

Identifikasi Individu Berdasarkan Pola Citra Rugae Palatina Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Farah Hana Kusumaputri¹, Suryo Adhi Wibowo², Yuti Malinda³

^{1,2}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran

^{1,2}Jl. Telekomunikasi, Terusan Buah Batu, Bandung, Jawa Barat 40257

³Jl. Sekeloa Selatan I, Bandung, 401323

E-mail: ¹farahhana@students.telkomuniversity.ac.id, ²suryoadhiwibowo@telkomuniversity.ac.id, ³yuti.malinda@fkg.unpad.ac.id³

Abstract

Indonesia is a country that is in an area prone to natural disasters, such as volcanic eruptions, earthquakes, tsunamis, and others. These natural disasters often cause many victims to die. To identify the victims' identities, an identification process is needed. The identification method most commonly used today is using fingerprints, teeth, and DNA. However, this identification method still has some shortcomings. At present a more effective alternative method is offered by utilizing the palatine rugae pattern. Rugae palatina has individual characteristics and is resistant to all kinds of damage. So that Rugae palatina has the potential to be used in the process of individual identification. In this research, application of palatine rugae image processing application will be developed with data recording, image registration, feature extraction using Principal Component Analysis (PCA) method, and palatine rugae pattern classification using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) method. The expected output from this final project is a system that is able to identify individuals by utilizing the palatine rugae pattern. To get good and effective parameters for system performance, periodic testing is carried out. The sampling procedure uses original photographs directly taken from the palatine rugae, so that it will facilitate the identification process.

Keyword: ANFIS, ANN, Fuzzy Logic, PCA, rugae palatina

Abstrak

Negara Indonesia merupakan negara yang berada di daerah rawan bencana alam, seperti erupsi gunung merapi, gempa bumi, tsunami, dan lain-lain. Bencana alam tersebut seringkali menyebabkan korban meninggal dalam jumlah yang banyak. Untuk mengenali identitas para korban tersebut diperlukannya proses identifikasi. Metode identifikasi yang paling sering digunakan saat ini yaitu menggunakan sidik jari, gigi, dan DNA. Namun, metode identifikasi tersebut masih mempunyai beberapa kekurangan. Saat ini ditawarkan metode alternatif yang lebih efektif yaitu dengan memanfaatkan pola rugae palatina. Rugae palatina memiliki sifat yang individual dan tahan terhadap segala macam kerusakan. Sehingga Rugae palatina memiliki potensi untuk digunakan dalam proses identifikasi individu. Dalam penelitian ini akan dikembangkan aplikasi pengolahan sampel citra rugae palatina dengan proses perekaman data, registrasi citra, ekstraksi ciri menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA), dan klasifikasi pola rugae palatina menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Keluaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah sistem yang mampu mengidentifikasi individu dengan memanfaatkan pola rugae palatina. Untuk mendapatkan parameter yang baik dan efektif terhadap performansi sistem, maka dilakukan pengujian secara berkala. Prosedur pengambilan sampel menggunakan foto asli yang secara langsung diambil dari rugae palatina, sehingga akan mempermudah proses identifikasi.

Kata kunci: ANFIS, ANN, Fuzzy Logic, PCA, rugae palatina

I. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi bencana alam, seperti erupsi gunung berapi, gempa bumi, tsunami, dan lain-lain. Karena seringnya terjadi bencana alam di Indonesia, dibutuhkan proses identifikasi pada individu yang menjadi korbannya. Permasalahan yang sering timbul dalam proses identifikasi adalah kondisi korban dalam keadaan bagian tubuh yang sudah tidak lengkap maupun bagian tubuh yang terbakar. Hal itu menyebabkan banyak dari jenazah korban tidak dapat diidentifikasi secara forensik [1].

Ada berbagai macam metode analisis forensik yang kita kenal, contohnya metode DNA, sidik jari, dan rekaman gigi. Metode-metode tersebut adalah metode ilmiah yang paling umum digunakan dalam identifikasi forensik. Akan tetapi prosedur DNA memerlukan waktu yang cukup lama dan tidak tersedia pada daerah terpencil. Meskipun metode ini akurat, metode ini tidak dapat dipakai ketika dibutuhkan hasil pemeriksaan yang mudah didapat dan segera. Metode dengan menggunakan sidik jari memiliki keterbatasan karena sifat sidik jari yang mudah rusak atau hilang dimutilasi. Identifikasi menggunakan rekaman gigi juga terdapat kemungkinan tidak dapat disimpulkan, karena banyak rekaman gigi antemortem yang tidak akurat dan tidak lengkap [1].

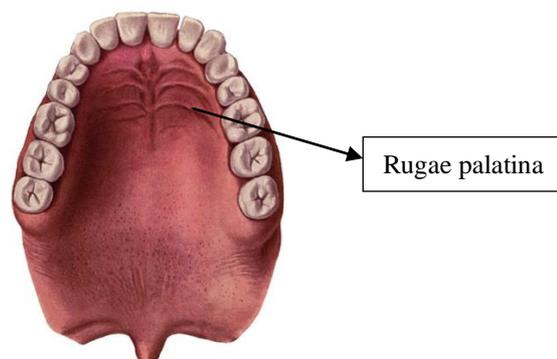
Pada kondisi demikian, ditawarkan alternatif untuk membantu dalam proses identifikasi jenazah korban. Palatoscopy atau palatal rugoscopy adalah studi pada Rugae Palatina dengan tujuan untuk menggali informasi tentang identitas seseorang. Rugae Palatina atau yang biasa disebut juga dengan plica palatine transversa atau palatal rugae adalah tonjolan pada bagian anterior dari mukosa palatal, terdapat di tiap sisi dari raphe palatine median dan dibawah papilla insisivus[2]. Rugae Palatina memiliki karakteristik yang unik dan memiliki bentuk yang konsisten semasa hidup manusia. Letaknya di rongga mulut yang dikelilingi oleh gigi, bibir, lidah dan bucal pad sehingga memberikan perlindungan dalam kasus-kasus kebakaran atau trauma. Sehingga Rugae Palatina potensial digunakan untuk mengidentifikasi seseorang [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem yang mampu mengidentifikasi individu berdasarkan pola citra Rugae Palatina dan mampu melakukan analisis dan menentukan parameter keakuratan dan waktu komputasi yang lebih baik. Adapun manfaat penelitian ini adalah membantu tim forensik dalam melakukan proses identifikasi individu berdasarkan pola Rugae Palatina menggunakan suatu sistem perangkat lunak dan dapat mengetahui performansi sistem yang dirancang menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Pada tahun 2018, telah dilakukan penelitian oleh Dimas Anugrah Putra dengan judul “Identifikasi Biometrik Rugae Palatina Pada Individu Menggunakan Metode Binary Large Object (Blob) Dan Metode Watershed Dengan Klasifikasi Levenberg-Marquardt Backpropagation Untuk Aplikasi Odontologi Forensik”. Penelitian tersebut dilakukan dengan cara mengamati pola dari Rugae Palatina melalui cetakan positif rahang atas. Dengan adanya penelitian terkait diatas maka penelitian ini membandingkan cara untuk mendapatkan pola rugae palatina dengan metode yang sudah ada dan meningkatkan akurasi sistem [4].

II. Metodologi Penelitian

2.1 Rugae Palatina



Gambar 1. Rugae Palatina[1]

Rugae palatina berasal dari Bahasa Latin yang memiliki arti kerutan atau lipatan. Secara anatomis, rugae memiliki bentuk seperti bukit serta kerutan dan lipatan di mukosa anterior pada palatum yang dikelilingi oleh pipi, bibir, lidah, buccal pad, dan terlindungi dari insinerasi (trauma). Menurut The Glossary of Prosthodontics terms 8, rugae palatina merupakan lipatan atau kerutan anatomi dalam jumlah banyak dan tidak teratur, terbentuk dari jaringan ikat dan jaringan fibrous yang terletak di sepertiga anterior palatum keras. Rugae Palatina bentuknya asimetri dan irreguler yang merupakan perluasan dari papila insisivus dan anterior dari median palatal raphae [1].

Rugae palatina memiliki sifat yang individual. Penelitian membuktikan bahwa rugae palatina memiliki variasi yang berbeda pada tiap individu dengan bentuk yang tetap sepanjang hidup. Pola rugae pada saudara kembar pun tidak identik namun tetap memiliki kemiripan. Rugae palatina merupakan salah satu anatomi rongga mulut yang memiliki ketahanan tinggi. Pada penelitian Muthusubramanian dkk (2015) di Chennai, India rugae palatina dari korban yang terbakar mampu bertahan terhadap suhu tinggi dan aktifitas dekomposisi jenazah selama tujuh hari. Kemudian Stuart menyatakan bahwa penyakit, pengaruh kimia atau trauma ringan umumnya tidak dapat mengubah bentuk rugae palatina (Jain dan Chowdary, 2013), beda halnya dengan pendapat Jindal (2016) dalam penelitiannya terhadap rugae palatina 120 orang penderita penyakit periodontal seperti gingivitis, periodontiti agresif dan periodontis kronis yang menyatakan bahwa penyakit periodontal dapat mempengaruhi bentuk rugae palatina [5].

Rugae palatina terbukti dapat digunakan untuk mengidentifikasi individu karena memiliki sifat unik pada setiap individu, kestabilan bentuk yang tinggi, dan pengaplikasian yang murah (indira dkk, 2012; Patel N dkk, 2015) [6]. Akan tetapi, ada beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi kestabilan pola rugae palatina, yaitu:

1. Penyakit periodontal progresif seperti periodontitis kronik dan periodontitis agresif;
2. Perawatan ortodontik dengan pencabutan gigi dan ekspansi palatal;
3. Tekanan persisten dari pemakaian gigi tiruan;
4. Kebiasaan menghisap jari yang ekstrem;
5. Perawatan bedah celah palatum.

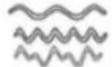
Pada tahun 1932, Trobo mengklasifikasikan rugae menjadi dua kelompok yaitu simple rugae dan compound rugae. Single rugae dibagi kedalam tipe A, B, C, D, E, F. Compound rugae yang merupakan rugae yang terbentuk dari dua atau lebih simple rugae diklasifikasikan sebagai “tipe X” atau tipe polimorfik. Pada rugogram, Rugae palatina utama ditulis dengan huruf kapital, sedangkan rugae berikutnya ditulis dengan huruf kecil[7].

Tabel 1. Klasifikasi Trobo

Klasifikasi	Bentuk	Gambar
Tipe A	Titik	
Tipe B	Garis	
Tipe C	Kurva	
Tipe D	Bersudut	
Tipe E	Bergelombang	
Tipe F	Sirkular	

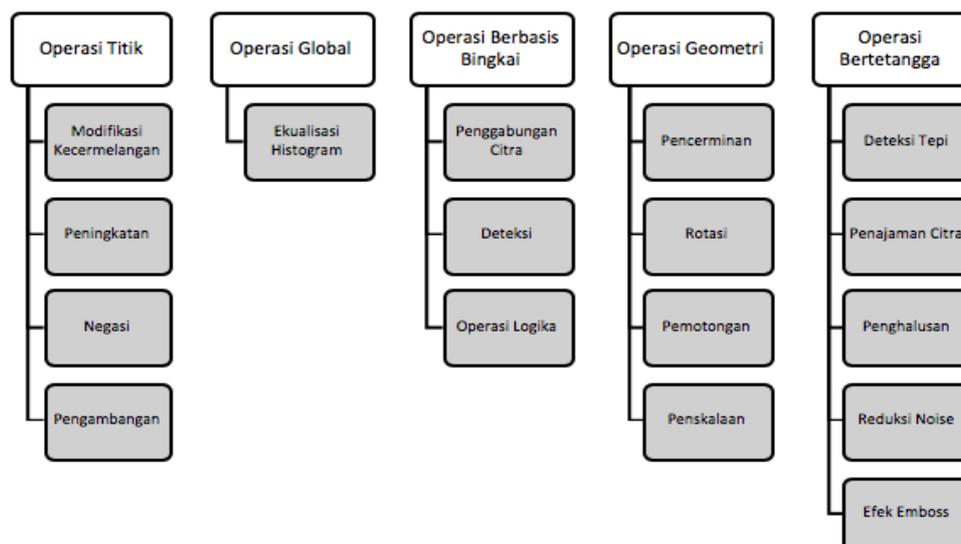
Martin dos Santos mengelompokkan rugae palatina berdasarkan bentuk dan posisi. Menurut posisinya dibedakan menjadi rugae inisial dan rugae komplementer. Rugae palatina yang terletak di anterior ditulis dalam bentuk huruf, sedangkan rugae komplementari atau tambahan ditulis dalam bentuk angka [7].

Tabel 2. Klasifikasi Martin dos Santos

Typ	Anterior	Lain	Bentuk
Titik	P	0	
Garis	L	1	
Kurva	C	2	
Sudut	A	3	
Sirkular	C	4	
Sinus	S	5	
Bifurkasi	B	6	
Trifurkasi	T	7	
Interrupt	I	8	
Anomali	An	9	

2.1 Pengolahan citra digital

Secara umum, pengolahan citra digital merupakan pemrosesan gambar 2 dimensi menggunakan komputer yang mengubah informasi fisik non digital menjadi informasi digital berupa data numerik. Proses pengolahan citra digital meliputi perbaikan citra (image registration) dan peningkatan kualitas citra yang akan menghasilkan citra digital baru. Gambar dibawah adalah operasi-operasi dasar pada pengolahan citra digital [8].

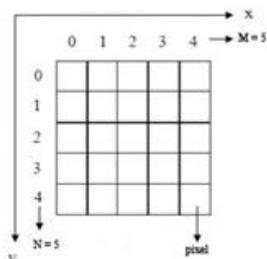


Gambar 2. Operasi Pengolahan Digital[8]

Citra digital memiliki fungsi dua dimensi $f(x,y)$ dimana x dan y merupakan suatu koordinat dan f dari (x,y) menyatakan amplitudo atau intensitas atau derajat keabuan (grayscale). Nilai tingkat keabuan pada citra digital disebut sebagai piksel pada posisi tertentu. Nilai x , y dan f dari (x,y) merupakan nilai diskrit atau berhingga[9]. Citra digital dalam bentuk matriks dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f(x,y) = \begin{cases} f(0,0) & \dots & f(0,n-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ f(n-1,0) & \dots & f(n-1,n-1) \end{cases} \quad (1)$$

Pada matriks citra digital $f(x,y)$, nilai x dan y menyatakan koordinat posisi piksel itu berada, dan nilai $f(x,y)$ menunjukkan intensitas (derajat keabuan) piksel pada koordinat tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini[10].



Gambar 3. Visualisasi 256 Aras Keabuan[10]

Agar dapat diolah menggunakan komputer digital, citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai diskrit. Perubahan fungsi kontinu menjadi diskrit disebut digitalisasi citra. Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinu dengan intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Pada umumnya, pengolahan citra digital dibagi menjadi 3 yaitu *color image*, *black and white*, dan *binary image*[10].

2.2 Citra Biner

Citra biner merupakan citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam dan putih. Citra biner disebut juga dengan citra B&W (black and white) atau citra monokrom. Dibutuhkan 1bit untuk mewakili nilai setiap piksel sehingga citra biner disimpan pada matriks yang bernilai 0 dan 1. Citra biner mempermudah proses deteksi pola, karena pola lebih mudah terdeteksi pada citra dengan sedikit warna dalam kata lain hitam dan putih[11].

2.3 Citra Grayscale

Citra grayscale adalah matriks data yang nilai-nilainya mewakili intensitas setiap piksel berkisar antara 0 sampai dengan 255. Setiap piksel membutuhkan 8bit memori. Citra berwarna yang memiliki komponen R, G, dan B dapat berubah menjadi citra grayscale dengan nilai X. Konversi dapat dilakukan dengan cara mengambil rata-rata dari nilai R, G, dan B[11].

2.4 Citra RGB

Citra RGB adalah citra yang masing-masing piksel mempunyai tiga komponen warna yang spesifik, yaitu merah (red), hijau (green), dan biru (blue). Contoh citra RGB dapat dilihat pada gambar. Ketiga warna tersebut membentuk suatu susunan warna yang luas. Rentang nilai mulai dari 0 hingga 255, skala 256 didasarkan pada acara mengungkap 8 digit bilangan biner. RGB memiliki warna campuran sebanyak 1677216 jenis warna. Tiap piksel ditentukan oleh komponen merah, hijau, dan biru. Jadi, nilai dari sebuah penyusun warna dapat dituliskan pada tabel berikut[11]:

Tabel 3. Nilai Penyusun Warna

Warna	R	G	B
Merah	255	0	0
Hijau	0	255	0
Biru	0	0	255
Hitam	0	0	0
Putih	255	255	255

2.5 Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) merupakan salah satu hasil berharga dari aljabar linear terapan. Prosedur PCA pada dasarnya adalah bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara menyusutkan (mereduksi) dimensinya. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel bebas melalui transformasi variabel bebas asal ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali tanpa menghilangkan informasi penting yang ada di dalamnya atau yang biasa disebut dengan principal component. Dengan reduksi ini maka waktu komputasi dapat dikurangi dan kompleksitas dari citra wajah yang tidak perlu dapat dihilangkan [12]. Principal Component Analysis menggunakan vektor-vektor yang disebut dengan eigenvector dan nilai-nilai yang disebut dengan eigenvalue untuk mendapatkan fitur yang paling signifikan pada dataset [13].

Berikut adalah tahapan dalam proses PCA:

1. Zero Mean

Proses ini sangat diperlukan didalam PCA karena setiap data akan dilakukan pengurangan dengan rata-rata untuk setiap dimensinya. Perhitungan zero-mean ini seperti pada persamaan 2

$$A = -a \quad (2)$$

Dimana D adalah representasi dataset dari citra dan a adalah rata-rata baris dari dataset citra[14].

2. Covariance Matrix

Covariance matrix atau matriks kovarian merupakan perhitungan penyebaran data pada dataset. Perhitungan ini digunakan untuk mengukur relasi antar dimensi pada suatu data. Perhitungan matriks kovarian dilakukan dengan persamaan 3

$$A = Y^T * Y \quad (3)$$

Dimana Y^T adalah zero-mean yang ditranspos dan Y adalah zero-mean[14].

3. Eigenvector dan eigenvalue

Eigenvector dan eigenvalue masing-masing merepresentasikan pola dari data. Eigenvector yang memiliki eigenvalue terbesar merupakan principal component dari data tersebut. Persamaan nilai eigen dari matriks kovarian bisa dilihat pada persamaan 4

$$\det(A - \lambda I) = 0 \quad (4)$$

Dimana A adalah matriks n x n, λ adalah nilai Eigen, I adalah matriks identitasnya[14].

4. Pemilihan komponen dan membentuk *feature vector*

Proses yang utama pada PCA adalah mereduksi dimensi data yang akan diolah. Oleh karena itu, sebanyak n principal component yang akan digunakan merupakan hasil dari n nilai eigenvector dengan n nilai eigenvalue tertinggi dikali dengan data asli. Berikut adalah rumusnya pada persamaan 5

$$p = (Y * v) \quad (5)$$

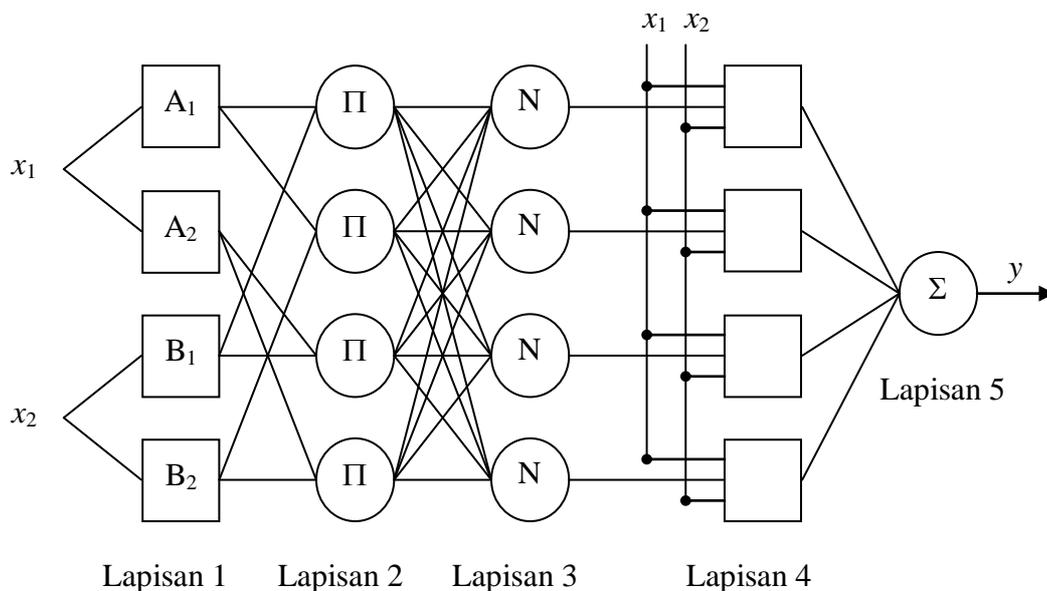
Dimana Y adalah zero-mean dan v adalah nilai eigenvector[14].

2.6 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan penggabungan dari logika fuzzy dan *Artificial Neural Network* (ANN). Dasar dari penggabungan adalah kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem. Kemampuan utama *Artificial Neural Network* (ANN) adalah dapat mengenali sistem melalui proses pembelajaran untuk memperbaiki parameter adaptif. Kekurangan dari sistem ini adalah kerumitan strukturnya. Sedangkan sistem fuzzy mempunyai konsep yang mirip dengan konsep berpikirnya manusia. Gabungan keduanya akan saling melengkapi kelebihan dan kekurangan masing-masing sistem[15].

Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah sistem fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan serta kemudahan komputasi. Pertimbangan ini penting karena sistem tersebut akan melalui suatu proses belajar yang mempunyai beban komputasi besar[16].

Pada sistem inferensi fuzzy TSK orde satu dengan dua masukan, aturan yang digunakan diekivalenkan dengan struktur jaringan dengan lima lapisan seperti gambar 3 – 1. Tiap lapisan mempunyai fungsi yang berbeda dan terdiri atas beberapa simpul. Lapisan ANFIS tersebut dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 4. Lapisan ANFIS[17]

a. Lapisan 1

Semua simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah) dengan fungsi simpul:

$$O_{1,i} = \begin{cases} \mu_{A_i}(x_2); & i = 1,2 \\ \mu_{B_{i-2}}(x_2); & i = 3,4 \end{cases} \quad (6)$$

dengan x dan y adalah masukan pada simpul i , A_i (atau B_{i-2}) adalah fungsi keanggotaan masing-masing simpul. Simpul $O_{1,i}$ berfungsi untuk menyatakan derajat keanggotaan tiap masukan terhadap himpunan fuzzy A dan B . Fungsi keanggotaan yang dipakai adalah jenis generalized bell (gbell). Parameter a, b, c , pada fungsi keanggotaan gbell dinamakan parameter premis yang adaptif[17].

$$\mu_i(x_n) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_n - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (7)$$

untuk $n = 1, 2$ dan $i = 1, \dots, 4$, dengan $\{a_i, b_i, c_i\}$ adalah himpunan parameter premis.

b. Lapisan 2

Semua simpul pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap). Fungsi simpul ini adalah mengalikan setiap sinyal masukan yang datang. Fungsi simpul:

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_j}(x_1) \cdot \mu_{B_k}(x_2) \quad (8)$$

untuk $j = k = 1, 2$ dan $i = 1, \dots, 4$. Tiap keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan (firing strength) tiap aturan fuzzy. Fungsi ini dapat diperluas apabila bagian premis memiliki lebih dari dua himpunan fuzzy. Banyaknya simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk. Fungsi perkalian yang digunakan adalah interpretasi kata hubung and dengan menggunakan operator t-norm[17].

c. Lapisan 3

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (normalized firing strength) yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya, dengan bentuk fungsi simpul:

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum w} = \frac{w_i}{w_1 + \dots + w_4} \quad (9)$$

untuk $i = 1, \dots, 4$. Apabila dibentuk lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi W_i dengan jumlah total W untuk semua aturan[17].

d. Lapisan 4

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i \cdot f_i = \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i x_2 + r_i) \quad (10)$$

untuk $i = 1, \dots, 4$, dengan $\{p_i, q_i, r_i\}$ adalah himpunan parameter konsekuen.

Dengan W adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 3 dan parameter p, q, r menyatakan parameter konsekuen yang adaptif[17].

e. Lapisan 5

Pada lapisan ini hanya ada satu simpul tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan. Fungsi simpul:

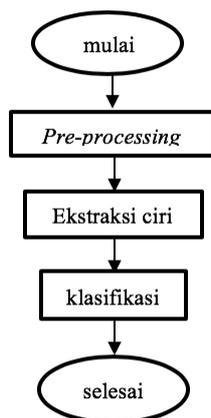
$$O_5 = \sum \bar{w}_i \cdot f_i = y \quad (11)$$

Dalam struktur ANFIS, simpul-simpul adaptif terdapat pada lapisan pertama dan keempat. Simpul pada lapisan pertama mengandung parameter premis yang nonlinier sedangkan simpul pada lapisan keempat mengandung parameter konsekuen yang linier. Agar ANFIS dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, maka perlu dicari nilai-nilai parameter-parameter tersebut yang tepat melalui suatu proses pembelajaran[17].

III. Hasil dan Pembahasan

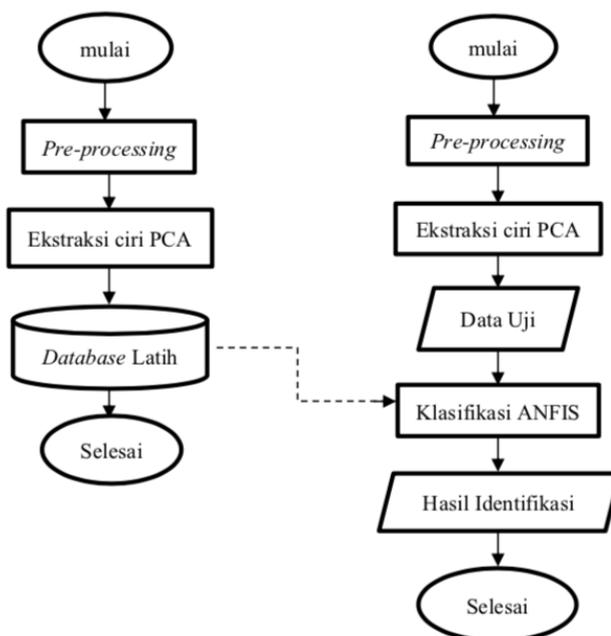
3.1 Desain Sistem

Sistem yang dirancang merupakan sebuah sistem untuk melakukan identifikasi terhadap individu menggunakan pola *rugae palatina*. Sistem dimulai dengan proses *pre-processing*, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Secara keseluruhan langkah yang dilakukan dapat digambarkan seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Model Sistem

Sistem dirancang menjadi dua tahap yakni tahap latih dan tahap uji. Citra rugae palatina pada penelitian ini berjumlah 290 buah, dengan rincian jumlah data latih sebanyak 232 citra dan jumlah data uji sebanyak 58 citra. Pengujian sistem yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan mengubah parameter-parameter pada preprocessing, ekstraksi ciri dan klasifikasi. Dengan mengubah parameter-parameter tersebut diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja sistem. Tahap latih merupakan proses dari pembentukan *database* untuk menyimpan nilai vektor ciri sebagai referensi bagi citra uji. Tahap uji merupakan proses untuk menguji data citra sehingga mampu diklasifikasikan oleh perangkat lunak yang digunakan. Data citra terlebih dahulu dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu data latih dan data uji. Ketika data citra dimasukkan ke dalam sistem, data tersebut terlebih dahulu melewati tahap *preprocessing* citra agar mendapatkan batasan dan ukuran yang sama. Tahap *preprocessing* yang digunakan yaitu mengubah citra yang awalnya berupa citra dengan susunan warna RGB (red, green, blue) menjadi saturation, mengubah ukuran menjadi 150x150 piksel, dan mengubah tipe data menjadi double. Kemudian tahap ekstraksi ciri menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara menyusutkan (mereduksi) dimensinya. Menggunakan vektor-vektor yang disebut dengan *eigenvector* dan nilai-nilai yang disebut dengan *eigenvalue* untuk mendapatkan fitur yang paling signifikan pada dataset. Setelah tahap *pre-processing* dan ekstraksi ciri, kemudian dilakukan identifikasi citra dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan mengenali sistem melalui proses pembelajaran untuk memperbaiki parameter adaptif kesederhanaan serta kemudahan komputasi. Gambar 6. merupakan diagram alir proses tahap latih dan tahap uji citra.



Gambar 6. Diagram Alir Identifikasi Citra pada Tahap Citra Latih (kiri) dan Tahap Citra Uji (kanan)

Proses tahapan awal pada tahap uji sama dengan tahapan awal tahap latih. Perbedaan pada kedua tahapan tersebut terdapat di proses klasifikasi dan hasil klasifikasi. Tahap klasifikasi bertujuan untuk mengklasifikasikan pola rugae palatina dengan data yang sudah dilatih sebelumnya menggunakan ANFIS. Tahap terakhir dari data uji adalah hasil klasifikasi. Hasil akhir dari sistem ini menentukan jenis dari pola rugae palatina, perbandingan dari masing-masing metode *preprocessing* dan mempertimbangkan parameter berdasarkan tingkat akurasi dan waktu komputasi. Dalam menentukan hasil akhir, sistem yang dirancang ini menggunakan acuan dari data uji yang sudah dilakukan sebelumnya. Pengujian sistem ini dilakukan dengan 3 skenario yang berbeda, dimana A adalah skenario dengan perbandingan jumlah data latih dan data uji adalah 232 : 58, B dengan perbandingan 203 : 87, dan C dengan perbandingan 174 : 116. Kemudian performansi sistem merupakan tahapan dalam kemampuan sistem yang bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan pada sistem. Perolehan performansi sistem dapat diukur berdasarkan pada parameter-parameter berikut:

1. Akurasi Sistem

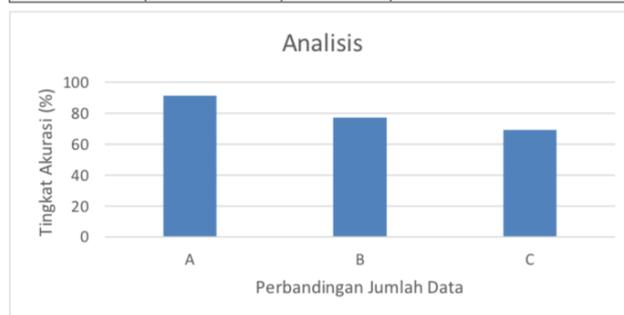
Akurasi sistem adalah tingkat kemampuan atau ketepatan sistem dalam mengenali masukan yang diberikan. Secara matematis akurasi sistem ini dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{x}{n} \times 100\% \quad (12)$$

dimana x adalah jumlah data benar dan n adalah jumlah data keseluruhan. Semakin tinggi akurasi sistem menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang baik karena mampu mengenali masukan yang diberikan[20]. Berikut adalah analisis pengaruh perubahan jumlah data latih dan data uji terhadap tingkat akurasi yang dihasilkan. Hasil dari pengujian pengaruh jumlah data ditunjukkan pada tabel 4 dan gambar 7 berikut.

Tabel 4. Pengaruh Jumlah Data Terhadap Tingkat Akurasi

Kategori	Data latih	Data uji	Tingkat akurasi (%)
A	232	58	91,38
B	203	87	77,01
C	174	116	68,97



Gambar 7. Akurasi Sistem

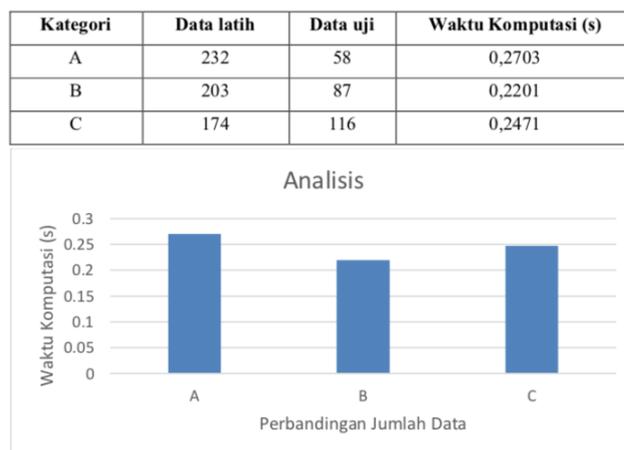
2. Waktu komputasi

Waktu komputasi merupakan rentang waktu yang diperlukan oleh sistem dalam menjalankan suatu perintah yang diberikan. Pada penelitian ini, waktu komputasi dapat dihitung sejak sistem mulai menjalankan proses pengidentifikasian sampai sistem mengakhiri proses tersebut. Secara matematis, perhitungan waktu komputasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Waktu\ Komputasi = b - a \quad (13)$$

dimana a adalah waktu mulai dan b adalah waktu selesai[21]. Berikut analisis pengaruh perubahan jumlah data latih dan data uji terhadap waktu komputasi yang dihasilkan. Hasil dari pengujian pengaruh jumlah data ditunjukkan pada tabel 5 dan gambar 8 berikut.

Tabel 5. Pengaruh Jumlah Data Terhadap Waktu Komputasi



Gambar 8. Waktu Komputasi

IV. Kesimpulan

Identifikasi pada individu dapat dilakukan menggunakan identifikasi pola rugae palatina. Proses identifikasi tersebut dilakukan melalui perangkat lunak dengan masukan citra pola rugae palatina yang melalui tahapan *preprocessing*, ekstraksi ciri menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan klasifikasi menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Ketepatan penggunaan metode tersebut tergantung dari masing-masing parameter agar tingkat akurasi mencapai minimal 80%. Hasil dari penelitian ini telah mendapatkan sebuah sistem yang dapat mengidentifikasi individu dengan akurasi terbaik sebesar 91,38% dan waktu komputasi tercepat sebesar 0,2201 detik.

V. Daftar Pustaka

- [1] N. Kusuma, *Rugae Palatina*, Padang: Andalas University Press, 2017
- [2] M. Pangestu, B. Hidayat, F. Oscandar "Identifikasi Pola Rugae Palatina Untuk Klasifikasi Jenis Kelamin Manusia Dengan Citra Digital Menggunakan Metode Gabor Wavelet Dan Fuzzy K-nn", ISSN: 2355-9365, vol.3, No.2, Agustus, Bandung, 2016
- [3] D. Aryono, B. Hidayat, "Identifikasi Pola Rugae Palatina Menggunakan Metode Active Contour Dan Histogram Of Oriented Gradient Dengan Klasifikasi Conjugate Gradient Backpropagation", ISSN: 2355-9365 vol.5, No.1, Maret, Bandung, 2018.
- [4] D. A. Putra, B. Hidayat, Y. Malinda "Identifikasi Biometrik Rugae Palatina Pada Individu Menggunakan Metode Binary Large Object (Blob) Dan Metode Watershed Dengan Klasifikasi Levenberg-Marquardt Backpropagation Untuk Aplikasi Odontologi Forensik", ISSN: 2355-9365, vol.5, No.1, Maret, Bandung, 2018
- [5] J Investig Clin Dent. 2014 Aug;5(3):171-8. doi: 10.1111/j.2041-1626.2013.00150.x. Epub Feb 1, 2013
- [6] A. B. Acharya, B. Sivapathasundharam, Forensic Odontology. In Rajendran R. Sivapathasundharam B.Eds. Shafer's Textbook of Oral Pathology, Fifth Edn. Elsevier; p.1199-227, 2006.
- [7] R. Mahajan, M. A. Dar, S. S. Risam, Palatoscopy/Rugoscopy: A Potential Tool in Human Identification. Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences; Vol. 3, Issue 40, September 01; Page: 10076-10088, DOI: 10.14260/jemds/2014/3307, 2014.
- [8] B. Zitova dan J. Flusser, Image registration methods: a survey, Image and Vision Computing, 21:977–1000, 2003.
- [9] A. Prijono dan M. C. Wijaya, Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab Image Processing Toolbox, Bandung: Informatika, 2007.
- [10] R. D. Kusumanto, A. N. Tompunu dan W. S. Pambudi, "Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV, "Jurnal Ilmiah Elite Elektro, vol.2, no.2, pp. 83-87, 2011.
- [11] P. N. Andono, T. Sutojo, Muljono, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta: Andi, 2017.
- [12] D.B.L. Bong, R.N. Tingang, A. Joseph, Palm Print Verification System, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol I, London, U.K., 2010.

- [13] D. Putra, *Sistem Biometrika*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2009.
- [14] Suyanto, *Algoritma Genetika dalam MATLAB*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2005.
- [15] N. Azizah, K. Adi, A. Widodo, "Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk Prediksi Tingkat Layanan Jalan," *JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis)*, vol. 3, no. 3, Dec. 2013.
- [16] A.H Saputra, Tarno, B. Warsito, *Analisa Data Runtun Waktu dengan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*. *Jurnal Gaussian*, Vol. 1, No. 1, pp. 31-40, 2012.
- [17] M.A. Boyacioglu, D. Avcı, *An Adaptive Network- Based Fuzzy Inference System (ANFIS) for The Prediction of Stock Market Return : The Case of Istanbul Stock Exchange*. Elsevier, Vol. 37, pp.7908-7912, 2010.
- [18] P. Hidayatullah, *Pengolahan citra digital : Teori dan Aplikasi Nyata*, 2017.
- [19] R. Munir, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Penerbit Informatika, Bandung, 2004.
- [20] U. Ahmad, *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [21] A. McAndrew, *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab*, School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology, Victoria, Australia, 2004.