

PENDIAGNOSAAN PENYAKIT KARIES GIGI MENGGUNAKAN FUZZY EXPERT SYSTEM DENGAN KOMBINASI METODE FUZZY LOGIC TSUKAMOTO DAN CERTAINTY FACTOR

Rahmah Dila, Wira Wirdawati, Fajri Rinaldi Chan, Jefri Harnaranda, Rini Sovia

Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang

Jalan Raya Lubuk Begalung Padang, Indonesia

Rahmahdila66@gmail.com

ABSTRAK

Penyakit karies gigi atau yang biasa disebut gigi berlubang merupakan penyakit gigi yang berawal dari gigi berlubang yang menjadi masalah serius jika tidak ditangani dengan baik. Dampak awal dimulai dari gigi keropos, gigi berlubang, dan gigi patah. Penyakit ini akan membahayakan nyawa manusia jika tidak diatasi dengan cepat. Oleh sebab itu, sangat penting dilakukan diagnosis dini agar dapat dilakukan pencegahan atau pengobatan lebih awal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis fuzzy expert system yang menggabungkan metode fuzzy logic Tsukamoto dan certainty factor untuk mendiagnosis penyakit karies gigi. Metode fuzzy logic memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam gejala yang dilaporkan oleh pasien, sementara certainty factor memberikan bobot pada informasi yang ada untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Dengan menggunakan pendekatan ini, sistem diharapkan dapat memberikan rekomendasi diagnosis yang lebih baik dan membantu dokter gigi dalam pengambilan keputusan. Metode certainty factor dan fuzzy logic Tsukamoto mendiagnosa masalah Karies Gigi untuk menghitung tingkat akurasi jenis masalah yang dialami berdasarkan gejala-gejala yang dirasakan oleh Pasien. Dari pengujian diperoleh hasil tingkat akurasi sebesar 41,82 %. Sistem pakar yang dihasilkan dapat membantu pasien dalam berkonsultasi untuk menangani masalah penyakit Karies Gigi dan Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam penerapan teknologi informasi untuk meningkatkan kesehatan gigi dan mulut di masyarakat.

Kata kunci : Karies Gigi, Sistem Pakar, Certainty Factor, Fuzzy Logic, Kesehatan Gigi

1. PENDAHULUAN

Kesehatan gigi merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan. Gigi dan mulut dapat menjadi sumber awal munculnya penyakit yang berbahaya bagi organ tubuh lainnya [1]. Oleh karena itu, diperlukan tindakan yang cepat dan akurat dalam menangani masalah tersebut. Meski demikian, kesadaran akan kesehatan gigi dan mulut masih belum menjadi fokus utama bagi sebagian besar masyarakat. Padahal, apabila seseorang mengalami masalah pada gigi dan mulut, hal tersebut dapat mengganggu aktivitas dalam berpikir dan bekerja [2]. Sebagian besar orang, kesehatan gigi masih dianggap sepele walaupun sudah banyak sekali dokter gigi yang membuka praktek baik puskesmas, klinik, maupun rumah sakit. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penduduk yang mempunyai masalah gigi dan mulut di Indonesia menurut Riskesdas 2018 mengalami peningkatan tajam dari 23,2% tahun 2007 menjadi 57,6% tahun 2018 [3].

Salah satu sistem yang dapat membantu masyarakat dalam mendiagnosis kesehatan gigi dan mulut adalah sistem pakar. Sistem pakar (Expert System) yaitu sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli [4]. Sistem pakar ini nantinya dapat melakukan diagnosis awal penyakit gigi secara cepat dan tepat berdasarkan gejala penyakit pada pasien dan proses klasifikasi akan memperkuat hasil

diagnosis awal penyakit gigi. seperti menangani penyakit dengan kemiripan pola gejala. Dengan adanya hasil wawancara dengan dokter spesialis gigi akan membantu dalam perhitungan nilai derajat ketidakpastian sehingga akan memperkuat factor kepercayaan.

Dalam era digital saat ini, teknologi informasi dan kecerdasan buatan menawarkan peluang baru untuk meningkatkan proses diagnosis. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan sistem pakar berbasis fuzzy logic dan certainty factor. Fuzzy logic memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data, sedangkan certainty factor memberikan bobot pada informasi yang ada untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Kombinasi kedua metode ini dapat membantu dalam menganalisis gejala yang dilaporkan oleh pasien dan memberikan diagnosis yang lebih tepat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karies Gigi

Karies gigi merupakan penyakit pada jaringan keras gigi yang ditandai dengan demineralisasi email dan dentin akibat aktivitas bakteri pada plak gigi [5]. Penyebab utama karies adalah bakteri *Streptococcus mutans* dan *Lactobacillus* yang memfermentasi karbohidrat, menghasilkan asam yang merusak mineral gigi [6]. Faktor risiko karies meliputi kebersihan oral yang buruk, diet tinggi gula, serta faktor genetik dan lingkungan [7].

2.2. Sistem Pakar

Sistem pakar adalah sebuah sistem yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dilakukan mirip dengan seorang pakar atau ahli dibidang tertentu dengan mengadopsi fakta, penalaran, dan pengetahuan manusia berbasis komputer [8].

Artificial Intelligence pertama kali dikemukakan pada tahun 1956 di konferensi Dartmouth. Sejak saat itu terus dikembangkan sebab berbagai penelitian mengenai teori-teori mengarah ke Artificial Intelligence sudah muncul sejak tahun 1941.

Dalam bidang medis, sistem pakar banyak digunakan untuk membantu diagnosis penyakit berdasarkan data gejala yang diberikan oleh pasien. Sistem ini bekerja dengan aturan-aturan berbasis logika dan metode probabilistik untuk meningkatkan akurasi diagnosis [9].

2.3. Fuzzy Logic Tsukamoto

Fuzzy Logic Tsukamoto merupakan salah satu metode dalam *fuzzy inference system* (FIS) yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam diagnosis. Dalam metode ini, aturan-aturan fuzzy memiliki representasi numerik yang memungkinkan proses inferensi lebih terstruktur dan menghasilkan output yang lebih fleksibel dibandingkan metode logika klasik [10]. Pada aplikasi medis, *Fuzzy Logic Tsukamoto* sering digunakan karena mampu menangani ambiguitas gejala penyakit dengan baik.

Pada metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*, setiap aturan fuzzy direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan yang kemudian dikonversi menjadi nilai numerik berdasarkan aturan if-then yang ada. Inferensi dilakukan dengan metode defuzzifikasi berbasis rata-rata tertimbang (*weighted average*) [11], yang dirumuskan sebagai berikut:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i z_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i}$$

Dengan pendekatan ini, sistem pakar dapat menghasilkan output yang lebih halus dan realistis dibandingkan metode logika biner.

2.4. Metode Certainty Factor

Certainty Factor atau biasa disebut faktor kepastian merupakan cara dari penggabungan kepercayaan dan ketidakyakinan. *Metode Certainty Factor* ini dipilih untuk menghadapi suatu masalah dalam kondisi ditemukan tidak memiliki kepastian penuh, sehingga metode ini digunakan untuk menggambarkan tingkat keyakinan pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi.

Certainty Factor diperkenalkan oleh Shortliffe dan Buchanan dalam sistem pakar MYCIN dan digunakan untuk menyatakan tingkat keyakinan seorang pakar terhadap suatu fakta atau hipotesis. *Certainty Factor* dinyatakan dengan nilai antara -1 hingga 1 [12].

CF dihitung berdasarkan hubungan antara Measure of Belief (MB) dan Measure of Disbelief (MD) dengan rumus:

$$CF = MB - MD$$

dimana MB (Measure of Belief) adalah tingkat keyakinan terhadap suatu hipotesis dalam rentang [0,1], MD (Measure of Disbelief) adalah tingkat ketidakpercayaan terhadap suatu hipotesis dalam rentang [0,1] [13]. Jika terdapat beberapa sumber informasi yang memberikan nilai CF terhadap fakta yang sama, maka nilai CF gabungan dapat dihitung dengan rumus:

$$CF_{combine} = CF1 + CF2 \times (1 - CF1) \\ \text{, jika } CF1, CF2 > 0 \\ CF1 + CF2$$

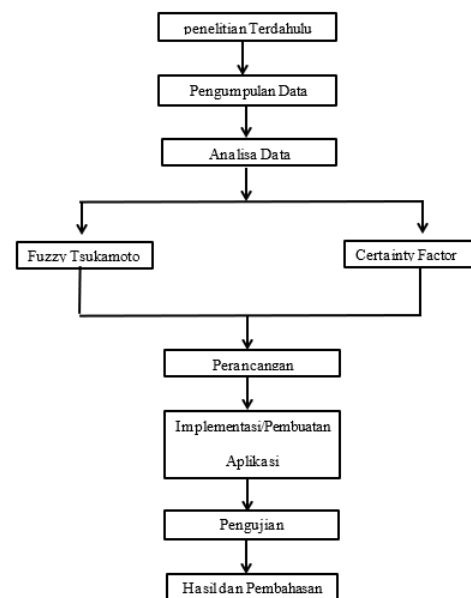
$$CF_{combine} = \frac{CF1 \times CF2}{1 - \min(|CF1|, |CF2|)}$$

jika $CF1, CF2$ memiliki tanda yang berbeda

Metode Certainty Factor sangat efektif dalam sistem pakar medis karena mampu memberikan derajat keyakinan berdasarkan data yang diberikan, sehingga diagnosis yang dihasilkan dapat lebih akurat dan dapat digunakan untuk pengambilan keputusan lebih lanjut [14].

3. METODE PENELITIAN

Adapun kerangka kerja penelitian yang dibuat dalam metodologi penelitian ini memiliki tujuan agar mendapat hasil seperti yang diharapkan dan mudah untuk menyelesaikan permasalahan serta mudah dipahami. Langkah-langkah yang akan dibuat pada penelitian ini disusun secara sistematis. Maka diperlukan kerangka kerja penelitian, dimana kerangka kerja penelitian yang dilakukan seperti



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Berdasarkan kerangka penelitian di atas, Penelitian ini diawali dengan studi terhadap penelitian terdahulu sebagai dasar teori, diikuti dengan proses pengumpulan data yang akan digunakan dalam

analisis. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menentukan pendekatan yang sesuai, yaitu metode Fuzzy Tsukamoto dan Certainty Factor. Kedua metode ini diterapkan dalam tahap perancangan sistem yang bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi. Setelah perancangan selesai, dilakukan implementasi atau pembuatan aplikasi yang menggunakan kombinasi kedua metode tersebut. Selanjutnya, sistem yang telah dikembangkan diuji untuk mengevaluasi keakuratan serta efektivitasnya dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat. Hasil dari pengujian kemudian dibahas dan dianalisis untuk memahami sejauh mana sistem bekerja sesuai dengan harapan. Penelitian ini diakhiri dengan kesimpulan yang merangkum hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data

Analisa data merupakan segala sesuatu yang didapat melalui pengamatan maupun dari suatu pandangan. Pada penelitian ini, peneliti melakukan wawancara langsung dengan seorang pakar atau ahli untuk mendapatkan data yang berupa informasi

tentang penyakit karies pada gigi. Selain melakukan wawancara, peneliti juga mendapatkan sumber data dari berbagai artikel yang berhubungan dengan penyakit karies pada gigi.

4.2. Analisa Sistem

Analisa sistem ditunjukkan untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem, apakah dengan perancangan sistem ini user dapat terbantu atau merasa bingung dengan informasi yang diberikan. Analisa sistem bertujuan untuk membuat sistem menjadi sistematis dan mudah untuk dimengerti. Oleh sebab itu dilakukan penganalisaan terhadap perancangan sistem pakar masalah penyakit karies gigi untuk mengetahui kelemahan dan keterbatasan sistem. Sehingga hal tersebut dapat diminimalisir dengan mengevaluasi sistem yang dirancang dalam bentuk media website dengan bahasa pemrograman PHP, database MYSQL.

4.3. Mengumpulkan Data Penyakit Karies Gigi

Mengumpulkan data dari pakar gigi memperoleh data 3 jenis penyakit karies pada gigi. Setiap jenis penyakit karies gigi diberikan kode berupa huruf dan angka. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penyakit Karies Gigi

Kode	Jenis Penyakit	Solusi
P1	Karies Email	Segera ditambal tanpa ada perawatan setelah kali kunjungan
P2	Karies Media	Melakukan perawatan singkat untuk mengatasi rasa ngilu setelah dua kali kunjungan, lima sampai tujuh hari kemudian dilakukan penambahan tetap (pasien tidak punya keluhan)
P3	Karies Profunda	Perawatan berulang ulang biasanya empat sampai 6 kali kunjungan, dokter menggunakan beragam alat.

4.4. Mengumpulkan Data Gejala Penyakit Karies Gigi

Terdapat beberapa gejala yang timbul dari setiap jenis penyakit karies pada gigi. Terdapat 12 (Dua Belas) gejala pada penyakit karies gigi dan diberikan kode berupa huruf dan angka. Dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Gejala Penyakit Karies Gigi

Kode Gejala	Jenis Penyakit
G1	Gigi berlubang
G2	Gigi terasa ngilu
G3	Terjadi pembengkakan pada gusi
G4	Gigi Terasa Berlubang
G5	Lubang berwarna coklat
G6	Gigi tidak ada rasa ngilu
G7	Gigi agak nyeri
G8	Gigi ngilu berdenyut-denyut
G9	Gigi sakit apabila diketuk
G10	Gigi Tidak Sakit Apabila Diketuk
G11	Gigi tanggal
G12	Gigi sangat nyeri

4.5. Menentukan Rules atau aturan

Pengetahuan yang dapat digunakan harus dinyatakan dalam format tertentu dan kemudian disusun ke dalam basis pengetahuan atau rule. Penyakit karies gigi memiliki gejala yang berbeda.

Tabel 3 di bawah ini berisi rule antara gejala dengan penyakitnya serta terdapat solusi yang berdasarkan pengumpulan data dari pakar gigi atau dokter gigi. Rule gejala dan penyakit disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Menentukan Rule atau aturan

Kode	Jenis Penyakit	Solusi
P1	Karies Email	G1, G2, G10
P2	Karies Media	G1, G3, G5, G6, G10
P3	Karies Media	G1, G2, G5, G7, G9
P4	Karies Media	G1, G2, G3, G7, G8, G9, G11
P5	Karies Profunda	G1, G3, G7, G8, G9, G11, G12

4.6. Menentukan Variabel Fuzzy Tsukamoto

Tabel 4. Variabel Fuzzy Tsukamoto

No	Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
1	Gigi Berlubang	Kecil	[3-7]
		Sedang	[7-10]
		Besar	[10-13]
2	Gigi Terasa Ngilu	Sedikit	[11-12]
		Sedang	[12-14]
		Banyak	[14-16]
3	Pembengkakan Pada Gusi	Sedikit	[2-10]
		Sedang	[10-15]
		Banyak	[15-20]

4.7. Menentukan Himpunan non Fuzzy

Tabel 5. Himpunan non fuzzy

No	Variabel	Non Fuzzy	Domain
1	Gigi Terasa Berlubang	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
2	Lubang berwarna coklat	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
3	Gigi tidak ada rasa ngilu	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
4	Gigi agak nyeri	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
5	Gigi ngilu berdenyut dengut	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
6	Gigi sakit apabila diketuk	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
7	Gigi tidak sakit apabila diketuk	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
8	Gigi tanggal	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]
9	Gigi sangat nyeri	Ya	[0-1]
		Tidak	[0-1]

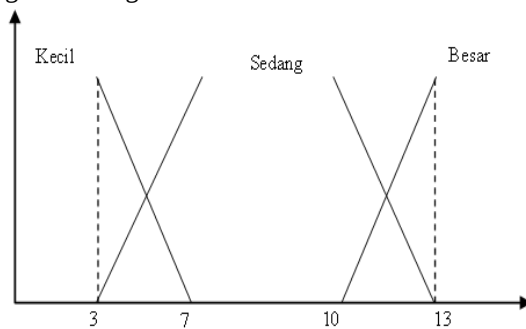
4.8. Keyakinan Himpunan Non Fuzzy

Tabel 6. Keyakinan Himpunan non fuzzy

Himpunan non fuzzy	Derajat Keanggotaan
Sangat Yakin	1
Yakin	0.8
Cukup Yakin	0.4
Tidak Yakin	0.2

4.9. Fuzzyfikasi

Gigi berlubang



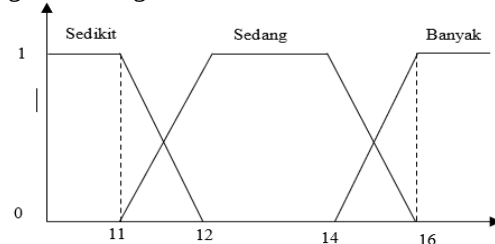
Gambar 2. Kurva Gigi Berlubang

$$\mu[\text{Gigi Berlubang Kecil}] = \begin{cases} 1; & x \leq 3 \\ \frac{(7-x)}{7-3}; & 3 \leq x \leq 7 \\ 0; & x \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Gigi Berlubang sedang}] = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ \frac{(x-3)}{7-3}; & 3 \leq x \leq 7 \\ 1; & 7 \leq x \leq 10 \\ \frac{(13-x)}{13-10}; & 10 \leq x \leq 13 \\ 0; & x \geq 13 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Gigi Berlubang Besar}] = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ \frac{(x-10)}{13-10}; & 10 \leq x \leq 13 \\ 0; & x \geq 13 \end{cases}$$

Gigi Terasa Ngilu

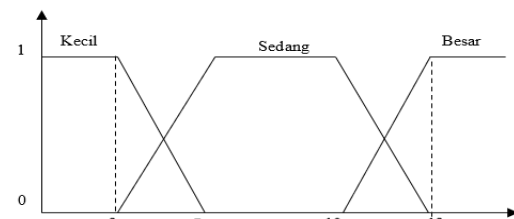


Gambar 3. Kurva Gigi terasa ngilu

$$\mu[\text{Gigi Terasa Ngilu Sedikit}] = \begin{cases} 1; & x \leq 11 \\ \frac{(12-x)}{12-11}; & 11 \leq x \leq 12 \\ 0; & x \geq 12 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Gigi Terasa Ngilu Sedang}] = \begin{cases} 0; & x \leq 11 \\ \frac{(x-11)}{12-11}; & 11 \leq x \leq 12 \\ 1; & 12 \leq x \leq 14 \\ \frac{(16-x)}{16-14}; & 14 \leq x \leq 16 \\ 0; & x \geq 16 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Gigi Terasa Ngilu Banyak}] = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ \frac{(x-14)}{16-14}; & 14 \leq x \leq 16 \\ 0; & x \geq 16 \end{cases}$$



Gambar 4. Kurva Pembengkakan pada gusi

$$\mu[\text{Pembengkakan Pada Gusi Kecil}] = \begin{cases} 1; & x \leq 3 \\ \frac{(7-x)}{7-3}; & 3 \leq x \leq 7 \\ 0; & x \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pembengkakan Pada Gusi Sedang}] = \begin{cases} 0; & x \leq 11 \\ \frac{(x-3)}{7-3}; & 3 \leq x \leq 7 \\ 1; & 7 \leq x \leq 10 \\ \frac{(13-x)}{13-10}; & 10 \leq x \leq 13 \\ 0; & x \geq 13 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pembengkakan Pada Gusi Besar}] = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ \frac{(x-10)}{13-10}; & 10 \leq x \leq 13 \\ 0; & x \geq 16 \end{cases}$$

Rule

R1 = Gigi berlubang G1 (KECIL) AND Gigi Terasa Ngilu G2 (SEDANG) AND Gigi tidak sakit apabila diketuk G10 CF=0.666667

R2 = IF Gigi Berlubang G01 (BESAR) AND Pembengkakan Pada Gusi G03 (SEDANG) AND Lubang Berwarna Cokelat G05 AND Gigi tidak ada rasa ngilu G06 AND Gigi tidak

- sakit apabila diketuk G10 THEN P01 Karies Email CF=0.333333
- R3 = IF Gigi berlubang G1 (BESAR) AND Gigi terasa ngilu G2 (BANYAK) AND Lubang berwarna coklat G05 AND Gigi agak nyeri G07 AND Gigi sakit apabila diketuk G09 THEN P02 Karies Media CF=0.6428571
- R4 = IF Gigi Berlubang G01 (BESAR) AND gigi terasa ngilu G02 (BANYAK) AND Terjadi pembengkakan pada gusi G03 (BESAR) AND gigi agak nyeri G07 AND Gigi Ngilu Berdenyut-denyut G08 AND Gigi Sakit apabila diketuk G09 AND Gigi tanggal G11 AND Gigi sangat nyeri G12 THEN P03 Karies Media CF=0.1428571
- R5 = IF Gigi berlubang G01 (BESAR) AND Terjadi pembengkakan pada gusi G03 (BESAR) AND gigi agak nyeri G07 AND Gigi Ngilu Berdenyut-denyut G08 AND Gigi Sakit apabila diketuk G09 AND Gigi tanggal G11 AND Gigi sangat nyeri G12 THEN P03 Karies Profunda CF=0.2142857

Contoh Kasus

Seorang pasien memiliki gejala sebagai berikut, Gigi berlubang (G1) 13 mm3, Gigi ngilu (G2) 15 x/Menit, Pembengkakan pada gusi (G3) 4 mm3, Gigi terasa berlubang CUKUP YAKIN, Lubang berwarna coklat YAKIN, Gigi tidak ada rasa ngilu YAKIN, Gigi agak nyeri TIDAK, Gigi Ngilu berdenyut-denyut TIDAK, Gigi sakit apabila diketuk TIDAK, Gigi tidak sakit apabila diketuk YAKIN, Gigi tanggal TIDAK dan Gigi sangat nyeri TIDAK.

Langkah 1 adalah fuzzifikasi:

Gigi berlubang (G1)

$$\begin{aligned}\mu(\text{Gigi berlubang kecil}) &= 0 \\ \mu(\text{Gigi berlubang sedang}) &= 0 \\ \mu(\text{Gigi berlubang besar}) &= 1 \\ &= \frac{x-10}{13-10} = \frac{13-10}{13-10} = \frac{3}{3} = 1\end{aligned}$$

Gigi terasa ngilu (G2)

$$\begin{aligned}\mu(\text{Gigi terasa ngilu sedikit}) &= 0 \\ \mu(\text{Gigi terasa ngilu sedang}) &= 0 \\ \mu(\text{Gigi terasa ngilu banyak}) &= 1 \\ &= \frac{x-14}{16-14} = \frac{15-14}{16-14} = \frac{1}{2} = 0,50\end{aligned}$$

Terjadi pembengkakan pada gusi (G3)

$$\begin{aligned}\mu(\text{Gigi terjadi pembengkakan pada gusi kecil}) &= 1 \\ \mu(\text{Gigi terjadi pembengkakan pada gusi sedang}) &= 0 \\ \mu(\text{Gigi terjadi pembengkakan pada gusi besar}) &= 0 \\ &= \frac{7-x}{7-3} = \frac{7-4}{7-3} = \frac{3}{4} = 0,75\end{aligned}$$

Langkah 2 adalah perhitungan keyakin user

Gigi terasa berlubang G4
CUKUP YAKIN(0,4) = 0,4
Lubang berwarna coklat G5
YAKIN(0,8) = 0,8
Gigi tidak ada rasa ngilu G6

$$\text{YAKIN}(0,8) = 0,8$$

Gigi agak nyeri G7
TIDAK(0) = 0
Gigi ngilu berdenyut-denyut G8
TIDAK(0) = 0
Gigi sakit apabila diketuk G9
TIDAK(0) = 0
Gigi tidak sakit apabila diketuk G10
YAKIN(0,8) = 0,8
Gigi tanggal G11
TIDAK(0) = 0
Gigi sangat nyeri G12
TIDAK(0) = 0

Langkah 3 adalah memasukkan nilai dalam rule:

- R1 = IF Gigi berlubang G1 (1) AND Gigi Terasa Ngilu G2 (0,50) AND Gigi tidak sakit apabila diketuk G10 (0,8) THEN P01 Karies Email CF=0.667
- R2 = IF Gigi Berlubang G01 (1) AND Pembengkakan Pada Gusi G03 (0,75) AND Lubang Berwarna Cokelat G05 (0,8) AND Gigi tidak ada rasa ngilu G06 (0,8) AND Gigi tidak sakit apabila diketuk G10 (0,8) THEN P01 Karies Email CF=0.333
- R3 = IF Gigi berlubang G1 (1) AND Gigi terasa ngilu G2 (0,50) AND Lubang berwarna coklat G05 (0,8) AND Gigi agak nyeri G07 (0) AND Gigi sakit apabila diketuk G09 (0) THEN P02 Karies Media CF=0.642
- R4 = IF Gigi Berlubang G01 (1) AND gigi terasa ngilu G02 (0,5) AND Terjadi pembengkakan pada gusi G03 (0,75) AND gigi agak nyeri G07 (0) AND Gigi Ngilu Berdenyut-denyut G08 (0) AND Gigi Sakit apabila diketuk G09 (0) AND Gigi tanggal G11 (0) AND Gigi sangat nyeri G12 (0) THEN P03 Karies Media CF=0.555
- R5 = IF Gigi berlubang G01 (1) AND Terjadi pembengkakan pada gusi G03 (0,75) AND gigi agak nyeri G07 (0) AND Gigi Ngilu Berdenyut-denyut G08 (0) AND Gigi Sakit apabila diketuk G09 (0) AND Gigi tanggal G11 (0) AND Gigi sangat nyeri G12 (0) THEN P03 Karies Profunda CF=0.414
- W1 = min(1;0,50;0,8) Z1 = 0.667
W2 = min(1;0,75;0,8;0,8;0,8) Z2 = 0.333
W3 = min(1;0,50;0,8;0;0) Z3 = 0.642
W4 = min(1;0,50;0,75;0;0;0;0) Z4 = 0.142
W5 = min(1;0,75;0;0;0;0;0) Z5 = 0.414

4.10. Defuzzifikasi

$$\begin{aligned}Z &= \frac{\sum_{i=1}^n W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \\ Z &= \frac{(0,5 \times 0,667) + (0,75 \times 0,333) + (0 \times 0,642) + (0 \times 0,555) + (0 \times 0,414)}{0,5 + 0,75 + 0 + 0 + 0} \\ Z &= \frac{(0,3335) + (0,24975) + (0) + (0) + (0)}{0,5 + 0,75} \\ Z &= \frac{0,58325}{1,25} \\ Z &= 0,4666\end{aligned}$$

4.11. Perhitungan CF

Tabel 7 Perhitungan Certainty Factor

Rule	CF User	Cf Pakar	CF User x CF Pakar
R1	0,46661	0,667	0,3112
R2	0,4666	0,333	0.1553

R3 tidak dieksekusi karena evidence tidak fakta
 R4 tidak dieksekusi karena evidence tidak fakta
 R5 tidak dieksekusi karena evidence tidak fakta
 Karena R1 dan R2 hipotesanya sama yaitu Karies Email (P01), maka CF digabungkan:

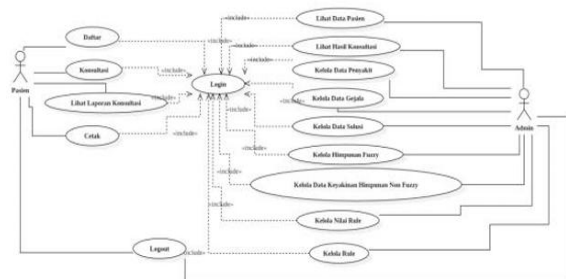
$$\begin{aligned}
 \text{CF Combine (P01)} &= \text{CF1} + \text{CF2}(1-\text{CF1}) \\
 &= 0,3112 + 0,1553(1-0,3112) \\
 &= 0,3112 + 0,1553(0,6888) \\
 &= 0,3112 + 0,1070 \\
 &= 0,4182 * 100\% \\
 &= 41,82\%
 \end{aligned}$$

Kesimpulan: pasien terdiagnosa penyakit Karies Email dengan nilai akhir sebesar 41,82%

Dengan Gejala : G1, G2, G3, G5, G6, G10

Solusi: segera ditambal tanpa ada perawatan setelah kali kunjungan.

4.12. Perancangan



Gambar 2. Use case diagram

4.13. Tampilan halaman login dan registrasi user(pasien)

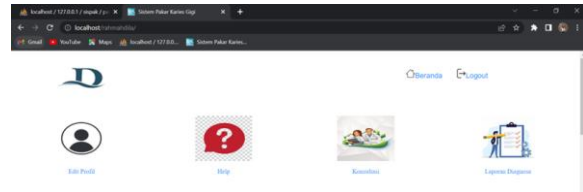
Halaman ini merupakan halaman pertama akan tampil saat user(pasien) mengakses sistem ini. Dengan menampilkan dua form yakni form login dan form daftar.



Gambar 3. Tampilan halaman login

4.14. Tampilan halaman utama user (pasien)

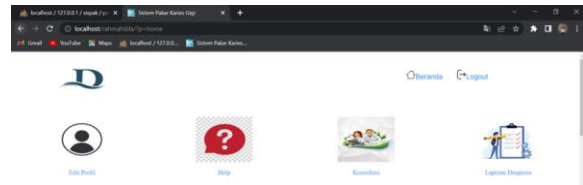
Halaman ini menampilkan menu-menu yang akan diakses oleh pasien setelah pasien melakukan login.



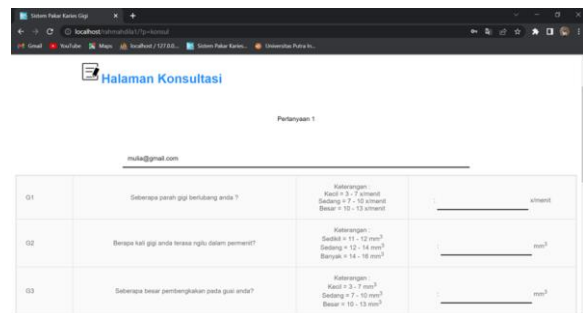
Gambar 4. Tampilan halaman user

4.15. Tampilan halaman konsultasi

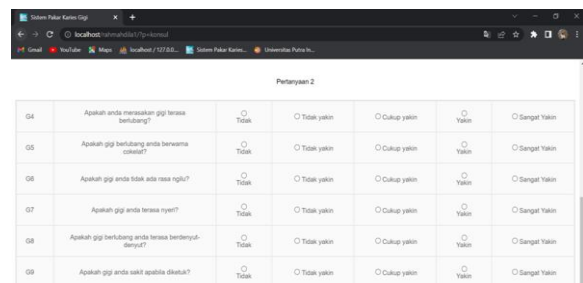
Halaman ini menampilkan pertanyaan yang diajukan kepada user(pasien), terdapat jenis pertanyaan pada sistem ini.



Gambar 5. Tampilan halaman konsultasi 1



Gambar 6. Tampilan halaman konsultasi lanjutan 1



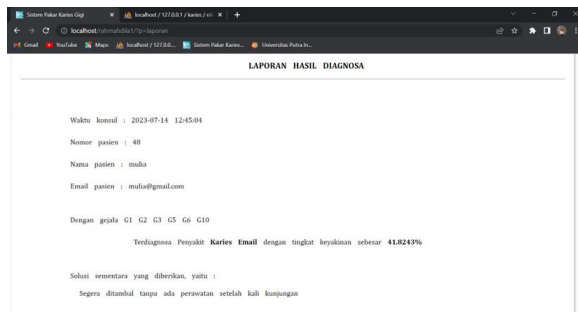
Gambar 7. Tampilan halaman konsultasi lanjutan 2



Gambar 8. Tampilan halaman konsultasi lanjutan 3

4.16. Halaman Laporan Diagnosa

Halaman ini menampilkan kesimpulan dari jawaban user setelah melakukan konsultasi, laporan tersebut dapat di cetak.



Gambar 9. Tampilan halaman laporan diagnosa

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan pembahasan pada skripsi sistem pakar mendiagnosa penyakit karies gigi menggunakan metode Certainty Factor dan Fuzzy Logic Tsukamoto ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai bahwa : Aplikasi sistem pakar mendiagnosa penyakit Karies Gigi ini telah mampu memberikan informasi kepada User (pasien) mengenai penyakit Karies Gigi yang dialami melalui gejala – gejala yang diinputkan user (pasien) ke sistem serta memberikan solusi atau penanganan awal sesuai dengan penyakit Karies Gigi yang telah didiagnosa. Aplikasi sistem pakar mendiagnosa penyakit karies gigi telah berhasil dibangun dengan menerapkan metode Certainty Factor dan Fuzzy Logic Tsukamoto sebagai metode perhitungan dalam memberikan informasi kepada pasien(user). Aplikasi sistem pakar mampu memberikan solusi dan penanganan awal terhadap masalah penyakit karies gigi yang telah di diagnosa kepada pasien(user). Dimana ketika pengguna melakukan konsultasi, hasil dari analisa yang dilakukan oleh sistem akan ditampilkan dan pasien(user) dapat mengetahui diagnosa masalah, solusi, penanganan awal serta besar tingkat kepastian masalah yang dialami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nurazizah, "Aplikasi Konsultasi Penyakit Gigi Dan Mulut Di Senyum Dental Care Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3129.
- [2] R. C. Prihandari, "Data Mining: Konsep Dan Aplikasi Menggunakan Rapidminer (Series: Supervised Learning Dan Unsupervised Learning)," p. 8, 2022, [Online]. Available: [http://repository.uin-suska.ac.id/63073/1/REGITA CAHYANI PRIHANDARI.pdf](http://repository.uin-suska.ac.id/63073/1/REGITA_CAHYANI_PRIHANDARI.pdf)
- [3] D. I. A. Wal, P. E. G. Igi, and D. A. N. M. Ulut, "I m n b c f s p d a p g m," vol. 18, no. 2, pp. 324–337, 2025.
- [4] A. NurJumala, N. A. Prasetyo, and H. W. Utomo, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Rhinitis Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 1, p. 69, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i1.3815.
- [5] Rustono, C. B. Romatis, M. Purnomo, and M. Jauhar, "Tooth Brushing Behavior and Food Consumption Triggers Dental Caries in Children," *Ilmu Keperawatan dan Kebidanan*, vol. 4, no. 2, pp. 518–527, 2023.
- [6] Y. Putri, D. Yulia Maritasari, and B. Antoro, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Karies Gigi Pada Remaja di Klinik Gigi Cheese Bandar Lampung Tahun 2022," *J. Kesehat. Gigi (Dental Heal. Journal)*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33992/jkg.v7i1>
- [7] H. Adnani and Amalia Febbika, "Analisis faktor risiko karies gigi anak prasekolah di taman kanak-kanak," *Heal. Sci. Pharm. J.*, vol. 7, no. 3, pp. 138–145, 2023, doi: 10.32504/hspj.v7i3.908.
- [8] S. Sapriadi, N. Hayati, A. Eko Syaputra, Y. Septi Eirlangga, K. H. Manurung, and N. Hayati, "Sistem Pakar Diagnosa Gaya Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode Forward Chaining," *J. Inf. dan Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 71–78, 2023, doi: 10.60083/jidt.v5i3.381.
- [9] G. Setiawan and G. S. Budi, "Implementasi Metode Forward Chaining Pada Sistem Pakar Untuk Penyakit DBD," *DIKE J. Ilmu Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 44–48, 2023, doi: 10.69688/dike.v1i2.36.
- [10] Sunardi, A. Yudhana, and Furizal, "Tsukamoto Fuzzy Inference System on Internet of Things-Based for Room Temperature and Humidity Control," *IEEE Access*, vol. 11, no. January, pp. 6209–6227, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236183.
- [11] H. S. Rustanto, "International Journal of Enterprise Modelling Enhancing Scholarship Recipient Selection: A Fuzzy Logic-Based Decision Support System Utilizing the Tsukamoto Method," vol. 18, no. 2, pp. 83–92, 2024, [Online]. Available: www.ieia.ristek.or.id
- [12] N. Sitohang, "Jurnal Sains Informatika Terapan (JSIT)," *Penerapan Data Min. Untuk Peringatan Dini Banjir Menggunakan Metod. Klastering K-Means*, vol. 2, no. 1, pp. 16–20, 2023.
- [13] N. S. Rahayu, J. Prayudha, and D. Suherdi, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Appendicitis Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Sist. Inf. Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 2, no. 3, p. 345, 2023, doi: 10.53513/jursi.v2i3.6685.
- [14] A. I. Zalukhu, Irwan Syahputra, Suhardiansyah, M. Iqbal, and R. F. Wijaya, "Analisis Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Sepeda Motor," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 524–532, 2023, doi: 10.47065/bit.v4i4.1083.

