

Aplikasi Web Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit Gizi

Clara Hetty Primasari

Program Studi Sistem Informasi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari No. 43, Yogyakarta

clara_hetty@mail.uajy.ac.id

Abstract—Nutrition is a very important component of the body to support and maintain the body functions. Unfortunately in poor and developing countries, nutritional problems, especially, lack of nutritious food intake are still the main issues. The cause is due to lack of knowledge and concern for the importance of nutritious foods. The World Health Organization (WHO) estimates that 175 million children in developing countries are malnourished by weight data by age. According to WHO, children with malnutrition risk 5-20 times greater deaths than children with good nutrition. Technological advances in IT have brought great impact to our lives. There is not a single side of our life that cannot be helped by information technology. Given the problem of malnutrition that occurs in the midst of a burgeoning world of technology, the author intends to take advantage of technology on the issue.

This study aims to build an expert system to diagnose diseases caused by nutritional problems using the Certainty Factor method. The expert system has a component called an inference engine that contains the mechanism of thinking and reasoning function of the system used by an expert. This expert system will be built for use in web platforms with C# programming languages. It would be useful if an expert's expertise can be translated and modeled into a web-based system so that the system can be used anytime and anywhere and can represent expert knowledge and judgment.

Intisari—Gizi adalah komponen tubuh yang sangat penting untuk menyokong dan mempertahankan agar fungsi tubuh dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sayangnya di negara-negara miskin dan berkembang, masalah gizi khususnya kekurangan asupan makanan bergizi masih menjadi persoalan utama. Penyebabnya karena minimnya pengetahuan dan kepedulian terhadap pentingnya makan-makanan bergizi. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan bahwa 175 juta anak di negara berkembang mengalami kekurangan gizi jika ditinjau dari berat badan untuk umur tertentu. Menurut WHO, anak penderita gizi buruk rentan terhadap kematian 5-20 kali lebih besar dari anak dengan nutrisi baik. Kemajuan teknologi dalam bidang IT telah membawa pengaruh yang besar bagi kehidupan kita. Tidak ada satupun sisi kehidupan kita kini yang tidak bisa dibantu dengan teknologi informasi tersebut. Dengan adanya masalah kekurangan gizi yang terjadi di tengah-tengah dunia yang sedang berkembang teknologinya, penulis berkeinginan untuk memanfaatkan teknologi pada permasalahan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit yang disebabkan oleh masalah gizi dengan menggunakan metode *Certainty Factor*. Sistem pakar memiliki komponen yang disebut mesin inferensi yang mengandung mekanisme fungsi berpikir dan penalaran sistem yang digunakan oleh seorang pakar. Sistem pakar ini akan dibangun untuk digunakan dalam platform web dengan bahasa pemrograman C#. Akan sangat bermanfaat apabila

kepakaran seorang pakar dapat diterjemahkan dan dimodelkan ke dalam sebuah sistem berbasis web sehingga sistem tersebut dapat digunakan kapan saja dan di mana saja dan dapat mewakili pengetahuan dan pertimbangan pakar.

Kata Kunci— sistem pakar, penyakit gizi, web, C#

I. PENDAHULUAN

Gizi adalah komponen tubuh yang sangat penting untuk menyokong dan mempertahankan agar fungsi tubuh dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Di negara-negara miskin dan berkembang, masalah gizi khususnya kekurangan asupan makanan bergizi masih menjadi persoalan utama. Penyebabnya karena minimnya pengetahuan dan kepedulian terhadap pentingnya makan-makanan bergizi. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan bahwa 175 juta anak di negara berkembang mengalami kekurangan gizi jika ditinjau dari berat badan untuk umur tertentu. Menurut WHO, anak penderita gizi buruk rentan terhadap kematian 5-20 kali lebih besar dari anak dengan nutrisi baik [1]. Kemajuan teknologi dalam bidang IT telah membawa pengaruh yang besar bagi kehidupan manusia. Tidak ada satupun sisi kehidupan manusia kini yang tidak dapat dibantu dengan teknologi informasi. Dengan adanya masalah kekurangan gizi yang terjadi di tengah-tengah dunia yang sedang berkembang teknologinya, penulis berkeinginan untuk memanfaatkan teknologi informasi pada permasalahan tersebut.

Sistem pakar kerap dimanfaatkan untuk permasalahan medis. Sistem pakar yang dibangun oleh [2] menggunakan metode *Certainty Factor* digunakan untuk diagnosis penyakit gigi. Sistem pakar juga dimanfaatkan untuk diagnosis penyakit jantung koroner [3]. Selain itu, sistem pakar dengan metode *Certainty Factor* juga dimanfaatkan untuk mendiagnosis penyakit saluran pencernaan pada anak-anak [4]. Tidak hanya itu, *Certainty Factor* juga diimplementasikan pada sistem pakar berbasis desktop dengan menggunakan framework VB.NET digunakan untuk deteksi gangguan gizi [5]. Selain penyakit pada manusia, sistem pakar dengan digunakan untuk diagnosis hama dan penyakit tanaman padi [6], diagnosis faktor penentu penyakit pada ikan Lele [7], diagnosis penyakit pada ikan [8] dan babi [9].

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang disampaikan pada bagian awal pendahuluan tentang kurangnya pengetahuan dan kepedulian terhadap gizi, maka

dibangunlah sebuah sistem pakar diagnosis penyakit gizi dengan *platform* web sehingga diharapkan dapat digunakan oleh masyarakat luas. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit yang disebabkan oleh penyakit gizi dengan menggunakan metode *Certainty Factor*. Jika pada [5] jawaban konsultasi yang dapat dipilih pengguna adalah ya dan tidak saja, maka pada penelitian ini akan digunakan sembilan pilihan jawaban yang mewakili beberapa tingkat kepastian gejala yang dirasakan mulai dari Pasti hingga Tidak Pasti.

Akan sangat bermanfaat apabila kepakaran seorang pakar dapat diterjemahkan dan dimodelkan ke dalam sebuah sistem sehingga sistem tersebut dapat digunakan kapan saja dan di mana saja dan dapat mewakili pengetahuan dan pertimbangan pakar. Sistem pakar memiliki komponen yang disebut mesin inferensi yang mengandung mekanisme fungsi berpikir dan penalaran sistem yang digunakan oleh seorang pakar. Teknik inferensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Forward Chaining* dengan metode *Certainty Factor*. *Forward Chaining* merupakan strategi pencarian yang memulai pencarian dari sekumpulan data atau fakta. Data atau fakta dalam penelitian ini akan diperoleh dari kondisi kesehatan pengguna sistem. Kemudian dari data yang diperoleh akan dicari suatu solusi atau kesimpulan dari permasalahan yang dihadapi. Metode *Certainty Factor* bertindak sebagai mesin inferensi yang akan mencari kaidah/aturan dalam basis pengetahuan yang premisnya sesuai dengan data dari pengguna. Kemudian dari kaidah/aturan tersebut dapat ditarik sebuah kesimpulan penyakit gizi apa yang kira-kira dialami oleh pengguna.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Pakar

1) Definisi Sistem Pakar

Sistem pakar atau sistem berbasis pengetahuan atau sistem pengetahuan adalah sistem komputer yang dicirikan oleh fakta bahwa perbedaan eksplisit dibuat antara bagian di mana pengetahuan tentang domain masalah direpresentasikan dan bagian yang memanipulasi pengetahuan tersebut untuk memecahkan masalah aktual dengan menggunakan *problem data* [10, 11].

Kedua jenis pengetahuan tersebut digunakan dalam pemecahan masalah dan sifat metode pemecahan masalah digunakan menentukan masalah mana yang bisa dipecahkan.

2) Sejarah Sistem Pakar

Salah satu sistem pakar pertama adalah Heuristic DENDRAL. Proyek DENDRAL dimulai pada tahun 1965 di Universitas Stanford. Sistem ini dikembangkan oleh J. Lederberg, seorang pakar kimia organik dan pemenang Nobel di bidang Ilmu Kimia. Sistem DENDRAL Heuristik menawarkan solusi bantuan di bidang kimia organik untuk menentukan formula struktur senyawa kimia yang telah diisolasi dari sampel tertentu. Dalam menentukan formula struktur dan informasi mengenai rumus kimia, seperti C_4H_9OH untuk butanol digunakan informasi yang telah diperoleh dengan mengenalkan senyawa tersebut pada uji fisika, kimia dan spektrometri [11].

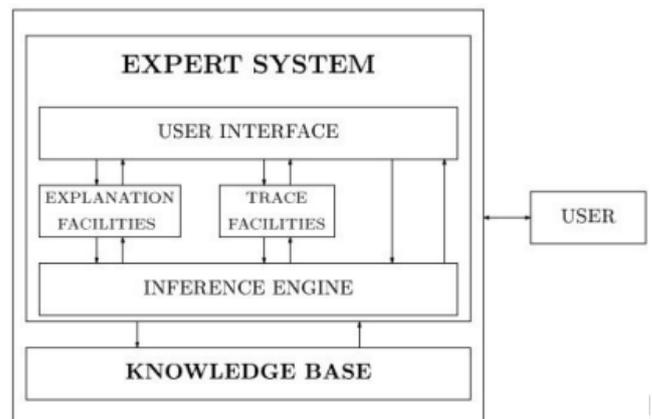
Selain DENDRAL, sistem pakar yang juga terkenal adalah MYCIN. Sistem MYCIN mampu membantu dokter dalam diagnosis dan pengobatan beberapa penyakit menular, khususnya meningitis dan bakteri *Septicemia*. Ketika pasien menunjukkan tanda-tanda penyakit semacam itu, kultur darah dan urin dibuat untuk menentukan spesies bakteri mana yang menyebabkan infeksi tersebut. Biasanya dibutuhkan waktu 24 sampai 48 jam sebelum hasil laboratorium diketahui. MYCIN memberi indikasi sementara tentang organisme yang paling mungkin bertanggung jawab atas penyakit pasien berdasarkan data pasien yang tersedia untuk sistem. Dengan indikasi ini, MYCIN menyarankan pemberian obat yang tepat untuk mengendalikan infeksi. Sistem MYCIN jelas meninggalkan jejak pada sistem pakar yang telah dikembangkan sejak saat itu. Bahkan saat ini, sistem pakar dan turunannya ini menjadi sumber inspirasi bagi peneliti sistem pakar.

3) Arsitektur Sistem Pakar

Sistem pakar saat ini biasanya memiliki dua komponen dasar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

- Knowledge Base* atau Basis pengetahuan yang menangkap pengetahuan khusus domain, dan
- Inference Machine* atau Mesin inferensi yang terdiri dari algoritma untuk memanipulasi pengetahuan yang terwakili dalam basis pengetahuan untuk memecahkan masalah yang disajikan pada sistem.

Selain itu, sistem pakar berisi fasilitas untuk menjelaskan, menggambarkan atau menawarkan dokumentasi untuk langkah-langkah penalarannya, yang sering disebut fasilitas penjelasan. Selama pengembangan sistem mungkin bermanfaat untuk melacak perilaku penalaran secara lebih rinci, yang disediakan oleh fasilitas bekas. Kemampuan mesin inferensi biasanya digunakan untuk menerapkan metode pemecahan masalah tertentu, misalnya metode untuk memecahkan masalah diagnostik [11].



Gambar. 1. Arsitektur Sistem Pakar

B. Certainty Factor

Certainty Factor diperkenalkan oleh Shortliffe Buchanan saat di Stanford University dalam pembuatan MYCIN pada tahun 1970an untuk MYCIN, sebuah sistem pakar untuk diagnosis dan perawatan meningitis dan infeksi darah [12]

Sejak saat itu CF menjadi standar pendekatan manajemen ketidakpastian dalam Rule-based sistem.

Metode ini sangat cocok untuk sistem pakar yang mendiagnosis sesuatu yang belum pasti [13].

Teori *Certainty* berusaha untuk melakukan pendekatan heuristik untuk penalaran (*reasoning*) dengan *uncertainty*. Pakar manusia memberi nilai kepercayaan (*confidence*) dalam bentuk “*unlikely*”, “*almost certain*”, “*highly probable*”, “*possible*”, dan lain-lain. Nilai-nilai tersebut tidak bersifat probabilistik tetapi lebih bersifat heuristik dan dihasilkan dari pengalaman.

Certainty Factor memiliki keunggulan untuk dinilai sebagai metode yang relatif mudah. Untuk mengubah aturan dan faktor kepastian dinilai cukup mudah dan dapat diaplikasikan pada nilai-nilai dalam basis pengetahuan asli, tanpa penilaian ulang berturut-turut [14]. dihitung dengan Persamaan (1)

$$CF(H, E) = MB(H, E) - MD(H, E) \tag{1}$$

Keterangan:

CF [H,E] = Faktor kepastian hipotesa H yang dipengaruhi oleh bukti E

MB [H,E] = *Measure of Belief* adalah ukuran kenaikan dari kepercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh bukti E.

MD [H,E] = *Measure of Disbelief* adalah ukuran dari ketidakpercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh bukti E

Untuk kombinasi banyak CF dari aturan yang berbeda semisal terdapat rule seperti pada Persamaan (2) dan (3)

$$\text{if } P \text{ then } Q \rightarrow CF_1(Q) \tag{2}$$

$$\text{if } R \text{ then } Q \rightarrow CF_2(Q) \tag{3}$$

Maka rumus yang digunakan untuk mengkombinasikan CF tersebut seperti pada Persamaan 3

Jika kedua CF sama-sama positif

$$CF(Q) = F_1(Q) + CF_2(Q) - CF_1(Q) * CF_2(Q) \tag{4}$$

Jika kedua CF sama-sama negatif

$$CF(Q) = CF_1(Q) + CF_2(Q) + CF_1(Q) * CF_2(Q) \tag{5}$$

Jika salah satu dari CF negatif

$$CF(Q) = \frac{CF_1(Q) + CF_2(Q)}{1 - \text{Min}(|CF_1(Q)|, |CF_2(Q)|)} \tag{6}$$

C. Indeks Massa Tubuh

Sebelum melakukan diagnosis penyakit, pengguna akan dikelompokkan ke dalam jenis Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT merupakan alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan [15]. Tabel 1 adalah Tabel kategori ambang batas IMT. Untuk menghitung atau menentukan IMT dari seseorang yakni dengan menggunakan Persamaan (5). BB adalah Berat Badan dan TB adalah Tinggi Badan.

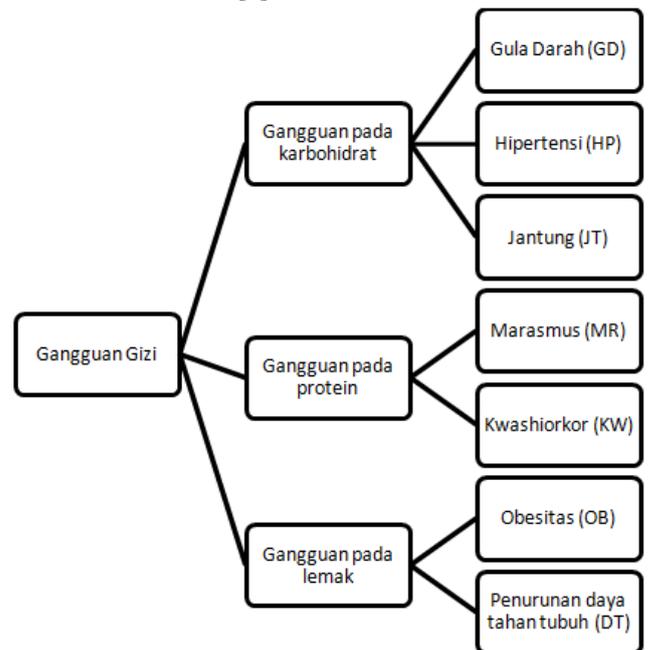
$$IMT = BB / (TB / 100)^2 \tag{5}$$

TABEL I
PENGKOLONGAN INDEKS MASSA TUBUH

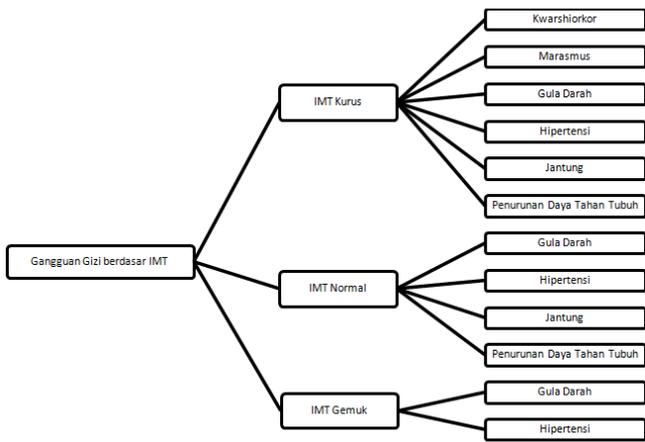
Status	IMT
Kurus	<17-18.5
Normal	>18.5-25
Gemuk	>25

D. Penyakit Gizi

Masalah pada karbohidrat, protein, dan lemak menyebabkan tujuh penyakit gizi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 menunjukkan penyakit gangguan Gizi yang mungkin dapat diderita seseorang dengan Indeks Massa Tubuh tertentu [5].



Gambar. 2. Penyakit Gizi berdasar penyebabnya



Gambar. 3. Penyakit Gizi berdasar Indeks Massa Tubuh

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Ruang Lingkup dan Batasan

Ruang lingkup dan batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pertimbangan yang digunakan dalam diagnosis penyakit gizi adalah Indeks Massa Tubuh dan gejala-gejala yang dirasakan pengguna sistem.
- Sistem akan dibangun dengan platform web dengan menggunakan bahasa pemrograman C# dan framework ASP.NET
- Pengujian Sistem hanya meliputi pengujian kesesuaian perhitungan manual *Certainty Factor* pada suatu gejala dengan keluaran keputusan penyakit oleh aplikasi web Sistem Pakar.

B. Tahapan Penelitian

Metodologi Penelitian yang digunakan adalah:

- Studi Kepustakaan**
Melakukan berbagai macam pengumpulan bahan referensi, seperti jurnal penelitian, prosiding, buku-buku teori dan sumber-sumber lain termasuk informasi yang diperoleh dari internet sebagai sumber data dan informasi.
- Analisis Sistem**
Melakukan analisa terhadap *requirement* baik fungsional ataupun non-fungsional yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem. Di antaranya sumber data, kebutuhan keluaran dan masukkan juga *tools* yang akan dipergunakan dalam membangun Sistem Pakar.
- Perancangan Sistem**
Setelah melakukan berbagai metode penelitian seperti studi kepustakaan dan analisa sistem maka selanjutnya dilakukan proses perancangan sistem yang meliputi: perancangan *activity diagram*, perancangan antarmuka dari aplikasi dan lain-lain.
- Implementasi**

Implementasi program merupakan proses penulisan kode program dengan bahasa pemrograman C# sampai dengan pada tahap kompilasi kode sumber program.

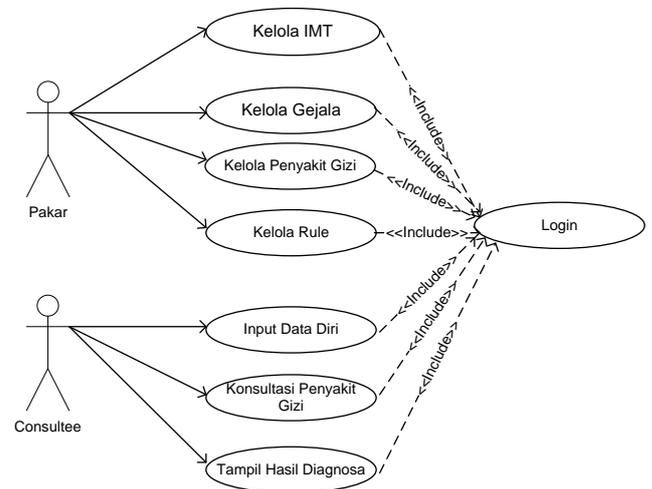
5. Pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian program dengan memeriksa hasil perhitungan dalam program yang dibuat dan jika dihitung secara manual.

IV. PERANCANGAN

A. Perancangan Use Case Diagram

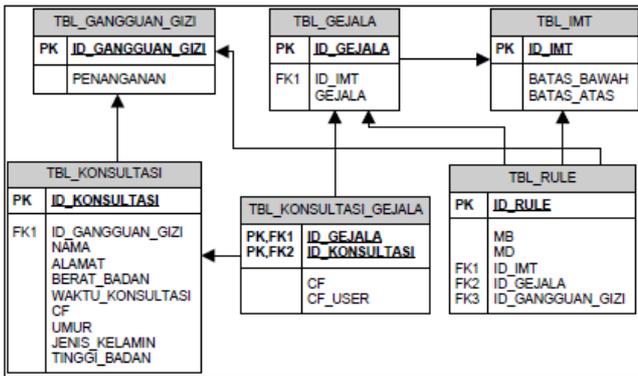
Gambar 4 menampilkan *Use Case Diagram* dari Sistem Pakar. Terdapat dua aktor antara lain pakar dan *consultee*. Pakar dapat melakukan kelola Indeks Massa Tubuh (IMT), kelola Gejala, Kelola Penyakit Gizi, dan Kelola Rule. *Consultee* dapat melakukan *Input* data diri, konsultasi penyakit gizi, dan tampil hasil diagnosa.



Gambar. 4. Use Case Diagram Sistem Pakar

B. Perancangan Basis Data

Adapun relasi antar entitas yang digunakan dalam Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Gizi ditampilkan pada Gambar 5. Terdapat enam tabel yang digunakan dalam sistem pakar ini antara lain TBL_GANGGUAN_GIZI, TBL_GEJALA, TBL_IMT, TBL_KONSULTASI, TBL_RULE, dan TBL_KONSULTASI_GEJALA.



Gambar. 5. Entity Relationship Diagram Sistem Pakar

C. Perancangan Basis Pengetahuan

Gambar 6 menampilkan basis pengetahuan dari sistem pakar diagnosis penyakit gizi. Pengetahuan ini diperoleh melalui studi kepustakaan dan validasi pengetahuan dengan pakar.

ID_RULE	IMT	GANGGUAN_GIZI	GEJALA	MB	MD
1	Kurus	Kwarshiorkor	Bengkak pada perut (buncit)	0.5	0.35
2	Kurus	Kwarshiorkor	Pertumbuhan terganggu, BB dan TB kurang dibandingkan dengan yang sehat	0.8	0.1
3	Kurus	Kwarshiorkor	Bengkak (berisi cairan) pada bagian tangan atau kaki	0.7	0.2
4	Kurus	Kwarshiorkor	Diare	0.6	0.5
5	Kurus	Kwarshiorkor	Rambut mudah dicabut, tampak kusam kering, halus jarang dan berubah warna	0.85	0.1
6	Kurus	Kwarshiorkor	Kulit kering dengan menunjukkan garis – garis kulit yang mendalam dan lebar, dan bersisik	0.9	0.1
7	Kurus	Kwarshiorkor	Anemia ringan (sering kelelahan, kelopak mata pucat, sering mual)	0.8	0.1
8	Kurus	Marasmus	Lesu dan nafsu makan hilang	0.78	0.31
9	Kurus	Marasmus	Bermasalah dengan pencernaan	0.2	0.05
10	Kurus	Marasmus	Kegagalan menaikkan berat badan	0.45	0.1
11	Kurus	Marasmus	Kehilangan berat badan sampai berakibat kurus	0.7	0.2
12	Kurus	Marasmus	Kehilangan turgor pada kulit sehingga menjadi berkerut dan longgar karena lemak subkutan hilang dari bantalan pipi	0.8	0.1
13	Kurus	Marasmus	Muka dapat tetap tampak relatif normal selama beberapa waktu sebelum menjadi menyusut dan berkeriput	0.89	0.05
14	Kurus	Marasmus	Bengkak pada perut (buncit)	0.5	0.35
15	Kurus	Gula Darah	Sering kelelahan	0.65	0.49
16	Kurus	Gula Darah	Merasa haus	0.5	0.49
17	Kurus	Gula Darah	Berat badan turun	0.79	0.3
18	Kurus	Gula Darah	Masalah penglihatan	0.88	0.25
19	Kurus	Gula Darah	Mood tidak stabil	0.59	0.2
20	Kurus	Gula Darah	Kram otot	0.45	0.2
21	Kurus	Gula Darah	Mati rasa	0.4	0.2
22	Kurus	Gula Darah	Infeksi jamur pada kelenjar	0.69	0.39
23	Kurus	Hipertensi	Sakit kepala	0.79	0.15
24	Kurus	Hipertensi	Pusing (Vertigo)	0.87	0.15
25	Kurus	Hipertensi	Wajah kemerahan	0.49	0.45
26	Kurus	Hipertensi	Sering kelelahan	0.65	0.49
27	Kurus	Hipertensi	Detak jantung cepat	0.87	0.45
28	Kurus	Jantung	Sering kelelahan	0.65	0.49
29	Kurus	Jantung	Sering berkeringatan	0.4	0.3
30	Kurus	Jantung	Sesak napas	0.45	0.4
31	Kurus	Jantung	Sering mual dan muntah	0.15	0.09
32	Kurus	Jantung	Merasa cemas dan tegang	0.7	0.3
33	Kurus	Jantung	Nyeri di dada	0.69	0.4
34	Kurus	Jantung	Sakit kepala	0.79	0.15
35	Kurus	Jantung	Denyut jantung tiba – tiba lambat atau cepat	0.75	0.3
36	Kurus	Jantung	Pembengkakan kaki dan perut	0.7	0.31
37	Kurus	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	Sering kelelahan	0.65	0.49
38	Kurus	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	Lesu dan nafsu makan hilang	0.78	0.31
39	Kurus	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	Diare	0.6	0.5
40	Kurus	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	Nafsu makan dan bergerak kurang	0.6	0.3
41	Kurus	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	Sering mual dan muntah pilek dan demam	0.15	0.09
42	Kurus	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	Berkeringatan dingin	0.48	0.19
43	Normal	Gula Darah	Sering kelelahan	0.35	0.1
44	Normal	Gula Darah	Merasa haus	0.15	0.05
45	Normal	Gula Darah	Berat badan turun	0.63	0.43
46	Normal	Gula Darah	Masalah penglihatan	0.15	0.07
47	Normal	Gula Darah	Mood tidak stabil	0.05	0.02
48	Normal	Gula Darah	Kram otot	0.2	0.18
49	Normal	Gula Darah	Mati rasa	0.45	0.25
50	Normal	Gula Darah	Infeksi jamur pada kelenjar	0.78	0.15

51	Normal	Hipertensi	Sakit kepala	0.81	0.27
52	Normal	Hipertensi	Pusing (Vertigo)	0.9	0.27
53	Normal	Hipertensi	Wajah kemerahan	0.65	0.35
54	Normal	Hipertensi	Sering kelelahan	0.35	0.5
55	Normal	Hipertensi	Detak jantung cepat	0.89	0.1
56	Normal	Jantung	Sering kelelahan	0.35	0.1
57	Normal	Jantung	Sering berkeringatan	0.45	0.3
58	Normal	Jantung	Sesak napas	0.52	0.33
59	Normal	Jantung	Sering mual dan muntah	0.22	0.15
60	Normal	Jantung	Merasa cemas dan tegang	0.75	0.3
61	Normal	Jantung	Nyeri di dada	0.75	0.4
62	Normal	Jantung	Sakit kepala	0.81	0.27
63	Normal	Jantung	Denyut jantung tiba – tiba lambat atau cepat	0.75	0.2
64	Normal	Jantung	Pembengkakan kaki dan perut	0.73	0.3

Gambar. 6. Basis Pengetahuan pada Sistem Pakar

D. Proses Pengelolaan Basis Pengetahuan

Untuk melakukan pengelolaan basis pengetahuan terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Pertama, pengguna pakar harus login terlebih dahulu ke dalam sistem sebagai pakar. Setelah berhasil login, pakar memilih menu kelola IMT dan memasukkan nama IMT beserta Batas Bawah dan Batas Atasnya. Berikutnya, pakar memilih menu Kelola Gejala dan menginput Gejala berdasar IMT yang sudah dimasukkan sebelumnya. Setelah itu, pakar memasukkan penyakit gizi beserta penanganannya pada menu Kelola Gangguan Gizi. Terakhir, pakar memilih menu Kelola Rule untuk mengelola aturan yang terdiri dari pilih Gejala, Gangguan Gizi, Nilai MB, dan Nilai MD. Alur proses ini dapat dilihat pada Gambar 7.

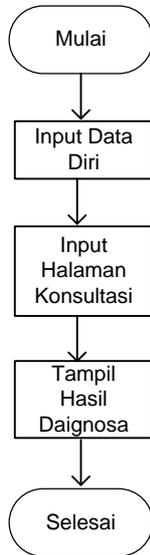


Gambar. 7. Flowchart proses pengelolaan basis pengetahuan

E. Proses Konsultasi

Untuk melakukan konsultasi, consultee harus login terlebih dahulu ke dalam sistem sebagai *consultee*. Untuk memulai proses konsultasi, *consultee* harus memasukkan data diri terlebih dahulu. Data diri yang dimasukkan antara lain nama, alamat, jenis kelamin, tinggi dan berat badan, umur, dan jenis aktivitas fisik yang dilakukan. Dari informasi data diri tersebut, sistem akan menghitung Indeks Massa Tubuh dari *consultee*. Berikutnya, *consultee* dapat mengisi halaman konsultasi yang berisi pertanyaan-

pertanyaan gejala penyakit sesuai Indeks Massa Tubuh *Consultee*. *Consultee* mengisi jawaban sesuai dengan keadaan gejala yang dialaminya dan setelah diisi semua, *consultee* dapat menampilkan halaman Hasil Diagnosa. Hasil Diagnosa berisi perhitungan Certainty Factor untuk masing-masing penyakit Gizi berdasar IMT, Saran Berat Badan Ideal, Info Angka Metabolisme Basal, Saran kebutuhan kalori harian, dan saran pembagian kalori harian. Alur proses konsultasi penyakit dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar. 8. Flowchart proses konsultasi penyakit gizi

V. IMPLEMENTASI

Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Gizi ini dibangun dengan tools Microsoft Visual Studio 2010 dan database management sistem SQL Server 2008 R2 dengan bahasa pemrograman C#. Sistem pakar ini diperuntukkan untuk dua pengguna yaitu admin yang bertindak sekaligus sebagai pakar dan *consultee* yang merupakan pengguna yang akan melakukan konsultasi penyakit gizi.

A. Landing Page

Landing Page yang ditunjukkan pada Gambar 9 merupakan halaman pertama yang akan muncul saat membuka/mengeksekusi sistem pakar. Terdapat form login untuk autentikasi pengguna. Pengguna dalam sistem pakar ini ada dua yaitu, admin sebagai administrator dan pakar, dan *consultee* sebagai pengguna yang akan melakukan konsultasi.



Gambar. 9. Implementasi Landing Page

B. Home Admin

Halaman Home Admin yang ditunjukkan pada Gambar 10 berisi *Overview* atau penjelasan sekilas tentang Sistem Pakar.



Gambar. 10. Implementasi Home Admin

C. Halaman Petunjuk Pemakaian Sistem

Pada halaman petunjuk Pemakaian Sistem yang ditunjukkan pada Gambar 11, terdapat petunjuk pemakaian sistem untuk pengguna admin/pakar, yaitu dimulai dari mengelola Indeks Massa Tubuh, Gejala, Gangguan Gizi, baru menentukan *rule*.



Gambar. 11. Implementasi Petunjuk Pemakaian Sistem Pakar oleh Admin

D. Kelola Indeks Massa Tubuh

Pada halaman Kelola Indeks Massa Tubuh yang ditampilkan pada Gambar 12. Terdapat form penambahan dan pengeditan Indeks Massa Tubuh, dengan mengisikan Nama IMT, Batas bawah dan atas dari IMT yang bersangkutan. Secara default (sesuai dengan jurnal), terdapat tiga Indeks Massa Tubuh, yaitu Kurus, Normal, dan Gemuk. Selain itu, pengguna dapat menghapus data dengan mengklik aksi hapus pada tabel.

PENGLOLAAN DATA INDEKS MASSA TUBUH (IMT)

Tambah Data Baru

Nama IMT:

Batas bawah:

Batas atas:

Simpan Reset

AKSI	IMT	BATAS BAWAH	BATAS ATAS	AKSI
Pilih	Kurus	0	18.6	Hapus
Pilih	Normal	18.6	25	Hapus
Pilih	Gemuk	25	100	Hapus

Gambar. 12. Implementasi Kelola Indeks Massa Tubuh

E. Kelola Gejala

Pada halaman kelola Gejala seperti yang ditampilkan pada Gambar 13, terdapat form penambahan dan pengeditan Gejala, dengan memilih Indeks Massa Tubuh dan mengisikan Nama gejala. Selain itu, pengguna dapat menghapus data dengan mengklik aksi hapus pada tabel.

PENGLOLAAN DATA GEJALA

Tambah Data Baru

IMT Gejala:

Nama Gejala:

Simpan Reset

AKSI	IMT	GEJALA	AKSI
Pilih	Gemuk	Sering kelelahan	Hapus
Pilih	Gemuk	Sering berkeringat	Hapus
Pilih	Gemuk	Sesak bernapas	Hapus
Pilih	Gemuk	Berat badan berlebih	Hapus
Pilih	Gemuk	Mendengkur	Hapus
Pilih	Gemuk	Henti napas untuk sementara secara tiba-tiba saat tidur	Hapus
Pilih	Gemuk	Nyeri punggung atau sendi	Hapus
Pilih	Gemuk	Selalu merasa panas	Hapus
Pilih	Gemuk	Merasa haus	Hapus
Pilih	Gemuk	Berat badan turun	Hapus
Pilih	Gemuk	Masalah penglihatan	Hapus
Pilih	Gemuk	Mood tidak stabil	Hapus
Pilih	Gemuk	Kram otot	Hapus
Pilih	Gemuk	Mati rasa	Hapus
Pilih	Gemuk	Infeksi jamur pada kelamin	Hapus
Pilih	Gemuk	Sakit kepala	Hapus
Pilih	Gemuk	Pusing (Vertigo)	Hapus
Pilih	Gemuk	Wajah kemerahan	Hapus
Pilih	Gemuk	Detak jantung cepat	Hapus
Pilih	Gemuk	Sering mual dan muntah	Hapus
Pilih	Gemuk	Merasa cemas dan tegang	Hapus

Gambar. 13. Implementasi Kelola Gejala

F. Kelola Penyakit Gizi

Pada halaman kelola Penyakit Gizi yang ditampilkan pada Gambar 14, terdapat form penambahan dan pembaharuan Penyakit Gizi,

PENGLOLAAN DATA GANGGUAN GIZI

Tambah Data Baru

Gangguan Gizi:

Penanganan:

Simpan Reset

AKSI	GANGGUAN_GIZI	PENANGANAN	AKSI
Pilih	Kwarshiorokor	Penatalaksanaan kwashiorkor benaris tergantung pada beratnya kondisi anak. Keadaan shock memerlukan tindakan secepat mungkin dengan restorasi volume darah dan mengontrol tekanan darah. Pada tahap awal, kalori diberikan dalam bentuk karbohidrat, gula sederhana, dan lemak. Protein diberikan setelah semua sumber kalori lain telah dapat memberikan tambahan energi. Vitamin dan mineral dapat juga diberikan. Dikarenakan anak telah tidak mendapatkan makanan dalam jangka waktu yang lama, memberikan makanan per oral dapat menimbulkan masalah, khususnya apabila pemberian makanan dengan densitas kalori yang tinggi. Makanan harus diberikan secara bertahap/ perlahan. Banyak dari anak penderita malnutrisi menjadi intoleran terhadap susu (lactose intolerance) dan diperlukan untuk memberikan suplemen yang mengandung enzim lactase. Penatalaksanaan gizi buruk menurut standar pelayanan medis kesehatan anak – IDAI (Ikatan dokter anak Indonesia) adalah dengan penanganan dini pada kasus-kasus kwashiorkor umumnya memberikan hasil yang baik. Penanganan yang terlambat (late stages) mungkin dapat memperbaiki status kesehatan anak secara umum, namun anak dapat mengalami gangguan fisik yang permanen dan gangguan intelektualnya. Kasus-kasus kwashiorkor yang tidak dilakukan penanganan atau penanganannya yang terlambat, akan memberikan akibat yang fatal.	Hapus
Pilih	Marasmus	Penanggulangan marasmus dapat dilakukan dengan memberikan pengobatan. Pengobatan rutin yang dilakukan di rumah sakit berupa 10 langkah penting yaitu: Atasi/cegah hipoglikemia, Atasi/cegah hipotermia, Atasi/cegah dehidrasi, Koreksi gangguan keseimbangan elektrolit, Obati/cegah infeksi, Mulai pemberian makanan, Fasilitasi tumbuh-kejar (catch up growth), Koreksi defisiensi nutrisi mikro, Lakukan stimulasi sensorik dan dukungan emosi/mental, Siapkan dan rencanakan tindak lanjut setelah sembuh.	Hapus
Pilih	Gula Darah	Telah terbukti bahwa olahraga yang teratur dengan porsi yang cukup dapat membantu mengontrol kadar gula darah penderita. Olahraga yang dianjurkan adalah olahraga ritmis dan dinamis seperti jogging, senam aerobik, disco dll. Olahraga harus disesuaikan dengan kondisi penderita. Apakah sudah ada komplikasi atau belum, misalnya adanya gagal ginjal, penyakit jantung iskemik, hipertensi dan lain-lain. Senam diabetes adalah olahraga yang diawasi dan yang diadakan oleh Klub Olahraga diabetes dan Persadia (Persatuan Diabetes). Dalam klub pemeriksaan gula darah dikerjakan sebelum dan sesudah latihan. Pada waktu latihan dilaksanakan senam dan insulinsi harus terawasi target zone nilai penderita.	Hapus

Gambar. 14. Implementasi Kelola Data Penyakit Gizi

G. Kelola Rule

Pada halaman Kelola Rule yang ditampilkan pada Gambar 15, terdapat form penambahan dan pembaharuan Indeks Massa Tubuh, dengan memilih IMT, Nama Gejala, Gangguan Gizi, dan mengisikan MB (Measure of Belief) serta MD (Measure of Disbelief). Selain itu, pengguna dapat menghapus data dengan mengklik aksi hapus pada tabel.

PENGLOLAAN DATA RULE

Tambah Data Baru

IMT Gejala:

Nama Gejala:

Gangguan Gizi:

MB (Measure of Belief): (Diisi dengan nilai 0-1)

MD (Measure of Disbelief): (Diisi dengan nilai 0-1)

Simpan Reset

AKSI	ID_RULE	IMT	GANGGUAN_GIZI	GEJALA	MB	MD	AKSI
Pilih	1	Kurus	Kwarshiorokor	Bengkak pada perut (buncit)	0.5	0.35	Hapus
Pilih	2	Kurus	Kwarshiorokor	Pertumbuhan terganggu, BB dan TB kurang dibandingkan dengan yang sehat	0.8	0.1	Hapus
Pilih	3	Kurus	Kwarshiorokor	Bengkak (berisi cairan) pada bagian tangan atau kaki	0.7	0.2	Hapus
Pilih	4	Kurus	Kwarshiorokor	Diare	0.6	0.5	Hapus
Pilih	5	Kurus	Kwarshiorokor	Rambut mudah dicabut, tampak kusam kering, halus jarang dan berubah warna	0.85	0.1	Hapus
Pilih	6	Kurus	Kwarshiorokor	Kulit kering dengan menunjukan garis – garis kulit yang mendalam dan lebar, dan bersisik	0.9	0.1	Hapus
Pilih	7	Kurus	Kwarshiorokor	Anemia ringan (sering kelelahan, kelopak mata pucat, sering mual)	0.8	0.1	Hapus
Pilih	8	Kurus	Marasmus	Lesu dan nafsu makan hilang	0.78	0.31	Hapus
Pilih	9	Kurus	Marasmus	Bermasalah dengan pencernaan	0.2	0.05	Hapus
Pilih	10	Kurus	Marasmus	Kegagalan menaikkan berat badan	0.45	0.1	Hapus
Pilih	11	Kurus	Marasmus	Kehilangan berat badan sampai berakibat kurus	0.7	0.2	Hapus
Pilih	12	Kurus	Marasmus	Kehilangan turgor pada kulit sehingga menjadi berkerut dan longgar karena lemak subkutan hilang dari bantalan pipi	0.8	0.1	Hapus
Pilih	13	Kurus	Marasmus	Muka dapat tetap tampak relatif normal selama beberapa waktu sebelum menjadi menyusut dan berkeriput	0.89	0.05	Hapus
Pilih	14	Kurus	Marasmus	Bengkak pada perut (buncit)	0.5	0.35	Hapus
Pilih	15	Kurus	Gula Darah	Sering kelelahan	0.65	0.49	Hapus

Gambar. 15. Implementasi Kelola Rule

H. Home Consultee

Halaman Home Consultee yang ditampilkan pada Gambar 16 berisi Overview atau penjelasan sekilas tentang Sistem Pakar untuk Consultee.



Gambar. 16. Implementasi Home Consultee

I. Petunjuk Pemakaian untuk Consultee

Pada halaman Petunjuk Pemakaian Sistem Pakar untuk Consultee seperti yang ditampilkan pada Gambar 17, terdapat petunjuk pemakaian sistem untuk pengguna consultee, yaitu dimulai dari mengisi data diri pada halaman Konsultasi, kemudian menjawab pertanyaan konsultasi dan setelah menjawab semua pertanyaan akan muncul hasil diagnose serta saran Berat Badan Ideal, Angka Metabolisme Basal, Kebutuhan Kalori Harian, dan Penanganan Gangguan Gizi.



Gambar. 17. Implementasi Petunjuk Pemakaian Sistem Pakar untuk Consultee

J. Pengisian Identitas Consultee

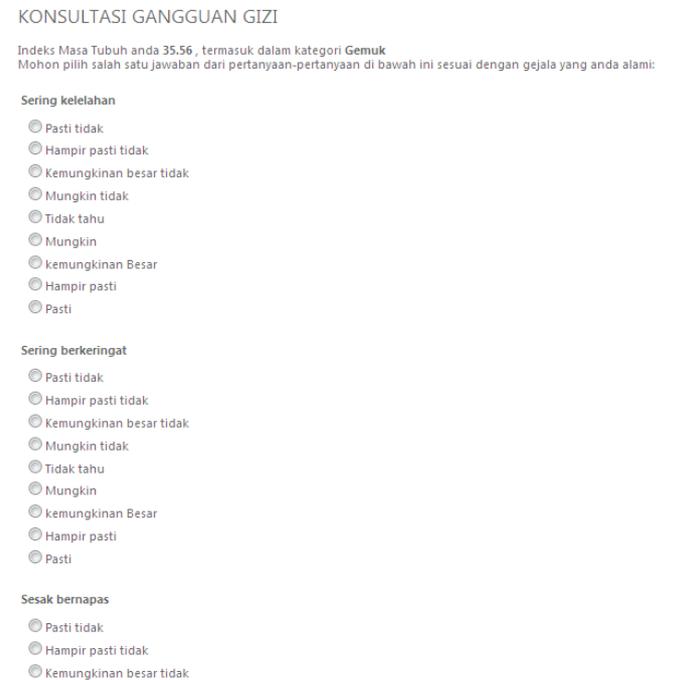
Pada halaman Pengisian Identitas Consultee yang ditampilkan pada Gambar 18, pengguna mengisi Nama, Alamat, Jenis Kelamin, Berat Badan, Tinggi Badan, Umur, serta jenis aktivitas fisik, kemudian mengklik tombol Mulai Konsultasi.



Gambar. 18. Implementasi Kelola Identitas Consultee

K. Halaman Konsultasi

Pada halaman Konsultasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 19, akan muncul hasil perhitungan Indeks Massa Tubuh sesuai dengan inputan berat dan tinggi badan pada bagian Pengisian Data Diri serta pertanyaan Gejala-gejala yang dialami sesuai dengan IMT pengguna. Karena metode yang digunakan dalam sistem pakar ini adalah *Certainty Factor* maka, pengguna menjawab pertanyaan, dengan memilih salah satu, berdasarkan kadar gejala yang dialami antara lain Pasti Tidak dengan nilai CF: -1.0, Hampir Pasti Tidak (CF: -0.8), Kemungkinan Besar Tidak (CF: -0.6), Mungkin Tidak (CF: -0.4), Tidak Tahu (CF: 0), Mungkin(CF: 0.4), Kemungkinan Besar (CF: 0.6), Hampir Pasti (CF: 0.8), dan Pasti(CF: 1.0).



Gambar. 19. Implementasi Halaman Konsultasi

L. Hasil Diagnosis

Setelah memilih jawaban untuk tiap-tiap pertanyaan konsultasi, pengguna mengklik tombol Cek Diagnosa dan

JUTEI Edisi Volume.1 No.1 April 2018
ISSN 2579-3675, e-ISSN 2579-5538
DOI 10.21460/jutei.2018.12.59

akan tampil halaman Hasil diagnosis penyakit gizi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 20, yang akan menampilkan peringkat *Certainty Factor* untuk tiap-tiap penyakit dari IMT yang bersangkutan serta saran-saran seputar gizi.

Dari Hasil Perhitungan *Certainty Factor* untuk masing-masing gangguan gizi, diperoleh hasil sebagai berikut:

ID_GANGGUAN_GIZI	NAMA_GANGGUAN_GIZI	CF
4	Hipertensi	0.85290466304
5	Jantung	0.5957
3	Gula Darah	0.35
6	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	0.35
7	Obesitas	0.35

Dengan demikian berdasar nilai CF Terbesar, anda terdiagnosa mengidap Hipertensi

BERAT BADAN IDEAL (BBI)

Tinggi Badan Anda 150 cm
 $BBI = (Tinggi\ badan - 100) \times 0.9$
 $BBI = (150 - 100) \times 0.9$
 $BBI = 45\ Kg$

ANGKA METABOLISME BASAL (AMB)

ANGKA METABOLISME BASAL BERDASAR AKTIVITAS FISIK

KEBUTUHAN KALORI HARIAN

Gambar. 20. Implementasi Hasil Diagnosis

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penerapan Perhitungan *Certainty Factor*

Sebagai panduan, Tabel 2 menampilkan cuplikan *rule* dari penyakit hipertensi dengan Indeks Massa Tubuh Gemuk

TABEL III
CUPLIKAN *RULE* PENYAKIT HIPERTENSI

Gejala	MB	MD	CF Rule
Sakit kepala	0.85	0.22	0.63
Pusing (vertigo)	0.92	0.35	0.57
Wajah kemerahan	0.68	0.48	0.2
Sering kelelahan	0.45	0.1	0.35
Detak jantung cepat	0.9	0.3	0.6

Sakit kepala

- Pasti tidak
- Hampir pasti tidak
- Kemungkinan besar tidak
- Mungkin tidak
- Tidak tahu
- Mungkin
- kemungkinan Besar
- Hampir pasti
- Pasti

Pusing (Vertigo)

- Pasti tidak
- Hampir pasti tidak
- Kemungkinan besar tidak
- Mungkin tidak
- Tidak tahu
- Mungkin
- kemungkinan Besar
- Hampir pasti
- Pasti

Wajah kemerahan

- Pasti tidak
- Hampir pasti tidak
- Kemungkinan besar tidak
- Mungkin tidak
- Tidak tahu
- Mungkin
- kemungkinan Besar
- Hampir pasti
- Pasti

Sering kelelahan

- Pasti tidak
- Hampir pasti tidak
- Kemungkinan besar tidak
- Mungkin tidak
- Tidak tahu
- Mungkin
- kemungkinan Besar
- Hampir pasti
- Pasti

Detak jantung cepat

- Pasti tidak
- Hampir pasti tidak
- Kemungkinan besar tidak
- Mungkin tidak
- Tidak tahu
- Mungkin
- kemungkinan Besar
- Hampir pasti
- Pasti

Gambar. 21. Jawaban consultee atas gejala detak jantung cepat

Gambar 21 menampilkan jawaban konsultasi yang diisi oleh *consultee* atas gejala yang dirasakan. Jawaban tersebut kemudian disesuaikan dengan CF yang bersesuaian dengan tingkat kepastian yang dirasakan. Tabel 3 menampilkan jawaban dari *consultee* atas gejala yang dirasakan

TABEL III
JAWABAN USER ATAS GEJALA HIPERTENSI

Gejala	Pilihan Jawaban	CF User
Sakit kepala	Kemungkinan besar	0.6
Pusing (vertigo)	Hampir pasti	0.8
Wajah kemerahan	Kemungkinan besar	0.6
Sering kelelahan	Pasti	1.0
Detak jantung cepat	Mungkin	0.4

Dari gejala yang dirasakan, dihitung Nilai CF Kombinasi yang merupakan hasil perkalian dari CF *Rule* dan CF Pengguna. Hasil perhitungan CF Kombinasi ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL IV
CF KOMBINASI UNTUK PENYAKIT HIPERTENSI

Gejala	CF Kombinasi (CF <i>Rule</i> x CF User)
Sakit kepala	0.378
Pusing (vertigo)	0.456
Wajah kemerahan	0.12
Sering kelelahan	0.35
Detak jantung cepat	0.24

Karena Kombinasi CF *Rule* dan User di atas bernilai positif, maka perhitungan CF Kesimpulan menggunakan Persamaan (4).

Perhitungan CF (contoh untuk penyakit hipertensi):
 $CF_{1,2}(Hp) = CF_1(Hp) + CF_2(Hp) - (CF_1(Hp) * CF_2(Hp))$
 $= 0.378 + 0.456 - (0.378 \times 0.456) = 0.661632$

$CF_{12,3}(Hp) = CF_{12}(Hp) + CF_3(Hp) - (CF_{12}(Hp) * CF_3(Hp))$
 $= 0.661632 + 0.12 - (0.661632 \times 0.12) = 0.702236$

$CF_{123,4}(Hp) = CF_{123}(Hp) + CF_4(Hp) - (CF_{123}(Hp) * CF_4(Hp))$
 $= 0.702236 + 0.35 - (0.702236 \times 0.35) = 0.806454$

$CF_{1234,5}(Hp) = CF_{1234}(Hp) + CF_5(Hp) - (CF_{1234}(Hp) * CF_5(Hp))$
 $= 0.806454 + 0.24 - (0.806454 \times 0.24) = 0.852905$

Perhitungan CF seperti di atas dilakukan juga untuk penyakit-penyakit yang lain pada golongan IMT yang sama. Kemudian CF tiap penyakit gizi dibandingkan dan dicari yang terbesar. Penyakit gizi yang memiliki CF terbesar itulah yang merupakan penyakit gizi yang diidap oleh *consultee*. Hasil perhitungan manual di atas sesuai dengan output hasil diagnosis sistem pakar seperti yang ditampilkan pada Gambar 22.

Dari Hasil Perhitungan Certainty Factor untuk masing-masing gangguan gizi, diperoleh hasil sebagai berikut:

ID GANGGUAN GIZI	NAMA GANGGUAN GIZI	CF
4	Hipertensi	0.85290466304
5	Jantung	0.5957
3	Gula Darah	0.35
6	Penurunan Daya Tahan Tubuh (Masuk Angin)	0.35
7	Obesitas	0.35

Dengan demikian berdasar nilai CF Terbesar, anda terdiagnosa mengidap Hipertensi

Gambar. 22. Hasil CF pada masing-masing penyakit gizi

VII. KESIMPULAN

Aplikasi Web Sistem Pakar yang telah dibangun mampu menghasilkan keputusan valid yang dibuktikan dengan sesuaianya hasil diagnosis yang dikeluarkan oleh sistem dengan perhitungan manual dengan metode *Certainty Factor*. Sistem ini telah dapat memberikan gambaran awal penyakit apa yang diidap oleh pasien sehingga pasien dapat mengkonsultasikan penyakitnya lebih lanjut dengan pihak medis untuk memperoleh penanganan atau pengobatan lebih lanjut. Diharapkan dengan diimplementasikannya sistem pakar ini dapat memfasilitasi masyarakat yang jauh dari fasilitas kesehatan dan memerlukan konsultasi pada seorang pakar kesehatan. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan Sistem Pakar dengan Metode lain ataupun metode *Certainty Factor* yang dimodifikasi atau ditambahkan *rule-rulanya* sehingga diagnosis yang akan dihasilkan akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kuntari, dkk, "Faktor Risiko Malnutrisi pada Balita," *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, vol. 7, no. 12, hal. 572-576.
- [2] W. Setiabudi, E. Sugiharti dan F. Arini, "Expert Sistem Diagnosis Dental Disease Using Certainty Factor Method", *Scientific Journal of Informatics*, vol. 4, no. 1, p. 43, 2017.
- [3] F. Başçıftçi and H. İncekara, "Web based medical decision support sistem application of Coronary Heart Disease diagnosis with Boolean functions minimization method", *Expert Sistem with Applications*, 2011.
- [4] I. Astuti, H. Sutarno dan Rasim. (2017). The Expert Sistem of Children's Digestive Tract Disease Diagnostic using Cmbination of Forward Chaining and Certainty Factor Methods. International Conference on Science in Information Technology [Online]. Tersedia: <http://ieeexplore.ieee.org.proxy.ugm.ac.id/document/8257185/>

- [5] F. Wulandari dan I. Yuliandri, "Diagnosa Gangguan Gizi dengan Metode Certainty Factor," *Jurnal Sains, Teknologi, dan Industri*, vol. 11, no. 2, hal. 305-313, 2014.
- [6] E. Agustina, I. Pratomo, A.D. Wibawa dan S. Rahayu. (2017). Expert Sistem for Diagnosis Pests and Disease of The Rice Plant using Forward Chaining and Certainty Factor Method. International Seminar on Intelligent Technology and Its Application [Online]. Tersedia: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.ugm.ac.id/document/8124092/>
- [7] I. Sumartono, D. Arisandi, A. P.U. Siahaan dan Mesran. "Expert Sistem of Catfish Disease Determinants Using Certainty Factor Method", *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research*, vol. 3, no. 8, hal. 202-209, 2017.
- [8] D. Li, Z. Fu and Y. Duan, "Fish-Expert: a web-based expert sistem for fish disease diagnosis", *Expert Systems with Applications*, vol. 23, no. 3, pp. 311-320, 2002.
- [9] F. ZETIAN, X. FENG, Z. YUN and Z. XIAOSHUAN, "Pig-vet: a web-based expert sistem for pig disease diagnosis", *Expert Systems with Applications*, vol. 29, no. 1, pp. 93-103, 2005.
- [10] J. Durkin, *Expert systems*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1997.
- [11] P. Lucas and L. Van der Gaag, *Principles of expert systems*. Wokingham, Angleterre: Addison-Wesley, 1991.
- [12] D. Heckerman, "The Certainty Factor Model" dalam *Encyclopedia of Artificial Intellegence*, edisi ke-2, New York, USA, 1992, hal. 1-21.
- [13] Giarratano, J. C., Riley, G.D., *Expert Sistem Principles and Programming Fourth Edition*, Canada: Course Technology, 2005.
- [14] J. E. Weber and P. H. Bartels, "Performance evaluation of an expert system using rescaled certainty factors (medical diagnosis)," *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, New Orleans, LA, USA, 1988, pp. 1371-1372 vol.3. doi: 10.1109/IEMBS.1988.95175
- [15] Bakri, dkk. 2002. *Penilaian Status Gizi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. EGC.