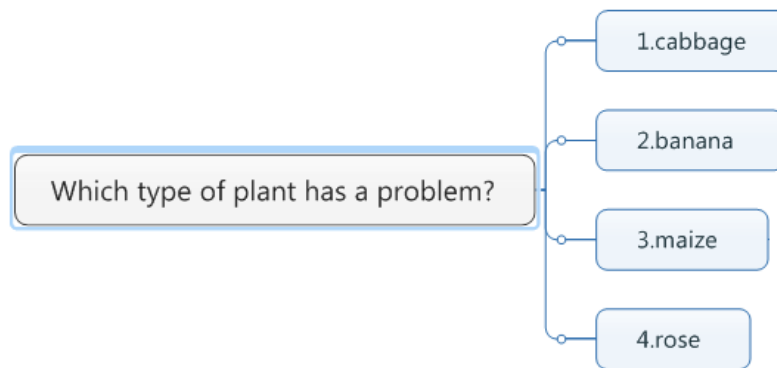
1. Menu Utama

Pada tahap pertama, pengguna disajikan pilihan untuk menampilkan atau tidak untuk mode analisis untuk tanaman yang akan dimasukkan pada sistem seperti pada **Gambar 1**. Jika tidak memilih untuk mengaktifkan maka sistem hanya akan menampilkan hasil identifikasi berikut dengan rekomendasi yang sesuai tanpa menampilkan perhitungan *certainty factor*.



Gambar 1. Percabangan pada menu utama

Berikutnya, pengguna akan diberikan pilihan, tanaman hortikultura jenis manakah yang akan dilakukan analisis penyakitnya seperti pada **Gambar 2**. Pada menu ini, pengguna diberikan pilihan untuk memilih jenis tanaman 1) sayuran, 2) buah-buahan, 3) biji-bijian, 4) tanaman hias.



Gambar 2. Pilihan pada menu tanaman yang akan dianalisis

2. Pembuatan pohon keputusan





Pada proses ini dilakukan pemilihan berdasarkan gejala yang diperoleh dan diinterpretasikan melalui kode aturan. Aturan pertama adalah aturan ke-1 yang akan menampilkan gejala penyakit atau kondisi tanaman dengan kode G001 yang merupakan pertanyaan pertama. Selanjutnya jika pengguna memilih jawaban 'ya', maka sistem akan menuju pada aturan ke-2 demikian seterusnya hingga menemukan kesimpulan yang bersesuaian.

Pada salah satu contoh untuk identifikasi tanaman sayuran dan buah dapat disusun tabel kode sebagai berikut.

Tabel 1. Daftar kode gejala penyakit.

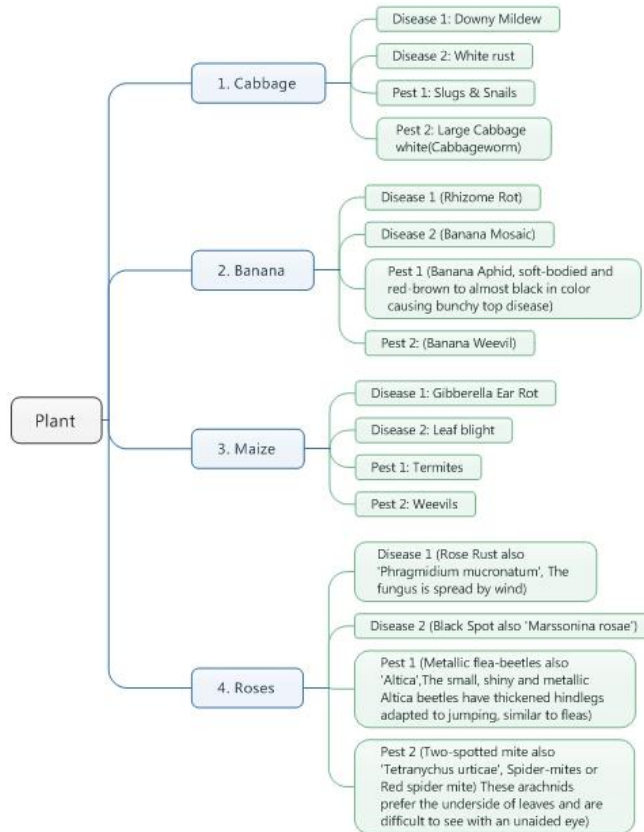
Kode	Keterangan
G001	Does the plant have irregular yellow patches on its leaves
G002	Does the plant have fluffy gray growth on underside of leaves?
G003	Does the plant have white pustules on leaves, stems or flowers?
G004	Have the plant leaves rolled and thickened?
G005	Do the plants have irregularly shaped holes in leaves and stems?
G006	Are there slime trails present on the plant and surrounding soil?
G007	Do the plants possess shredded leaves?
G008	Do the plants have ragged holes in leaves bored into head?
G009	Do the plants have green-brown faeces(frass) on leaves?
G010	Presence of a caterpillar that is green and hairy?

Tabel 2. Daftar kode identifikasi penyakit serta sampel gambar teramati

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
K001	Suffering from downy mildew	K003	Suffering from slugs and snails
			
K002	Suffering from white rust	K004	Seems to be suffering from cabbageworms
			

2.4. Implementasi dan Penyusunan Basis Pengetahuan

Data utama dan data penunjang yang didapatkan berupa fakta dari pakar tanaman. Aturan dan kesimpulan yang mengatur proses pencarian data yang saling berhubungan seperti pada **Gambar 3**. Pada penelitian ini terdapat 4 buah gejala penyakit untuk masing-masing jenis tanaman yang diamati.



Gambar 3. Daftar identifikasi penyakit untuk basis pengetahuan pada tanaman jenis tanaman

Pada bagian rekomendasi dapat dituliskan pada berkas advice.txt sebagaimana yang ditunjukkan pada **Gambar 4** berikut ini.

```
127 cabbage downy-mildew
128 -----Non-chemical control-----
129 - Pick off and dispose of (by burial, burning or consigning to the council green waste)
130 affected leaves as soon as symptoms are seen
131 - Remove and destroy severely affected plants
132 - Avoid dense planting and control weeds, so that
133 there is good air circulation around the plants
134 - In glasshouses, try to avoid prolonged leaf wetness or periods of high humidity
135 - Avoid watering plants in the evening, as this can lead to high humidity or leaf wetness
136 that persists throughout the night.
137 - Water early in the morning so that leaf surfaces dry out rapidly
138 - To avoid infection from soil-borne resting spores, practice crop rotation for
139 vegetables, and avoid re-planting with the same host for at least a year where an ornamental
140 plant has been affected
141 -----Chemical control-----
142 There are no fungicides available to amateur gardeners for use against downy mildews.
143 For more information, visit https://www.rhs.org.uk/advice/profile?pid=683
144 ENDRGROUP
145 cabbage white-rust
146 -----Non-chemical control-----
147 - Quarantine affected plants
148 - Use good quality seed, long crop rotations, and remove debris after harvest.
149 - Irrigate for short periods early in the day, use wide row spacing, and plant in the
150 direction of prevailing winds so leaves dry rapidly.
151 - Maintain appropriate crop nutrition (particularly adequate potassium and
152 phosphorus) to reduce susceptibility of plants to the disease.
153 - Remove crop debris (capable of harbouring oospores), and rotate with non-brassica crops for at least 3 years.
154 - Grow resistant varieties.
155 -----Chemical control-----
156 - Alternate protectant products (e.g., copper, mancozeb) with systemic products (e.g.,
157 metylalyl, phosphorus acid), to prevent the development of resistant strains of the oomycete.
158 For more information, visit http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/Uploads/PestNet/Cabbage\_white\_rust\_\(134\).htm
159 ENDRGROUP
```

Gambar 4. Rekomendasi pada identifikasi penyakit tanaman jenis sayuran

2.5. Pengujian Hasil dari Data *Certainly Factor*

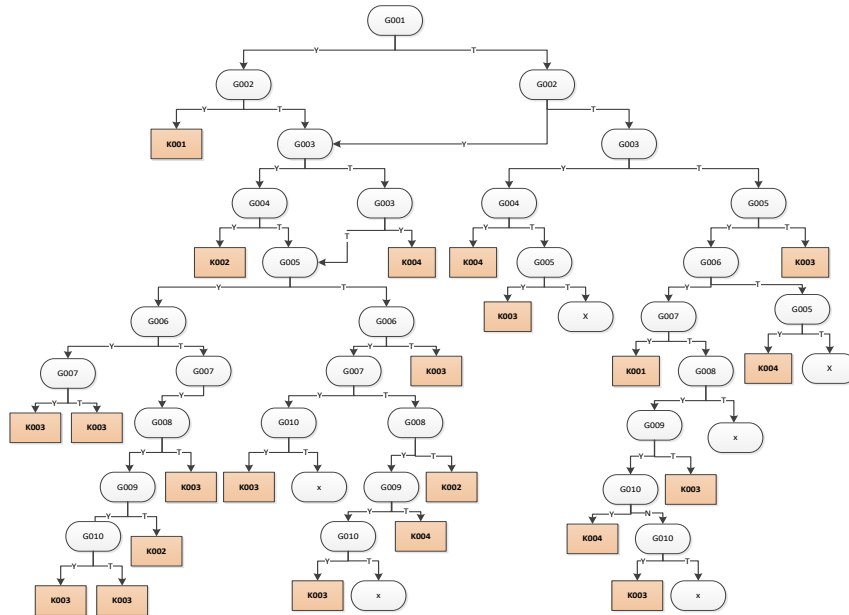
Penerapan metode CF membutuhkan beberapa variabel yaitu bobot nilai MB (ukuran percaya) dan MD (ukuran ketidakpercayaan). Setiap gejala akan diberi bobot atau nilai kepercayaan sesuai dengan tingkat kepercayaannya, antara 0 sampai 1. Aturan gejala terhadap jenis penyakit yang ada akan dijadikan basis pengetahuan dalam sistem. Data diambil dari referensi buku. Data tersebut dimasukkan ke dalam basis pengetahuan sistem pakar dan disesuaikan dengan bobot atau nilai kepercayaan dari setiap gejala. Nilai atau bobot ini antara 0-1, dengan melihat gejala yang muncul pada kembang. Ada 4 jenis penyakit yang masuk dalam knowledge base disertai solusi dan pengobatannya. Berikut gejala penyakit beserta nilai MB dan MD yang dimasukkan ke dalam sistem pakar. Termasuk jenis penyakit dan aturan gejala untuk setiap jenis penyakit. Lihat **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. jenis penyakit dan gejala dengan bobot score untuk jenis penyakit pada tanaman “Cabbage”

Kode Penyakit	Kode gejala	Nama Gejala	MB	MD
K001	G002	The plants have fluffy gray growth on underside of leaves	0.85	0.15
	G003	The plants have fluffy gray growth on underside of leaves	0.75	0.25
	G004	The plant leaves rolled and thickened	0.80	0.20
K002	G002	The plants have fluffy gray growth on underside of leaves	0.90	0.10
	G005	The plants have irregularly shaped holes in leaves and stems	0.85	0.15
	G007	The plants possess shredded leaves	0.70	0.30
	G008	The plants have ragged holes in leaves bored into head	0.88	0.12
K003	G001	The Plants have irregular yellow patches on its leaves	0.70	0.30
	G005	There're slime trails present on the plant and surrounding soil	0.80	0.20
	G006	The plants possess shredded leaves	0.80	0.20
K004	G008	The plants have ragged holes in leaves bored into head?	0.85	0.15
	G009	The plants have green-brown faeces (frass) on leaves	0.70	0.30
	G010	The Presence of a caterpillar that is green and hairy	0.85	0.15

2.5.1. Pohon Keputusan

Metode FC adalah teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui, kemudian mencocokkan fakta tersebut dengan bagian IF dari aturan IF – THEN. Jika ada fakta yang cocok dengan bagian IF, aturan dijalankan. Ketika aturan dieksekusi, fakta baru (bagian THEN) ditambahkan ke database. Berikut ini adalah aturan gejala untuk setiap jenis penyakit. Berikut ini adalah salah satu contoh pohon keputusan untuk pemilihan kode gejala pada tanaman jenis sayuran seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5** berikut.



Gambar 5. Pohon keputusan pada menu tanaman jenis sayuran

2.5.2. Pembuatan kode program

Perancangan dan pembuatan program dilakukan dengan menggunakan pemrograman kecerdasan buatan CLIPS versi 6.3. Sebagai contoh pada listing program berikut untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman sesuai dengan pembuatan basis pengetahuan pada tahap sebelumnya seperti pada Gambar 6 berikut.

```
95 ;;;; Query Rules ;;;;
96 ; _____;
97
98 (defrule determine-plant "Rules for when no plant name or diagnosis is available"
99 (analysis)
100 (not (diagnosis ?))
101 (not (plant-name ?))
102 =>
103 (assert (plant-name (which-plant "Which type of plant has a problem? (1.cabbage 2.banana 3.maize 4.rose)? "))))
104
105 ;;;; Query Plant Conditions ;;;;
106
107 ; Dynamically generate query rules ;
108
109 (deffunction create-query-rules (?template ?plant-name ?disease-or-pest ?symptom ?qn ?weight)
110 (bind ?symptom-rule-name (str-cat "determine-" ?symptom))
111 (build (str-cat
112 " (defrule " ?symptom-rule-name
113 " (not (diagnosis ?))
114 " (plant-name " ?plant-name ")
115 " =>
116 " (assert
117 " (" ?template
118 " (symptom-name " ?symptom ")
119 " (plant-name " ?plant-name ")
120 " (disease-or-pest " ?disease-or-pest ")
121 " (presence
122 " (yes-or-no-p " ?qn ")
123 " (weight " ?weight "))))"
124 )))
125
```

Gambar 6. Penulisan kode program untuk identifikasi penyakit tanaman

2.5.3. Uji coba sistem

Pengujian sistem yang telah dibuat dilakukan dengan menggunakan komputer berspesifikasi seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Spesifikasi komputer untuk menjalankan program

Spesifikasi Komputer	
CPU	Intel Core 2 Quad, 2394Mhz
Memory	2048MB DDR2-533 ×1
HD	SATA 160GB
OS	Windows 10 Professional

2.5.4. Perbaikan dan penambahan data dan atau rules (*debugging*)

Setelah sistem di ujicoba dan terjadi beberapa kekurangan/kelemahan, maka perlu diperbaiki atau di edit lagi data-data dan source program yang ada sehingga sistem yang dibuat lebih valid lagi hasilnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan memuat hasil penelitian dan pembahasana terkait hasil penelitian tersebut. Setiap gambar tabel yang ditampilkan harus disertai penjelasan agar pembaca bisa memahami isi dari gambar maupun tabel tersebut. Penjelasan terkait data yang disajikan harus disampaikan pada bagian ini dengan tujuan untuk memperjelas kegunaan data pada penelitian.

3.1. Implementasi dan pengujian aplikasi sistem

Untuk pengujian program dengan menampilkan mode analisis untuk menghitung nilai masing-masing nilai kemungkinannya. Pengujian telah berhasil dengan baik pada spesifikasi komputer yang telah diusulkan, yakni dapat ditampilkannya menu pilihan yang berisi baris pertanyaan yang disajikan pada pengguna. Diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan antara pengujian manual dan pengujian nyata pada sistem sehingga dapat diketahui efektivitas aplikasi ini. Pertanyaannya adalah seberapa akurat metode Certainty Factor dan Forward Chaining dalam mendeteksi penyakit tanaman. Mode analisis dapat dipilih dan dapat memperlihatkan perhitungan untuk certainty factor yang bersesuaian sehingga didapatkan identifikasi dan simpulan yang dimaksud seperti pada **Gambar 7**.

```
Dialog Window
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)

-----
Horticulture Diagnosis Expert System
-----

Would you like to activate Analysis Mode to see how the diagnosis is derived? (yes/no)? yes

Which type of plant has a problem? (1.cabbage 2.banana 3.maize 4.rose)? 1
Does the plant have irregular yellow patches on its leaves? (yes/no)? yes
Does the plant have fluffy gray growth on underside of leaves? (yes/no)? no

Calculating total confidence level for downy-mildew...
irregular-yellow-patches-leaves confidence level: 0.5
Calculation: 1 * (1 - 0.5)
= 0.5

-----
Total confidence level for downy-mildew (1 - 0.5)
= 0.5
And Threshold
= 0.7
-----
```

Gambar 7. Eksekusi program

3.2. Contoh Kasus untuk Evaluasi sistem secara umum

Seorang Petani melakukan diagnosa melalui sistem pakar, dengan memasukkan gejala-gejala yang muncul, seperti terlihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Examples of symptom cases entered

Numb	Symptom Name	Answer
G001	Does the plant have irregular yellow patches on its leaves	√
G002	Does the plant have fluffy gray growth on underside of leaves?	
G003	Does the plant have white pustules on leaves, stems or flowers?	
G004	Have the plant leaves rolled and thickened?	
G005	Do the plants have irregularly shaped holes in leaves and stems?	√
G006	Are there slime trails present on the plant and surrounding soil?	√
G007	Do the plants possess shredded leaves?	
G008	Do the plants have ragged holes in leaves bored into head?	
G009	Do the plants have green-brown faeces(frass) on leaves?	
G010	Presence of a caterpillar that is green and hairy?	

Pemecahan masalah:

Kemungkinan 1. **Suffering from Slugs and Snails**, daun tanaman teramati memiliki ciri-ciri lubang berbentuk tidak beraturan pada daun dan batang terdapat jejak lendir pada tanaman dan tanah di sekitarnya

Terdapat 3 gejala yang muncul, dan karena dalam perhitungan ini user tidak memasukkan bobot user, maka untuk menentukan nilai *certainty factor* dengan bobot yang digunakan sesuai dengan bobot pakar yang telah dimasukkan ke dalam sistem:

$$\begin{aligned} CF[h, e]g1 &= MB[h, e]g1 - [MD[h, e]g1 \\ &= 0.70 - 0.30 \\ &= 0.40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF[h, e]g5 &= MB[h, e]g5 - [MD[h, e]g5 \\ &= 0.80 - 0.20 \\ &= 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF[h, e]g6 &= MB[h, e]g6 - [MD[h, e]g6 \\ &= 0.80 - 0.20 \\ &= 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF_{combined1}[CF_{fold1}, CF_{fold5}] &= CF_{fold1} + CF_{fold2} * (1 - CF_{fold1}) \\ &= 0,4 + 0,6 * (1 - 0,4) \\ &= 1,0 * 0,6 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF_{combined2}[CF_{fold1}, CF_{fold6}] &= CF_{fold1} + CF_{fold6} * (1 - CF_{fold1}) \\ &= 0,6 + 0,6 * (1 - 0,6) \\ &= 0,6 * 0,24 \\ &= 0,76 \end{aligned}$$

Note: CFcombined1 atau CFold1 adalah perhitungan kemiripan gejala G01 dan G05. CFcombined2 atau CFold2 adalah hasil perhitungan Kasus 1 oleh seorang petani adalah 0,76. Selanjutnya, perhitungan persentase kepercayaan terhadap penyakit adalah:

$$Percentage = CF_{disease} * 100$$

$$\begin{aligned} &= 0,83 * 100 \\ &= 83\% \end{aligned}$$

Kemungkinan 2. **Suffering from White Rust**: karena gejala yang ada di knowledge base adalah sapi kurus. Banyaknya gejala yang muncul adalah 1, maka persamaan (1) digunakan untuk menentukan nilai Certainty Factor karena dalam perhitungan ini gejala yang muncul hanya 1 untuk penyakit K002. Bobot yang digunakan oleh MB dan MD sesuai dengan bobot pakar dan bobot ketidakpastian yang sebelumnya telah dimasukkan ke dalam sistem.

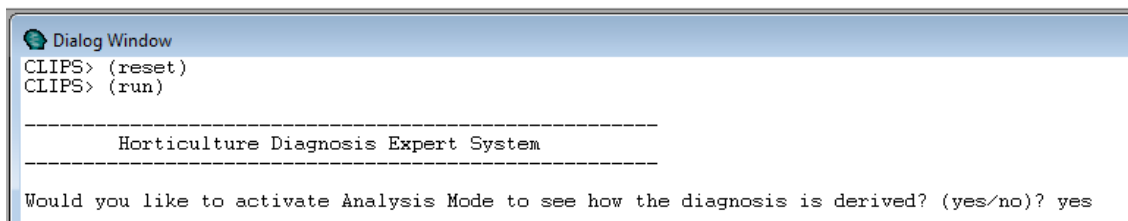
$$\begin{aligned} CF[h, e] &= MB[h, e] - [MD[h, e] \\ &= 0.85 - 0.15 \\ &= 0.70 \end{aligned}$$

Catatan: CF [h, e] adalah faktor kepastian yang diperoleh dari perhitungan MB[h,e] - MD[h,e] yaitu bobot kepastian dikurangi bobot ketidakpastian. Selanjutnya, perhitungan persentase kepercayaan terhadap penyakit adalah:

$$\begin{aligned} \text{Percentage} &= CF_{\text{disease}} * 100 \\ &= 0,70 * 100 \\ &= 70\% \end{aligned}$$

3.3. Hasil Pengujian Sistem

Sistem pakar ini memiliki dua jenis fasilitas penjelasan yaitu identifikasi penyakit dan pengendalian yang harus dilakukan. Pada proses ini, pertama-tama user akan diberikan pilihan berbagai jenis penyakit pada tanaman seperti pada **Gambar 8**. Pilihan jenis penyakit akan menentukan informasi penyebab penyakit serta cara pengendalian yang berhubungan dengan jenis penyakit yang dipilih untuk ditampilkan informasinya. Mode analisis dapat dipilih dan dapat memperlihatkan perhitungan untuk masing-masing certainty factor.



Gambar 8. Pengujian Program

Pada kasus pengujian tanaman sayur berikut ini, dihitung masing-masing *certainty factor* dari data gejala-gejala yang telah dimasukkan oleh pengguna sehingga didapatkan *total confidence*. Dari *total confidence* yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan nilai *threshold* dari masing-masing percabangan keputusan. Pada kasus ini didapatkan 17 buah fakta sebagai informasi masukan pada proses diagnosis untuk menentukan jenis penyakit tanaman tersebut.

Would you like to activate Analysis Mode to see how the diagnosis is derived? (yes/no)? yes

Which type of plant has a problem? (1. cabbage 2. banana 3. maize 4. rose)? 1

Does the plant have irregular yellow patches on its leaves? (yes/no)? yes

Does the plant have fluffy gray growth on underside of leaves? (yes/no)? no

Calculating total confidence level for downy-mildew...

irregular-yellow-patches-leaves confidence level: 0.5

Calculation: $1 * (1 - 0.5)$

= 0.5

Total confidence level for downy-mildew $(1 - 0.5)$

= 0.5

And Threshold

= 0.7

Does the plant have white pustules on leaves, stems or flowers? (yes/no)? no

Have the plant leaves rolled and thickened? (yes/no)? no

Calculating total confidence level for white-rust...

Total confidence level for white-rust (1 - 1)

= 0

And Threshold

= 0.7

Do the plants have irregularly shaped holes in leaves and stems? (yes/no)? yes

Are there slime trails present on the plant and surrounding soil? (yes/no)? yes

Do the plants possess shredded leaves? (yes/no)? no

Calculating total confidence level for slugs-and-snails...

irregularly-shaped-holes-leaves-stems confidence level: 0.4

Calculation: $1 * (1 - 0.4)$

= 0.6

slime-trails confidence level: 0.6

Calculation: $0.6 * (1 - 0.6)$

= 0.24

Total confidence level for slugs-and-snails (1 - 0.24)

= 0.76

And Threshold

= 0.7

-----DIAGNOSIS-----

Your Cabbage seems to be Suffering **from Slugs and Snails**

CFcombined1 or CFold1 is the calculation of the similarity of symptoms of G01 and G02. CFcombined2 or CFold2 is the result of the calculation of Case 1 by Mr. Wawan is 0.83. Furthermore, the calculation of the percentage of confidence in disease is:

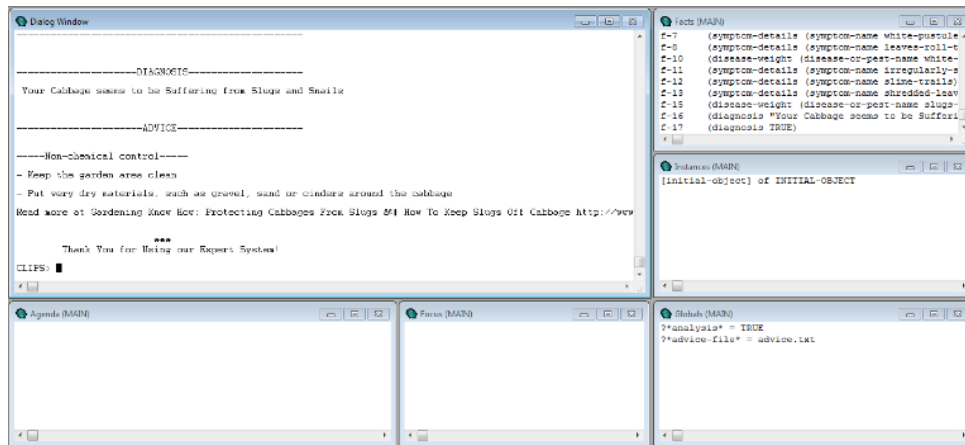
Percentage = CFdisease*100 = 0,76*100 = 76%

Pada pengujian ini, tanaman diidentifikasi memiliki penyakit hama dari siput. Setelah ditemukan jenis penyakit melalui proses kalkulasi, maka sistem akan memberikan rekomendasi untuk pengobatan atau penanggulangan untuk tanaman tersebut seperti pada Gambar 12.

```
-----ADVICE-----  
-----Non-chemical control-----  
  
- Keep the garden area clean  
  
- Put very dry materials, such as gravel, sand or cinders around the cabbage  
Read more at Gardening Know How: Protecting Cabbages From Slugs & Snails  
How To Keep Slugs Off Cabbage http://www.gardeningknowhow.com/edible/vegetables/cabbage/protecting-cabbages-from-slugs-how-to-keep-slugs-off-cabbage.htm  
  
*** Thank You for Using our Expert System  
CLIPS>
```

Tanaman sayur kubis pada pengujian sistem ini mengalami gangguan penyakit dari hama siput (*slug and snails*) dengan menampilkan saran atau solusi tanpa adanya bahan kimia berupa:

- Jagalah kebersihan area kebun.
- Letakkan bahan yang sangat kering, seperti kerikil, pasir atau silinder pengaman di sekitar area tanaman.



Gambar 9. Tampilan Hasil Keluaran Program

3.4. Pengujian Akurasi untuk evaluasi

Pengujian akurasi dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan agar mengetahui unjuk kerja dari sistem pakar sehingga dapat memberikan hasil diagnosa kesimpulan penyakit pada tanaman hortikultura yang dimaksud. Data yang diuji berjumlah 10 sampel data analisa pakar. Hasil rekomendasi diperoleh melalui perhitungan di sistem, menggunakan penalaran dari hasil analisa pakar terhadap data yang telah diperoleh selama proses penelitian. Hasil pengujian akurasi sistem pakar dari 10 sampel yang telah diuji ditunjukkan pada **Tabel 6** berikut.

Tabel 6. Data hasil pengamatan sampel pengujian

Nomor sampel daun	Pengamatan data		Status pengamatan	
	Data hasil Analisis Pakar	Data uji faktual	Valid	Tidak Valid
1	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
2	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
3	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
4	suffering from slugs and snails	white rust		√
5	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
6	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
7	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
8	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
9	suffering from slugs and snails	slugs and snails	√	
10	suffering from slugs and snails	cabbageworms		√

Berdasarkan tabel pengujian diatas dilakukan pengujian akurasi dengan 10 sample data menghasilkan nilai akurasi sesuai perhitungan dimana jika dihitung probabilitasnya, diperoleh nilai sebagai berikut.

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\text{jumlah data valid}}{\text{total data}} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan penerapan metode *forward chaining* dan *certainty factor* dalam sistem pakar identifikasi penyakit telinga terhadap 10 data uji diperoleh tingkat akurasi sebesar 80%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pakar ini berfungsi dengan sangat baik sesuai dengan proses diagnosa pakar. Hal yang berhubung dengan ketidakakuratan sistem pakar sebesar 20% tersebut disebabkan karena beberapa kemungkinan: kesalahan dalam pemberian nilai kepercayaan gejala untuk setiap penyakit tanaman sebagai masukan atau kurangnya memasukkan paramater informasi gejala di setiap penyakit.

4. Kesimpulan dan Saran

Smart village harus dipahami sebagai upaya pemberdayaan, penguatan kelembagaan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat perdesaan yang didasarkan atas pemanfaatan teknologi informasi. Hal ini didasarkan kepada realitas bahwa pengembangan *smart village* dihadapkan kepada lokalitas nilai, tradisi dan budaya yang ada di desa. Salah satu yang telah diimplementasikan menggunakan aplikasi sistem pakar yang telah dikembangkan dengan didasarkan kepada pemanfaatan teknologi informasi pada paper ini. Setelah menguraikan secara keseluruhan perancangan serta melakukan analisa dari implementasi dan pengujian aplikasi sistem pakar tersebut, maka dapat diperoleh kesimpulan: sistem pakar dapat melakukan proses penalaran data yang berupa gejala untuk mencari informasi terhadap suatu penyakit tanaman. Proses penalaran atau pencocokan data dapat dilakukan dengan menggunakan proses *forward chaining* menggunakan *certain factor* bersesuaian. Kemudian, fasilitas penjelasan dapat dimanfaatkan oleh pengguna dengan baik. Fasilitas ini difungsikan untuk menambah pengetahuan pengguna tentang penyebab penyakit serta cara pengendalian dari berbagai jenis penyakit pada tanaman. Dalam proses *running* program, pada aplikasi ini akan tidak efektif apabila jumlah gejala pada satu jenis penyakit terlalu banyak, misal 60 gejala, karena waktu yang dibutuhkan akan relatif panjang dengan prosedur untuk menjawab 60 pertanyaan untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

Sedangkan dari beberapa kesimpulan diatas, maka dapat dikemukakan saran-saran yang akan sangat membantu untuk penelitian yakni perlunya penambahan fasilitas penjelasan untuk istilah-istilah penting dalam bidang pertanian khususnya yang berhubungan dengan penyakit pada tanaman sehingga informasi yang didapatkan oleh pengguna akan semakin luas dan jelas. Pada pilihan selain pilihan jawaban ‘ya’ dan ‘tidak’, dapat ditambahkan pilihan menu mengapa, dimana menu ini akan berfungsi untuk memberi jawaban, mengapa pertanyaan ini diberikan yang mengacu pada gejala-gejala atau jawaban pengguna yang telah dipilih sebelumnya.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih pada BAPPEDA, Dinas Komunikasi dan Informatika serta Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunungkidul yang membantu selama penelitian berlangsung. Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan Bidang Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian BAPPEDA Kabupaten Kulonprogo. Tidak lupa untuk para dosen dan staf selaku penyedia tempat selama penelitian ini berlangsung serta seluruh *civitas*, Universitas Tidar 2023.

Daftar Pustaka

- [1] Saifullah, S. and Permadi, V. A., “Comparison of Egg Fertility Identification based on GLCM Feature Extraction using Backpropagation and K-means Clustering Algorithms,” in *Proceeding - 2019 5th International Conference on Science in Information Technology: Embracing Industry 4.0: Towards Innovation in Cyber Physical System, ICSITech 2019*, 2019, pp. 140–145.
- [2] Tahalea, S. P. and SN, A., “Central Actor Identification of Crime Group using Semantic Social Network Analysis,” *Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, p. 24, 2019.
- [3] Priyandari, Y., Zakaria, R., & Syakura, A. (2017). Sistem Pakar Pemupukan Kelapa Sawit Menggunakan Metode Forward Chaining. *PERFORMA : Media Ilmiah Teknik Industri*, 16(2), 98–106. doi: 10.20961/performa.16.2.16978
- [4] Awang Hendrianto Pratomo, W. Kaswidjanti, and S. Mu’arifah, “Implementasi Algoritma Region of Interest (ROI) Untuk Meningkatkan Performa Algoritma Deteksi Dan Klasifikasi Kendaraan,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 155–162, 2020.
- [5] Tahalea S. P., “Identifikasi Peran Hero DOTA2 Menggunakan Social Network Analysis,” *TEKNOMATIKA*, vol. 12, no. 2, pp. 81–86, 2020.
- [6] Putra, H. W., Yuhandri., & Nurcahyo, gunadi widi. (2019). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ginjal Dengan Metoda Forward Chaining. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 5(1), 7. doi: 10.22216/jsi.v5i1.4081
- [7] Irnaldi, R.. Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Cabai Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Android (2019). *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, dan Komputer*, vol. 2, no. 1, 2019, pp. 165-174.
- [8] Kiswanto, R., Bakti, S., & Thamrin, R. M. (2022). Rancang Bangun Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kucing Menggunakan Metode Backward Chaining. *Jurnal Eksplora*

- Informatika*, 11(1), 67-76. <https://doi.org/10.30864/eksplora.v11i1.610>
- [9] Arlis, S. (2020). Diagnosis Penyakit Radang Sendi Dengan Metode Certainty Factor. *SATIN - Sains Dan Teknologi Informasi*, 3(1), 42. doi: 10.33372/stn.v3i1.215
- [10] Risfianti, W.R., Pudjiantoro T.H., & Hadiana A.I. (2016). Penentuan Penanganan Kasus Terhadap Penyakit Berdasarkan Gejala Menggunakan Case Base Reasoning dan Algoritma Nearest Neighbor (Studi Kasus: Klinik Citra Medika Cianjur). *Prosiding SNST ke-7 Tahun 2016*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim Semarang
- [11] Wibowo D. S., Yanitasari Y., and Dedih D., (2018) Sistem Pakar Diagnosis Penyakit pada Tanaman Cabai Menggunakan Fuzzy Mamdani, *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 6, no. 2, Apr. 2018. doi: 10.14710/jtsiskom.6.2.2018.71-75
- [12] Sumantoro, I., Arisandi, D., Siahaan, A., & Mesran. (2017). Expert System of Catfish Disease Determinants Using Certainty Factor Method. *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research*, 3(8), 202–209. doi: 10.23883/IJRTER.2017.3405.TCYZ2
- [13] Setyaputri, K. E., Fadlil, A., & Sunardi, S. (2018). Analisis Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit THT. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 30–35. doi: 10.15294/jte.v10i1.14031
- [14] Hasibuan, N. A., Sunandar, H., Alas, S., & Suginam, S. (2017). Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Kaki Gajah Menggunakan Metode Certainty Factor. *Jurasik (Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika)*, 2(1), 29. doi: 10.30645/jurasik.v2i1.16
- [15] Girsang, R. R., & Fahmi, H. (2019). Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Mata Katarak Dengan Metode Certainty Factor Berbasis Web. *MATICS*, 11(1), 27. doi: 10.18860/mat.v11i1.7673
- [16] Rofiqoh, S., Kurniadi, D., & Riansyah, A. (2020). Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Untuk Diagnosa Penyakit Tanaman Karet. *Sultan Agung Fundamental Research Journal*, 1(1), 54–56.
- [17] Susilo, H. (2018). Sistem Pakar Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor Untuk Mengidentifikasi Penyakit Pertusis Pada Anak. *Rang Teknik Journal*, 1(2), 185–194. doi: 10.31869/rtj.v1i2.764
- [18] Army, W., Yuhandri., & Sumijan. (2018). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Menular Dengan Metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 4(2), 171. doi: 10.22216/jsi.v4i2.3684
- [19] Santawali. (2019). Metode Forward Chaining Untuk Mendiagnosa Penyakit Kanker Payudara. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 1(2), 98–104.
- [20] Simanjuntak, L. P., Irawan, B., & Prasasti, A. L. (2019). Deteksi Dini Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Sistem Pakar Forward Chaining Berbasis Android. *E-Proceeding of Engineering*, 6(2), 5764–5771.
- [21] Uriawan, W., Atmadja, A. R., Irfan, M., Taufik, I., & Luhung, N. J. (2021). Comparison of Certainty Factor and Forward Chaining for Early Diagnosis of Cats Skin Diseases. *International Conference on Cyber and IT Service Management, (CITSM)*, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1109/CITSM.2018.8674381>

- [22] Prambudi, D. A., Edi Widodo, C., & Puji Widodo, A. (2018). Expert System Application of Forward Chaining and Certainty Factors Method for The Decision of Contraception Tools. *E3S Web of Conferences*, 31, 10009. doi: 10.1051/e3sconf/20183110009
- [23] Imamah, I., & Siddiqi, A. (2019). Penerapan Teorema Bayes untuk Mendiagnosa Penyakit Telinga Hidung Tenggorokan (THT). *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 18(2), 268–275. doi: 10.30812/matrik.v18i2.398
- [24] Helmi A. Balfas (penulis); Joko Suyono, Y. (editor). (2018). Pengobatan penyakit telinga dan jaringan lunak di sekitarnya / Prof. Dr. dr. Helmi A. Balfas, Sp. THT(K), MARS ; editor, dr. Y. Joko Suyono. © 2018; Jakarta :: Penerbit buku kedokteran EGC,.
- [25] Indah, D. P., Anton, A., & Radiyah, U. (2018). Sistem Pakar Deteksi Karakteristik dan Kepribadian Diri Menggunakan Metode Forward Chaining. *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 3(1), 34–43. DOI: <https://doi.org/10.37438/jimp.v3i1.87> .
- [26] Pranata, R. N., Osmond, A. B., & Setianingsih, C. (2019). Potential Level Detection of Skin Cancer With Expert System Using Forward Chaining and Certainty Factor Method. *IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*. DOI: <https://doi.org/10.1109/IOTAIS.2018.8600855>.
- [27] Viviliani, V., & Tanone, R. (2019). Perancangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit pada Bayi dengan Metode Forward Chaining Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 5(1), 1–13. doi: 10.28932/jutisi.v5i1.1577
- [28] Sularno S., and Anggraini P. (2017). Penerapan Algoritma C4.5 Untuk Klasifikasi Tingkat Keganasan Hama Pada Tanaman Padi (Studi Kasus : Dinas Pertanian Kabupaten Kerinci),” *J. Sains dan Inform.*, vol. 3, no. 2, p. 161, Nov. 2017