

# IMPLEMENTASI METODE *FORWARD CHAINING* DAN *CERTAINTY FACTOR* PADA SISTEM PAKAR DIAGNOSIS AWAL PENYAKIT LAMBUNG

Gabrielle N. A. Frederica<sup>1</sup>, Debby Paseru<sup>1,\*</sup>, Michael G. Sumampouw<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Katolik De La Salle Manado  
e-mail: dpaseru@unikadelasalle.ac.id

**Abstrak**—Penyakit lambung merupakan salah satu masalah kesehatan yang sering kali dianggap remeh namun, memiliki potensi serius jika tidak ditangani dengan baik. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pola makan yang tidak sehat, infeksi bakteri, dan kondisi medis tertentu. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan sebuah Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung yang memanfaatkan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* (CF). Sistem ini dirancang untuk membantu pengguna dalam mengidentifikasi penyakit lambung berdasarkan gejala yang dialami, dan memberikan rekomendasi penanganan awal. Metodologi pengembangan perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah metodologi *Waterfall*, yang terdiri dari lima tahap yang terstruktur, yaitu analisis, desain, implementasi, pengujian dan pemeliharaan namun, dalam penelitian ini tidak akan dilanjutkan hingga tahap pemeliharaan. Kakas pemodelan yang digunakan juga termasuk pemrograman terstruktur, seperti *Flowchart* dan *Data Flow Diagram* versi *Yourdon* dan *DeMarco* (DFD), untuk menggambarkan berbagai aspek sistem secara visual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* pada sistem pakar ini telah berhasil diterapkan dengan baik, dengan nilai evaluasi *Mean Square Error* sebesar 0.0033. Sistem ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam mendukung upaya pencegahan dan penanganan dini penyakit lambung, serta meningkatkan kesadaran pengguna terhadap pentingnya menjaga kesehatan lambung.

**Kata Kunci** – Sistem Pakar, Penyakit Lambung, *Forward Chaining*, *Certainty Factor*.

## I. PENDAHULUAN

Kesehatan tubuh manusia merupakan salah satu aspek penting [1] dalam kehidupan setiap orang. Berbagai macam jenis penyakit dapat dengan mudah menyerang tubuh seseorang ketika kesehatan tubuhnya tidak dijaga dengan baik. Salah satu organ tubuh yang rentan terhadap penyakit adalah lambung [2]. Lambung merupakan bagian dari saluran pencernaan yang berperan dalam pencernaan karbohidrat dan protein, menghasilkan asam

klorida dan enzim pepsin, membentuk kimus, dan mengatur aliran makanan ke usus kecil [3]. Beberapa penyakit yang menyerang lambung adalah *Sindrom Dispepsia*, *Gastroesophageal Reflux Disease* (GERD), *Gastritis* [2], *Gastroenteritis*, *Gastroparesis*, *Polip Lambung*, *Tukak Lambung*, dan *Kanker Lambung* [4]. Penyakit-penyakit tersebut dapat disebabkan oleh peningkatan asam lambung, infeksi bakteri *Helicobacter pylori*, faktor genetik, pola makan tidak sehat, pola tidur tidak teratur, dan kondisi medis tertentu yang mempengaruhi kinerja fungsi lambung [2]. Beberapa faktor tersebut sering kali diabaikan sehingga berpotensi menimbulkan gejala-gejala, seperti perut kembung, nyeri pada ulu hati, tidak nafsu makan, pusing, dan mual serta muntah [5].

Meskipun, penyakit lambung ini sering kali tidak dianggap sebagai penyakit serius yang memerlukan penanganan segera [6] namun, berdasarkan data yang diambil dari Badan Pusat Statistik Kota Manado, pada tahun 2020 penyakit *Gastritis* menempati posisi ke-4 sebagai kasus terbanyak di Kota Manado dengan jumlah kasus yang tercatat sebanyak 7.846 kasus [7]. Selain itu pada masa pemilihan umum tahun 2024, terdapat 3.792 petugas pemilu yang dirawat di fasilitas kesehatan karena mengidap berbagai penyakit dan salah satunya adalah penyakit lambung, akibat kelelahan dan beban kerja yang berlebihan [8]. Data tersebut menunjukkan bahwa penyakit lambung tidak bisa lagi dianggap remeh.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kurangnya perhatian terhadap kesehatan lambung disebabkan oleh keengganan untuk memeriksakan diri ke dokter [1]. Kebiasaan hidup yang tidak sehat juga dapat menjadi faktor penyebab munculnya gejala penyakit lambung [1]. Gejala tersebut sering kali diabaikan, menyebabkan kondisi menjadi lebih serius [9] dan penderita kesulitan untuk mengetahui jenis penyakit karena gejala yang bermacam-macam [1]. Berdasarkan uraian masalah tersebut, kemajuan teknologi saat ini dapat menjadi solusi untuk membantu dalam mendeteksi dini suatu penyakit dan memberikan cara pencegahan serta penanganannya [4].

Salah satu contoh teknologi yang dapat digunakan adalah sistem pakar [9]. Sistem pakar merupakan suatu program kecerdasan buatan yang dibuat untuk menyimpan ilmu pengetahuan dan memberikan solusi layaknya seorang pakar [10]. Sistem ini dapat membantu pengguna dalam mendiagnosis penyakit lambung dan memberikan informasi

cara penanganannya [9]. Dalam pembuatan sistem pakar, metode yang akan digunakan adalah metode *Forward Chaining* dan metode *Certainty Factor* (CF). Metode *Forward Chaining* merupakan pendekatan penalaran yang dimulai dengan mempertimbangkan fakta-fakta yang ada untuk mencapai suatu konklusi [11], dalam hal ini merujuk pada hasil diagnosis awal. Sedangkan metode *Certainty Factor* (CF) adalah nilai untuk mengukur keyakinan pakar [11]. Dengan menggabungkan informasi dari metode *Forward Chaining* dan mengukur tingkat keyakinan pakar terhadap informasi tersebut menggunakan metode *Certainty Factor*, sistem berpotensi untuk memberikan diagnosis yang lebih akurat dan juga sesuai.

Berdasarkan uraian di atas, akan dibuat sistem pakar untuk mendiagnosis awal penyakit lambung menggunakan metode *forward chaining* dan *certainty factor*. Sistem yang dibuat diharapkan dapat berguna untuk memberikan diagnosis awal penyakit lambung yang sesuai serta memberikan penanganan awal yang tepat bagi penggunaannya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### *Lambung*

Lambung adalah bagian dari saluran pencernaan yang berfungsi sebagai tempat pencampuran makanan serta sebagai reservoir penampungan. Lambung menerima makanan dari kerongkongan dan menggilingnya untuk dicampur dengan cairan lambung. Lambung memulai proses pencernaan karbohidrat dan protein, mengubah makanan menjadi kimus, dan mengirimkannya ke usus kecil secara berkala untuk pencernaan selanjutnya. Lambung memiliki empat wilayah utama, yaitu kardia, fundus, badan, dan bagian pilorus. Lambung dapat menampung makanan dalam jumlah besar dan memiliki lapisan mukosa yang berubah menjadi lipatan saat kosong. Lambung mencerna makanan secara kimia dan mekanis, menghasilkan kimus yang akan dicerna lebih lanjut di usus halus. Gerakan peristaltik lambung mencampur makanan dengan cairan lambung dan menghantarkannya ke usus halus secara bertahap [3]. Terdapat beberapa jenis penyakit yang dapat menyerang organ lambung, yaitu Sindrom Dispepsia, Gastritis, Gastroesophageal Reflux Disease (GERD), Gastroparesis, Gastroenteritis, Polip Lambung, Tukak Lambung dan Kanker Lambung.

### *Sistem Pakar*

Sistem pakar merupakan sistem yang bertujuan untuk meniru kemampuan penalaran dan pengambilan keputusan manusia dalam suatu bidang pengetahuan tertentu. Mesin inferensi adalah inti sistem ini dan merupakan komponen program komputer yang bertugas memproses informasi dan menghasilkan kesimpulan [12]. Konsep utama sistem pakar termasuk:

1. Keahlian (*Expertise*): mencakup pengetahuan yang berkaitan dengan domain tertentu, seperti fakta, teori, aturan, dan strategi global. Pengetahuan ini dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti pengalaman langsung, pelatihan, atau literatur.

2. Pakar (*Expert*): yang memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam suatu bidang tertentu. Mereka dapat mengenali, merumuskan, memecahkan masalah, dan menjelaskan konsep-konsep yang kompleks.
3. Pemindahan Keahlian (*Transferring Expertise*): Tujuan utama sistem pakar adalah untuk memasukkan pengetahuan pakar manusia ke dalam komputer sehingga orang lain yang bukan pakar dapat menggunakannya.
4. Penarikan Kesimpulan (*Inferencing*): Dengan menggunakan proses penalaran yang diprogram dalam Mesin Inferensi, sistem pakar dapat mencapai penarikan kesimpulan atau pemecahan masalah menggunakan apa yang mereka ketahui.
5. Aturan (*Rule*): Informasi tentang hubungan antara berbagai kondisi (*premises*) dan tindakan yang harus diambil (*conclusions*) dalam suatu bidang sering ditunjukkan dalam sistem pakar dalam bentuk aturan atau rule.
6. Kemampuan Menjelaskan: Sistem pakar memiliki kemampuan untuk menjelaskan mengapa mereka membuat saran atau solusi. Hal ini meningkatkan pemahaman pengguna tentang prinsip penalaran yang digunakan oleh sistem.

Keterbatasan pada domain tertentu, kemampuan untuk menangani data yang tidak pasti, kemampuan untuk menyampaikan alasan dengan cara yang dapat dipahami, ketergantungan pada aturan tertentu, desain yang dapat dikembangkan secara bertahap untuk meningkatkan akurasi, dan pemisahan antara pengetahuan dan mekanisme penalaran adalah karakteristik utama dari sistem pakar. Keluaran dari sistem pakar biasanya merupakan saran atau rekomendasi untuk tindakan yang harus dilakukan, bukan keputusan mutlak [12].

### *Forward Chaining*

Metode *forward chaining* menggunakan argumen berdasarkan fakta untuk sampai pada kesimpulan. Penalaran diuji satu per satu secara berurutan. Penalaran menangani masalah yang dimulai dari pencatatan informasi awal hingga penyelesaian akhir yang diinginkan. Dengan demikian, seluruh proses dilakukan secara berurutan [13]. Berikut ini adalah rumus metode *forward chaining* untuk membuat aturan-aturan berdasarkan *evidence* yang menghasilkan hipotesis [14].

$$IF e_1 [AND / OR], e_2 [AND / OR], \dots e_n THEN h \quad (1)$$

Berdasarkan rumus di atas,  $e_1 \dots e_n$  mengacu pada fakta-fakta (*evidence*) yang ada dan  $h$  mengacu pada hipotesis yang dihasilkan.

Berdasarkan penjelasan di atas, metode *forward chaining* dipilih karena metode ini bekerja dengan memulai dari gejala-gejala yang diberikan oleh pengguna dan kemudian menarik kesimpulan berdasarkan aturan-aturan yang ada. Proses ini cocok untuk diagnosis medis di mana pengguna menyebutkan gejala yang mereka alami, lalu sistem secara bertahap

mengevaluasi dan mencocokkannya dengan aturan-aturan penyakit yang telah didefinisikan.

### Certainty Factor

*Certainty Factor* (CF) adalah sebuah metode yang digunakan dalam sistem pakar untuk mengukur tingkat kepercayaan atau kepastian terhadap suatu fakta atau aturan berdasarkan bukti yang ada. CF pertama kali diperkenalkan oleh Shortliffe dan Buchanan pada tahun 1975 dalam pembuatan sistem pakar MYCIN. Sistem ini digunakan untuk mengidentifikasi penyebab infeksi bakteri dan merekomendasikan antibiotik yang sesuai [23].

CF digunakan untuk menggambarkan keyakinan pakar terhadap suatu hipotesis berdasarkan gejala atau bukti yang ada. Dalam konteks ini, CF membantu menangani ketidakpastian yang sering muncul dalam proses pengambilan keputusan medis atau diagnosis, di mana informasi yang tersedia mungkin tidak sepenuhnya pasti atau lengkap [15].

*Certainty Factor* dihitung dengan menggabungkan ukuran kepercayaan (*Measure of Belief*, MB) dan ketidakpercayaan (*Measure of Disbelief*, MD) terhadap suatu hipotesis H yang dipengaruhi oleh bukti E [25]. Untuk melakukan perhitungan menggunakan metode ini dibuat tabel yang menginterpretasikan penalaran dari pakar ke dalam nilai CF [13].

Tabel 1. Nilai CF

No.	Keterangan	Nilai CF
1.	Tidak Yakin	0
2.	Kurang Yakin	0,2
3.	Sedikit Yakin	0,4
4.	Cukup Yakin	0,6
5.	Yakin	0,8
6.	Sangat Yakin	1

Notasi dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut [16]:

a. Rumus dasar menghitung CF Pakar:

$$CF[H, E] = MB[H, E] - MD[H, E] \quad (2)$$

Berdasarkan rumus di atas, CF [H, E] mengacu pada *Certainty Factor* dari hipotesis H dengan bukti E. MB [H, E] mengacu pada ukuran kepercayaan terhadap hipotesis H jika diberikan bukti E ( $0 \leq MB \leq 1$ ) dan MD [H, E] mengacu pada ukuran ketidakpercayaan terhadap hipotesis H jika diberikan bukti E ( $0 \leq MD \leq 1$ ).

b. *Certainty Factor* untuk kaidah dengan premis/gejala Tunggal:

$$CF[H, E] = CF(E) \times CF(rule) = CF(user) \times CF(pakar) \quad (3)$$

c. *Certainty Factor* untuk kaidah dengan kesimpulan yang serupa:

$$CF_{combine}(CF1, CF2) = CF1 + CF2 \times (1 - CF1) \quad (4)$$

d. Menghitung persentase *Certainty Factor* terhadap penyakit:

$$CF_{persentase} = CF_{combine} \times 100\% \quad (5)$$

Berdasarkan pengertian yang dijelaskan di atas, metode *Certainty Factor* dipilih karena mampu menangani ketidakpastian dalam proses diagnosis. Dalam dunia medis, sering kali tidak ada kepastian mutlak mengenai gejala atau diagnosis, dan CF memungkinkan sistem untuk memberikan hasil yang didasarkan pada tingkat keyakinan berdasarkan masukan dari pengguna. Dengan demikian, metode ini memberikan fleksibilitas dalam menentukan diagnosis, sesuai dengan keyakinan pengguna terhadap gejala yang dialaminya, yang mencerminkan realitas situasi klinis yang tidak selalu pasti.

### Mean Square Error

*Mean Square Error* (MSE) adalah salah satu metrik evaluasi yang sering digunakan dalam berbagai algoritma pembelajaran mesin termasuk dalam konteks sistem pakar yang menggunakan *Certainty Factor* (CF). MSE mengukur rata-rata kuadrat perbedaan antara nilai prediksi yang dihasilkan oleh model dan nilai sebenarnya. Semakin kecil nilai MSE, semakin akurat prediksi model [17].

1. Rumus *Mean Square Error* (MSE)

Rumus MSE adalah sebagai berikut [17]:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (6)$$

Berdasarkan rumus di atas, n mengacu pada jumlah data atau sampel,  $y_i$  mengacu pada nilai sebenarnya pada sampel ke-i dan  $\hat{y}_i$  adalah nilai prediksi pada sampel ke-i.

2. Rentang Nilai MSE [17]:

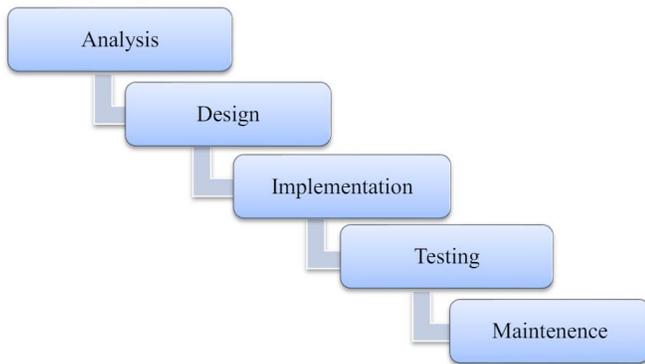
- MSE = 0: Ini adalah nilai terendah dan menunjukkan bahwa prediksi sistem pakar tepat sama dengan nilai aktual.
- MSE > 0 dan MSE < 0.1: Dianggap sebagai MSE rendah dalam konteks CF karena nilai CF maksimal adalah 1. Jika MSE berada dalam kisaran ini, metode yang diterapkan memiliki performa yang baik.
- MSE > 0.1 dan < 0.25: Ini mungkin menunjukkan bahwa ada kesalahan dalam prediksi, tetapi masih bisa dianggap moderat.
- MSE > 0.25: Biasanya dianggap tinggi dalam konteks CF, menunjukkan bahwa perbedaan antara prediksi dan nilai aktual cukup signifikan.

Berdasarkan uraian di atas, penggunaan *Mean Square Error* (MSE) sebagai metode evaluasi dalam sistem pakar yang menggunakan metode *Certainty Factor* memberikan keunggulan dalam mengukur akurasi dan kualitas prediksi sistem pakar.

## III. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan untuk pengembangan perangkat lunak dalam mengimplementasikan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* pada Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung adalah metodologi *Waterfall*. Metodologi *Waterfall* merupakan metode dengan pendekatan

pengembangan perangkat lunak yang terstruktur dengan mengikuti 5 tahapan metodologi [18].



Gambar 1. Tahapan Metodologi Waterfall [19]

Berikut ini merupakan uraian dari 5 (lima) tahapan yang ada dalam metodologi *Waterfall*.

#### 1. *Analysis*

Tahap analisis dikenal sebagai Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak yang menjelaskan tentang kebutuhan perangkat lunak yang akan dikembangkan. Pada tahap ini akan ditentukan kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang bertujuan untuk mendapatkan informasi serta persyaratan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan target pengguna berdasarkan rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini [19].

#### 2. *Design*

Pada tahap ini akan dibuat perancangan alur sistem, perancangan alur data dan membuat desain tampilan antarmuka aplikasi yang akan dibuat. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan yang dibuat telah sesuai dengan persyaratan yang ada pada tahap sebelumnya [19].

#### 3. *Implementation*

Pada tahap ini akan mengimplementasikan metode *forward chaining* dan *certainty factor* pada Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung berdasarkan tahap desain sebelumnya. Tahap ini bertujuan untuk merealisasikan rancangan yang telah dibuat [19].

#### 4. *Testing*

Tahap ini juga dikenal sebagai verifikasi dan validasi yang mencakup proses pemeriksaan dengan harapan perangkat lunak memenuhi kinerja dan spesifikasi asli dan memenuhi tujuan yang dimaksudkan. Verifikasi mengacu pada proses di mana evaluasi perangkat lunak dilakukan untuk menentukan apakah produk pada tahap yang diberikan memenuhi kondisi yang ada pada awalnya. Validasi, di sisi lain, mengacu pada proses evaluasi perangkat lunak selama dan pada akhir proses pengembangan untuk menemukan bahwa perangkat lunak memenuhi persyaratan yang ditentukan. Pada tahap ini akan menguji dan menemukan kesalahan sistem untuk diperbaiki sesuai dengan kebutuhan dari penelitian ini [19].

#### 5. *Maintenance*

Pada tahap ini aplikasi yang telah melewati tahap uji coba, selanjutnya akan dipelihara untuk tetap menjaga fungsionalitas aplikasi berjalan sesuai dengan alur kerja yang telah dibuat. Dalam tahap ini juga dapat dilakukan peningkatan aplikasi

lebih lanjut dengan melakukan update pada fungsi-fungsi atau menambahkan fitur-fitur lain sebagai pengembangan dari aplikasi yang telah dibuat sebelumnya namun, dalam penelitian ini tidak akan dilanjutkan hingga tahap ini [19].

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. *Analysis*

Metode yang akan diterapkan dalam sistem pakar yang akan dibuat adalah *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* untuk membuat aturan dan melakukan diagnosis penyakit. Kedua metode ini dipilih karena memungkinkan sistem untuk memeriksa gejala secara bertahap dan menghitung tingkat kepastian diagnosis berdasarkan gejala yang diberikan. Metode *certainty factor* mampu untuk mengevaluasi kepastian diagnosis berdasarkan bukti gejala sehingga dapat membantu dalam mengurangi bias subjektif yang mungkin muncul dalam proses diagnosis oleh manusia. Selain itu, aturan-aturan *forward chaining* dan nilai *certainty factor* dapat dengan mudah dibaca dan dimengerti oleh ahli kedokteran sehingga memungkinkan partisipasi aktif dalam pengembangan dan validasi sistem pakar.

#### 1. Analisis Data

Berdasarkan tujuan penelitian ini, maka data yang diperlukan adalah jenis-jenis penyakit lambung, gejala dari setiap jenis penyakit lambung, dan solusi yang diperoleh dari hasil wawancara dengan dokter spesialis gastroenterologi sebagai pakar penyakit lambung. Selain itu, diperlukan juga data pasien untuk melakukan pengujian dari sistem pakar yang akan dibuat. Berikut ini menyajikan data yang telah direkapitulasi berdasarkan hasil wawancara dengan pakar penyakit lambung.

Tabel 2. Sindrom dan Jenis Penyakit Lambung

No.	Kode Penyakit	Nama Penyakit
1.	P01	Sindrom Dispepsia
2.	P02	Gastritis
3.	P03	<i>Gastrophageal Reflux Disease (GERD)</i>
4.	P04	<i>Gastroparesis</i>
5.	P05	Gastroenteritis
6.	P06	Polip Lambung
7.	P07	Tukak Lambung
8.	P08	Kanker Lambung

Diperoleh 1 sindrom dan 7 jenis penyakit lambung yang umum terjadi, tiap-tiap jenis penyakit berinisial kode P01 hingga P08, seperti yang terlihat pada tabel di atas. Selanjutnya diperoleh data gejala-gejala dari setiap jenis penyakit lambung yang dirangkum dalam tabel di bawah ini. Data-data ini diperoleh dari pakar penyakit lambung yang telah diwawancarai sebelumnya.

Tabel 3. Data Gejala

No.	Kode Gejala	Nama Gejala
1.	G01	Mual
2.	G02	Muntah
3.	G03	Perut kembung
4.	G04	Cepat merasa kenyang
5.	G05	Nyeri pada ulu hati
6.	G06	Tidak nafsu makan
7.	G07	Rasa terbakar di tenggorokan
8.	G08	Perut terasa panas
9.	G09	Penurunan berat badan tanpa alasan yang jelas
10.	G10	Sulit menelan
11.	G11	Dada terasa panas ( <i>heartburn</i> ) terutama saat setelah makan atau saat berbaring
12.	G12	Naiknya makanan atau cairan asam dari lambung ke mulut
13.	G13	Kenyang dalam waktu yang lama setelah makan
14.	G14	Kondisi tubuh lemah
15.	G15	Sering diare
16.	G16	Nyeri pada perut
17.	G17	Mulas
18.	G18	Sulit menarik napas
19.	G19	Cegukan
20.	G20	BAB dengan tinja berwarna hitam atau berdarah
21.	G21	Muntah darah
22.	G22	Demam
23.	G23	Keram perut
24.	G24	Radang tenggorokan
25.	G25	Anemia
26.	G26	Rasa pahit atau asam di mulut
27.	G27	Suara serak
28.	G28	Kerusakan gigi karena terkena asam lambung
29.	G29	Bau mulut
30.	G30	Pembengkakan pada perut
31.	G31	Memiliki riwayat penyakit keluarga yang serius (penyakit lambung, diabetes, kanker, dsb.)

Terdapat 31 gejala yang dapat ditimbulkan dari 1 sindrom dan 7 jenis penyakit lambung yang ada pada Tabel 2. Gejala-gejala tersebut berinisial G01 hingga G31, seperti yang terlihat pada Tabel 3.

2. Tahap Perhitungan Metode

Pada bagian ini akan diuraikan tahap-tahap perhitungan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*.

a. Pengelompokkan Gejala

Pada tahap ini seluruh gejala yang telah dikumpulkan sebelumnya akan dikelompokkan ke dalam jenis penyakitnya masing-masing, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Pengelompokkan Gejala

	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
G01	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
G02	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
G03	✓	✓		✓			✓	✓
G04	✓	✓		✓			✓	✓
G05	✓	✓		✓			✓	✓
G06	✓	✓		✓	✓		✓	✓
G07			✓					
G08		✓						
G09	✓	✓					✓	✓
G10			✓	✓				
G11			✓					✓
G12			✓					
G13				✓				
G14		✓						✓
G15					✓			
G16		✓		✓	✓	✓		✓
G17		✓						✓
G18			✓					
G19		✓						
G20		✓					✓	✓
G21		✓		✓			✓	✓
G22				✓				
G23					✓			
G24			✓					
G25	✓	✓						✓
G26			✓					
G27			✓					
G28			✓					
G29			✓					
G30								✓
G31				✓		✓	✓	✓

b. Pembentukan *Rule* dengan Metode *Forward Chaining*

Pada tahap ini akan dilakukan pembentukan *rule* atau aturan-aturan yang akan ditetapkan menggunakan metode *forward chaining* untuk mendiagnosis penyakit lambung. Berdasarkan data jenis penyakit dan data gejala penyakit lambung, maka dibuat *rule*, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Pembentukan Rule

No.	Rules
1.	IF G01 AND G03 AND G05 OR G02 OR G04 OR G06 OR G09 OR G25 THEN SINDROM DISPEPSIA
2.	IF G05 AND G08 AND G14 AND G16 OR G01 OR G02 OR G03 OR G04 OR G06 OR G09 OR G17 OR G19 OR G20 OR G21 OR G25 THEN GASTRITIS
3.	IF G07 AND G11 AND G12 OR G01 OR G02 OR G10 OR G18 OR G24 OR G26 OR G27 OR G28 OR G29 THEN GERD
4.	IF G04 AND G13 AND G16 OR G01 OR G02 OR G03 OR G05 OR G06 OR G10 OR G21 OR G22 OR G31 THEN GASTROPARESIS
5.	IF G15 AND G16 AND G23 OR G01 OR G02 OR G06 THEN GASTROENTERITIS

No.	Rules
6.	IF G01 AND G02 AND G16 AND G31 THEN POLIP LAMBUNG
7.	IF G05 AND G06 AND G20 OR G01 OR G02 OR G03 OR G04 OR G09 OR G21 OR G31 THEN TUKAK LAMBUNG
8.	IF G06 AND G09 AND G14 AND G16 AND G30 OR G01 OR G02 OR G03 OR G04 OR G05 OR G11 OR G17 OR G20 OR G21 OR G25 OR G31 THEN KANKER LAMBUNG

c. Pemberian Nilai *Certainty Factor* oleh Pakar

Pada tahap ini pakar perlu memberikan nilai *Measure of Belief* (MB) dan *Measure of Disbelief* (MD) terhadap hipotesis H jika diberikan bukti E berupa gejala penyakit lambung. Berikut ini merupakan tabel yang menginterpretasikan penilaian keyakinan pakar terhadap suatu gejala:

Tabel 6. Nilai CF Pakar

<i>Measure of Belief</i>	<i>Measure of Disbelief</i>
0 : Tidak ada keyakinan sama sekali	0 : Tidak ada ketidak-yakinan sama sekali
0.2 : Keyakinan sangat rendah	0.2 : Ketidak-yakinan sangat rendah
0.4 : Keyakinan rendah	0.4 : Ketidak-yakinan rendah
0.6 : Keyakinan sedang	0.6 : Ketidak-yakinan sedang
0.8 : Keyakinan tinggi	0.8 : Ketidak-yakinan tinggi
1 : Keyakinan penuh	1 : Ketidak-yakinan penuh

d. Pemilihan Gejala dan Pemberian Nilai  $CF_{user}$

Pada tahap ini pengguna dapat memilih gejala-gejala yang dialami kemudian memberikan nilai *Certainty Factor* pada setiap gejala yang dipilihnya. Pengguna diberikan pilihan jawaban dengan masing-masing memiliki bobot sebagai berikut:

- Kurang Yakin = 0.2
- Sedikit Yakin = 0.4
- Cukup Yakin = 0.6
- Yakin = 0.8
- Sangat Yakin = 1

Hasil persentase keyakinan akan semakin tinggi jika pengguna semakin yakin bahwa gejala tersebut memang dialami. Misalkan dipilih beberapa gejala, seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Gejala Terpilih

No.	Kode Gejala	Nama Gejala	Jawaban	Nilai $CF_{user}$
1.	G01	Mual	Yakin	0.8
2.	G02	Muntah	Yakin	0.8
3.	G03	Perut kembung	Sedikit Yakin	0.4
4.	G05	Nyeri pada ulu hati	Cukup Yakin	0.6
5.	G06	Tidak nafsu makan	Sedikit Yakin	0.4

No.	Kode Gejala	Nama Gejala	Jawaban	Nilai $CF_{user}$
6.	G17	Mulas	Cukup Yakin	0.6

e. Evaluasi Metode *Forward Chaining*

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi aturan *Forward Chaining* yang telah dibuat sebelumnya dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil evaluasi yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat 1 aturan yang memenuhi gejala yang dipilih sehingga dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya untuk perhitungan metode *Certainty Factor*.

Tabel 8. Hasil Evaluasi Rule *Forward Chaining*

No.	Rules
1.	IF <b>G01 AND G03 AND G05</b> OR G02 OR G04 OR G06 OR G09 OR G25 THEN SINDROM DISPEPSIA
2.	IF <b>G05 AND G08 AND G14 AND G16</b> OR G01 OR G02 OR G03 OR G04 OR G06 OR G09 OR G17 OR G19 OR G20 OR G21 OR G25 THEN GASTRITIS
3.	IF <b>G07 AND G11 AND G12</b> OR G01 OR G02 OR G10 OR G18 OR G24 OR G26 OR G27 OR G28 OR G29 THEN GERD
4.	IF <b>G04 AND G13 AND G16</b> OR G01 OR G02 OR G03 OR G05 OR G06 OR G10 OR G21 OR G22 OR G31 THEN GASTROPARESIS
5.	IF <b>G15 AND G16 AND G23</b> OR G01 OR G02 OR G06 THEN GASTROENTERITIS
6.	IF <b>G01 AND G02 AND G16 AND G31</b> THEN POLIP LAMBUNG
7.	IF <b>G05 AND G06 AND G20</b> OR G01 OR G02 OR G03 OR G04 OR G09 OR G21 OR G31 THEN TUKAK LAMBUNG
8.	IF <b>G06 AND G09 AND G14 AND G16 AND G30</b> OR G01 OR G02 OR G03 OR G04 OR G05 OR G11 OR G17 OR G20 OR G21 OR G25 OR G31 THEN KANKER LAMBUNG

Keterangan:

- **Highlight Kuning** = Gejala utama dengan relasi AND.
- Teks *Bold* = Gejala yang dipilih.
- Teks Hijau = Gejala yang dipilih memenuhi aturan dengan relasi AND.

f. Perhitungan Metode *Certainty Factor*

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan menggunakan metode *Certainty Factor* (CF). Perhitungan persentase keyakinan dimulai dengan memecah sebuah *rule* yang memiliki banyak premis menjadi satu *rule*. Selanjutnya, CF masing-masing *rule* dihitung sehingga nilai CF masing-masing *rule* dapat digabungkan setelah diperoleh.

Tabel 9. Rules dengan Premis Tunggal

No.	CF [H, E]	Rules
1.	1.1	IF G01 THEN SINDROM DISPEPSIA
	1.2	IF G02 THEN SINDROM DISPEPSIA

No.	CF [H, E]	Rules
1.3		IF G03 THEN SINDROM DISPEPSIA
1.4		IF G04 THEN SINDROM DISPEPSIA
1.5		IF G05 THEN SINDROM DISPEPSIA
1.6		IF G06 THEN SINDROM DISPEPSIA
1.7		IF G09 THEN SINDROM DISPEPSIA
1.8		IF G25 THEN SINDROM DISPEPSIA

Rules tersebut selanjutnya akan dihitung nilai CF nya dengan mengalikan  $CF_{user}$  dan  $CF_{pakar}$  menggunakan rumus (3), yaitu:

$$CF [H, E] = CF(E) \times CF(rule) = CF(user) \times CF(pakar)$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus di atas:

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai  $CF_{user}$  dan  $CF_{pakar}$

$CF_{1.1} = CF(G01) \times CF(rule) = 0.8 \times 1 = 0.8$
$CF_{1.2} = CF(G02) \times CF(rule) = 0.8 \times 1 = 0.8$
$CF_{1.3} = CF(G03) \times CF(rule) = 0.4 \times 1 = 0.4$
$CF_{1.4} = CF(G04) \times CF(rule) = 0 \times 1 = 0$
$CF_{1.5} = CF(G05) \times CF(rule) = 0.6 \times 1 = 0.6$
$CF_{1.6} = CF(G06) \times CF(rule) = 0.4 \times 0.8 = 0.32$
$CF_{1.7} = CF(G09) \times CF(rule) = 0 \times 0.8 = 0$
$CF_{1.8} = CF(G25) \times CF(rule) = 0 \times 1 = 0$

Kombinasikan nilai CF dengan menggunakan rumus (4), yaitu:

$$CF_{combine} (CF_1, CF_2) = CF_1 + CF_2 \times (1 - CF_1)$$

$$CF_{combine} (CF_{old}, CF_3) = CF_{old} + CF_3 \times (1 - CF_{old})$$

Kemudian, hitung persentase keyakinan menggunakan rumus (5), yaitu:

$$CF_{persentase} = CF_{combine} \times 100\%$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan kombinasi nilai CF dan hasil persentase keyakinan menggunakan rumus di atas:

Tabel 11. Hasil Perhitungan Kombinasi

$CF_{combine} (CF_{1.1}, CF_{1.2}) = 0.8 + 0.8 \times (1 - 0.8) = 0.96$
$CF_{combine} (CF_{old}, CF_{1.3}) = 0.96 + 0.4 \times (1 - 0.96) = 0.976$
$CF_{combine} (CF_{old}, CF_{1.4}) = 0.976 + 0 \times (1 - 0.976) = 0.976$
$CF_{combine} (CF_{old}, CF_{1.5}) = 0.976 + 0.6 \times (1 - 0.976) = 0.990$
$CF_{combine} (CF_{old}, CF_{1.6}) = 0.990 + 0.32 \times (1 - 0.99) = 0.993$
$CF_{combine} (CF_{old}, CF_{1.7}) = 0.993 + 0 \times (1 - 0.993) = 0.993$
$CF_{combine} (CF_{old}, CF_{1.8}) = 0.993 + 0 \times (1 - 0.993) = 0.993$
$CF_{persentase} = CF_{combine} \times 100\%$
$= 0.993 \times 100\%$
<b><math>= 99.3\%</math> Sindrom Dispepsia</b>

g. Analisis Hasil Diagnosis Awal Penyakit Lambung

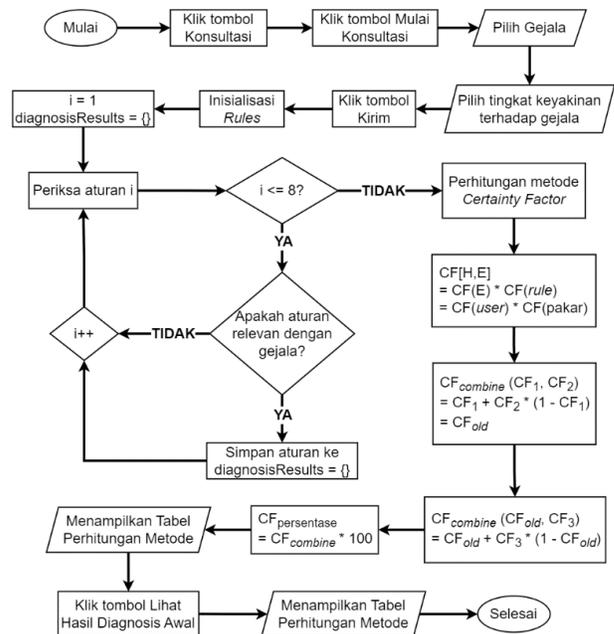
Setelah menyelesaikan semua tahap perhitungan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan hasil diagnosis awal. Dari 6 gejala yang dipilih sebelumnya diperoleh hasil diagnosis awal Sindrom Dispepsia dengan persentase keyakinan, yaitu 99.3%.

B. Design

Pada bagian ini akan membahas tentang hasil rancangan sistem pakar diagnosis awal penyakit lambung dengan mengikuti langkah dari metode *Waterfall*, yaitu *Design*.

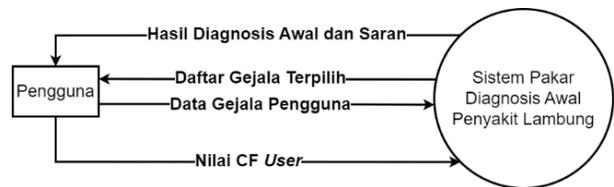
1. Pemodelan Sistem

Dalam memodelkan sistem pakar diagnosis awal penyakit lambung, digunakan diagram pemodelan terstruktur, yaitu *Flowchart* untuk memodelkan alur kerja sistem dan *Data Flow Diagram (DFD)* untuk memodelkan alur data.



Gambar 2. Flowchart Diagnosis Awal Penyakit Lambung

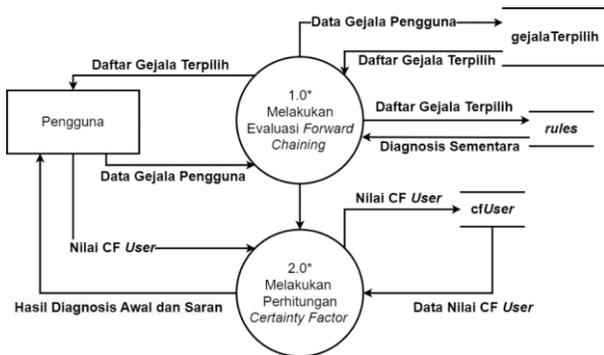
*Flowchart* di atas menggambarkan alur kerja dari sebuah Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung yang menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor (CF)* untuk melakukan diagnosis awal penyakit lambung.



Gambar 3. DFD Level 0

Diagram DFD *Level 0* pada gambar di atas menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem pakar untuk diagnosis awal penyakit lambung. Terdapat 2 *input/output (I/O)* yang digambarkan pada alur data diatas. Pada

I/O pertama pengguna akan memasukkan data gejala pengguna dan sistem akan memberikan *output* kepada pengguna berupa daftar gejala terpilih. Pada I/O kedua, pengguna akan memberikan nilai *CF user* (nilai keyakinan pengguna terhadap gejala yang dipilih) dan sistem akan memberikan *output* berupa hasil diagnosis awal dan saran penanganan serta saran pencegahan penyakit lambung yang kemungkinan dialami pengguna.



Gambar 4. DFD Level 1

Pada Gambar 5 memberikan gambaran yang lebih jelas untuk proses yang terjadi dalam Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung. Terdapat 2 proses utama yang terjadi, yaitu proses melakukan evaluasi *forward chaining* dan proses melakukan perhitungan *certainty factor*. Proses yang pertama terjadi ketika pengguna sudah memilih gejala, maka gejala tersebut akan disimpan dalam variabel gejalaTerpilih kemudian memberikan *output* berupa daftar gejala terpilih. Daftar gejala terpilih itu akan dilakukan pengecekan terhadap data yang ada dalam variabel *rules* untuk menghasilkan diagnosis sementara.

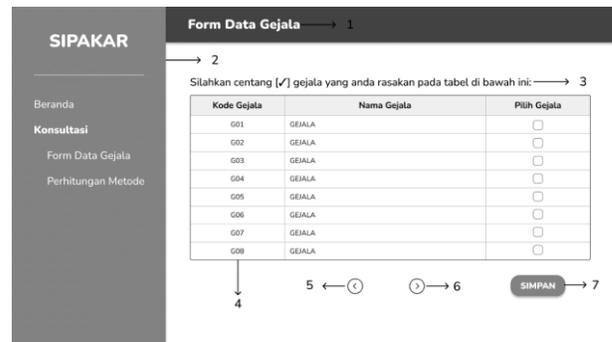
Setelah proses pertama selesai, sistem melanjutkan ke proses kedua. Pada tahap ini, sistem menghitung *CF* berdasarkan *input* dari pengguna dan pengetahuan yang ada di dalam sistem. Data nilai *CFuser* yang telah diperoleh sebelumnya digunakan untuk mengukur tingkat keyakinan dari diagnosis sementara yang sudah terbentuk. Hasil akhir dari proses perhitungan ini kemudian dikembalikan kepada pengguna dalam bentuk hasil diagnosis awal dan saran penanganan serta saran pencegahan penyakit lambung.

## 2. Desain Antarmuka Aplikasi

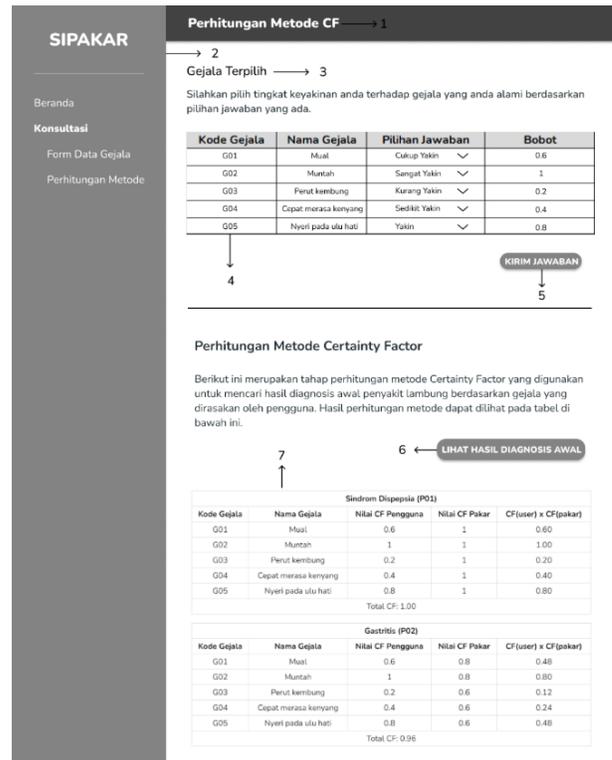
Berikut ini merupakan desain antarmuka pengguna dari sistem pakar yang akan dibuat.



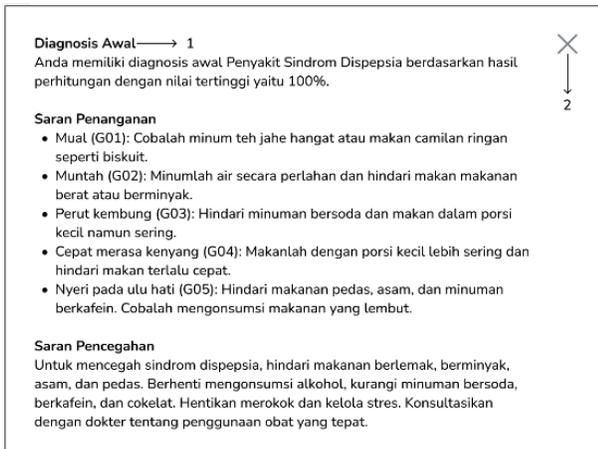
Gambar 5. Desain Halaman Pengantar Konsultasi



Gambar 6. Desain Halaman Formulir Data Gejala



Gambar 7. Desain Halaman Perhitungan Metode



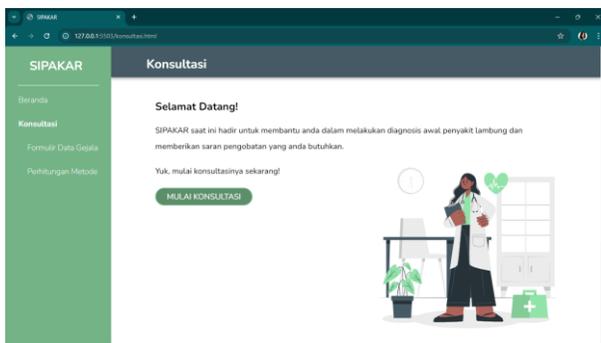
Gambar 8. Desain Tampilan *Pop-up* Hasil Diagnosis Awal

### C. Implementation

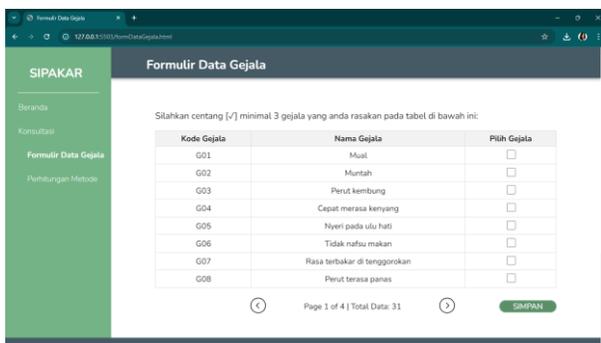
Pada bagian ini, akan membahas tahapan ketiga dari metode *Waterfall*, yaitu *Implementation*. Fokus utama pada tahap ini adalah menerapkan hasil analisis dan rancangan yang telah disusun sebelumnya.

#### 1. Implementasi Antarmuka Aplikasi

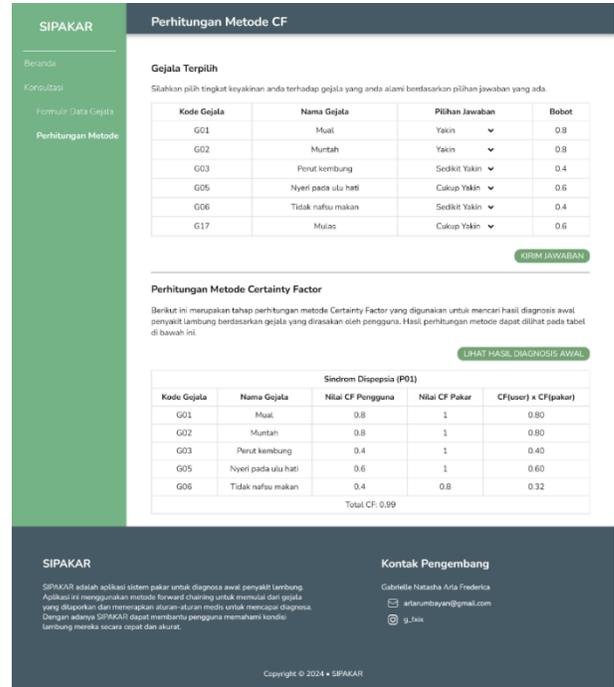
Pada bagian ini berisi hasil implementasi dari perancangan yang dibuat pada bab sebelumnya. Berikut ini merupakan tampilan antarmuka dari aplikasi SIPAKAR yang telah dibuat.



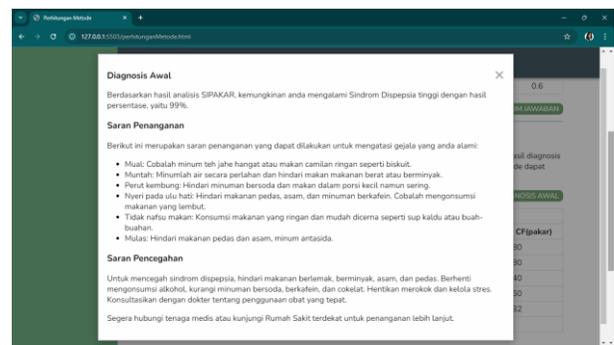
Gambar 9. Tampilan Pengantar Konsultasi



Gambar 10. Tampilan Formulir Data Gejala



Gambar 11. Tampilan Perhitungan Metode



Gambar 12. Tampilan *Pop-up* Hasil Diagnosis Awal

### D. Testing

Pada bagian ini, akan membahas tahapan keempat dari metode *Waterfall*, yaitu *Testing*. Fokus utama pada tahap ini adalah menguji hasil implementasi dari rancangan yang telah disusun sebelumnya.

#### 1. Pelaksanaan Pengujian

Berikut ini merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan metode *blackbox testing*.

Tabel 12. Hasil Blackbox Testing

No	Kasus Uji	Hasil Aktual
1.	Halaman <i>Landing Page</i>	a. Sistem dapat menampilkan halaman beranda <i>landing page</i> dengan baik. b. Tombol Konsultasi dapat mengarahkan pengguna ke halaman pengantar Konsultasi.

No	Kasus Uji	Hasil Aktual
2.	Halaman Pengantar Konsultasi	a. Tampilan halaman pengantar Konsultasi sesuai dengan tampilan yang direncanakan. b. Tombol Mulai Konsultasi dapat mengarahkan pengguna ke halaman Formulir Data Gejala.
3.	Halaman Formulir Data Gejala	a. Tampilan halaman Formulir Data Gejala sesuai dengan tampilan yang direncanakan. b. Tombol navigasi kiri dan kanan dapat menampilkan halaman tabel yang sesuai dengan <i>pagination info</i> yang tertera. c. Sistem dapat menampilkan pesan jika gejala yang dipilih belum mencapai minimal 3 gejala. d. Sistem dapat menampilkan pesan jika gejala yang dipilih berhasil disimpan.
4.	Halaman Perhitungan Metode	a. Sistem dapat menampilkan daftar gejala sesuai dengan gejala yang dipilih oleh pengguna. b. Sistem dapat menampilkan pesan peringatan jika pengguna mengirim jawaban dengan bobot 0. c. Pengguna dapat memilih jawaban dan sistem menampilkan bobot yang sesuai. d. Sistem dapat menampilkan bagian Perhitungan Metode <i>Certainty Factor</i> saat pengguna menekan tombol Kirim Jawaban. e. Sistem dapat mengevaluasi gejala yang dipilih pengguna dengan aturan <i>forward chaining</i> yang ditetapkan. f. Sistem dapat mengambil nilai CF <i>user</i> berdasarkan bobot jawaban yang dipilih oleh pengguna. g. Sistem dapat mengambil nilai CF pakar yang sesuai berdasarkan gejala dan penyakitnya. h. Sistem dapat memberikan hasil perhitungan metode CF yang tepat berdasarkan rumus yang digunakan pada fase analisa. i. Sistem dapat menampilkan hasil diagnosis awal dengan saran penanganan dan saran pencegahan yang sesuai pada hasil perhitungan metode CF. j. Secara keseluruhan aplikasi SIPAKAR dapat dijalankan pada <i>browser</i> Google Chrome versi 127.0.6533.120.

2. Evaluasi *Mean Square Error*

Pada tahap ini hasil perhitungan CF yang diperoleh akan dievaluasi menggunakan metode *Mean Square Error* (MSE) untuk mengukur rata-rata kuadrat kesalahan antara total nilai CF dan nilai aktual yang diberikan oleh pakar. Langkah-langkah evaluasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Rata-rata seluruh perbedaan kuadrat

Untuk setiap data *i*, hitung selisih antara nilai aktual dan prediksi, lalu kuadratkan selisih tersebut dengan rumus (7), yaitu:

$$(y_i - \hat{y}_i)^2$$

Tabel 13. Hasil Perhitungan Perbedaan Kuadrat

Kode Penyakit	CF Prediksi	CF Aktual	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
P01	0.99	1	0.0001
P02	0.95	1	0.0025
P03	0.93	0.99	0.0036
P04	0.90	0.99	0.0081
P05	0.90	0.99	0.0081
P06	0.95	0.98	0.0009
P07	0.93	0.99	0.0036
P08	0.99	1	0.0001

Total kesalahan:

$$0.0001 + 0.0025 + 0.0036 + 0.0081 + 0.0081 + 0.0009 + 0.0036 + 0.0001 = \mathbf{0.027}$$

Hitung rata-rata dari semua perbedaan kuadrat tersebut dengan rumus (6), yaitu:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Maka, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$MSE = \frac{0.027}{8} = \mathbf{0.0033}$$

MSE dari hasil perhitungan CF ini adalah 0.0033. Ini menunjukkan seberapa besar rata-rata kuadrat kesalahan antara nilai CF total yang dihitung menggunakan metode *Certainty Factor* dan nilai CF yang ditentukan oleh pakar. Berdasarkan rentang MSE yang dijelaskan pada Bab 2, hasil perhitungan yang diperoleh termasuk dalam rentang  $\leq 0.1$  yang berarti metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* yang diterapkan dapat bekerja dengan baik dengan menghasilkan nilai MSE yang rendah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan proses yang telah dilakukan untuk membuat Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung, diperoleh beberapa poin kesimpulan sebagai berikut:

1. Implementasi metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* pada Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung telah berhasil diterapkan dengan baik.
2. Sistem Pakar yang dibuat telah memenuhi setiap poin spesifikasi persyaratan.
3. Perhitungan metode *Certainty Factor* yang diterapkan telah memperoleh hasil evaluasi MSE yang baik, yaitu 0.0033.
4. Hasil diagnosis awal yang diberikan sesuai dengan aturan yang ditetapkan.

5. Pengguna dapat melihat saran penanganan yang sesuai dengan gejala yang dirasakan dan saran pencegahan dari kemungkinan penyakit yang diderita.

Terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Lambung yang lebih baik, yaitu:

1. Penambahan fitur lain, seperti untuk pengelolaan basis pengetahuan dan menyimpan riwayat hasil konsultasi.
2. Menambahkan syarat yang lebih spesifik pada metode *Forward Chaining*, seperti detail anamnesis dan riwayat penyakit sebelumnya.
3. Memperbaharui tampilan aplikasi dengan desain yang lebih baik untuk dipublikasikan secara *online (hosting)*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis G.F. mengucapkan terima kasih kepada Ibu Debby Paseru dan Bapak Michael Sumampouw yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam melaksanakan penelitian ini sehingga dapat selesai dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Yunita and M. Simanjuntak, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Lambung Metode Dempster Shafer," *J. Inform. Kaputama*, vol. 4, no. 2, pp. 165–174, 2020, doi: 10.59697/jik.v4i2.328.
- [2] U. Usiono and D. A. Putri, "Sistematik Literatur Review (SRL) Asam Lambung Naik," *Detect. J. Inov. Ris. Ilmu Kesehat.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–14, 2024.
- [3] K. Ramadhani and R. Widyaningrum, *Buku Ajar Dasar-Dasar Anatomi Dan Fisiologi Tubuh Manusia*, 1st ed. Yogyakarta: UAD PRESS, 2022.
- [4] R. Ardiansyah, F. Fauziah, and A. Ningsih, "Sistem Pakar Untuk Diagnosa Awal Penyakit Lambung Dempster-Shafer Berbasis Web," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 24, no. 3, pp. 9–13, 2019, doi: 10.58794/santi.v1i3.332.
- [5] S. Aminah, Saniman, and R. Mahyuni, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Asam Lambung Menggunakan Metode Teorema Bayes," *J. Cyber Tech*, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jct/article/view/2406%0A>.
- [6] D. M. Anjani, A. Safitri, and R. P. Sari, "Hubungan Pengetahuan dan Pola Makan Dengan Kejadian Penyakit Gastritis Pada Remaja Di Desa Sepatan Pondok Jaya Rt 05 Rw 01," *J. Ilmu Farm. dan Kesehat.*, vol. 1, no. 2, pp. 160–170, 2023, doi: <https://doi.org/10.59841/an-najat.v1i2.34>.
- [7] Badan Pusat Statistik Kota Manado, "Jumlah Kasus 10 Jenis Penyakit Terbanyak di Kota Manado 2020," *Badan Pusat Statistik Kota Manado*, 2020. <https://manadokota.bps.go.id/indicator/30/139/1/jumlah-kasus-10-jenis-penyakit-terbanyak-di-kota-manado.html> (accessed Feb. 22, 2024).
- [8] R. I. Gustian, "13.675 Petugas Pemilu 2024 Sakit, Terbanyak Keluhan pada Kerongkongan dan Lambung," *Liputan 6*, 2024. <https://www.liputan6.com/health/read/5534110/13675-petugas-pemilu-2024-sakit-terbanyak-keluhan-pada-kerongkongan-dan-lambung?page=4> (accessed Mar. 07, 2024).
- [9] A. Banurea, L. Sitanayah, and M. G. Sumampouw, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Lambung Menggunakan Metode Dempster-Shafer," *J. Ilm. Realt.*, vol. 19, no. 1, pp. 60–68, 2023.
- [10] M. N. Assyifa, "Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Android Untuk Diagnosis Penyakit Gastroesophageal Reflux Disease (Gerd) Dengan Metode Certainty Factor," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 24, no. 2, pp. 78–90, 2019, doi: 10.35760/tr.2019.v24i2.2387.
- [11] A. Andriani, *Pemrograman Sistem Pakar*, 1st ed. Yogyakarta: Media Pressindo, 2016.
- [12] D. Aldo, Y. S. R. Nur, F. Y. A. Hulqi, A. C. F. Lanyak, and R. N. Hikmah, *Buku Ajar Sistem Pakar*, 1st ed. Kabupaten Solok: Insan Cendekia Mandiri, 2022.
- [13] R. Dian, S. Sumijan, and Y. Yuhandri, "Sistem Pakar dalam Identifikasi Kerusakan Gigi pada Anak dengan Menggunakan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 3, pp. 65–70, 2020, doi: 10.37034/jsisfotek.v2i3.24.
- [14] B. D. Meilani, H. Febrianti, and R. Uttunga, "Implementasi Metode Certainty Factor pada Diagnosa Penyakit Lambung," *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, pp. 1–8, 2022.
- [15] A. Syahputri, A. Fauzi, and L. Arliana, "Implementasi Metode Certainty Factor Dalam Mendiagnosa Penyakit Tiroid," *J. Tek. Inform. Kaputama*, vol. 6, no. 1, pp. 306–318, 2022.
- [16] A. Oktavia Nugraha, A. Voutama, and Purwantoro, "Penerapan Metode Certainty Factor Dan Forward Chaining Pada Sistem Pakar Berbasis Web Dalam Mendiagnosis Penyakit Lambung," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 10, no. 1, pp. 140–175, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10464732>.
- [17] G. N. Elwirehardja, T. Suparyanto, and B. Pardamean, *Pengenalan Konsep Machine Learning Untuk Pemula*, 1st ed. INSTIPER PRESS (IKAPI & APPTI), 2023.
- [18] H. Kurniawan, W. Apriliah, I. Kurnia, and D. Firmansyah, "Penerapan Metode Waterfall Dalam Perancangan Sistem Informasi Penggajian Pada Smk Bina Karya Karawang," *J. Interkom J. Publ. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 14, no. 4, pp. 13–23, 2021, doi: 10.35969/interkom.v14i4.78.
- [19] H. K. Aroral, "Waterfall Process Operations in the Fast-paced World: Project Management Exploratory Analysis," *Int. J. Appl. Bus. Manag. Stud.*, vol. 6, no. 1, p. 2021, 2021.