

# IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DAN ALGORITMA GENETIKA PADA PEMILIHAN SKINCARE

Fina Rahma Dewi<sup>\*1)</sup>, Nuril Lutvi Azizah<sup>2)</sup>, Hindarto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Informatika Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>3)</sup>Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: 191080200159@umsida.ac.id

**Abstract.** Selection of the right skincare product requires a slow process because it involves a decision-making by a skin specialist. The purpose of this research is to optimize the process of selecting skincare products by creating an expert system with the help of the Matlab application. The method used in making the expert system is the Tsukamoto fuzzy method and genetic algorithms. The Tsukamoto fuzzy inference system helps select skincare by using membership limits according to specialist at clinic. There are four input variables, namely skin moisture, enlarged pores, blackheads, telangiectasis and one output, namely type of skincare package. The Tsukamoto fuzzy membership limit will be optimized with genetic algorithm using different crossover rate (cr) variations. The results showed that Tsukamoto's fuzzy accuracy level was 65.37%. After optimizing the membership limit, the accuracy rate increases by 17.63% to 82.93%. The increase in accuracy shows that the expert system using the two Tsukamoto fuzzy methods and the genetic algorithm is better when compared to using only the Tsukamoto fuzzy method. The optimal parameter in the genetic algorithm is the Crossover rate (cr) 0.4, with a Mutation Rate of 0.01 and the number of generations is 10.

**Keywords** - Fuzzy Tsukamoto; Genetic Algorithms; Skincare

**Abstrak.** Pemilihan produk skincare yang tepat memerlukan proses yang lambat karena melibatkan pengambilan keputusan oleh dokter spesialis kulit. Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan proses pemilihan produk skincare dengan membuat sistem pakar dengan bantuan aplikasi Matlab. Metode yang digunakan adalah fuzzy tsukamoto dan algoritma genetika. Sistem inferensi fuzzy tsukamoto membantu pemilihan skincare dengan menggunakan batasan keanggotaan sesuai ketentuan dokter spesialis di klinik Nanisa. Terdapat empat variabel input yaitu tingkat kelembapan kulit wajah, pembesaran pori-pori, komedo, dan telangiectasis serta satu output yaitu jenis paket skincare. Batasan keanggotaan fuzzy tsukamoto akan dioptimalkan dengan algoritma genetika menggunakan variasi Crossover rate (cr) yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi fuzzy tsukamoto adalah 65,37%. Setelah dilakukan pengoptimalan batasan keanggotaan menggunakan algoritma genetika maka tingkat akurasi meningkat 17,63% menjadi 82,93%. Peningkatan akurasi menunjukkan bahwa sistem pakar dengan menggunakan dua metode fuzzy tsukamoto dan algoritma genetika lebih baik apabila dibandingkan dengan penggunaan metode fuzzy tsukamoto saja. Parameter yang optimal pada algoritma genetika adalah Crossover rate (cr) 0.5, dengan Mutation Rate 0.01 dan jumlah generasi 10.

**Kata Kunci** - Fuzzy Tsukamoto; Algoritma Genetika; Skincare

## I. PENDAHULUAN

Manusia sangat terbantu dengan adanya kemajuan dari teknologi komputer pada segala bidang salah satunya pada dunia kesehatan kulit [1]. Praktisi kesehatan kulit dapat memanfaatkan sistem pakar untuk membantu dalam menganalisis keputusan di klinik kecantikan. Terphis dapat menggunakan bantuan sistem pakar di klinik dengan menggunakan basis pengetahuan dokter spesialis kulit. Manfaat dari kemajuan teknologi komputer adalah terciptanya sistem pakar yang dapat membantu penggunanya walaupun bukan ahli [2].

Kulit merupakan salah satu organ yang penting dalam tubuh manusia karena memiliki banyak fungsi seperti melindungi tubuh dari gangguan lingkungan, mengatur suhu tubuh dan sebagai indra peraba [3]. Kulit yang sehat tidak hanya baik untuk kesehatan tubuh secara keseluruhan tetapi juga menambah estetika penampilan seseorang terutama wanita. Walaupun perawatan kulit dapat dilakukan dengan hal-hal yang sederhana namun bagi kulit wajah perawatan kulit cukup kompleks. Hal ini karena kulit wajah merupakan faktor utama penentu kecantikan seorang wanita [4].

Perawatan kulit yang salah dapat menyebabkan efek samping seperti timbulnya jerawat dan wajah kusam [5].

Penentuan jenis kulit wajah merupakan prosedur pertama dalam perawatan wajah [6]. Pada klinik Nanisa, dokter spesialis akan menentukan produk skincare yang sesuai dengan jenis kulit pasien. Penentuan produk skincare memerlukan keahlian, pengetahuan dan pengalaman dokter yang ahli dalam perawatan kulit. Kulit wajah pasien yang melakukan perawatan di klinik Nanisa terdiri dari empat jenis yaitu kulit normal (tidak berjerawat dan terlihat segar), jenis kulit kering (memiliki kelembapan rendah dan kulit terasa kasar), jenis kulit berminyak (pori-pori wajah relatif besar, kandungan minyak tinggi, dan sering berjerawat), dan jenis kulit sensitif (kulit sering gatal, sakit, dan mudah iritasi).

Skincare merupakan produk perawatan kulit wajah yang menggunakan berbagai bahan alami dan obat-obatan. Produk perawatan kulit pada saat ini memiliki banyak variasi dengan kandungan yang beragam. Konsumen sering mengalami kesulitan dalam memilih jenis skincare yang tepat karena kurangnya pengetahuan dan banyaknya variasi produk skincare yang dijual di apotek, toko, maupun aplikasi belanja online. Jenis produk skincare dasar meliputi perlindungan, pembersihan dan pelembab kulit [7]. Perusahaan memproduksi produk skincare secara spesifik untuk jenis kulit tertentu. Penggunaan produk-produk yang tidak sesuai dengan jenis kulit dapat merusak lapisan kulit dan menyebabkan berbagai masalah. Hal ini disebabkan karena respon molekuler dan fisiologis kulit terhadap faktor yang mempengaruhi pigmentasi, elastisitas dermal, dan kelembapan epidermis sangat bergantung pada jenis kulit. Sehingga, penggunaan produk skincare yang relevan berbeda-beda sesuai dengan jenis kulit [8].

Tujuan dari perawatan kulit adalah untuk mencegah dan mengatasi gangguan kulit terutama pada wanita muda dan dewasa. Gangguan kesehatan kulit dapat berkembang menjadi lebih serius dan menyebabkan penyakit kulit tertentu. Penyakit kulit merupakan gangguan kesehatan kulit yang diakibatkan oleh adanya jamur, kuman, parasit, virus maupun polusi udara. Penyakit kulit dapat menyerang seluruh atau sebagian anggota tubuh seperti kulit wajah. Terdapat beberapa jenis penyakit kulit yang muncul di wajah yaitu jerawat, rosacea, seboroik, eczema, flek dan kanker kulit [9].

Gangguan kesehatan kulit yang sering dialami oleh pasien di Klinik Nanisa adalah pembesaran pori-pori wajah, komedo, dan telangiectasis. Gangguan kesehatan yang pertama adalah pori-pori wajah yang membesar dapat disebabkan oleh perbedaan jenis kelamin, kecenderungan genetik, penuaan, paparan sinar ultraviolet kronis, xenobiotik komedogenik, jerawat, dan seborrhoea [10]. Selain pori-pori membesar, komedo juga menjadi permasalahan yang sering ditemui pada pasien. Komedo dihasilkan dari kelainan pada proliferasi dan diferensiasi keratinosit duktal [11]. Proses pembentukan komedo dipengaruhi oleh kelainan komposisi lipid sebaceous, androgen, produksi sitokin lokal, dan bakteri [12]. Pembuluh darah arteri yang terlihat berwarna garis-garis ungu, merah atau biru pada kulit wajah merupakan bentuk gangguan yang disebut telangiectasias [13]. Beberapa teori menyatakan bahwa telangiectasias muncul dari varises dan merupakan mekanisme sekunder dari ketidakmampuan katup pembuluh darah pada penyakit vena kronis [14].

Ketiga jenis gangguan tersebut dapat menjadi indikator penentuan jenis perawatan kulit yang dibutuhkan oleh pasien. Kemudian, kelembapan kulit merupakan faktor yang menentukan tingkat kekeringan pada kulit wajah dan sering digunakan sebagai indikator dalam menentukan kesehatan kulit. Jika kelembapan wajah menurun drastis akan menyebabkan kulit kering dan pecah-pecah [15]. Dengan menambahkan faktor kelembapan kulit, maka terdapat empat variabel input yang dapat digunakan oleh dokter spesialis dalam mendiagnosis jenis kulit untuk perawatan lebih lanjut di klinik Nanisa.

Perawatan kulit wajah menggunakan produk-produk skincare tertentu sesuai dengan hasil rekomendasi dokter spesialis kulit di Klinik Nanisa. Jenis kulit wajah setiap orang berbeda-beda. Pada umumnya terdapat tiga jenis kulit yaitu kulit kering, normal dan berminyak [16]. Selain ketiga jenis kulit tersebut, terdapat beberapa pasien yang menunjukkan jenis kulit sensitif yang mudah teriritasi oleh berbagai faktor eksternal seperti kondisi udara, suhu dan paparan bahan kimia kosmetik [17]. Kulit yang sensitif memiliki potensi kemunculan telangiectasias yang cukup besar pada kulit wajah.

Perawatan kulit wajah di klinik Nanisa menggunakan paket skincare yang telah sesuai dengan rekomendasi dokter spesialis. Untuk jenis kulit kering akan menggunakan skincare paket 1 yang terdiri dari Sabun Ceramid, Moisturizer, Dermamoist, SB White Plus, SB Bright, dan Cream malam Glycore 10. Kemudian untuk jenis kulit normal akan menggunakan skincare paket 2 yang terdiri dari Sabun Normal, Moisturizer, SB Normal, SB Bright, SB White Plus, dan Cream malam Whitening. Jenis skincare paket 3 yang direkomendasikan untuk jenis kulit sensitif adalah Sabun Sensitif, Moisturizer, SB Sensitif, SB Bright, Cream malam Whitening, dan Radian White. Paket skincare 4 akan digunakan untuk jenis kulit berminyak yaitu Sabun Oily, Sabun Bright, Acne Most Cream, SB Oily, SC SA, SB Acne, dan Cream malam Acne.

Hambatan yang sering dialami dalam proses diagnosis oleh dokter spesialis adalah waktu yang relatif lama. Pasien sering kali harus mengantri hingga sore pada jam sibuk atau memutuskan untuk melakukan penjadwalan ulang pada tanggal lain. Permasalahan terletak pada keterbatasan jumlah dokter spesialis yang harus melakukan diagnosis satu per satu pada pasien. Kondisi ini semakin buruk saat dokter spesialis terlambat datang karena kesibukan yang lain. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan waktu dalam proses diagnosis pemilihan produk skincare diperlukan penerapan teknologi informasi yaitu menggunakan sistem pakar.

Penggunaan sistem pakar untuk membantu proses pemilihan skincare dapat menjadi efektif dengan pemilihan metode yang tepat. Metode yang pertama adalah sistem inferensi fuzzy Tsukamoto yang digunakan untuk menentukan jenis kulit sesuai kriteria dokter karena dapat menggunakan input dari manusia dan bersifat intuitif. Kemudian, metode kedua adalah algoritma genetik yang dapat mengoptimalkan hasil sistem inferensi fuzzy Tsukamoto. Dengan demikian, penggunaan kedua metode tersebut dapat membantu proses pemilihan skincare bagi pasien di klinik Nanisa. Proses pemilihan produk skincare bagi pasien dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat sehingga memberikan manfaat ekonomis bagi klinik Nanisa dan meningkatkan pelayanan kepada pasien.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan algoritma genetika dan fuzzy tsukamoto dapat meningkatkan akurasi hasil dalam berbagai bidang seperti diagnosa penyakit pada sapi potong [18], diagnosis autisme pada anak-anak [19], prediksi cuaca [20], penentuan prioritas penerima zakat [21], penentuan harga jual rumah [22], pemilihan calon penerima beasiswa [23], penentuan kelayakan pemberian kredit BPR [24], penentuan kebutuhan gizi bayi MPASI [25], dan harga emas untuk stock trading [26]

Penelitian ini menerapkan sistem pakar pada bidang kesehatan kulit yang dibutuhkan oleh praktisi kesehatan di klinik kecantikan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penerapan sistem pakar pada bidang kesehatan untuk membuktikan efektivitas sistem pakar menggunakan metode fuzzy tsukamoto dan algoritma genetika.

## II. METODE

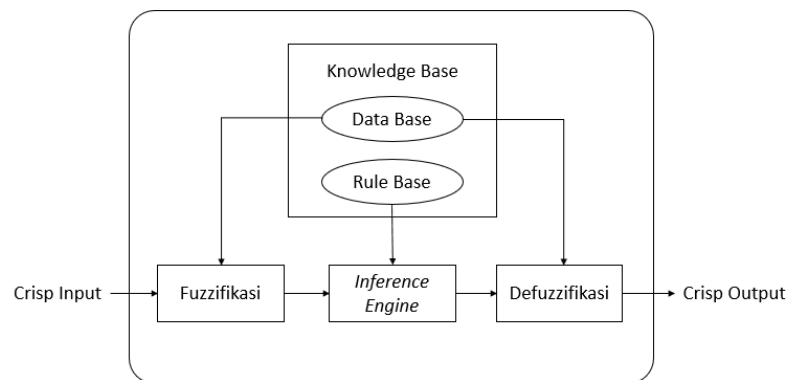
### A. Tahap Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan sejak bulan Desember 2022 di klinik Nanisa Jalan Taman Pinang Indah No.12, Banjarnego, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kegiatan penelitian terdiri dari pengamatan awal, dialog dengan dokter spesialis, mengumpulkan data pasien, merancang sistem, dan membuat sistem pakar. Jumlah data pasien pada klinik Nanisa yang digunakan dalam penelitian adalah 205 orang yang dikumpulkan dari dokumen kunjungan pasien selama tiga bulan. Proses pembuatan sistem pakar menggunakan PC Laptop dan Aplikasi Matlab 2013a yang berjalan pada sistem operasi Windows 11. Metode pembuatan sistem pakar menggunakan sistem inferensi fuzzy tsukamoto dan algoritma genetika. Penggunaan algoritma genetika berfungsi untuk mengoptimalkan batasan keanggotaan himpunan fuzzy sehingga hasil analisis lebih akurat.

### B. Perancangan Pengembangan Sistem

#### *Fuzzy Inference System Tsukamoto*

Sistem inferensi fuzzy merupakan cara yang optimal dalam memetakan ruang input kedalam output [27]. Metode tsukamoto yaitu perluasan penalaran monoton, sehingga setiap aturan If-then harus direpresentasikan dengan fungsi himpunan keanggotaan monoton [28]. Fuzzy tsukamoto hanya menggunakan satu aturan penalaran dalam sistem sehingga disebut monoton. Input yang digunakan dalam penentuan jenis kulit adalah kelembapan kulit, tingkat pembesaran pori-pori, tingkat komedo dan tingkat telangiectasias. Sedangkan Output dari sistem inferensi fuzzy tsukamoto adalah jenis paket skincare.

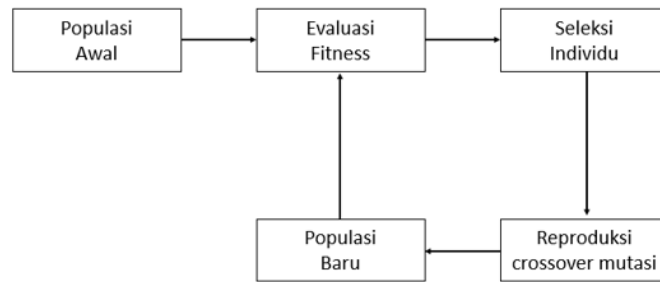


**Gambar 1.** Fuzzy Logic [29]

Langkah-langkah dalam melakukan metode sistem inferensi fuzzy tsukamoto adalah melakukan fuzzyfikasi, membuat rule, menentukan nilai perhitungan myu( $\mu$ ), menentukan nilai alpha( $\alpha$ ), menghitung nilai output z pada masing-masing  $\alpha$ -predikat, dan yang terakhir melakukan proses defuzzifikasi dengan menggunakan nilai rata-rata terpusat.

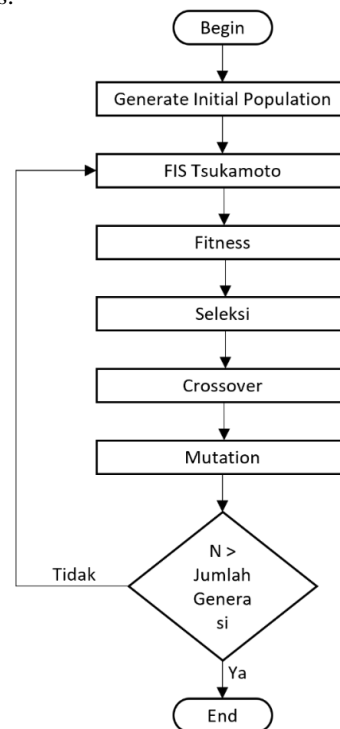
#### *Algoritma Genetika*

Algoritma Genetika merupakan jenis algoritma yang relatif sering digunakan dalam mencari solusi yang lebih optimal menggunakan nilai fitness dari seluruh kromosom [30]. Keuntungan algoritma genetika adalah sifat metode pencariannya yang lebih optimal, tanpa terlalu memperbesar ruang pencarian dan tanpa kehilangan kesempurnaan (completeness) sehingga dapat diterapkan pada permasalahan optimalisasi sistem inferensi fuzzy Tsukamoto. Algoritma genetika memberikan manfaat yang maksimal ketika diterapkan dalam masalah dengan ruang pencarian yang luas, kurangnya pengetahuan yang memadai dan metode konvensional masih kurang optimal. Perbedaan algoritma genetika dengan teknik optimasi lain adalah menggunakan fungsi fitness, aturan probabilistik dan pencarian alternatif solusi dari sebuah populasi. Algoritma genetika bekerja pada sebuah himpunan kode dari sekumpulan solusi bukan pada solusi itu sendiri. Proses algoritma genetika dimulai dari pembentukan populasi awal, proses evaluasi fitness, proses seleksi dua individu dengan nilai fitness terbaik, melakukan reproduksi (pewarisan sifat) dengan menggunakan crossover dan mutasi sehingga terbentuk populasi baru. Kemudian proses berulang sesuai dengan jumlah generasi yang ditetapkan.



**Gambar 2.** Algoritma Genetika [31]

Sistem pakar yang dibuat menggunakan dua metode yaitu Fuzzy Tsukamoto dan Algoritma Genetika. Flowchart penggunaan kedua metode ditunjukkan pada gambar 3. Proses sistem pakar dimulai dari menginisiasi populasi awal yang terdiri dari lima kromosom. Setiap kromosom merepresentasikan parameter himpunan fuzzy dalam bentuk urutan gen. Kemudian, setiap kromosom akan dimasukkan dalam sistem inferensi fuzzy tsukamoto dan menghasilkan output jenis kulit. Hasil output masing-masing kromosom akan dihitung tingkat fitnessnya melalui perbandingan dengan hasil rekomendasi dokter spesialis.



**Gambar 3.** Flowchart Algoritma Genetika dan FIS Tsukamoto

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Rancangan Fuzzy Tsukamoto

Langkah pertama dalam merancang sistem pakar fuzzy tsukamoto adalah fuzzifikasi yaitu menentukan himpunan fuzzy dari masing-masing input dan output sesuai kriteria dokter spesialis di Klinik Nanisa. Proses fuzzifikasi akan mengubah input menjadi anggota himpunan fuzzy. Input yang digunakan adalah kelembapan, pembesaran pori-pori, komedo, dan telangiectasis. Sedangkan output sistem adalah jenis kulit. Fungsi keanggotaan disajikan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1** Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto

Variable Input	Fungsi Keanggotaan	Parameter Nilai
Kelembapan	Rendah	$x \leq 30$
	Sedang	$30 < x < 38$
	Normal	$34 < x < 42$
	Tinggi	$x \geq 42$
Pembesaran Pori-Pori	Grade 1	$x \leq 25\%$
	Grade 2	$25\% < x < 60\%$
	Grade 3	$40\% < x < 75\%$
	Grade 4	$x \geq 75\%$
Komedo	Grade 1	$x \leq 25\%$
	Grade 2	$25\% < x < 60\%$
	Grade 3	$40\% < x < 75\%$
	Grade 4	$x \geq 75\%$
Telangiactasis	Grade 1	$x \leq 25\%$
	Grade 2	$25\% < x < 60\%$
	Grade 3	$40\% < x < 75\%$
	Grade 4	$x \geq 75\%$

Variabel output pada himpunan fuzzy memiliki parameter yang tetap dan tidak akan dioptimalkan melalui genetika algoritma. Langkah berikutnya adalah menyusun aturan (rule) sesuai dengan panduan dokter spesialis. Jumlah rule yang disusun mencapai 256 buah karena penggunaan empat variabel input dengan masing-masing empat fungsi keanggotaan. Setelah itu, dilakukan inferensi dengan menyusun fungsi keanggotaan dan menghitung nilai myu ( $\mu$ ) setiap variabel. Berikut adalah fungsi keanggotaan dan rumus perhitungan nilai myu ( $\mu$ ) pada variabel input kelembapan terdiri dari kelembapan rendah (L1), kelembapan sedang (L2), kelembapan normal (L3), dan kelembapan tinggi (L4).

$$\mu_{kelembapan\ rendah(L1)} \begin{cases} x \leq 30, & 1 \\ 30 < x < 34, & \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 34, & 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{kelembapan\ sedang(L2)} \begin{cases} x \leq 30, & 0 \\ 30 < x \leq 34, & \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \\ 34 < x \leq 38, & \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 38, & 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{kelembapan\ normal(L3)} \begin{cases} x \leq 34, & 0 \\ 34 < x \leq 38, & \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \\ 38 < x \leq 42, & \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 42, & 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{kelembapan\ rendah(L4)} \begin{cases} x \leq 38, & 0 \\ 38 < x < 42, & \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 42, & 1 \end{cases} \quad (4)$$

Dalam menghitung nilai myu ( $\mu$ ) pada variabel input pembesaran pori-pori, tingkat komedo dan telangiactasis dapat dilakukan dengan menggunakan empat tingkatan (grade) yaitu pembesaran pori-pori (P1,P2,P3,P4), tingkat komedo (K1,K2,K3,K4) dan telangiactasis (T1,T2,T3,T4). Karena fungsi keanggotaan ketiga variabel sama maka hanya perlu ditampilkan rumus perhitungan nilai myu ( $\mu$ ) pada salah satu variabel yaitu pembesaran pori-pori.

$$\mu_{P1} \begin{cases} x \leq 0,25, & 1 \\ 0,25 < x < 0,40, & \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 0,40, & 1 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{P2} \begin{cases} x \leq 0,25, & 0 \\ 0,25 < x \leq 0,40, & \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \\ 0,40 < x \leq 0,60, & \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 0,60, & 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{P3} \begin{cases} x \leq 0,40, & 0 \\ 0,40 < x \leq 0,60, & \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \\ 0,60 < x \leq 0,75, & \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 0,75, & 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{P4} \begin{cases} x \leq 0,60, & 0 \\ 0,60 < x < 0,75, & \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \\ x \geq 0,75, & 1 \end{cases} \quad (8)$$

Kemudian akan dilakukan perhitungan nilai alpha ( $\alpha$ ) menggunakan fungsi min sesuai aturan (rule) yang telah ditetapkan. Setelah itu, akan dilakukan proses defuzzifikasi dengan menggunakan rumus nilai rata-rata terpusat:

$$z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \quad (9)$$

## B. Rancangan Algoritma Genetika

Algoritma genetika akan mengoptimalkan batasan keanggotaan Fuzzy Inference System Tsukamoto melalui prosedur seperti seleksi alam. Langkah pertama adalah menentukan ukuran gen pada masing-masing kromosom. Pada penelitian ini, jumlah gen akan sesuai dengan jumlah himpunan fuzzy yaitu 20 sesuai parameter keanggotaan fuzzy pada variabel input dan output. Pada bagian awal kromosom terdapat empat gen yang merepresentasikan parameter kelembapan rendah (L1), sedang (L2), normal (L3) dan tinggi (L4). Kemudian pada empat berikutnya merepresentasikan tingkat pembesaran pori-pori wajah yaitu grade 1 (P1), grade 2 (P2), grade 3 (P3), dan grade 4 (P4). Setelah itu empat gen merepresentasikan tingkat komedo pada wajah yaitu grade 1 (K1), grade 2 (K2), grade 3 (P3), dan grade 4 (P4). Lalu, terdapat empat gen yang merepresentasikan tingkat Telangiactasis yaitu grade 1 (T1), grade 2 (T1), grade 3 (T1), dan grade 4 (T4). Pada bagian akhir kromosom terdapat empat gen yang merepresentasikan parameter output yaitu jenis produk skincare paket 1 untuk kulit kering (J1), jenis produk skincare paket 1 untuk kulit normal (J2), jenis produk skincare paket 1 untuk kulit sensitif (J3), dan jenis produk skincare paket 1 untuk kulit berminyak (J4). Susunan gen pada masing-masing kromosom adalah sebagai berikut:

$$C = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline L1 & L2 & L3 & L4 & P1 & P2 & P3 & P4 & K1 & K2 \\ \hline K3 & K4 & T1 & T2 & T3 & T4 & J1 & J2 & J3 & J4 \\ \hline \end{array}$$

**Gambar 4.** Susunan gen pada kromosom

Proses inialisasi populasi akan memiliki lima kromosom (C1, C2, C3, C4, C5). Setelah itu, kelima kromosom akan dimasukkan pada fungsi inferensi Fuzzy Tsukamoto. Berdasarkan kriteria dokter spesialis maka dapat dibuat kromosom dengan parameter sebagai berikut.

$$C1 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline L1 & L2 & L3 & L4 & P1 & P2 & P3 & P4 & K1 & K2 \\ \hline 30 & 34 & 38 & 42 & 0,25 & 0,40 & 0,60 & 0,75 & 0,25 & 0,40 \\ \hline K3 & K4 & T1 & T2 & T3 & T4 & J1 & J2 & J3 & J4 \\ \hline 0,60 & 0,75 & 0,25 & 0,40 & 0,60 & 0,75 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline \end{array}$$

**Gambar 5.** Susunan parameter pada kromosom

Penentuan nilai fitness berasal dari hasil output masing-masing kromosom. Perhitungan fitness pada masing-masing kromosom dilakukan dengan persentasi hasil sistem pakar dengan hasil diagnosis dokter spesialis. Persamaan perhitungan nilai fitness adalah sebagai berikut:

$$Fitness = \frac{Jumlah\ data\ yang\ sesuai}{jumlah\ semua\ data} \times 100\% \quad (10)$$

Proses seleksi dilakukan dengan menggunakan metode elitism selection yaitu menyeleksi kromosom yang memiliki nilai tertinggi hingga terendah. Dari lima kromosom yang telah diurutkan maka kromosom dengan nilai fitness terbaik pertama (C1) dan kedua (C2) akan diseleksi dan disilangkan sehingga menghasilkan offspring kromosom ketiga (C3) dan keempat (C4). Jumlah gen yang disilangkan sesuai dengan nilai crossover rate (cr) yang berada pada rentang 0,1 sampai 0,9. Nilai crossover rate yang paling optimal akan dikaji lebih lanjut pada bagian pembahasan.

Kemudian, mutasi diterapkan pada kromosom terbaik (C1) dengan menambahkan atau mengurangi nilai gen secara acak sehingga akan menghasilkan kromosom kelima (C5). Besarnya perubahan nilai gen yang terpilih sangat kecil pada rentang -0,01 sampai 0,01. Pada penelitian ini, besarnya nilai mutasi gen ditentukan dari nilai mutation rate (mr) yaitu 0,01. Pemilihan letak gen dilakukan dengan bilangan random positif seperti persamaan dibawah ini:

$$x'_i = x_i + r(max_i - min_j) \quad (11)$$

Jika jumlah generasi telah mencapai 10 maka proses akan berhenti, namun jika belum maka proses akan berulang kembali menuju sistem inferensi Fuzzy Tsukamoto. Proses perhitungan dengan sistem pakar memiliki waktu yang bervariasi dengan durasi yang paling lama adalah proses defuzzifikasi karena memerlukan perhitungan yang lebih panjang dibandingkan proses lainnya. Keakurasian sistem pakar yang dibuat ditentukan dari hasil fitness setelah tercapai perulangan hingga generasi ke-10.

**Tabel 2** Pengujian Akurasi Sistem FIS Tsukamoto

No.	Keputusan Dokter	FIS	Kesesuaian Data
1.	1	1	1
2.	1	1	1
3.	2	3	0
4.	4	4	1
5.	3	4	0
6.	3	4	0
.....	.....	.....	.....
205	4	4	1
Jumlah data sesuai			134

$$Akurasi = \frac{134}{205} \times 100\% = 65,37\%$$

Data diagnosis kelembapan, pembesaran pori-pori, komedo, Telangiactasis dan jenis paket skincare yang diberikan kepada pasien telah diuji menggunakan sistem pakar. Pertama, proses pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem inferensi fuzzy Tsukamoto dan menghasilkan tingkat akurasi sebesar 65,37%.

Hasil pengujian sistem pakar menghasilkan kromosom yang optimal yaitu:

$$C1 =$$

L1	L2	L3	L4	P1	P2	P3	P4	K1	K2
36	37	40	41	0,15	0,57	0,78	0,99	0,57	0,66
K3	K4	T1	T2	T3	T4	J1	J2	J3	J4
0,71	0,94	0,18	0,54	0,80	0,81	1	2	3	4

**Gambar 6.** Susunan parameter yang optimal

Hasil pengujian sistem pakar dengan optimalisasi batasan keanggotaan dapat disajikan pada tabel dibawah ini:

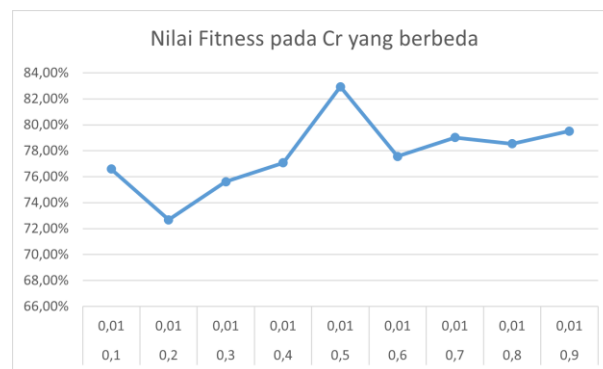
**Tabel 3** Pengujian Akurasi Sistem Pakar

No.	Keputusan Dokter	Sistem Pakar	Kesesuaian Data
1.	1	1	1
2.	1	1	1
3.	2	2	1
4.	4	4	1
5.	3	3	1
6.	3	4	0
.....	.....	.....	.....
205	4	3	0
Jumlah data sesuai			170

$$Akurasi = \frac{134}{205} \times 100\% = 82,93\%$$

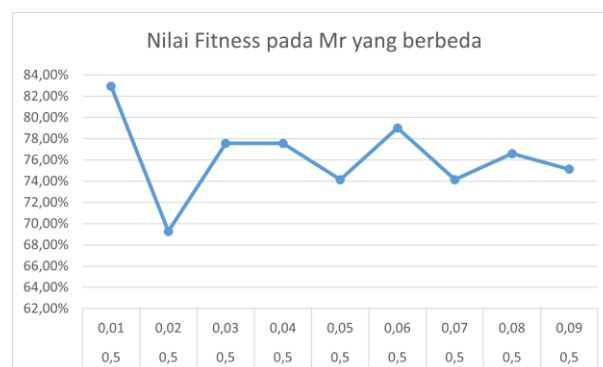
Kemudian, dilakukan pengoptimalan batasan anggota himpunan input fuzzy Tsukamoto dengan menggunakan algoritma genetika. Penerapan algoritma genetika menggunakan tingkat mutasi ( $mr$ ) = 0,01 dan jumlah generasi 10. Tingkat crossover ( $cr$ ) bervariasi dari 0,1 hingga 0,9. Hasil akurasi sistem pakar menunjukkan peningkatan sebesar 17,63% menjadi 82,93%. Peningkatan akurasi menunjukkan efisiensi sistem pakar menggunakan genetika algoritma dan fuzzy tsukamoto lebih baik dibandingkan sistem pakar yang hanya menggunakan fuzzy tsukamoto. Dengan menggunakan sistem pakar dapat membantu tenaga medis di klinik kecantikan.

Pengujian tingkat crossover yang berbeda untuk menentukan nilai crossover rate yang optimal pada tingkat akurasi sistem. Hasil pengujian tingkat akurasi ditunjukkan pada tabel di bawah ini :



**Gambar 7.** Nilai Fitness dengan Cr yang berbeda

Nilai fitness hasil pengujian sistem pakar dengan nilai mutation rate ( $Mr$ ) konstan yaitu 0,01 dan nilai Cr yang berbeda dari 0,1 sampai 0,9 menunjukkan bahwa nilai Crossover Rate ( $Cr$ ) yang optimal adalah 0,5 yaitu 82,93%.



**Gambar 8.** Nilai Fitness dengan Mr yang bervariasi pada nilai Cr 0,5.

Setelah mengetahui nilai Cr yang optimal, maka dilakukan pengujian pada nilai Cr 0,5 namun dengan nilai Mr yang berbeda dari 0,01 sampai 0,09. Nilai Mr yang optimal dari hasil pengujian adalah 0,01 yaitu 82,93%.

Berdasarkan grafik kombinasi nilai Cr dan Mr terhadap fitness, maka nilai akurasi tertinggi adalah 82,93% yang dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali sesuai jumlah generasi. Tingkat akurasi bervariasi namun tetap lebih tinggi dari nilai akurasi menggunakan sistem inferensi fuzzy tsukamoto saja yang hanya mencapai akurasi 65,37%.

*Tabel 4 Skala Persentase untuk Uji Ahli [32]*

Presentase Pencapaian	Interpretasi
76% - 100%	Sangat Layak
56% - 75%	Layak
40% - 50%	Cukup
0% - 39%	Kurang Layak

Berdasarkan tabel 4 maka nilai akurasi Algoritma Genetika dan Fuzzy Tsukamoto dengan sebesar 82,93% termasuk dalam kategori sangat layak. Sistem pakar yang dibuat dapat mendukung karyawan pada klinik kecantikan untuk memilih produk *skincare* yang cocok bagi konsumen. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan optimalisasi anggota himpunan fuzzy oleh algoritma genetika [16]–[22], [24].

## V. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan sistem pakar dapat membantu pemilihan jenis produk *skincare* bagi pasien di klinik Nanisa. Tingkat akurasi terbaik sistem pakar dengan menggunakan metode sistem inferensi fuzzy Tsukamoto dan algoritma genetika adalah 82,93% dengan tingkat Crossover rate 0,5. Peningkatan akurasi menunjukkan bahwa sistem pakar dengan menggunakan dua metode fuzzy tsukamoto dan algoritma genetika lebih baik apabila dibandingkan dengan penggunaan metode fuzzy tsukamoto saja.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan seperti pengumpulan data pasien yang hanya menggunakan rentang waktu 3 bulan dan hanya menggunakan dua metode fuzzy tsukamoto serta algoritma genetika. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk melakukan penelitian dengan data yang memiliki durasi waktu lebih panjang dan menggunakan metode yang lain agar ditemukan metode yang paling optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua ayahanda dan ibunda tercinta yang telah banyak memberikan dukungan dan tak hentinya mendoakan penulis. Kepada seluruh pihak di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

## REFERENSI

- [1] D. P. C. Aniago, S. Sumijan, dan J. Santony, "Akurasi dalam Mendeteksi Penyakit Kulit Menular menggunakan gabungan Metode Forward Chaining dengan Certainty Factor," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.47233/jteksis.v2i2.145.
- [2] V. Ariandi, F. Hadi, dan A. S. Lusinia, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Dada Dengan Menggunakan Metode Naives Bayes Dan Bahasa Pemrograman PHP Dab MySQL," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 4, no. 1, hlm. 35–46, 2022.
- [3] M. E. T. Butarbutar dan A. Y. Chaerunisaa, "Peran Pelembab dalam Mengatasi Kondisi Kulit Kering," *Majalah Farmasetika*, vol. 6, no. 1, 2020, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.28740.
- [4] J. M. Sukisman dan L. S. S. Utami, "Perlawanan Stigma Warna Kulit terhadap Standar Kecantikan Perempuan Melalui Iklan," *Koneksi*, vol. 5, no. 1, hlm. 67, Mar 2021, doi: 10.24912/kn.v5i1.10150.
- [5] A. Rahmawaty, "Peran Perawatan Kulit (Skincare) Yang Dapat Merawat Atau Merusak Skin Barrier," *Berkala Ilmiah Mahasiswa Farmasi Indonesia (BIMFI)*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.48177/bimfi.v7i1.32.

- [6] R. Pebrianto, S. N. Nugraha, dan W. Gata, "Perancangan Sistem Pakar Penentuan Jenis Kulit Wajah Menggunakan Metode Certainty Factor," *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.31294/ijcit.v5i1.7408.
- [7] K. Rodan, K. Fields, G. Majewski, dan T. Falla, "Skincare Bootcamp: The Evolving Role of Skincare," *Plast Reconstr Surg Glob Open*, vol. 4, 2016, doi: 10.1097/GOX.0000000000001152.
- [8] E. Markiewicz dan O. C. Idowu, "Personalized skincare: From molecular basis to clinical and commercial application," *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, vol. 11. 2018. doi: 10.2147/CCID.S163799.
- [9] D. M. Efendi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit Wajah Dengan Metode Certainty Factor Pada Klinik Skin Rachel," *Jurnal Informasi dan Komputer*, vol. 8, no. 1, 2020, doi: 10.35959/jik.v8i1.174.
- [10] C. Theerawattanawit, P. Phaiyarin, S. Wanichwecharungruang, N. Noppakun, P. Asawanonda, dan C. Kumtornrut, "The Efficacy and Safety of Chitosan on Facial Skin Sebum," *Skin Pharmacol Physiol*, vol. 35, no. 1, 2022, doi: 10.1159/000517965.
- [11] F. Fontao, M. von Engelbrechten, C. Seilaz, O. Sorg, dan J. H. Saurat, "Microcomedones in non-lesional acne prone skin New orientations on comedogenesis and its prevention," *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, vol. 34, no. 2, 2020, doi: 10.1111/jdv.15926.
- [12] P. Mawardi, I. Ardiani, P. P. Primisawitri, dan A. Nareswari, "Dual role of cutibacterium acnes in acne vulgaris pathophysiology," *Bali Medical Journal*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.15562/bmj.v10i2.2358.
- [13] L. Gao dkk., "A retrospective analysis for facial telangiectasia treatment using pulsed dye laser and intense pulsed light configured with different wavelength bands," *J Cosmet Dermatol*, vol. 19, no. 1, 2020, doi: 10.1111/jocd.13179.
- [14] M. Atefeh, "A microneedling device for the treatment of spider vein: A case report," *J Cosmet Dermatol*, vol. 20, no. 8, 2021, doi: 10.1111/jocd.13858.
- [15] J. N. Rochma, "Pengaruh Penggunaan Masker Buah Tin (*Ficus carica*) Terhadap Peningkatan Kelembapan Kulit Wajah Kering," *Program Studi Pendidikan Tata Rias Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta*, 2016.
- [16] V. Maarif, H. M. Nur, dan T. A. Septianisa, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Skincare yang Sesuai Dengan Jenis Kulit Wajah Menggunakan Logika Fuzzy," *EVOLUSI: Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 7, no. 2, Sep 2019, doi: 10.31294/evolusi.v7i2.6755.
- [17] X. Wang dkk., "Gender-related characterization of sensitive skin in normal young Chinese," *J Cosmet Dermatol*, vol. 19, no. 5, 2020, doi: 10.1111/jocd.13123.
- [18] D. Kurnianingtyas, W. F. Mahmudy, dan A. W. Widodo, "Optimasi Derajat Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Diagnosis Penyakit Sapi Potong," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, 2017, doi: 10.25126/jtiik.201741294.
- [19] I. E. Mandriana, C. Dewi, dan M. T. Furqon, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto menggunakan Algoritma Genetika untuk Diagnosis Autisme pada Anak," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 11, hlm. 1395–1405, Nov 2017.
- [20] F. Insani, S. Fadilah, dan S. Sanjaya, "Prediksi Cuaca Pekanbaru Menggunakan Fuzzy Tsukamoto dan Algoritma Genetika," *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*, hlm. 255–262, 2020.

- [21] A. Fitri dan W. F. Mahmudy, "Optimasi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika pada Penentuan Prioritas Penerima Zakat," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, hlm. 125–138, 2017.
- [22] E. Nur Azizah, I. Cholissodin, dan W. Firdaus Mahmudy, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Harga Jual Rumah," *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, vol. 2, no. 2, hlm. 79–82, Nov 2015, doi: 10.21776/ub.jeest.2015.002.02.3.
- [23] B. A. Restuputri, W. F. Mahmudy, dan I. Cholissodin, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Dua Tahap Menggunakan Algoritma Genetika Pada Pemilihan Calon Penerima Beasiswa dan BBP-PPA ( Studi Kasus : PTIIK Universitas Brawijaya Malang )," *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 15, hlm. 1–10, 2015.
- [24] N. Z. Ilahiyah, D. E. Ratnawati, dan C. Dewi, "Optimasi Batasan Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Kelayakan Pemberian Kredit (Studi Kasus: PD. BPR. Bank Daerah Lamongan)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, hlm. 2957–2964, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [25] M. Mudrikatussalamah, C. Dewi, dan B. Rahayudi, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Menggunakan Algoritma Genetika Dalam Penentuan Kebutuhan Gizi Bayi MPASI," *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 7, hlm. 2706–2712, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [26] F. A. Fathurrachman, F. A. Bachtiar, dan I. Cholissodin, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto dengan Algoritma Genetika pada Peramalan Harga Emas untuk Stock Trading," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 4, hlm. 3939–3948, 2019.
- [27] A. S. Sukamto dan W. Setiawan, "Peramalan Saham Berdasarkan Data Masa Lalu dengan Pendekatan Fuzzy Time Series," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 4, no. 2, 2018, doi: 10.26418/jp.v4i2.29469.
- [28] N. S. Pasaribu, J. T. Hardinata, dan H. Qurniawan, "Application of The Fuzzy Tsukamoto Method in Determining Household Industry Products," *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*, vol. 1, no. 1, hlm. 71–71, 2021.
- [29] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Infoman's*, vol. 11, no. 1, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.
- [30] H. B. Guritno, T. Haryanto, A. Kustiyo, dan I. Hermadi, "Optimasi Parameter pada Fast Correlation Based Filter," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Pendidikan*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [31] A. W. Zebua, "Pengaruh Panjang Bentang Terhadap Ukuran Penampang Optimum Beton Prategang Pada Balok Sederhana Dengan Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.24815/jts.v7i1.10481.
- [32] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta, 2010.

**Conflict of Interest Statement:**

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.