

Implementasi Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit dengan Gejala Awal Kaki Bengkak

Yurian Prabowo^{#1}

[#]Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi

Universitas Kristen Duta Wacana

Jl.Dr. Wahidin Sudirohusodo 5-25 Yogyakarta 55224

¹yurian.prabowo@ti.ukdw.ac.id

Abstract— Leg swelling is a symptom of a disease that can cause death if left untreated. Treating the symptoms of swollen legs needs a health expert. An expert system is a system that adopts human knowledge to solve a specific problem. The expert system will be used to assist users in diagnosing diseases that lead to leg swelling. This expert system will be developed with a forward chaining method and a method of representation of production rules. The system that has been built has been tested with 50 cases of medical records. The testing result shows that the system can diagnose 76% of the disease if the data is complete and detailed, but the system is only able to diagnose 22% to 32% if the data is incomplete.

Keywords— expert system, leg swelling, forward chaining.

I. PENDAHULUAN

Penyakit merupakan salah satu masalah yang terjadi dalam hidup manusia, dimana menyebabkan berbagai macam masalah kesehatan dan kematian. Penyakit yang dialami oleh manusia berasal dari diri manusia itu sendiri atau lingkungan sekitar, akibatnya dapat menimbulkan berbagai macam gejala, salah satunya gejala bengkak atau edema. Bengkak merupakan respon tubuh secara umum jika mengalami cedera atau peradangan, dimana semua bagian tubuh dapat mengalami bengkak, salah satunya bagian kaki. Kaki bengkak terjadi karena penumpukan cairan atau darah akibat pelebaran pembuluh darah, keluarnya cairan dari pembuluh darah atau penyumbatan pada pembuluh darah yang disebabkan berbagai penyakit. Penanganan gejala kaki bengkak dibutuhkan seorang ahli bidang kesehatan.

Dalam penanganan awal gejala kaki bengkak tidak semua orang memiliki pengetahuan penanganan penyakit yang menyebabkan gejala tersebut. Untuk seseorang dapat mengenali penyakit dengan gejala kaki bengkak, maka dibangun suatu sistem pakar. Sistem pakar dalam bidang kesehatan digunakan untuk berbagai macam hal, salah satunya sistem yang memberikan solusi terhadap suatu penyakit ataupun bantuan medis kepada pengguna dari pengetahuan seorang pakar.

Sistem pakar dibangun menggunakan metode *forward chaining* dan metode representasi pengetahuan *production rule*. Sistem yang dibangun akan diuji tingkat ketepatan dengan kasus yang telah terjadi untuk mengetahui apakah sistem sudah bekerja layaknya seorang pakar dalam mendiagnosis penyakit gejala awal kaki bengkak.

II. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Penelitian dan pengembangan mengenai sistem pakar sudah mencakup banyak bidang, misalnya sistem pakar yang dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan mesin pada mobil dengan menerapkan metode inferensi *forward chaining* dan sistem dapat diterapkan secara *online* [20]. Selain itu, sistem pakar dapat digunakan untuk pembudidayaan tambak udang putih dalam memantau kualitas air pada tambak dengan metode representasi pengetahuan *decision table* [13]. Pengembangan yang lain mengenai sistem pakar yaitu untuk mendeteksi kepribadian manusia dengan metode inferensi *forward chaining* dan metode *certainty factor* dalam menentukan dominasi kepribadian seseorang [10].

Sistem yang dikembangkan akan berfokus pada bidang kesehatan. Contoh penelitian sistem pakar dalam bidang kesehatan, yaitu untuk mendeteksi kemungkinan awal seorang anak menderita autisme [8]. Penelitian mengenai deteksi kemungkinan awal seseorang menderita autisme dikembangkan dengan menggunakan basis pengetahuan yang direpresentasikan dengan kaidah aturan dan metode inferensi *forward chaining*. Pengetahuan mengenai autisme diperoleh melalui buku, jurnal, artikel, dan wawancara dengan seorang pakar. Pengetahuan yang telah dikumpulkan menghasilkan aturan yang terbagi dalam empat bagian, yaitu bagian penyakit autisme sebanyak 3 jenis penyakit, bagian usia terbagi menjadi 3 bagian (usia 0-1 tahun, 1-2 tahun, diatas 2 tahun), bagian gejala sebanyak 69 jenis gejala, dan bagian terapi penyembuhan sebanyak 5 jenis. Dari semua ini, sistem berfungsi dengan baik dimana sistem menghasilkan akurasi ketepatan mendeteksi penyakit sebesar 93,33% dari 15 kasus yang telah dilakukan. Dalam

lingkup anak yang lain, penelitian sistem pakar dalam mendiagnosis penyakit anak yang melalui perangkat bergerak [12], dimana sistem memiliki 9 penyakit dengan 38 gejala hasil wawancara dengan pakar. Untuk seorang ibu memiliki anak dapat terhalang oleh salah satu penyakit yang mematikan, yaitu kanker serviks dimana penyakit tersebut seringnya disebabkan oleh *human papillomavirus* atau HPV [1]. Penelitian yang lain, penyakit tidak hanya langsung pada manusia tetapi bisa dibawa oleh organisme lain atau *carrier*, salah satunya nyamuk yang menyebabkan penyakit demam berdarah [16]. Kemudian penyakit karena tidak menjaga kebersihan pada bagian yang sering digunakan dalam aktivitas sehari-hari seperti pada penelitian mengenai penyakit pada gigi dan mulut [19]. Aktivitas sehari-hari juga memerlukan energi, salah satunya vitamin dan mineral yang diperlukan untuk mengatur, memelihara, dan memperbaiki sel-sel tubuh, jika kekurangan zat-zat tersebut berbagai penyakit bisa timbul [9].

Penelitian mengenai kaki bengkak sudah pernah dilakukan dengan membahas bagaimana pendekatan dalam menangani kaki bengkak [3]. Gejala kaki bengkak biasanya timbul karena adanya kerusakan pada bagian pembuluh vena, dimana darah dari kaki kembali ke jantung mengalami gangguan. Kerusakan pada pembuluh vena mencapai 30% dari populasi dibandingkan gagal jantung yang hanya 1% dari populasi. Secara umum gejala kaki bengkak disebabkan oleh masalah pada pembuluh vena, varises, obesitas, gagal jantung, hipertensi pulmonaria atau penyakit jantung-paru, obat-obat, bengkak idiopatik biasanya karena menstruasi, lymphedema yang merupakan penyakit langka karena kanker, penggumpalan darah pada pembuluh, obesitas, dan kehamilan.

Dari acuan penelitian di atas, penulis memiliki kesamaan dalam hal penggunaan metode *forward chaining* tetapi penelitian penulis berfokus pada pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit dengan gejala awal kaki bengkak menggunakan representasi pengetahuan *production rule*.

B. Sistem Pakar

Sistem pakar adalah sebuah sistem komputer yang meniru kemampuan membuat keputusan seorang pakar [5]. Pengertian sistem pakar yang lain adalah sebuah program komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan memecahkan masalah dari seorang pakar [2]. Di sisi lain, sistem pakar merupakan sistem berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik penalaran dalam memecahkan masalah yang biasanya hanya dapat dipecahkan oleh seorang pakar dalam bidang tersebut [14].

Dalam struktur pembuatan, sistem pakar memiliki komponen utama. Secara umum struktur sistem pakar terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *knowledge base*, *working memory*, dan *inference engine*. Komponen tersebut memiliki fungsi masing-masing, yaitu:

- *Knowledge Base* merupakan bagian dari sistem pakar yang mengandung atau menyimpan

pengetahuan (*domain knowledge*). Di dalam *knowledge base* terdapat dua bagian, yaitu fakta dan aturan. Pengetahuan yang dikandung dalam sistem pakar berbeda satu dengan yang lain berdasarkan bidang pakar yang akan dibangun.

- *Working Memory* merupakan bagian dari sistem pakar yang memuat semua fakta yang telah ditemukan selama proses sistem berlangsung, baik saat fakta awal sistem beroperasi maupun saat mengambil kesimpulan.
- *Inference Engine* merupakan bagian dari sistem pakar yang melakukan penalaran fakta yang ada dengan pengetahuan yang ada di *knowledge base* untuk menghasilkan kesimpulan. Selama proses berlangsung, *inference engine* akan menguji aturan-aturan pada *knowledge base*, pada saat kondisi aturan ditemukan maka tindakan tertentu akan diambil.

C. Forward Chaining

Forward Chaining merupakan pendekatan yang dimulai dengan data atau sering disebut *data-driven*, yaitu proses penyelesaian sebuah masalah dengan mengumpulkan informasi untuk kemudian ditarik kesimpulan. Penyelesaian masalah akan dilacak melalui fakta atau data yang ada hingga mencapai tujuan, dimodelkan sebagai berikut:

IF(informasi masukan)
THEN(kesimpulan)

Dalam aplikasinya sistem menerima informasi permasalahan dari pengguna dan menempatkan pada *working memory*. Kemudian *inference engine* mencari peraturan yang sesuai dengan permasalahan di dalam *working memory* menurut rangkaian yang sudah ditetapkan. Jika aturan ditemukan maka kesimpulan dari aturan itu ditambahkan dalam *working memory* kemudian proses ini diulang. Dalam proses pengulangan, aturan yang telah ditambahkan tidak dipakai lagi. Pengulangan ini berlanjut terus hingga tidak ditemukan aturan yang sesuai. Contoh aturan menentukan penyakit dengan gejala kaki bengkak menggunakan metode *forward chaining* adalah sebagai berikut:

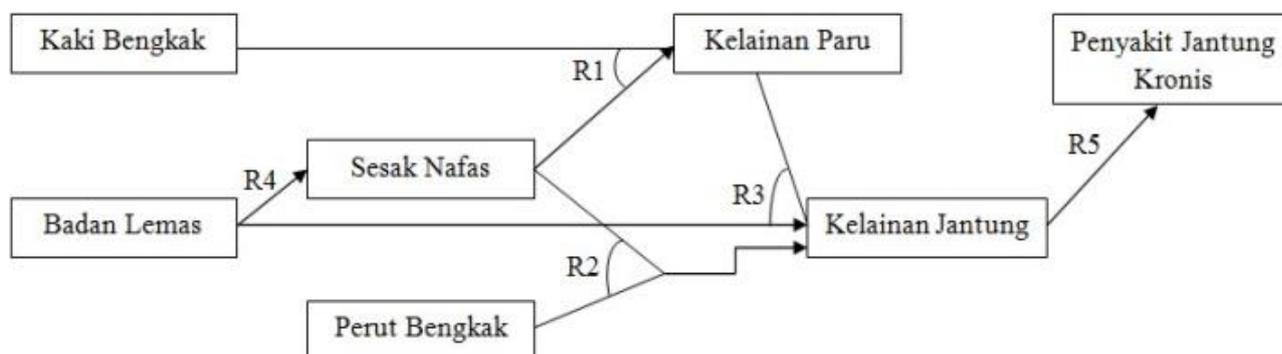
- R1 : IF ada kaki bengkak
AND sesak nafas
THEN ada kelainan pada paru
- R2 : IF perut bengkak
AND sesak nafas
THEN ada kelainan pada jantung
- R3 : IF badan lemas
AND ada kelainan pada paru
THEN ada kelainan pada jantung
- R4 : IF badan lemas
THEN sesak nafas
- R5 : IF ada kelainan pada jantung
THEN penyakit kronis jantung

Berdasarkan aturan diatas, maka sistem dapat melakukan pelacakan aturan-aturan, yaitu dari R1 sampai dengan R5 tergantung dari masukan pengguna. Misalnya :

- Pertanyaan ke-1 : apakah kaki bengkak ?
 Jawaban ke-1 : ya
 Pertanyaan ke-2 : apakah sesak nafas ?
 Jawaban ke-2 : ya
 Kesimpulan : ada kelainan pada paru

Berdasarkan contoh di atas sistem akan melakukan pelacakan dari R1 sampai dengan R5 tetapi hanya R1 saja yang dijalankan karena hanya aturan tersebut yang sesuai dengan masukan pengguna sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa pengguna ada kelainan pada paru. Contoh kasus menggunakan aturan di atas dengan metode *forward chaining* adalah sebagai berikut :

Seseorang berkonsultasi apakah ada kelainan jantung, jika diketahui fakta seseorang mengalami perut bengkak dan badan lemas?

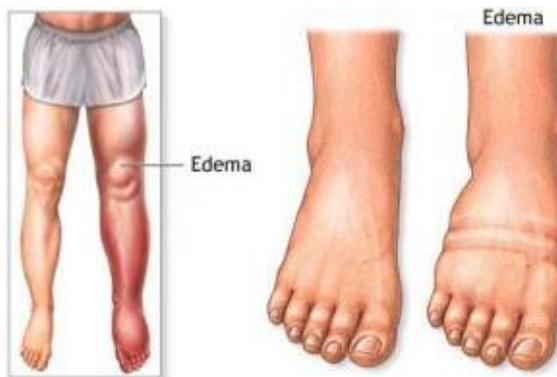


Gambar 1. Pembuktian dengan metode *forward chaining*

Kesimpulan dari Gambar 1 membuktikan benar ada kelainan jantung.

D. Penyakit Berdasarkan Gejala Kaki Bengkak

Kaki bengkak merupakan salah satu gejala yang ditimbulkan penyakit pada organ tubuh. Dalam ilmu kedokteran bengkak disebut edema atau dengan kata lain kaki bengkak adalah edema atau dengan kata lain edema dapat terjadi pada kedua kaki atau salah satu kaki. Cara mengetahui apakah seseorang mengalami kaki bengkak adalah dengan melihat apakah ada tanda urat di bagian punggung kaki, mata kaki tidak terlihat, adanya penumpukan cairan di bagian tulang kering, dan pada bagian kaki yang bengkak jika ditekan akan melekek ke dalam dan tidak kembali dengan segera seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kaki bengkak atau edema tungkai

Penyakit dengan gejala awal kaki bengkak di kedua kaki atau salah satu kaki dapat menimbulkan berbagai macam penyakit [17], yaitu:

- Sirosis Hati merupakan penyakit yang terjadi karena tidak berfungsinya sel-sel pada organ hati,

serta rongga tempat cairan mengalir antara pembuluh balik dari usus menuju hati dan pembuluh balik yang kembali ke jantung. Gejala yang ditimbulkan biasanya secara perlahan-lahan atau secara mendadak, yaitu kehilangan berat badan, gangguan tidur, mudah lelah, kejang-kejang otot, dan rasa lemah. Pada sirosis hati tahap lanjut gejala yang terjadi biasanya kehilangan selera makan, kadang disertai rasa mual, rasa sakit di perut karena pembesaran hati, dan muntah. Pada penderita akan ditemukan tanda-tanda pembesaran hati yang jika ditekan pada organ hati terasa keras atau padat, kurus, pelebaran pembuluh darah kapiler bagian tubuh atas, bintik-bintik kemerahan pada ibu jari dan kelingking, kehilangan berat badan, perubahan kulit menjadi kuning dan semakin kuning pada tahap lanjut, perut menjadi bengkak, terdapat cairan di rongga paru, dan kaki bengkak.

- Gagal Jantung merupakan keadaan dimana jantung tidak mampu memompakan darah yang cukup untuk menunjang metabolisme. Gagal jantung terutama menyerang usia tua. Gagal jantung dapat

disebabkan oleh penyakit jantung koroner dengan infark miokard, hipertensi sistemik, kardiomiopati kongestif, penyakit katub jantung. Gejala yang paling sering timbul adalah rasa lemah, gangguan tidur, sesak nafas, batuk kronis tanpa mengeluarkan lendir, sering buang air kecil, dan mudah lelah. Tanda pada penderita biasanya kurus atau pucat kebiruan, kehilangan selera makan, pusing, denyut nadi yang cepat, tekanan darah yang rendah, berkurangnya tekanan nadi, tangan dan kaki dingin, keringat berlebihan, irama jantung cepat, kelainan denyut nadi, pembesaran hati, perut bengkak, jantung membesar, dan bengkak pada kaki.

- Penyakit Jantung-Paru (*Cor Pulmonale Decompensated*) merupakan penyakit karena ada penebalan otot pada bilik jantung kanan dan menjadi gagal jantung kanan diakibatkan oleh penyakit paru dan terjadinya keadaan kekurangan oksigen atau tekanan darah tinggi pembuluh nadi paru. Keadaan ini paling sering disebabkan oleh penyakit paru obstruktif kronis, selain itu oleh pneumoconiosis, fibrosis paru, kyphoscoliosis, hipertensi pulmonal idiopatik, schistosomiasis, dan infiltrasi limfatik dari penyebaran karsinoma. Gejala yang terjadi adalah batuk kronis dengan mengeluarkan banyak lendir, sesak nafas saat berkegiatan, gangguan tidur, nafas berbunyi, dan mudah lelah. Tanda pada penderita terjadi bengkak pada bagian tubuh yang menggantung, nyeri pada bagian perut kanan atas, pucat kebiruan, pelebaran pembuluh pada bagian leher, irama jantung cepat, hati membesar, perut membengkak, dan kaki bengkak.
- Sindrom Nefrotik merupakan penyakit pada ginjal dimana adanya perubahan kadar protein dalam urine melebihi batas normal, kadar albumin dalam tubuh dibawah normal, dan adanya pembengkakan seluruh tubuh atau edema anarsarka. Penyakit ini dapat disebabkan oleh diabetes melitus, amyloidosis, sistemik lupus eritematosus, dan sindrom nefrotik idiopatik. Gejala yang merupakan karakter dari penyakit ini adalah bengkak pada kaki, bengkak pada lengan, perut membengkak, rongga perut berisi cairan, adanya cairan pada rongga paru, pembengkakan pada wajah, air seni sedikit jumlahnya, dan kelopak mata bengkak di pagi hari.
- Gagal Ginjal Kronis merupakan penyakit karena menurunnya fungsi ginjal secara bertahap yang menyebabkan ketidakseimbangan cairan, elektrolit, dan pembuangan kotoran dalam tubuh. Umumnya penyakit ini disebabkan oleh tekanan darah tinggi, diabetes, merokok, obesitas, dan penyakit jantung. Gejala yang terjadi pada penyakit ini adalah nafas atau air seni berbau pesing, kulit pucat atau kurang darah, rasa lemah saat melakukan pekerjaan,

mudah lelah saat bekerja ringan, pusing saat berdiri atau berjalan, sering buang air seni, tidak ada selera makan disertai gangguan makan, dan kaki bengkak.

- Hipotiroid merupakan penyakit yang umumnya mempengaruhi 1% populasi dan sekitar 5% pada individu di atas umur 60 tahun. Penyakit ini terjadi karena kelenjar tiroid mengalami gangguan dalam memproduksi hormon yang diperlukan oleh tubuh. Gejala yang umum terjadi pada penyakit ini adalah rasa lemah atau kurang bertenaga saat melakukan pekerjaan ringan, mudah lelah saat bekerja yang sederhana, kram otot, sembelit, pusing atau rasa berputar saat berjalan atau berdiri, kaki bengkak, kehilangan selera makan, dan jarang berkeringat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Persiapan

- Mempelajari dan mendalami teori serta alur diagnosis pakar mengenai penyakit yang menghasilkan gejala kaki bengkak.
- Mempelajari sistem pakar metode *forward chaining* dan cara implementasi menggunakan bahasa pemrograman python.

B. Pengembangan

- Merancang basis pengetahuan sebagai landasan sistem dalam menyimpan pengetahuan pakar.
- Merancang mesin inferensi untuk mengimplementasi aturan yang ada.
- Merancang antar muka sebagai sarana penghubung antara sistem dengan pengguna.

C. Pengujian

- Mengumpulkan kasus mengenai penyakit dengan gejala kaki bengkak untuk menguji ketepatan sistem.
- Sistem diuji dari sisi keluhan gejala penderita, sisi pemeriksaan pakar, dan dari kedua sisi.
- Membandingkan hasil ketepatan diagnosis sistem dari ketiga sisi.

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Sistem yang telah dibangun diuji dengan 50 kasus, dimana pengujian sistem dilakukan dari 3 sisi, yaitu sisi keluhan gejala penderita, sisi pemeriksaan pakar, dan kedua sisi. Pengujian dilakukan untuk menentukan apakah sistem dapat menghasilkan diagnosis yang tepat seperti pakar.

A. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan dibangun untuk merepresentasikan hasil akuisisi pengetahuan yang diperoleh ke dalam suatu skema atau diagram tertentu sehingga diketahui relasi antara suatu pengetahuan dengan pengetahuan yang lain. Pada

Tabel I berisi data penyakit yang memiliki gejala awal kaki bengkak dan Tabel II berisi gejala-gejala pada setiap penyakit selain kaki bengkak.

TABEL I
KODE DAN PENYAKIT

Kode	Nama Penyakit
P01	Jantung-Paru
P02	Gagal Jantung
P03	Gagal Ginjal Kronis
P04	Sirosis Hati
P05	Sindrom Nefrotik
P06	Hipotiroid

TABEL II
KODE DAN GEJALA PENYAKIT

Kode	Gejala Penyakit
G01	Kaki bengkak
G02	Sesak nafas dengan frekuensi nafas cepat lebih dari 20 kali per menit
G03	Sesak nafas pada waktu istirahat
G04	Sesak nafas pada waktu berjalan atau bekerja
G05	Sesak nafas pada waktu duduk
G06	Sesak nafas pada waktu berbaring
G07	Nafas pendek atau dangkal
G08	Nafas atau air seni berbau pesing
G09	Kesulitan mengeluarkan nafas
G10	Bentuk dada menggelembung seperti tabung
G11	Gerakan nafas pada dada menonjol
G12	Gerakan nafas pada perut menonjol
G13	Kulit pucat atau kurang darah
G14	Pucat kebiruan pada bibir
G15	Pucat kebiruan pada kuku jari-jari tangan dan kaki
G16	Denyut nadi jantung sangat cepat
G17	Denyut nadi tidak sama besar
G18	Irama denyut jantung seringkali tidak teratur
G19	Jantung mengalami pembesaran
G20	Jantung membesar ke arah kiri
G21	Jantung membesar ke arah depan
G22	Batuk tanpa mengeluarkan lendir
G23	Batuk dengan mengeluarkan banyak lendir
G24	Kadang-kadang batuk jika sedang berbaring
G25	Sering batuk jika berbaring maupun duduk atau berdiri
G26	Batuk terus menerus/ kronis/ lebih dari satu bulan
G27	Bunyi nafas melemah
G28	Saat bernafas mengeluarkan bunyi
G29	Rasa lemah/ kurang bertenaga saat melakukan pekerjaan ringan
G30	Mudah merasa lelah saat melakukan pekerjaan ringan
G31	Pusing atau rasa berputar saat berdiri atau berjalan
G32	Kepala terasa nyeri yang hilang timbul
G33	Keringat sedikit sekali atau jarang berkeringat
G34	Banyak berkeringat
G35	Sering buang air seni sedikit-sedikit
G36	Jumlah air seni sedikit
G37	Wajah bengkak atau sembab
G38	Kelopak mata bengkak atau sembab di pagi hari

G39	Pembesaran hati
G40	Tepi hati tumpul
G41	Konsistensi organ hati keras
G42	Permukaan hati berbenjol-benjol
G43	Organ liver bila ditekan ringan terasa sakit
G44	Kulit menjadi kuning
G45	Putih mata atau sklera berwarna kuning
G46	Sukar tidur
G47	Sering terbangun di malam hari waktu tidur dengan tiba-tiba
G48	Kehilangan selera makan
G49	Gangguan makan seperti kembung, mual, dan muntah
G50	Muntah darah /buang air besar darah berwarna hitam
G51	Sembelit
G52	Kejang-kejang otot
G53	Kram otot
G54	Perut membengkak atau perut tampak buncit
G55	Rongga perut berisi cairan
G56	Bengkak pada lengan
G57	Terdapat cairan pada rongga paru

B. Aturan Tabel Keputusan

Aturan pada setiap tabel merupakan hasil wawancara dengan seorang pakar yang telah bekerja lebih dari 40 tahun sebagai dokter dan pernah bekerja sebagai dosen kedokteran, yaitu dokter internis penyakit dalam yang bernama Dr. Sambudi Mw. di Solo. Gejala pada setiap penyakit didapatkan dari buku medis dan didampingi oleh sang dokter. Tabel III, Tabel IV, Tabel V, Tabel VI, Tabel VII, Tabel VIII, Tabel IX, Tabel X, Tabel XI, dan Tabel XII merupakan aturan yang digunakan oleh sistem dalam mendiagnosis 50 kasus penyakit.

TABEL III
ATURAN PENYAKIT JANTUNG PARU - 1

Gejala	Penyakit Jantung Paru				
	Rule-1	Rule-2	Rule-3	Rule-4	Rule-5
G01	v	v	v	v	v
G02	v	v	v	v	v
G03	v	v	v	v	v
G04	v				
G05		v			
G06			v		
G09				v	
G10					v

TABEL IV
ATURAN PENYAKIT JANTUNG PARU - 2

Gejala	Penyakit Jantung Paru				
	Rule-6	Rule-7	Rule-8	Rule-9	Rule-10
G01	v	v	v	v	v
G02					
G03	v	v	v	v	
G04	v	v	v	v	v
G05	v				v
G06		v			v
G09			v		
G10				v	

TABEL V
ATURAN PENYAKIT JANTUNG PARU - 3

Gejala	Penyakit Jantung Paru				
	Rule-11	Rule-12	Rule-13	Rule-14	Rule-15
G01	v	v	v	v	v
G02					
G03					
G04	v	v			
G05	v	v	v	v	
G06			v	v	v
G09	v		v		v
G10		v		v	v

TABEL VI
ATURAN PENYAKIT GAGAL JANTUNG

Gejala	Penyakit Jantung Paru		
	Rule-1	Rule-2	Rule-3
G01	v	v	v
G02	v	v	
G04	v	v	v
G07	v		v
G16		v	v

TABEL VII
ATURAN PENYAKIT GAGAL GINJAL KRONIS - 1

Gejala	Penyakit Gagal Ginjal Kronis		
	Rule-1	Rule-2	Rule-3
G01	v	v	v
G08	v	v	v
G35	v		
G48		v	
G49			v

TABEL VIII
ATURAN PENYAKIT GAGAL GINJAL KRONIS - 2

Gejala	Penyakit Gagal Ginjal Kronis		
	Rule-4	Rule-5	Rule-6
G01	v	v	v
G08			
G35	v	v	
G48	v		v
G49		v	v

TABEL IX
ATURAN PENYAKIT SIROSIS HATI - 1

Gejala	Penyakit Sirosis Hati		
	Rule-1	Rule-2	Rule-3
G01	v	v	v
G39	v	v	v
G41	v		
G42		v	
G45			v

TABEL X
ATURAN PENYAKIT SIROSIS HATI - 2

Gejala	Penyakit Sirosis Hati		
	Rule-4	Rule-5	Rule-6
G01	v	v	v
G39			
G41	v	v	
G42	v		v
G45		v	v

TABEL XI
ATURAN PENYAKIT SINDROM NEFROTIK

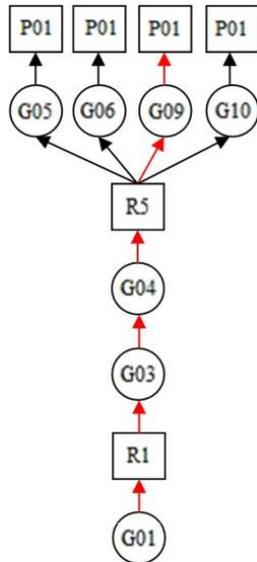
Gejala	Penyakit Sindrom Nefrotik		
	Rule-1	Rule-2	Rule-3
G01	v	v	v
G37	v	v	
G54	v		v
G56		v	v

TABEL XII
ATURAN PENYAKIT HIPOTIROID

Gejala	Penyakit Hipotiroid		
	Rule-1	Rule-2	Rule-3
G01	v	v	v
G37	v	v	
G54	v		v
G56		v	v

C. Implementasi Sistem

Implementasi sistem menggunakan teknologi seperangkat komputer atau laptop yang mendukung aplikasi bahasa pemrograman python. Dimana basis pengetahuan, mesin inferensi, dan antar muka dibangun dalam satu program tanpa menggunakan aplikasi pendukung lainnya seperti aplikasi database. Untuk antar muka dapat dilihat pada Gambar 4 hingga Gambar 9. Implementasi sistem dengan metode *forward chaining* dimana sistem akan memberikan pertanyaan hingga ditemukan kesimpulan akhir. Berikut ini merupakan contoh sistem dalam mendiagnosis penyakit dengangejala kaki bengkak, sesak nafas waktu berjalan, sesak nafas waktu istirahat, dan kesulitan mengeluarkan nafas. Sistem bekerja menggunakan tabel aturan pada Tabel II penyakit jantung-paru di *rule-8* dan pohon keputusan pada Gambar 3 beserta alur kerja sistem dalam mendiagnosis penyakit mulai dari Gambar 4 hingga Gambar 9.



Gambar 3. Pohon keputusan kasus penyakit jantung-paru rule-8

Gambar 4 merupakan halaman awal sistem memulai diagnosis.

```

    Sistem Pakar Diagnosis Penyakit
    Dengan Gejala Kaki Bengkak
    =====
    Data Penyakit Gejala Kaki Bengkak
    1. Penyakit Jantung Paru
    2. Gagal Jantung
    3. Gagal Ginjal Kronis
    4. Sirosis Hati
    5. Sindrom Nefrotik
    6. Hipotiroid

    Memulai konsultasi<Y/T>?
    Jawaban : Y
  
```

Gambar 4. Halaman memulai konsultasi

Jika pengguna menjawab Y, maka sistem akan melanjutkan ke pertanyaan utama seperti pada Gambar 5.

```

    Sistem Pakar Diagnosis Penyakit
    Dengan Gejala Kaki Bengkak
    =====
    Pertanyaan Utama

    Apakah <G01> Kaki bengkak<Y/T>?
    Jawaban : Y
  
```

Gambar 5. Diagnosis sistem 1

Setelah pertanyaan utama dijawab Y, maka sistem akan melanjutkan ke pertanyaan berikutnya seperti pada Gambar 6 hingga Gambar 8 diakhiri dengan kesimpulan pada Gambar 9.

```

    Sistem Pakar Diagnosis Penyakit
    Dengan Gejala Kaki Bengkak
    =====
    Konsultasi

    Apakah <G03> Sesak nafas waktu istirahat<Y/T>?
    Jawaban : Y
  
```

Gambar 6. Diagnosis Sistem 2

```

    Sistem Pakar Diagnosis Penyakit
    Dengan Gejala Kaki Bengkak
    =====
    Konsultasi

    Apakah <G04> Sesak nafas waktu berjalan/bekerja<Y/T>?
    Jawaban : Y
  
```

Gambar 7. Diagnosis Sistem 3

```

    Sistem Pakar Diagnosis Penyakit
    Dengan Gejala Kaki Bengkak
    =====
    Konsultasi

    Apakah <G09> Kesulitan mengeluarkan nafas (ekspirasi memanjang)<Y/T>?
    Jawaban : Y
  
```

Gambar 8. Diagnosis Sistem 4

```

    Sistem Pakar Diagnosis Penyakit
    Dengan Gejala Kaki Bengkak
    =====
    Hasil Konsultasi

    Hasil penyakit :
    Penyakit Jantung Paru

    Gejala :
    <G09> Kesulitan mengeluarkan nafas (ekspirasi memanjang)
    <G01> Kaki bengkak
    <G04> Sesak nafas waktu berjalan/bekerja
    <G03> Sesak nafas waktu istirahat

    Apakah ingin mengulang<Y/T>?
    Jawaban :
  
```

Gambar 9. Hasil Diagnosis Sistem

Hasil dari konsultasi pada Gambar 9, sistem menghasilkan diagnosis penyakit jantung-paru.

D. Hasil Pengujian Sistem

Aturan pada sistem yang telah dibangun diuji dengan 50 kasus rekam medis yang diperoleh dari pakar penyakit dalam dan didampingi Dr. Sambudi Mw. dalam pengujian, Tabel XIII merupakan 50 kasus penyakit yang telah dikumpulkan dengan gejala kaki bengkak.

TABEL XIII
DATA 50 KASUS PENYAKIT GEJALA KAKI BENGGAK

Ka - sus	Keluhan	Pemeriksaan	Diagnosis Pakar
1	(G01) Kaki bengkak (G02) Sesak nafas (G04) Sesak nafas waktu berjalan/bekerja (G06) Tidur dengan dua bantal (G16) Jantung berdebar-debar (G48) Tidak suka makan	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30 kali/menit (G07) Nafas dangkal atau pendek (G16) Denyut nadi 100 kali/menit (G39) Hati agak bengkak	(P02) Gagal Jantung

2	(G01) Kaki bengkak (G48) Tidak suka makan (G49) Kembung (-) Dada Panas	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati teraba membesar (G41) Hati keras (G45) Putih mata kuning (G54) Perut membengkak (G55) Perut berisi cairan	(P04) Sirosis Hati		waktu duduk (G26) Batuk-batuk lebih dari satu bulan	mengeluarkan nafas (G10) Bentuk dada seperti tabung (G16) Denyut nadi cepat (G21) Jantung membesar ke arah depan (G39) Hati agak membesar	
3	(G01) Kaki bengkak (G02) Sesak nafas waktu berjalan (G06) Tidur dengan dua bantal (G16) Jantung berdebar-debar (G48) Tidak suka makan (G49) Kembung	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30/menit (G07) Nafas dangkal atau pendek (G16) Denyut nadi 100 kali/menit (G39) Hati agak bengkak	(P02) Gagal Jantung	8	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G48) Tidak suka makan (G49) Mual, perut mbesesek/ kembung (G54) Perut membesar (-) Sering minum minuman keras	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati sedikit membengkak (G41) Hati keras (G45) Putih mata kuning (G54) Perus membesar (G55) Perut berisi cairan (-) Tubuh kurus	(P04) Sirosis Hati
4	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G48) Tidak suka makan (G49) Kembung, mual, muntah	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati teraba membesar (G41) Hati keras (G42) Hati benjol-benjol (G45) Putih mata berwarna kuning (G54) Perut membengkak (G55) Perut berisi cairan	(P04) Sirosis Hati	9	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas waktu berjalan/ bekerja (G16) Jantung berdebar-debar (G48) Tidak suka makan (-) Dada sakit	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G07) Nafas dangkal/ pendek (G16) Denyut nadi 104 kali/menit (G20) Jantung membesar ke arah kiri	(P02) Gagal Jantung
5	(G01) Kaki bengkak (G05) Sesak nafas waktu duduk (G06) Sesak nafas waktu berbaring (G23) Batuk mengeluarkan lendir (G26) Batuk kronis	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas lebih dari 26 kali/menit (G09) Kesulitan saat mengeluarkan nafas (G10) Bentuk dada seperti tabung (G12) Gerakan nafas perut menonjol (G16) Denyut nadi lebih dari 100 kali/menit (G21) Jantung membesar ke arah depan (G28) Nafas berbunyi (G39) Hati agak membesar	(P01) Jantung Paru	10	(G01) Kaki bengkak (G03) Sesak nafas waktu istirahat (G04) Sesak nafas waktu bekerja (G23) Batuk sedikit mengeluarkan lendir (G26) Batuk-batuk lama (G49) Perut sakit	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 24 kali/m (G07) Kesulitan mengeluarkan nafas (G10) Dada cembung (G12) Gerakan nafas perut menonjol (G16) Denyut nadi 94 kali/menit (G28) Nafas berbunyi (G39) Hati sedikit membesar	(P01) Jantung Paru
6	(G01) Kaki bengkak (G36) Air kencing sedikit (G37) Muka sembab (G38) Mata sembab (G49) Perut mbesesek/ kembung	(G01) Kaki bengkak (G54) Perut membesar (G55) Perut berisi cairan	(P05) Sindrom Nefrotik	11	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G36) Buang air kecil sedikit (G37) Bangun pagi muka sembab (G38) kelopak mata agak sembab (G48) Kurang selera makan (-) Kaki terasa berat	(G01) Kaki bengkak (G54) Perut membesar (G55) Perut berisi cairan (G56) Lengan bengkak	(P05) Sindrom Nefrotik
7	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas waktu berjalan (G05) Sesak nafas	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 24 kali/menit (G09) Kesulitan saat	(P01) Jantung Paru	12	(G01) Kaki bengkak (G29) Tubuh lemas (G49) Perut senep/ kembung (G48) Tidak nafsu makan	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati bengkak sedang (G41) Hati keras (G42) Hati benjol-benjol kecil	(P04) Sirosis Hati

		(G45) Putih mata kuning (G54) Perut bengkak (G55) Perut berisi cairan (-) Kurang gizi kurus (-) Nadi lemah atau tekanan darah rendah	
13	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas waktu berjalan (G05) Sesak nafas waktu duduk (G26) Batuk-batuk sudah lama (G49) Perut kembung	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 26 kali/menit (G09) Mengeluarkan nafas dengan meneran/ mengejan (G10) Dada cembung (G12) Gerakan nafas perut menonjol (G16) Denyut nadi 90 kali/menit	(P01) Jantung Paru
14	(G01) Kaki bengkak (G07) Nafas agak sesak (G48) Selera makan kurang (G49) Mual, perut senep/ kembung	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati sedikit membesar (G41) Hati agak keras (G45) Putih mata kuning (G54) Perut buncit (G55) Perut berisi air	(P04) Sirosis Hati
15	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas terutama waktu jalan/ bekerja (G16) Dada berdebar-debar (G22) Kadang-kadang batuk (G49) Perut kembung (-) Panas	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30 kali/menit (G07) Nafas pendek (G16) Denyut nadi 105 kali/menit (G20) Jantung membesar ke kiri (G39) Hati sedikit membesar (G40) Tepi hati agak tumpul (-) Jantung lemah	(P02) Gagal Jantung
16	(G01) Kaki bengkak (G22) Kadang-kadang batuk (G29) Lemas (G31) Sering pusing (G49) Mual, perut senep/ kembung	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G07) Nafas pendek (G16) Denyut nadi 102 kali/menit (G20) Jantung sedikit membesar ke kiri (-) Nadi lemah	(P02) Gagal Jantung
17	(G01) Kaki bengkak (G48) Kurang selera makan (G49) Perut sebah/ kembung (-) Dada sakit (-) Keringat dingin	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G07) Nafas pendek (G16) Denyut nadi 102 kali/menit (G17) Denyut nadi tidak teratur (G20) Jantung membesar ke arah kiri	(P02) Gagal Jantung

		(G39) Hati membesar sedikit (G43) Sedikit nyeri jika ditekan (-) Denyut nadi lemah	
18	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas bila berjalan (G16) Berdebar-debar (G49) Mual, perut perih	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 26 kali/menit (G07) Nafas pendek (G16) Denyut nadi 110 kali/menit (G20) Jantung membesar ke arah kiri (G39) Hati membesar rata (G40) Tepi hati agak tumpul (G43) Sedikit nyeri jika ditekan	(P02) Gagal Jantung
19	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas waktu duduk atau berjalan (G07) Sesak nafas menggeh-mengeh (G28) Nafas berbunyi (G26) Batuk-batuk sudah lama (G48) Selera makan berkurang (G49) Perut senep/ kembung	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G09) Sulit mengeluarkan nafas harus mengejan (G10) Rongga dada seperti tong (G12) Gerakan nafas perut sangat menonjol (G16) Denyut nadi 120 kali/menit (G21) Jantung membesar ke depan (G39) Hati membesar rata (G43) Sedikit nyeri jika ditekan	(P01) Jantung Paru
20	(G01) Kaki bengkak (G22) Batuk-batuk (G36) Kencing sedikit (G37) Muka bengkak (G54) Badan bengkak (G56) Badan bengkak	(G01) Kaki bengkak (G54) Perut membesar (G55) Perut berisi cairan (G56) Lengan bengkak	(P05) Sindrom Nefrotik
21	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G30) Pusing (G49) Mual, kembung (G48) Tidak selera makan	(G01) Kaki bengkak (G08) Nafas berbau air seni/ pusing (G13) Kulit pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis
22	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G49) Perut senep/ kembung (G50) Buang air	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati membesar sedikit (G41) Hati agak keras	(P02) Sirosis Hati

	besar hitam	(G45) Putih mata kuning (G54) Perut bengkak dan berisi air					
23	(G01) Kaki bengkak (G16) Dada berdebar-debar (G49) Perut sebah/mbesese/ kembang (G54) Perut membesar	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30 kali/menit (G04) Nafas sesak bila berjalan (G07) Nafas pendek (G16) Denyut nadi 120 kali/menit (G20) Jantung membesar ke arah kiri (G39) Hati membesar padat dan rata (G40) Tepi hati tumpul (G54) Perut membesar (G55) Perut berisi air (-) Denyut nadi lemah	(P02) Gagal Jantung				
24	(G01) Kaki bengkak (G04) Nafas sesak bila berjalan (G16) Berdebar-debar (G49) Kembang (G48) Kurang selera makan	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30 kali/menit (G16) Denyut nadi 106 kali/menit (G20) Jantung sedikit membesar ke arah kiri (G39) Hati sedikit membesar	(P02) Gagal Jantung				
25	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas waktu duduk atau berjalan (G28) Nafas sering bunyi (G29) Lemas (G49) Perut senep/ kembang	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 26 kali/menit (G07) Sukar saat mengeluarkan nafas harus dengan meneran/ mengejan (G10) Rongga dada mengembang (G16) Denyut nadi 104 kali/menit (G21) Jantung membesar ke arah depan	(P01) Jantung Paru				
26	(G01) Kaki bengkak (G02) Sesak nafas (G16) Berdebar-debar (G22) Kadang-kadang batuk (G49) Perut kembang (G48) Kurang selera makan (-) Pernah pingsan	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 32 kali/menit (G07) Nafas dangkal (G16) Denyut nadi 120 kali/menit (G20) Jantung membesar ke arah kiri (G39) Hati membesar rata (G40) Tepi hati tumpul (G43) Sedikit nyeri	(P02) Gagal Jantung				
						jika ditekan (-) Denyut nadi lemah	
27	(G01) Kaki bengkak (G42) Perut mrongkol (G49) Perut mual, senep/ kembang (-) Mulut sariawan	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati membesar (G45) Putih mata kuning (G54) Perut agak buncit (-)Limpa membesar terasa benjolan di sebelah kiri atas perut	(P04) Sirosis Hati				
28	(G01) Kaki bengkak (G31) Kepala pusing (G49) Mual, senep/ kembang	(G01) Kaki bengkak (G08) Mulut berbau air seni/ pesing (G13) Kulit pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis				
29	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G31) Pusing (G49) Mual-mual, kembang (-) Cegukan	(G01) Kaki bengkak (G08) Nafas berbau air seni/ pesing (G13) Kulit agak pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis				
30	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemas (G35) Sering buang air seni (G48) Selera makan kurang (G49) Mual-mual	(G01) Kaki bengkak (G08) Nafas agak berbau air seni/ pesing (G13) Kulit agak pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis				
31	(G01) Kaki bengkak (G48) Selera makan berkurang (G49) Mual-mual, kembang, perih	(G01) Kaki bengkak (G08) Mulut berbau agak pesing/ air seni	(P03) Gagal Ginjal Kronis				
32	(G01) Kaki bengkak (G29) Tubuh lesu (G30) Cepat lelah (G31) Pusing (G48) Selera makan berkurang (-) Mengantuk	(G01) Kaki bengkak (-) Denyut nadi lambat 60 kali/menit	(P06) Hipotiroid				
33	(G01) Kaki bengkak (G03) Sesak nafas waktu duduk (G04) Sesak nafas waktu berjalan (G26) Batuk-batuk lebih dari 1 bulan (G48) Tidak selera makan (G49) Kembang (-) Keringat dingin	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G07) Saat mengeluarkan nafas harus sedikit meneran/ mengejan (G16) Denyut nadi 104 kali/menit (G28) Nafas berbunyi	(P01) Jantung Paru				
34	(G01) Kaki bengkak (G48) Selera makan berkurang (G49) Mual, kembang (-) Perut terasa panas	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati membesar selebar 4 jari (G41) Hati keras (G42) Hati berbenjol-benjol kecil (G55) Terdapat sedikit cairan di rongga perut	(P04) Sirosis Hati				

		(-) Limpa membesar selebar 5 jari	
35	(G01) Kaki bengkak (G02) Sesak nafas (G04) Sesak nafas waktu berjalan (G05) Sesak nafas waktu duduk (G30) Cepat lelah (G31) Pusing (G49) Mual, kembung (-) Dada tidak enak (-) Berkunang-kunang	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30 kali/menit (G07) Sukar saat mengeluarkan nafas harus dengan meneran/ mengejan (G10) Dada berbentuk tong (G12) Gerakan nafas perut menonjol (G16) Denyut nadi 110 kali/menit (G39) Hati sedikit membesar selebar 1 jari (-) Muka agak pucat	(P01) Jantung Paru
36	(G01) Kaki bengkak (G29) Lemah (G31) Pusing (G48) Tidak suka makan (G49) Mual, muntah (-) Cegukan	(G01) Kaki bengkak (G08) Nafas berbau air seni/ pelsing (G13) Kulit pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis
37	(G01) Kaki bengkak (G48) Tidak suka makan (G49) Perut kembung, mual	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati sedikit membesar (G41) Hati keras (G55) Rongga perut berisi sedikit cairan	(P04) Sirosis Hati
38	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas bila bekerja (G16) Berdebar-debar (G49) Perut kembung (G48) Selera makan kurang (-) Dada cekot-cekot	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G07) Nafas dangkal (G16) Denyut nadi 108 kali/menit (G39) Hati membesar selebar 4 jari (G40) Tepi hati tumpul	(P02) Gagal Jantung
39	(G01) Kaki bengkak (G02) Nafas agak sesak (G48) Tidak selera makan (G49) Perut kembung, mual, kadang-kadang muntah	(G01) Kaki bengkak (G08) Nafas berbau air seni/ pelsing (G13) Kulit agak pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis
40	(G01) Kaki bengkak (G48) Kurang nafsu makan (G49) Mual, senep/ kembung (-) Tungkai/ kaki pegal-pegal	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati membesar (G42) Hati berbenjol-benjol (G55) Terdapat cairan sedikit di rongga perut	(P04) Sirosis Hati
41	(G01) Kaki bengkak (G04) Nafas agak	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi	(P02) Gagal

	sesak bila berjalan cepat (G16) Berdebar-debar (G31) Kepala pusing atau berputar (-) Dada Panas	nafas 26 kali/menit (G07) Nafas dangkal (G16) Denyut nadi 110 kali/menit (G20) Jantung membesar sedikit ke kiri (G39) Hati membesar sedikit (G40) Tepi hati tumpul	Jantung
42	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas bila berjalan atau bekerja (G16) Bedebar-debar (G22) Kadang-kadang batuk (G31) Kepala pusing/ sakit	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 28 kali/menit (G07) Nafas pendek-pendek atau dangkal (G16) Denyut nadi 104 kali/menit (G20) Jantung membesar ke kiri	(P02) Gagal Jantung
43	(G01) Kaki bengkak (G36) Kencing sedikit (G38) Pagi hari kelopak mata sembab/ bengkak (G48) Tidak selera makan (G49) Perut kembung	(G01) Kaki bengkak (G37) Muka agak sembab (G54) Perut membesar (G55) Perut berisi air (G56) Lengan agak bengkak	(P05) Sindrom Nefrotik
44	(G01) Kaki bengkak (G02) Sesak nafas (G29) Lemas (G36) Kencing sedikit (G48) Tidak selera makan (G49) Mual, kadang-kadang muntah	(G01) Kaki bengkak (G08) Nafas bau air seni/ pelsing (G13) Kulit agak pucat	(P03) Gagal Ginjal Kronis
45	(G01) Kaki bengkak (G29) Badan merasa lemah bila bergerak (G30) Cepat lelah bila bekerja (G31) Sering pusing atau berputar (G33) Tidak mudah berkeringat (G48) Tidak selera makan (G51) Sembelit (G53) Otot-otot sering kejang	(G01) Kaki bengkak (-) Reflek-reflek otot tidak ada	(P05) Hipotiroid
46	(G01) Kaki bengkak (G49) Perut sebah/ senep/ kembung, mual	(G01) Kaki bengkak (G39) Hati membesar selebar 3 jari (G41) Hati keras (G42) Permukaan hati tidak rata (G45) Putih mata agak kuning	(P04) Sirosis Hati

		(G54) Perut agak membesar (G55) Perut berisi sedikit cairan	
47	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas terutama bila bekerja (G16) Berdebar-debar (G22) Batuk-batuk (G48) Tidak selera makan (G49) Mual, kembung	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 30 kali/menit (G07) Nafas pendek-pendek (G16) Denyut nadi 100 kali/menit (G20) Jantung membesar ke kiri (G21) Jantung membesar ke depan (G39) Hati membesar selebar 2 jari	(P02) Gagal Jantung
48	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas bila berjalan atau bekerja (G22) Kadang-kadang batuk (G29) Badan lemas (G31) Pusing (-) Keringat dingin	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 32 kali/menit (G07) Nafas dangkal (G16) Denyut nadi 110 kali/menit (G20) Jantung sangat membesar ke arah kiri (G39) Hati membesar selebar 3 jari (G40) Tepi hati tumpul	(P02) Gagal Jantung
49	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas bila berjalan atau bekerja (G16) Berdebar-debar (G29) Lemas (G48) Tidak selera makan (G49) Perut kembung (-) Tubuh pegal-pegal	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 36 kali/menit (G07) Nafas dangkal (G16) Denyut nadi 120 kali/menit (G20) Jantung membesar sekali ke kiri (G39) Hati membesar selebar 4 jari (G43) Hati agak nyeri bila ditekan	(P02) Gagal Jantung
50	(G01) Kaki bengkak (G04) Sesak nafas bila berjalan atau bekerja (G16) Berdebar-debar (G29) Merasa lemah (G30) Sering pusing (G48) Selera makan berkurang (G49) Perut kembung (-) Dada panas	(G01) Kaki bengkak (G02) Frekwensi nafas 32 kali/menit (G07) Nafas dangkal (G16) Denyut nadi 120 kali/menit (G20) Jantung sedikit membesar ke arah kiri (G39) Hati sedikit membesar selebar 1 jari (G43) Hati agak nyeri bila ditekan	(P02) Gagal Jantung

Tabel XIV merupakan hasil pengujian dari 50 kasus dari Tabel XIII yang dilakukan hanya menggunakan sisi keluhan

kemudian kesimpulan diagnosis yang diperoleh sistem dibandingkan dengan hasil diagnosis pakar.

TABEL XIV
HASIL PENGUJIAN KETEPATAN DIAGNOSIS SISTEM SISI KELUHAN GEJALA PENDERITA

Kasus	Diagnosis Pakar	Diagnosis Sistem	Ketepatan
1	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
2	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
3	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
4	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
5	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
6	Sindrom Nefrotik	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
7	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
8	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
9	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
10	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
11	Sindrom Nefrotik	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
12	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
13	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
14	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
15	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
16	Gagal Jantung	Hipotiroid	Tidak
17	Gagal Jantung	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
18	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
19	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
20	Sindrom Nefrotik	Sindrom nefrotik	Ya
21	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
22	Sirosis Hati	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
23	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
24	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
25	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
26	Gagal Jantung	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
27	Sirosis Hati	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
28	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
29	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
30	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
31	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
32	Hipotiroid	Hipotiroid	Ya
33	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
34	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
35	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
36	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
37	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
38	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
39	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
40	Sirosis Hati	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
41	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
42	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
43	Sindrom Nefrotik	Gagal Ginjal Kronis	Tidak
44	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
45	Hipotiroid	Hipotiroid	Ya
46	Sirosis Hati	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
47	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
48	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
49	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
50	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
Total hasil ketepatan sistem			22%

Tabel XV merupakan kesimpulan hasil uji ketepatan sistem pada Tabel XIV.

TABEL XV
KESIMPULAN PENGUJIAN KETEPATAN DIAGNOSIS SISTEM SISI KELUHAN GEJALA PENDERITA

Kasus	Kesimpulan Hasil Diagnosis	Kasus	Persentase
1	Diagnosis sistem sama dengan pakar	11	22%
2	Diagnosis sistem berbeda dengan pakar	12	24%
3	Sistem tidak dapat mendiagnosis penyakit	27	54%

Tabel XVI merupakan hasil pengujian dari 50 kasus dari Tabel XIII yang dilakukan hanya menggunakan sisi pemeriksaan kemudian kesimpulan diagnosis yang diperoleh sistem dibandingkan dengan hasil diagnosis pakar.

TABEL XVI
HASIL PENGUJIAN KETEPATAN DIAGNOSIS SISTEM SISI PEMERIKSAAN PAKAR

Ka-sus	Diagnosis Pakar	Diagnosis Sistem	Kete-patan
1	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
2	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
3	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
4	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
5	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
6	Sindrom Nefrotik	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
7	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
8	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
9	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
10	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
11	Sindrom Nefrotik	Sindrom Nefrotik	Ya
12	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
13	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
14	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
15	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
16	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
17	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
18	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
19	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
20	Sindrom Nefrotik	Sindrom Nefrotik	Ya
21	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
22	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
23	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
24	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
25	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
26	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
27	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
28	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
29	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
30	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
31	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
32	Hipotiroid	Penyakit tidak ditemukan	Tidak

33	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
34	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
35	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
36	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
37	Sirosis Hati	Penyakit tidak ditemukan	Ya
38	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
39	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
40	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
41	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
42	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
43	Sindrom Nefrotik	Sindrom Nefrotik	Ya
44	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
45	Hipotiroid	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
46	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
47	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
48	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
49	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
50	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
Total hasil ketepatan sistem			32%

Tabel XVII merupakan kesimpulan hasil uji sistem pada Tabel XVI.

TABEL XVII
KESIMPULAN PENGUJIAN KETEPATAN DIAGNOSIS SISTEM SISI PEMERIKSAAN PAKAR

Kasus	Kesimpulan Hasil Diagnosis	Kasus	Persentase
1	Diagnosis sistem sama dengan pakar	16	32%
2	Diagnosis sistem berbeda dengan pakar	0	0%
3	Sistem tidak dapat mendiagnosis penyakit	34	68%

Tabel XVIII merupakan hasil pengujian dari 50 kasus dari Tabel XIII yang dilakukan menggunakan sisi keluhan dan sisi pemeriksaan kemudian kesimpulan diagnosis yang diperoleh sistem dibandingkan dengan hasil diagnosis pakar.

TABEL XVIII
HASIL PENGUJIAN KETEPATAN DIAGNOSIS SISTEM KEDUA SISI

Ka-sus	Diagnosis Pakar	Diagnosis Sistem	Kete-patan
1	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
2	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
3	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
4	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
5	Jantung Paru	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
6	Sindrom Nefrotik	Sindrom Nefrotik	Ya
7	Jantung Paru	Penyakit Jantung Paru	Ya
8	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
9	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
10	Jantung Paru	Gagal Jantung	Tidak
11	Sindrom Nefrotik	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
12	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
13	Jantung Paru	Jantung Paru	Ya

14	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
15	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
16	Gagal Jantung	Hipotiroid	Tidak
17	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
18	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
19	Jantung Paru	Gagal Jantung	Tidak
20	Sindrom Nefrotik	Sindrom Nefrotik	Ya
21	Gagal Ginjal Kronis	Hipotiroid	Tidak
22	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
23	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
24	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
25	Jantung Paru	Gagal Jantung	Tidak
26	Gagal Jantung	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
27	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
28	Gagal Ginjal Kronis	Penyakit tidak ditemukan	Tidak
29	Gagal Ginjal Kronis	Hipotiroid	Tidak
30	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
31	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
32	Hipotiroid	Hipotiroid	Ya
33	Jantung Paru	Jantung Paru	Ya
34	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
35	Jantung Paru	Jantung Paru	Ya
36	Gagal Ginjal Kronis	Hipotiroid	Tidak
37	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
38	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
39	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
40	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
41	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
42	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
43	Sindrom Nefrotik	Sindrom Nefrotik	Ya
44	Gagal Ginjal Kronis	Gagal Ginjal Kronis	Ya
45	Hipotiroid	Hipotiroid	Ya
46	Sirosis Hati	Sirosis Hati	Ya
47	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
48	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
49	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
50	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Ya
Total hasil ketepatan sistem			76%

Tabel XIX merupakan kesimpulan hasil uji sistem pada Tabel XVIII.

TABEL XIX
KESIMPULAN PENGUJIAN KETEPATAN DIAGNOSIS SISTEM SISI
PEMERIKSAAN PAKAR

Kasus	Kesimpulan Hasil Diagnosis	Kasus	Persentase
1	Diagnosis sistem sama dengan pakar	38	76%
2	Diagnosis sistem berbeda dengan pakar	7	14%
3	Sistem tidak dapat mendiagnosis penyakit	5	10%

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil pengujian dan analisis dalam penelitian yang telah dilakukan adalah pengujian dari setiap sisi ditemukan bahwa ketepatan sistem paling tinggi terdapat pada Tabel XIX dengan cara diagnosis dari kedua sisi sebesar 76%. Hasil ini tinggi dikarenakan penelitian berfokus pada hasil wawancara bagaimana cara pakar mendiagnosis penyakit, yaitu menanyakan keluhan penderita, memberikan pertanyaan, dan pemeriksaan jasmani, dimana pakar telah mempelajari berbagai buku medis mengenai gejala-gejala yang terjadi pada suatu penyakit. Pada hasil pengujian Tabel XV dari sisi keluhan gejala penderita menghasilkan ketepatan yang rendah sebesar 22% dikarenakan penelitian ini mencakup bagaimana penderita menyampaikan keluhan yang dirasakan. Sedangkan hasil ketepatan sistem yang rendah pada Tabek XVII dari sisi pemeriksaan pakar sebesar 32% dikarenakan terdapat kelemahan dalam mesin inferensi dimana tidak ada aturan untuk menampilkan urutan pertanyaan hasil perhitungan pada sistem sehingga pertanyaan gejala yang utama dari pakar tidak selalu ditanyakan terlebih dahulu. Misalnya gejala kaki bengkak akan selalu ditanyakan nomor 1 karena pada setiap tabel aturan gejala kaki bengkak selalu ada pada setiap *rule*, kemudian sistem akan melakukan perhitungan ulang gejala terbanyak kedua secara acak pada setiap *rule*. Setelah dilakukan perhitungan maka hasil akan dibandingkan dengan nilai pembanding dalam sistem jika lebih besar maka akan ditampilkan sebagai pertanyaan selanjutnya dan seterusnya hingga kesimpulan. Dari contoh sistem memiliki kelemahan pada perhitungan, dimana saat mencari gejala terbanyak urutan hasil perhitungan gejala terbanyak tersusun secara acak sehingga bila nilai gejala pada suatu *rule* didapatkan lebih besar dari nilai pembanding maka sistem akan menampilkan sebagai suatu pertanyaan padahal di urutan selanjutnya masih ada nilai yang lebih besar dari yang ditampilkan oleh sistem.

B. Saran

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini masih sangat terbatas. Hal-hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- Dilakukan penelitian dari sisi penderita bagaimana alur penderita menyampaikan keluhan gejala yang dialami agar sistem memiliki ketepatan yang lebih baik dalam mendiagnosis penyakit dengan gejala awal kaki bengkak.
- Dilakukan penelitian mengenai perhitungan pada mesin inferensi bagaimana menentukan urutan pertanyaan yang akan dikeluarkan berdasarkan gejala terbanyak atau jika terdapat hasil perhitungan gejala yang memiliki nilai sama besar.
- Dilakukan penelitian pada pengembangan basis pengetahuan dan menambahkan fasilitas untuk mengembangkan basis pengetahuan bagi pengguna

agar sistem memiliki kemampuan mendiagnosis yang lebih baik dan *up-to-date*. Selain itu, sistem diberikan fasilitas untuk penanganan lebih lanjut kepada pengguna agar pengguna memiliki pengetahuan untuk melakukan langkah selanjutnya setelah hasil ditemukan.

- Dilakukan penelitian dalam pengembangan antar muka yang lebih baik, contohnya sistem dibangun dengan *graphical user interface* disertai gambar pada setiap gejala dan penyakit dengan keterangan lengkap. Selain itu, dilakukan juga pengembangan bagaimana sistem menampilkan pertanyaan yang mudah dimengerti dan dipahami oleh pengguna karena sistem yang telah dibangun hanya dilihat dari sisi pakar saja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dan terima kasih penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, anugerah, dan penyertaan yang sempurna. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Gloria Virginia, S.Kom., MAI, Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Joko Purwadi, M.Kom selaku dosen pembimbing 2 Universitas Kristen Duta Wacana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arisandi, Q. T. & Izzuddin, A. (2016). Sistem Pakar Diagnosa Kanker Serviks Menggunakan Metode Naive Bayes Berbasis Android. Tersedia: <https://www.upm.ac.id/ejurnal/index.php/energy/article/view/22>.
- [2] Durkin, J. (1994). *Expert Systems Design And Development*. New Jersey: Macmillan Publishing Company.
- [3] Ely, J. W., Osheroff, J. A Chambliss, M. L. & Ebell, M. H. (2006). *Approach to Leg Edema of Unclear Etiology*. Tersedia: <http://www.jabfm.org/content/19/2/148.full.pdf+html>
- [4] Eugene Braunwald, MD (Ed.). (2005). *Harrison's Principles of Internal Medicine, 16th Edition*. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [5] Giarratano, J. & Gary, R. (2005). *Expert Systems Principles and Programming*. Massachusetts: Course Technology.
- [6] Hamdani. (2010). Sistem Pakar Untuk Diagnosa Penyakit Mata Pada Manusia. Tersedia: <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/JIM/article/view/58/pdf>.
- [7] Handayani L. & Sutikno T. (2005). DESAIN DAN PENGGUNAAN "e2gLite Expert System Shell" UNTUK DIAGNOSIS PENYAKIT THT. Tersedia: <http://journal.uad.ac.id/index.php/TELKOMNIKA/article/view/1213/868>.
- [8] Kadek Tutik A., G. A. (2009). Penerapan *Forward Chaining* Pada Program Diagnosa Anak Penderita Autisme. Tersedia: <https://ti.ukdw.ac.id/ojs/index.php/informatika/article/view/73/35>.
- [9] Labellapansa, A. & Boyz, A. T. (2016). SISTEM PAKAR DIAGNOSA DINI DEFISIENSI VITAMIN DAN MINERAL. Tersedia: <http://journal.uad.ac.id/index.php/JIFO/article/view/3347>.
- [10] Novitasari, T. (2008). Sistem Pakar Pendeteksi Tipe Kepribadian Berdasarkan Teori Edward Menggunakan Visual Basic 2008. Tersedia: <http://jiki.cs.ui.ac.id/index.php/jiki/article/view/154/270>.
- [11] PADHY, N. P. (2005). *Artificial Intelligence and Intelligent Systems*. New Delhi: Oxford University Press.
- [12] Pasalli, C, R., Poekoel, V. & Najoran, X. (2016). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Anak Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Mobile. Tersedia: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/12828>.
- [13] Putri, E. D., Khodra, M. L. & Suantika, G. (2011). Sistem Pakar Untuk Budidaya Tambak Udang Putih. Tersedia: <http://jiki.cs.ui.ac.id/index.php/jiki/article/view/154/270>.
- [14] S.Kom, Kusriani. (2006), Sistem Pakar Teori dan Aplikasinya, Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [15] Sulistyohati A. & Hidayat T. (2008). SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT GINJAL DENGAN METODE DEMSTER-SHAFER. Tersedia: <http://journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/view/720/675>.
- [16] Syamsuddin, S. & Ahyuna. (2014). Sistem Pakar untuk Diagnosa Penyakit yang Disebabkan oleh Nyamuk Berbasis WEB. Tersedia: <http://jatisi.mdp.ac.id/2014/12/17/hello-world/>.
- [17] Tierney, L. M. (2008). *Current Medical Diagnosis And Treatment*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [18] Turban, E. (1998). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. New Jersey: Prentice-Hall International.
- [19] Valentine, H. V. (2015). PERANCANGAN SISTEM PAKAR DIAGNOSIS AWAL PENYAKIT GIGI DAN MULUT MENGGUNAKAN METODE DEMPSTER SHAFER. Tersedia: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/justin/article/view/11686>.
- [20] Yudatama, U. (2008). Sistem Pakar untuk Diagnosis Kerusakan Mesin Mobil Panther Berbasis Mobile. Tersedia: http://jurtek.akprind.ac.id/sites/default/files/212_218-Uky.pdf.