

# Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Gigi Periodontal Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

## EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF PERIODONTAL DENTAL DISEASE USING THE FUZZY MAMDANI METHOD

**Bangkit Indarmawan Nugroho<sup>\*1</sup>, Bryan Adam Hidayatullah<sup>2</sup>, Aang Alim Murtopo<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> STMIK YMI Tegal: Jl. Pendidikan No.1 Pesurungan Lor, Tegal, Indonesia

<sup>1</sup> Program Studi Sistem Informasi STMIK YMI Tegal

<sup>2,3</sup> Program Studi Teknik Informatika STMIK YMI Tegal

e-mail: <sup>\*1</sup> efbeterang@gmail.com, <sup>2</sup> bryanxrpl@gmail.com, <sup>3</sup> aang.alim@gmail.com

### Abstrak

Penyakit periodontal adalah kondisi yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan penunjang gigi dan bahkan kehilangan gigi akibat reaksi bakteri. Menurut studi kesehatan dasar Indonesia tahun 2013, hampir sepertiga penduduk Indonesia (25,9%) mengalami masalah gigi periodontal. Namun, kesadaran masyarakat Indonesia dalam menjaga kesehatan gigi dan mulut masih rendah karena minimnya pengetahuan dan sumber informasi tentang penyakit gigi periodontal. Diagnosis yang akurat dirasa sangat penting untuk penyakit gigi periodontal. Beberapa pemeriksaan klinis yang dilakukan, pada umumnya menggunakan parameter antara lain indeks plak (PI), indeks gingiva, tingkat perlekatan klinis, dan indeks MB. Namun pemeriksaan klinis ini ternyata mengandung data yang tidak pasti. Selain itu, pencatatan hasil pemeriksaan klinis pasien masih bersifat manual sehingga menyulitkan pencarian data pasien. Sehingga, diperlukan perhitungan akurat untuk mengukur dan menentukan tingkat keparahan peradangan gigi. Dalam penelitian ini, dikembangkan perangkat lunak menggunakan metode sistem pakar fuzzy untuk membantu mendiagnosis penyakit gigi periodontal. *Mean Percentage Absolute Error* (MAPE) digunakan sebagai pengukuran relatif untuk mengevaluasi tingkat akurasi. Hasil pengukuran menunjukkan error yang kecil, yaitu 9,91%, yang menandakan tingkat akurasi penelitian ini mencapai 90,09%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pakar metode *fuzzy* ini mampu memberikan diagnosa penyakit gigi periodontal secara akurat. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai GI, PPD dan MB saling berkaitan dalam menunjukkan nilai level periodontal.

**Kata kunci** — Mean Percentage Absolute Error, Sistem Pakar, Fuzzy, Penyakit Gigi

### Abstract

Periodontal disease is a condition that can cause damage to the tissue supporting teeth and even tooth loss due to bacterial reactions. According to the 2013 Indonesian basic health study, almost the entire Indonesian population (25.9%) experiences periodontal problems. However, Indonesian people's awareness of maintaining dental and oral health is still low due to the lack of knowledge and sources of information about periodontal disease. Accurate diagnosis is felt to be very important for periodontal disease. Several clinical examinations are carried out, generally using parameters including plaque index (PI), gingival index, clinical attachment level, and MB index. However, this clinical examination turned out to contain uncertain data. Apart from that, recording the results of clinical examinations of patients is still manual, making it difficult to search for patient data. So accurate calculations are needed to measure and determine the severity of dental inflammation. In this research, software was developed using a fuzzy expert system method to help diagnose periodontal disease. Mean Percentage Absolute Error (MAPE) is used as a relative measurement to transmit accuracy levels. The measurement results showed a small error, namely 9.91%, which indicates the accuracy level of this research reached 90.09%. This shows that the fuzzy method expert system is able to provide accurate diagnoses of periodontal tooth disease. The research results also show that the GI, PPD and MB values are related to each other in indicating the periodontal level values.

**Keyword** — Mean Percentage Absolute Error, Expert System, Fuzzy, Dental Disease

## 1. PENDAHULUAN

Penyakit gigi periodontal adalah salah satu masalah kesehatan gigi yang umum terjadi di kalangan populasi global. Penyakit ini melibatkan peradangan pada jaringan pendukung gigi, termasuk gusi, tulang, dan ligamen periodontal. Faktor utama yang menyebabkan penyakit ini adalah plak[1].

Informasi yang terbatas, adanya rasa malu, dan tidak mau terbuka untuk berkonsultasi kepada dokter/ahli mengenai kesehatan jaringan periodontal mengakibatkan penyakit ini justru menjadi berkembang[2]. Faktor lain yang ternyata penyebab masalah ini adalah mahalnya biaya konsultasi dan pengobatan serta terbatasnya jam praktek dokter gigi[3]. Padahal jika tidak diobati secara tepat, penyakit gigi periodontal dapat menyebabkan kerusakan permanen pada gigi dan bahkan kehilangan gigi, dan lebih parah lagi dapat meningkatkan resiko timbulnya penyakit jantung koroner[4]. Sehingga perlu adanya terobosan yang memungkinkan konsultasi dapat dilakukan secara mudah tanpa perlu menerima informasi eksplisit mengenai penyakit periodontal.

Diagnosis penyakit gigi periodontal merupakan langkah awal yang penting dalam penanganan dan perawatan yang tepat. Diagnosis yang akurat dan tepat waktu dapat membantu dokter gigi dalam merencanakan perawatan yang efektif dan mencegah kemungkinan kerusakan lebih lanjut pada gigi dan jaringan pendukungnya. Pemeriksaan klinis pada umumnya menggunakan parameter antara lain indeks plak (PI), indeks gingiva, tingkat perlekatan klinis, dan indeks MB. Namun pemeriksaan klinis ini ternyata mengandung data yang tidak pasti. Selain itu, pencatatan hasil pemeriksaan klinis pasien masih bersifat manual sehingga menyulitkan pencarian data pasien. Sehingga, diperlukan perhitungan akurat untuk mengukur dan menentukan tingkat keparahan peradangan gigi.

Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan sistem pakar menggunakan pendekatan *fuzzy logic* (logika *fuzzy*) telah menjadi tren di bidang kedokteran gigi. Logika fuzzy memungkinkan penggunaan nilai yang beragam dalam proses pengambilan keputusan, bukan hanya nilai biner seperti ya atau tidak. Sistem pakar fuzzy menggabungkan pengetahuan dan pengalaman dari para ahli gigi dalam bentuk aturan-aturan yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan data klinis dan memberikan diagnosis yang lebih akurat.

Penelitian ini mencoba mencari solusi perbaikan atas permasalahan yang terjadi pada pemeriksaan klinis dengan menggunakan metode sistem pakar fuzzy untuk membantu mendiagnosis penyakit gigi periodontal. Sistem ini akan menggunakan berbagai variabel klinis, seperti tingkat peradangan, kehilangan tulang, dan status gusi, untuk menghasilkan diagnosis yang lebih akurat. Dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, sistem ini akan mampu mempertimbangkan keberagaman faktor-faktor tersebut dan menghasilkan diagnosis yang lebih tepat sesuai dengan kondisi pasien.

Diharapkan bahwa pengembangan sistem pakar fuzzy ini akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang kedokteran gigi, khususnya dalam meningkatkan keakuratan diagnosis penyakit gigi periodontal. Dengan demikian, perawatan yang lebih tepat dapat diberikan kepada pasien, meminimalkan risiko komplikasi yang berhubungan dengan penyakit ini, dan meningkatkan kualitas hidup mereka.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Kajian Teori

#### 2.1.1. Sistem Pakar

Sistem pakar, bagian dari kecerdasan buatan, adalah sistem komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik penalaran untuk memecahkan masalah yang biasanya hanya tersedia bagi para ahli di bidang tersebut. Sistem pakar juga dapat dipahami sebagai program komputer yang dimaksudkan untuk menggantikan para ahli di bidang tertentu[5].

---

### 2.1.2. Diagnosa

Diagnosa adalah proses identifikasi dan penentuan penyakit atau kondisi kesehatan berdasarkan gejala, tanda, dan informasi yang tersedia. Tujuan dari diagnosa adalah untuk memahami dan menggambarkan kondisi kesehatan pasien dengan akurat, sehingga dapat merencanakan perawatan yang tepat dan efektif [6]. Proses diagnosa melibatkan pengumpulan informasi melalui *anamnesis* (riwayat medis pasien), pemeriksaan klinis, dan, jika diperlukan, pemeriksaan penunjang seperti tes laboratorium atau pencitraan medis. Dokter atau tenaga medis yang berkualifikasi akan mengevaluasi data yang terkumpul, membandingkannya dengan pengetahuan medis yang ada, dan mencapai kesimpulan tentang kondisi kesehatan pasien.

Penting untuk dicatat bahwa diagnosa harus dilakukan oleh profesional kesehatan yang berkualifikasi, seperti dokter atau dokter gigi, berdasarkan pengetahuan dan pengalaman medis yang terverifikasi. Diagnosa sendiri merupakan langkah awal dalam pengelolaan penyakit atau kondisi kesehatan, dan dapat melibatkan kolaborasi dengan profesional kesehatan lainnya untuk perawatan yang holistik dan komprehensif. Diagnosa dapat dilakukan melalui beberapa cara diantaranya yaitu pemeriksaan fisik, tes laboratorium, dan pemanfaatan teknologi computer berupa program yang dirancang khusus dalam proses penilaian [7].

### 2.1.3. Penyakit Gigi Periodontal

Penyakit gigi periodontal, yang juga dikenal sebagai penyakit periodontal, adalah kondisi peradangan yang mempengaruhi jaringan pendukung gigi, termasuk gusi, tulang, dan ligamen periodontal. Ini adalah salah satu masalah kesehatan gigi yang umum terjadi di kalangan populasi global. Penyakit gigi periodontal disebabkan oleh penumpukan plak bakteri yang tidak dihilangkan secara efektif melalui kebiasaan kebersihan gigi yang buruk. Plak yang tidak dihilangkan dapat mengeras menjadi karang gigi, yang menjadi tempat bagi bakteri untuk berkembang biak. Reaksi tubuh terhadap bakteri ini menyebabkan peradangan pada jaringan pendukung gigi.

Penyakit periodontal merupakan salah satu penyakit yang banyak ditemukan di lingkungan masyarakat. Penyakit periodontal ini sering dianggap remeh karena proses perkembangan yang dapat dikatakan cukup lama. Akibat dari tidak adanya penanganan yang bagus pada penyakit periodontal ini ialah hilangnya gigi pada pasien. Dalam kasusnya, penyakit periodontal dapat dicegah dengan cara menjaga kebersihan plak pada gigi melalui rutinitas menggosok gigi guna menghilangkan karang gigi. Penyakit yang paling sering mengenai jaringan periodontal adalah gingivitis dan periodontitis. Ada dua bentuk utama penyakit gigi periodontal:

- a. *Gingivitis*: Ini adalah bentuk ringan penyakit periodontal yang melibatkan peradangan pada gusi (gingiva). Gingivitis ditandai oleh gusi yang merah, bengkak, dan mudah berdarah saat menyikat gigi atau menggosok gusi. Namun, pada tahap ini, kerusakan pada tulang atau jaringan pendukung gigi belum terjadi.
- b. *Periodontitis*: Jika gingivitis tidak diobati, dapat berkembang menjadi periodontitis yang lebih serius. Pada tahap ini, peradangan meluas ke jaringan pendukung gigi, termasuk tulang dan ligamen periodontal. Gusi mulai terpisah dari gigi, membentuk kantong periodontal yang dalam. Hal ini memungkinkan bakteri masuk ke dalam kantong dan merusak tulang serta jaringan pendukung gigi. Secara bertahap, gigi dapat menjadi goyang, *lockheed*, atau bahkan rontok [8].

Faktor risiko penyakit gigi periodontal meliputi kebersihan gigi yang buruk, merokok, diabetes, perubahan hormonal pada wanita (misalnya, selama kehamilan atau menopause), kondisi medis tertentu, dan faktor genetik. Perawatan penyakit gigi periodontal melibatkan langkah-langkah seperti pembersihan dalam skala besar (*scaling* dan *root planing*) untuk menghilangkan plak dan karang gigi, penggunaan antibiotik topikal atau sistemik, perawatan bedah periodontal (jika diperlukan), dan perawatan lanjutan untuk memelihara kesehatan gusi dan jaringan pendukung gigi.

---

#### 2.1.4. Sistem Fuzzy

Sistem fuzzy adalah sebuah pendekatan dalam ilmu komputer dan matematika yang digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan keambiguan dalam pengambilan keputusan. Konsep dasar dalam sistem fuzzy adalah logika fuzzy, yang memungkinkan pemodelan dan analisis data yang tidak presisi atau tidak tegas. Dalam logika tradisional, sebuah pernyataan dapat bernilai benar (1) atau salah (0). Namun, dalam logika fuzzy, suatu pernyataan dapat memiliki derajat kebenaran yang berada dalam rentang antara 0 dan 1. Dengan kata lain, kebenaran dalam logika fuzzy dapat dinyatakan dengan tingkat keanggotaan atau probabilitas tertentu.

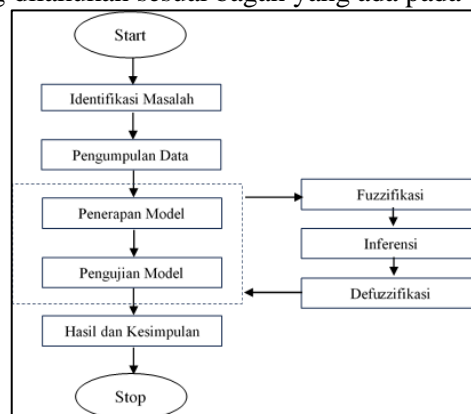
Sistem fuzzy menggunakan aturan-aturan dan himpunan fuzzy untuk mengolah data yang tidak tegas atau tidak pasti. Himpunan fuzzy adalah himpunan yang memungkinkan suatu elemen memiliki tingkat keanggotaan parsial terhadap himpunan tersebut. Aturan-aturan fuzzy adalah pernyataan kondisional yang menghubungkan antara himpunan fuzzy input dengan himpunan fuzzy output. Dalam konteks pengambilan keputusan, sistem fuzzy dapat digunakan untuk menggambarkan pengetahuan dan pengalaman manusia dalam bentuk aturan-aturan fuzzy. Dengan menggunakan himpunan fuzzy input dan aturan-aturan fuzzy, sistem fuzzy dapat menghasilkan output yang fuzzy juga. Output tersebut kemudian dapat diterjemahkan menjadi keputusan atau tindakan yang konkret.

Sistem fuzzy telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pengendalian sistem, pengenalan pola, analisis data, dan sistem pakar. Dalam bidang kedokteran gigi, sistem fuzzy dapat digunakan untuk mendukung proses diagnosa penyakit gigi periodontal dengan mempertimbangkan berbagai variabel klinis dan menghasilkan diagnosis yang lebih akurat. Kelebihan sistem fuzzy adalah kemampuannya untuk mengatasi ketidakpastian, kompleksitas, dan keambiguan dalam pengambilan keputusan. Dengan mempertimbangkan tingkat keanggotaan dan probabilitas, sistem fuzzy dapat memberikan solusi yang lebih fleksibel dan lebih realistis dalam situasi di mana informasi yang tersedia tidak jelas atau terbatas. Namun, penting juga untuk diingat bahwa sistem fuzzy juga memiliki keterbatasan. Pemilihan aturan fuzzy yang tepat dan penentuan himpunan fuzzy yang sesuai dapat menjadi tantangan, serta interpretasi dan validasi hasil dari sistem fuzzy perlu diperhatikan dengan cermat [9].

Sistem fuzzy dapat diterapkan pada berbagai bidang, seperti dalam sistem kendali, pengambilan keputusan, pengolahan citra, dan penalaran medis. Kelebihan dari sistem fuzzy adalah kemampuannya dalam menangani data yang kabur atau tidak pasti, sehingga dapat menghasilkan keputusan yang lebih akurat dan lebih fleksibel dibandingkan dengan metode-metode konvensional. Namun, kelemahan dari sistem fuzzy adalah kompleksitas dalam mengembangkan model dan aturan-aturan yang digunakan, serta kebutuhan akan pemrosesan data yang lebih intensif [10].

#### 2.2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai bagan yang ada pada Gambar 1:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### 2.2.1. Identifikasi Permasalahan

Penyakit gigi periodontal merupakan suatu proses yang kompleks yang memerlukan pengetahuan dan keterampilan khusus dari dokter gigi. Penyakit ini terjadi ketika jaringan pendukung gigi, seperti gusi, tulang dan ligamen, mengalami peradangan dan kerusakan akibat bakteri yang menempel pada gigi. Tanpa penanganan yang tepat, penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan permanen pada gigi dan bahkan kehilangan gigi. Permasalahan yang diidentifikasi dapat meliputi faktor-faktor risiko yang berkontribusi pada timbulnya penyakit periodontal, gejala-gejala yang sering terjadi pada pasien, serta metode diagnosa dan pengobatan yang umum dilakukan.

### 2.2.2. Pengumpulan data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data terkait penyakit periodontal dari berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, buku referensi, serta data dari institusi medis dan klinik gigi. Data yang dikumpulkan dapat meliputi faktor-faktor risiko, gejala-gejala, serta metode diagnosa dan pengobatan yang umum dilakukan. Kemudian analisis dapat dilakukan dengan menggunakan metode-metode seperti analisis deskriptif, analisis korelasi, dan analisis regresi untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor risiko dan gejala-gejala penyakit periodontal.

### 2.2.3. Analisis Sistem Pakar Fuzzy

Dalam analisis data untuk diagnosa penyakit gigi periodontal menggunakan sistem pakar fuzzy, beberapa data masukan yang relevan dapat termasuk. Data masukan yang menggambarkan tingkat peradangan pada gusi, misalnya menggunakan skala numerik atau variabel linguistik seperti "rendah," "sedang," atau "tinggi." Kedalaman Kantong Gusi: Data masukan yang mengukur kedalaman kantong gusi, yang dapat dinyatakan dalam millimeter atau variabel linguistik seperti "dalam," "sedang," atau "dangkal." Data masukan yang menggambarkan tingkat kehilangan tulang pada jaringan penyangga gigi, yang dapat dinyatakan dalam persentase atau variabel linguistik seperti "ringan," "moderat," atau "berat." Data masukan yang menunjukkan apakah ada perdarahan pada gusi saat menggosok gigi atau menggunakan benang gigi, biasanya dalam bentuk variabel biner seperti "ya" atau "tidak."

Data masukan mengenai riwayat medis pasien yang relevan, seperti riwayat penyakit sistemik, riwayat pengobatan, atau kondisi kesehatan umum yang dapat mempengaruhi penyakit gigi periodontal. Data masukan mengenai kebiasaan perawatan gigi pasien, seperti frekuensi menyikat gigi, penggunaan benang gigi, atau penggunaan obat kumur, yang dapat memberikan indikasi mengenai tingkat kebersihan gigi dan gusi. Setelah data masukan dikumpulkan, sistem pakar fuzzy akan menggabungkan informasi ini dengan aturan-aturan yang telah ditentukan oleh ahli gigi berpengalaman. Sistem akan mengolah data dan memberikan keluaran berupa diagnosis atau kesimpulan mengenai kondisi penyakit gigi periodontal dengan tingkat kepercayaan yang sesuai.

#### a. Proses Fuzzifikasi

Analisis proses fuzzifikasi dalam sistem pakar fuzzy melibatkan penilaian terhadap konversi variabel input yang *crisp* (diskret atau kontinu) menjadi variabel fuzzy. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa himpunan fuzzy yang digunakan dalam fuzzifikasi sesuai dengan karakteristik variabel *input*. Penentuan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan (misalnya, segitiga, trapesium) harus didasarkan pada pengetahuan domain atau data yang ada. Analisis mencakup penilaian tentang cara variabel *input* diklasifikasikan ke dalam himpunan fuzzy yang relevan. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa pengelompokan variabel *input* ke dalam himpunan fuzzy mencerminkan variasi nilai yang ada dengan baik dan mewakili beragam kondisi atau tingkat.

Evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi bentuk fungsi keanggotaan yang digunakan dalam fuzzifikasi. Fungsi keanggotaan harus mampu menggambarkan hubungan antara nilai *crisp* dan

tingkat keanggotaan fuzzy dengan baik. Keanggotaan fuzzy yang ditentukan harus konsisten dan relevan dengan karakteristik variabel input yang diwakili. Evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan pemetaan fuzzy dalam mengkonversi nilai *crisp* menjadi tingkat keanggotaan fuzzy dengan akurasi dan kecermatan yang memadai. Tingkat keanggotaan yang dihasilkan harus mencerminkan tingkat ketidakpastian atau keambiguan yang ada dalam nilai *crisp* input.

Analisis dilakukan untuk menguji sensitivitas proses fuzzifikasi terhadap perubahan nilai input. Dalam beberapa kasus, perubahan nilai input dapat menyebabkan perubahan yang signifikan dalam tingkat keanggotaan fuzzy. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa proses fuzzifikasi dapat memberikan respons yang tepat terhadap variasi input. Pada umumnya, analisis proses fuzzifikasi melibatkan uji coba, simulasi, atau validasi terhadap data atau skenario yang relevan dalam domain yang bersangkutan. Dengan melakukan evaluasi yang cermat terhadap proses fuzzifikasi, dapat dipastikan bahwa variabel input yang fuzzified mampu mencerminkan ketidakpastian dan keambiguan dalam sistem pakar fuzzy dengan akurat dan sesuai dengan tujuan aplikasinya.

b. Proses Inferensi

Proses yang digunakan dalam logika fuzzy untuk mengambil kesimpulan atau keputusan dari input fuzzy berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditentukan. Proses inferensi ini melibatkan beberapa tahapan, antara lain pertama, Evaluasi aturan fuzzy: Tahap pertama dalam proses inferensi adalah mengevaluasi aturan fuzzy yang diterapkan pada variabel input fuzzy. Hal ini dilakukan dengan memperoleh nilai keanggotaan dari variabel input dalam setiap himpunan linguistik yang terlibat dalam setiap aturan fuzzy. Menggabungkan hasil aturan: Setelah aturan fuzzy dievaluasi, hasilnya perlu digabungkan untuk menghasilkan satu himpunan fuzzy yang merepresentasikan output dari sistem. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode penggabungan himpunan fuzzy seperti max atau centroid. Defuzzifikasi: Tahap terakhir dalam proses inferensi adalah defuzzifikasi, yang bertujuan untuk mengubah himpunan fuzzy menjadi nilai *crisp* yang dapat digunakan sebagai *output*. Hal ini dilakukan dengan memilih nilai *crisp* yang mewakili nilai tengah atau pusat dari himpunan fuzzy yang dihasilkan.

Dalam proses inferensi, penting untuk memperhatikan pemilihan metode penggabungan himpunan fuzzy yang tepat untuk menghasilkan *output* yang akurat. Selain itu, metode defuzzifikasi juga perlu dipilih dengan tepat agar *output* yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

c. Proses Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses yang digunakan dalam logika fuzzy untuk mengubah himpunan fuzzy menjadi nilai *crisp* yang dapat digunakan sebagai *output*. Proses defuzzifikasi ini melibatkan beberapa tahapan, antara lain: Menentukan nilai *crisp*: Tahap pertama dalam proses defuzzifikasi adalah menentukan nilai *crisp* yang merepresentasikan himpunan fuzzy yang dihasilkan. Ada beberapa metode defuzzifikasi yang dapat digunakan, seperti metode centroid atau metode max. Metode *Centroid*: Salah satu metode defuzzifikasi yang umum digunakan adalah metode centroid. Metode ini menghitung nilai tengah atau pusat dari himpunan fuzzy yang dihasilkan dan menetapkan nilai *crisp* tersebut sebagai *output*. Nilai tengah dapat dihitung dengan menggunakan rumus tertentu, seperti:

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana  $x$  adalah nilai tengah,  $\mu$  adalah nilai keanggotaan dari setiap himpunan fuzzy, dan  $x_i$  adalah nilai dari variabel *crisp* untuk setiap himpunan fuzzy. Metode *Max*: Metode defuzzifikasi lainnya adalah metode max, yang mengambil nilai *crisp* dari himpunan fuzzy dengan nilai keanggotaan tertinggi. Dalam hal ini, *output*nya adalah nilai *crisp* yang memiliki nilai keanggotaan paling tinggi.



Dalam proses defuzzifikasi, penting untuk memperhatikan metode yang tepat untuk menghasilkan output yang akurat. Selain itu, perlu dipertimbangkan juga tentang apakah memilih nilai tengah (metode centroid) atau nilai dengan keanggotaan paling tinggi (metode max) yang lebih cocok untuk aplikasi tertentu.

#### 2.2.4. Hasil Keluaran

Hasil keluaran pada diagnosa penyakit gigi periodontal menggunakan sistem pakar fuzzy melibatkan interpretasi hasil yang dihasilkan oleh sistem berdasarkan data masukan yang diberikan. Berikut adalah beberapa hal yang dapat dianalisis terkait dengan keluaran sistem pakar fuzzy untuk diagnosa penyakit gigi periodontal. Analisis keluaran melibatkan evaluasi diagnosis yang diberikan oleh sistem pakar fuzzy. Sistem akan memberikan keluaran berupa diagnosis penyakit gigi periodontal, misalnya "gingivitis," "periodontitis ringan," atau "periodontitis berat." Analisis harus dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran diagnosis sesuai dengan kondisi yang ada pada pasien.

Sistem pakar fuzzy akan memberikan tingkat kepercayaan terkait dengan diagnosis yang diberikan. Analisis harus melibatkan evaluasi tingkat kepercayaan tersebut, misalnya "tinggi," "sedang," atau "rendah." Tingkat kepercayaan yang tinggi menunjukkan keyakinan yang lebih besar pada diagnosis yang diberikan. Sistem pakar fuzzy biasanya menyertakan justifikasi atau penjelasan terkait dengan keluaran yang diberikan. Analisis keluaran harus mencakup evaluasi terhadap justifikasi dan penjelasan yang disediakan oleh sistem untuk memastikan bahwa mereka masuk akal dan dapat dipahami. Selain diagnosis, sistem pakar fuzzy juga dapat memberikan rekomendasi perawatan yang sesuai untuk pasien dengan penyakit gigi periodontal. Analisis keluaran harus mencakup evaluasi terhadap rekomendasi ini, mempertimbangkan faktor-faktor seperti tingkat keparahan penyakit dan kondisi kesehatan pasien. Analisis keluaran juga perlu membandingkan hasil sistem pakar fuzzy dengan penilaian dan keputusan yang dibuat oleh ahli gigi manusia. Perbandingan ini penting untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan efektivitas sistem pakar fuzzy dalam memberikan diagnosis penyakit gigi periodontal.

Selama analisis keluaran, penting untuk melibatkan ahli gigi dan profesional kesehatan gigi untuk mengevaluasi dan memvalidasi hasil yang diberikan oleh sistem pakar fuzzy. Hal ini memastikan bahwa diagnosa dan rekomendasi perawatan yang dihasilkan oleh sistem memenuhi standar medis yang diakui dan memberikan nilai tambah bagi pengambilan keputusan dalam praktek klinis.

#### 2.2.5. Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan dapat diambil berdasarkan hasil analisis data dan pemodelan yang telah dilakukan. Kesimpulan ini dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi terkait tindakan pencegahan, diagnosa, dan pengobatan penyakit periodontal yang lebih efektif.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen pada penelitian ini menggunakan data dari Nisa, T.D., dkk [11]. Hasil percobaan dengan metode fuzzy Mamdani akan komparasi dengan menggunakan compiler MATLAB R2012a. Data yang dimasukkan ke dalam perangkat lunak adalah yang faktornya mempengaruhi tingkat penyakit periodontal. Data masukan dibagi menjadi 3 variabel *lingual*, khususnya *indeks gingiva* (GI), kedalaman poket (*Probe Pocket Depth/PPD*) dan mobilitas (*Mobility/MB*).

### 3.1. Deskripsi Data

Hasil percobaan menggunakan metode fuzzy Mamdani dibandingkan dengan hasil percobaan menggunakan compiler MATLAB R2012a ditunjukkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 ini kita bisa lihat bahwa sistem pakar fuzzy menghasilkan perhitungan level periodontal yang pada rentang (range) yang sama dengan hasil perhitungan level periodontal menggunakan *compiler* MATLAB R2012a sehingga menghasilkan diagnosis yang sama pula

**Tabel 1.** Hasil Komparasi Antara Sistem Pakar *Fuzzy* dan MATLAB

No.	GI/Gingival Index (gi)	PPD (mm)	MB (mm)	Sistem Pakar Fuzzy	MATLAB R2012a	Range Level Periodontal
1	2,5	6	2.8	77.37	78.2	60-80
2	1,8	1.6	0.4	37.33	45.3	30-40
3	2,4	7.4	1.4	65.24	65.9	60-80
4	1,2	1.8	0.5	34.79	45.6	30-40
5	2,4	1.9	0.8	47.5	55	40-60
6	3	5.6	2.1	77.09	77.7	60-80
7	0,3	0.4	0.2	18.04	27.2	10-20
8	1,2	1.5	0.9	46.47	55.4	40-60
9	1	5	2	77.37	78.2	60-80
10	1,3	4.1	1.8	73.56	73.2	60-80
11	1	1.2	1.5	67.22	67.6	60-80
12	0,8	1.5	0.9	44.12	53.9	40-60
13	1	1.3	2	77.68	79.1	60-80

Kemudian, peningkatan nilai GI dan MB ternyata cenderung dapat memberikan hasil perbaikan tingkat periodontal yang dapat dilihat pada Tabel 2. Demikian pula ketika nilai PPD dan MB meningkat, ternyata tingkat/level periodontal juga meningkat, hal ini terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian menggunakan Nilai GI dan MB yang Meningkat

No.	GI/Gingival Index (gi)	PPD (mm)	MB (mm)	Periodontal Level
1	0.3	4.1	0.2	27.96
2	0.8	4.1	0.4	31.44
3	1	4.1	0.5	33.33
4	1.2	4.1	0.8	41.9
5	1.3	4.1	1.4	65.24
6	1.8	4.1	1.8	73.56
7	2.4	4.1	2	77.75
8	2.5	4.1	2.1	77.75
9	3	4.1	2.8	77.75

**Tabel 3.** Hasil Pengujian menggunakan Nilai PPD dan MB yang Meningkat

No.	GI/Gingival Index (gi)	PPD (mm)	MB (mm)	Periodontal Level
1	2.4	0.4	0.2	33.53
2	2.4	1.2	0.4	38.95



3	2.4	1.3	0.5	41.25
4	2.4	1.6	0.8	47.65
5	2.4	1.8	0.9	50.35
6	2.4	1.9	1.4	65.24
7	2.4	4.1	1.5	67.22
8	2.4	5	1.8	72.86
9	2.4	5.6	2	77.09
10	2.4	6	2.1	77.37
11	2.4	7.4	2.8	77.38

Namun, saat peningkatan hanya terjadi pada nilai GI ternyata tidak selalu berpengaruh pada level periodontal. Hal ini terlihat pada Tabel 4, saat nilai GI meningkat dari 2.4 – 3 level periodontal tetap pada level 50.33.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian menggunakan Nilai GI yang Meningkat

No.	GI/Gingival Index (gi)	PPD (mm)	MB (mm)	Periodontal Level
1	0.3	1.5	0.9	43.75
2	0.8	1.5	0.9	44.12
3	1.3	1.5	0.9	46.25
4	1.8	1.5	0.9	46.47
5	2.4	1.5	0.9	50.33
6	2.5	1.5	0.9	50.33
7	3	1.5	0.9	50.33

Demikian pula ketika hanya nilai PPD yang meningkat, ternyata tingkat/level periodontal tidak selalu meningkat, terlihat pada Tabel 5 saat nilai PPD meningkat dari 0.4 – 1.3 ternyata level periodontal tetap pada level 50.31.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian menggunakan Nilai PPD yang Meningkat

No.	GI/Gingival Index (gi)	PPD (mm)	MB (mm)	Periodontal Level
1.	2.4	0.4	0.9	50.31
2.	2.4	1.2	0.9	50.31
3.	2.4	1.3	0.9	50.31
4.	2.4	1.5	0.9	50.33
5.	2.4	1.6	0.9	50.33
6.	2.4	1.8	0.9	50.35
7.	2.4	1.9	0.9	50.36
8.	2.4	5	0.9	50.37
9.	2.4	5.6	0.9	50.41

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sistem pakar fuzzy bisa dipakai sebagai *tools* untuk mendiagnosis penyakit gigi periodontal. Kesesuaian hasil perhitungan level periodontal antara sistem pakar fuzzy dan compiler MATLAB R2012a menunjukkan bahwa keduanya memberikan hasil yang serupa dalam rentang yang sama. Selain itu, penelitian tersebut juga melakukan pengujian untuk mengevaluasi pengaruh dari tiap-tiap data input terhadap data output. Pengujian dilakukan menggunakan empat kriteria yang berbeda dan hasilnya menunjukkan

bahwa meningkatnya nilai GI (Gingival Index) dan MB (Mean Bone Loss) dapat meningkatkan level periodontal. Misalnya, kombinasi nilai GI = 0.3 gi dan nilai MB = 0.2 mm termasuk pada kategori Gingivitis Sedang, sementara kombinasi nilai GI = 0.8 gi dan nilai MB = 0.4 mm termasuk pada kategori Gingivitis Kuat. Terdapat juga kategori Periodontitis Ringan, Periodontitis Sedang, dan rentang nilai GI dan MB tertentu yang masuk dalam kategori Periodontitis Sedang.

Informasi tersebut memberikan gambaran tentang hasil pengujian sistem pakar fuzzy dalam diagnosa penyakit gigi periodontal. Namun, penting untuk dicatat bahwa hasil ini spesifik untuk penelitian yang disebutkan dan dapat bervariasi tergantung pada pengaturan sistem pakar fuzzy yang digunakan, data masukan yang digunakan, serta aturan dan parameter yang ditentukan dalam sistem. Oleh karena itu, hasil penelitian dan pengujian yang lebih luas dan lebih mendalam diperlukan untuk menggeneralisasi temuan ini secara lebih umum.

### 3.2. Pembahasan

Penelitian ini merupakan aplikasi logika fuzzy dalam bidang kedokteran gigi untuk Diagnosa Penyakit Gigi Periodontal Menggunakan Sistem Pakar Fuzzy. Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem pakar fuzzy untuk mendukung dokter gigi dalam mendiagnosa penyakit periodontal. Penyakit periodontal adalah infeksi pada jaringan pendukung gigi, termasuk gusi, tulang alveolar, dan periodontal ligament. Jika tidak diobati, penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan gigi dan kerusakan tulang rahang. Oleh karena itu, diagnosis dini dan penanganan yang tepat sangat penting untuk mencegah kerusakan yang lebih parah. Sistem pakar fuzzy adalah sistem yang menggunakan logika fuzzy untuk mengambil keputusan dan memberikan solusi berdasarkan data dan pengetahuan yang diberikan oleh ahli. Dalam penelitian ini, sistem pakar fuzzy digunakan untuk membangun model diagnosa penyakit periodontal berdasarkan gejala dan kondisi pasien. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data: Data tentang gejala penyakit periodontal dan kondisi pasien dikumpulkan dari beberapa dokter gigi berpengalaman.
- b. Pembentukan aturan fuzzy: Aturan fuzzy yang mewakili pengetahuan ahli dibentuk menggunakan pendekatan Mamdani. Aturan ini digunakan untuk menentukan tingkat keparahan penyakit periodontal berdasarkan gejala dan kondisi pasien.
- c. Fuzzifikasi: Data masukan, yaitu gejala dan kondisi pasien, difuzzifikasi menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan tertentu.
- d. Inferensi: Sistem pakar fuzzy melakukan inferensi dengan menggunakan aturan fuzzy yang telah dibentuk sebelumnya untuk menghasilkan tingkat keparahan penyakit periodontal.
- e. Defuzzifikasi: Hasil inferensi difuzzifikasi menjadi nilai crisp yang mewakili tingkat keparahan penyakit periodontal.

Dari hasil penelitian ini, bisa disimpulkan bahwa sistem pakar fuzzy dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mendiagnosa penyakit periodontal dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Sistem ini dapat membantu dokter gigi dalam membuat keputusan yang tepat dan memberikan penanganan yang efektif kepada pasien.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tentang Penggunaan Sistem Pakar Fuzzy dalam Diagnosa Penyakit Gigi Periodontal, dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem ini memberikan solusi yang efektif dan akurat dalam mendiagnosa penyakit gigi periodontal. Sistem pakar ini telah dikembangkan menggunakan metode logika fuzzy, dan aturan-aturan fuzzy yang dihasilkan telah diimplementasikan dalam program komputer menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pakar fuzzy ini memberikan hasil yang akurat dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Dalam evaluasi yang dilakukan, sistem pakar fuzzy juga terbukti mampu mendiagnosa penyakit gigi periodontal

---

dengan tingkat akurasi yang tinggi. Oleh karena itu, sistem pakar fuzzy dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mendiagnosa penyakit gigi periodontal, terutama bagi para praktisi kesehatan gigi yang ingin meningkatkan kualitas pelayanan dan pengobatan yang diberikan kepada pasien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Krishnanto, T. Informatika, I. Komputer, and U. D. Nuswantoro, "Sistem Pakar Diagnosa Periodontal Dengan Menggunakan Fuzzy Tsukamoto Expert System for Periodontal Diagnosis Using Fuzzy," pp. 1–8.
- [2] M. A. Ridwan, A. Maulana, A. R. Syahputera, and M. Ulfani, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Periodontal Menggunakan Metode," *J. SIMETRIS*, vol. 11, no. 2, pp. 1–13, 2020.
- [3] A. P. Purnama and R. Kurniawan, "Kajian Literatur Metode Sistem Pakar pada Penanganan Kesehatan Gigi dan Mulut," *Semin. Nas. Inform. Medis*, pp. 14–21, 2019.
- [4] N. Rohmawati and Y. D. P. Santik, "Status Penyakit Periodontal pada Pria Perokok Dewasa," *HIGEIA J. PUBLIC Heal. Res. Dev.*, vol. 3, no. 2, pp. 287–297, 2019, doi: 10.24198/jkg.v28i3.18693.
- [5] H. Effendi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit pada Ibu Hamil," *Teknomatika*, vol. 10, no. 01, pp. 9–20, 2020, [Online].  
Available: <http://ojs.palcomtech.com/index.php/teknomatika/article/view/482>.
- [6] D. Mauli, "Tanggung Jawab Hukum Dokter Terhadap Kesalahan Diagnosis Penyakit Kepada Pasien," *Cepalo*, vol. 2, no. 1, p. 33, 2019, doi: 10.25041/cepalo.v2no1.1760.
- [7] *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 29 TAHUN 2004 Pasal 35 Ayat 1 Tentang Praktik Kedokteran*. 2004.
- [8] N. Situmorang, "Dampak Karies Gigi dan Penyakit Periodontal Terhadap Kualitas Hidup," *Dentika Dent. Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 3–5, 2006.
- [9] I. Zulfa, R. Septima, and I. Syah, "Sistem Pakar Untuk Mengetahui Tingkat Kesuburan Tanah Pada Jenis Tanaman Kopi Menggunakan Metode Fuzzy Logic ( Studi Kasus Kota Takengon )," *J. Keilmuan san Apl. Inform.*, vol. 5, no. 36, pp. 37–52, 2020.
- [10] M. Arhami, *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2005.
- [11] T. D. Nisa and R. Primartha, "Diagnosis Penyakit Gigi Periodontal Menggunakan Sistem Pakar Fuzzy," *J. Generic*, vol. 9, no. 1, pp. 309–319, 2013.