

# IDENTIFIKASI POLA ENAMEL GIGI MENGGUNAKAN METODE *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* (DWT) DAN *SELF ORGANIZING MAPS* (SOM) UNTUK APLIKASI FORENSIK KEDOKTERAN GIGI

## *IDENTIFICATION OF ENAMEL RODS USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) AND SELF ORGANIZING MAPS (SOM) FOR FORENSIC ODONTOLOGY APPLICATIONS*

Shabrina Elha Putri<sup>1</sup>, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA<sup>2</sup>, drg. Fahmi Oscandar, M.Kes., Sp.RKG<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro,  
Universitas Telkom

<sup>3</sup>Prodi S1 Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjajaran

<sup>1</sup>shabrinaelha@gmail.com, <sup>2</sup>bhidayat@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>fahmi.oscandar@unpad.ac.id

### Abstrak

Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi dengan membandingkan pola-pola enamel gigi yang berbeda-beda dengan menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan metode pengklasifikasian yang digunakan adalah metode *Self Organizing Map* (SOM). Serta jumlah sampel yang digunakan yaitu 10 gigi *incisivus* (gigi seri) yang difoto dengan teknik khusus yaitu dengan hanya mengambil pola-pola enamel yang berada pada sepertiga dari akar yang terlihat saja. Gigi-gigi yang diambil pun tidak boleh memiliki tambalan dan karies, karena dapat sukar untuk melihat pola-pola enamel gigi tersebut. Dalam penelitian kali ini menggunakan gigi *incisivus* karena gigi tersebut memiliki luas yang lebih besar dibandingkan gigi-gigi yang lain dan lebih mudah ditemukan untuk diambil sampel.

Hasil yang diperoleh dari serangkaian proses tersebut yaitu sebuah aplikasi berbasis Matlab yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan membandingkan metode-metode mana yang lebih efisien untuk digunakan. Dengan penelitian dan aplikasi yang dibuat, akan membantu para dokter gigi maupun forensik untuk mengidentifikasi karakteristik pola-pola enamel gigi yang dimiliki setiap individu. Sistem identifikasi individu berbasis pola enamel gigi memiliki akurasi 88.5%.

**Kata kunci :** Enamel, *Incisivus*, *Discrete Wavelet Transform* (DWT), *Self Organizing Map* (SOM)

### Abstract

*In this research, discusses about identification by comparing enamel rods in individual using Discrete Wavelet Transform (DWT) method and the classification is Self Organizing Maps (SOM). As well as the number of samples used were 10 incisivus teeth that were photographed with a special technique and the enamel rods that exist only in one-third from roots of the visible. When teeth was taken, it shouldn't have any fillings and caries, because it can be difficult to see the pattern of enamel rods. In this research using incisivus teeth because it has a large area than the other teeth and more easily found for the sample.*

*The result from process of research is an application based on Matlab that can be used to identify and compare the methods which is more efficient to use. Hopefully this research can help the dental forensic to identify the characteristic patterns of the enamel rods which belonged to each individual. The system of individual identification based on enamel rods have an accuracy 88.5%.*

**Keywords:** Enamel, *Incisivus*, *Discrete Wavelet Transform* (DWT), *Self Organizing Map* (SOM)

### 1. Pendahuluan

Ilmu forensik kedokteran gigi dapat membantu mempermudah pengidentifikasian korban bencana alam dan kecelakaan menggunakan pola enamel gigi. Karena setiap manusia memiliki pola-pola yang berbeda, seperti halnya sidik jari. Namun penggunaan sidik jari untuk korban bencana alam maupun kecelakaan lalu lintas sangat sulit dikarenakan sulit diidentifikasi apabila sidik jari tersebut terdapat goresan maupun terbakar. Sidik jari merupakan jaringan lemak yang mudah hancur apabila terkena panas maupun terbakar. Sedangkan gigi tidak,

karena gigi jaringan terkeras dari seluruh jaringan tubuh manusia. Bahkan gigi lebih keras dari pada tulang, yang apabila dikubur sekali pun, gigi tidak akan hancur dan dapat dijadikan fosil. Dan gigi dapat bertahan pada suhu 1000°C yaitu ketika terjadi letusan api.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi setiap individu-individu menggunakan pola enamel gigi. Cara yang digunakan yaitu dengan memfoto gigi dan mengidentifikasi karakteristik pola-pola pada enamel gigi. *Image processing* dalam hal ini dapat membatu dan mempermudah pengidentifikasian. Dan dalam penelitian ini menggunakan metode ekstraksi ciri yaitu *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan metode pengklasifikasian yang digunakan adalah metode *Self Organizing Map* (SOM). Berdasarkan paparan di atas, maka dibuat sebuah aplikasi berbasis Matlab yang digunakan untuk mempermudah proses identifikasi dan klasifikasi pola enamel gigi. Pembuatan aplikasi ini dimulai dengan pengambilan sample foto dari gigi *incisivus* (gigi seri) agar diperoleh pola-pola enamel gigi dari setiap individu.

**2. Dasar Teori**

**2.1 Enamel Gigi**

Enamel gigi adalah bagian yang melapisi permukaan gigi atau pelapis mahkota gigi. Enamel berfungsi melindungi gigi karena merupakan jaringan keras dan mengandung zat anorganik sebesar 90% -92% sisanya bahan organik serta air. Enamel gigi berasal dari eptitel ektodermal yang merupakan bahan terkeras dari tubuh manusia karena memiliki konsentrasi kalsium paling tinggi [1]. Ketebalan enamel gigi bervariasi, enamel paling tebal terdapat pada mahkota gigi kemudian semakin menipis pada dasar mahkota dan hilang saat mencapai akar gigi. Enamel rods tersusun atas kristal Hidroksiapatit (HA).

**2.2 Ilmu Kedokteran Gigi Forensik**

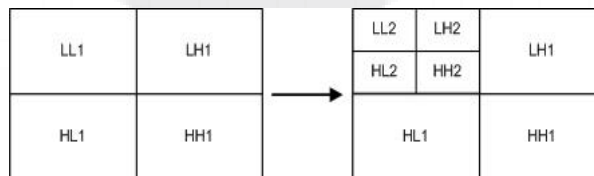
Ilmu forensik merupakan penerapan dan pemanfaatan ilmu pengetahuan untuk kepentingan penegakan hukum dan keadilan yang memiliki fokus dalam menginvestigasi bukti dari suatu kasus yang melibatkan kejahatan kekerasan, pelecehan pada anak dan orang dewasa, orang yang hilang serta bencana masal yang pemeriksaannya meliputi gigi dan jaringan sekitarnya (Bowers, 2004) [2]. Forensik odontologi melibatkan pengumpulan, manajemen, interpretasi, evaluasi, dan presentasi yang benar dari bukti dental untuk kepentingan kriminal atau kepentingan masyarakat, kombinasi beberapa aspek dental, ilmiah, dan profesi hukum. Kedokteran gigi forensik dapat diartikan sebagai cabang ilmu kedokteran gigi yang menggunakan pengetahuan dental untuk masalah masyarakat atau kriminal.

**2.3 Citra Digital**

Citra digital dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dua dimensi  $f(x,y)$ , dengan  $x$  maupun  $y$  adalah posisi koordinat sedangkan  $f$  merupakan amplitudo pada posisi  $(x, y)$  yang sering dikenal sebagai intensitas atau *grey scale* (Gonzales, 2002). Nilai dari intensitas bentuknya adalah diskrit mulai dari 0 sampai 255 [3]. Citra yang ditangkap oleh kamera dan telah dikuantisasi dalam bentuk nilai diskrit disebut citra digital (*digital image*). Sedangkan foto dari hasil printer tidak dapat disebut citra digital, namun apabila disimpan pada file (bmp, jpg, png atau format lainnya) pada komputer dapat disebut sebagai citra digital. Jadi citra digital tersusun dari sejumlah nilai tingkat keabuan yang dikenal sebagai *pixel* pada posisi tertentu.

**2.4 Discrete Wavelet Transform (DWT)**

*Discrete Wavelet Transform* (DWT) adalah salah satu metode yang digunakan dalam pengolahan citra digital. DWT dapat digunakan untuk transformasi citra dan kompresi citra. Proses dekomposisi pada citra dengan menggunakan transformasi wavelet diskrit dapat dilakukan dengan cara mentransformasikan terhadap baris-baris citra, kemudian dilanjutkan dengan mentransformasikan terhadap kolom-kolom citra. Ilustrasinya adalah sebagai berikut :

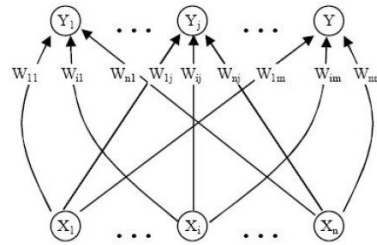


**Gambar 2.1** Proses Dekomposisi Citra dengan Level Dekomposisi Satu dan Dua [4]

LH1, HL1 dan HH1 adalah matriks hasil dekomposisi level 1. Matriks LL1 digunakan untuk melakukan dekomposisi ke level 2. Sehingga didapat LL2, LH2, HL2 dan HH2 adalah matriks hasil dekomposisi level 2.

**2.5 Self Organizing Maps (SOM)**

Jaringan syaraf tiruan *Self Organizing Map* (SOM) dikenalkan oleh Teuvo Kohonen, merupakan suatu cara pemetaan pola suatu ciri dengan pengaturan yang dilakukan secara otomatis.

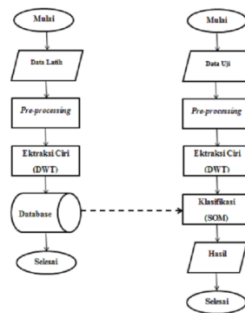


**Gambar 2.2** Arsitektur Jaringan *Self Organizing Maps* [5]

Gambar 2.2 menunjukkan salah satu contoh arsitektur jaringan *self organizing* dengan 2 unit pada lapisan *input* ( $X_1$  dan  $X_i$ ), serta 3 unit (*neuron*) pada lapisan *output* ( $Y_1$ ,  $Y_j$ , dan  $Y$ ). Sebagai catatan, bobot  $w_{ij}$  disini mengandung pengertian, bobot yang menghubungkan neuron ke- $j$  pada lapisan input ke neuron ke- $i$  pada lapisan output. Jaringan ini terdiri dari dua lapisan (*layer*), yaitu lapisan *input* dan lapisan *output* [5]. Setiap neuron dalam lapisan *input* terhubung dengan setiap neuron pada lapisan *output*. Setiap neuron dalam lapisan *output* merepresentasikan kelas (*cluster*) dari *input* yang diberikan.

**3. Perancangan Sistem**

Gambaran umum sistem simulasi dan analisis dari Tugas Akhir ini dapat dilihat sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Proses Latih dan Uji

**3.1 Akuisisi Citra**

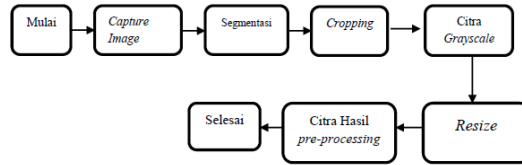
Dalam penelitian ini jumlah sampel yang digunakan yaitu 10 gigi *incisivus* (gigi seri) dengan cara memotret gigi menggunakan kamera DSLR Canon EOS 600D dan lensa makro Canon EF 100 mm f/2.8 USM dengan *auto focus*, *aperture* f22, *shutter speed* 1/500 s, ISO 6400, serta tanpa menggunakan *flash* dalam mini studio fotografi berukuran 20 X 20 X 20 cm. Foto diambil dalam bentuk format JPEG yang mempunyai ketajaman gambar yang berbeda sesuai dengan keadaan pencahayaan dan teknik pengambilan gambar



**Gambar 3.2** Pengambilan Sampel Gigi *Incisivus* (Gigi Seri)

### 3.2 Preprocessing

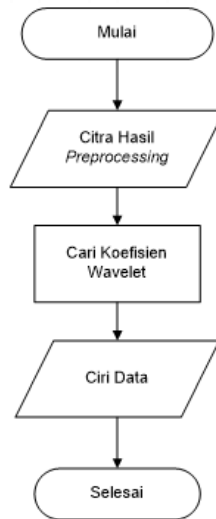
Pre-processing adalah proses awal yang dilakukan setelah mendapatkan perangkat data citra masukan. Pre-processing dipergunakan untuk mempermudah proses komputasi citra. Selaitu itu, pre-processing dapat meningkatkan kualitas citra dalam kontras dan kecerahan.



Gambar 3.3 Blok Diagram Pre-processing

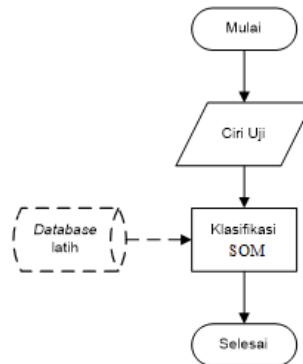
### 3.3 Ekstraksi Ciri Discrete Wavelet Transform (DWT)

Proses selanjutnya yaitu ekstraksi ciri menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, yaitu melewati sinyal frekuensi tinggi *High Pass Filter (HPF)* dan frekuensi rendah *Low Pass Filter (LPF)*. Proses awal pada penelitian ini yaitu melakukan dekomposisi level satu pada citra. Kemudian citra tersebut difiltering menggunakan LPF dan HPF secara baris untuk semua baris dan dilanjutkan secara kolom untuk semua kolom. Setelah difiltering, dilanjutkan dengan sub sampling, dan menghasilkan 4 buah *subband* yaitu LL, LH, HL, dan HH. Lalu didapatkan koefisien *wavelet* level 1. Proses ini diulang sampai dekomposisi ke enam. Sehingga akan didapatkan koefisien *wavelet* masing-masing *subband* hingga level 6. Hasil koefisien *wavelet* inilah yang nantinya mencari ciri dari suatu citra.



Gambar 3.4 Tahap Ekstraksi Ciri DWT

### 3.4 Klasifikasi Self Organizing Maps (SOM)



**Gambar 3.5** Diagram Alir Klasifikasi SOM

Langkah terakhir adalah menentukan kelas dari objek yang diteliti menggunakan metode klasifikasi *Self Organizing Map* (SOM). Dimana pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan topologi dan jarak. Topologi jaringan yaitu bentuk jaringan neuron yang digunakan. Terdapat 3 topologi digunakan yaitu *hextop*, *gridtop*, dan *randtop*. Sedangkan jarak yaitu parameter yang digunakan untuk pemilihan neuron tetangga atau neuron yang terdekat dengan neuron pemenang. Terdapat 4 jarak digunakan yaitu *euclidist* (*dist*), *linkdist* (*link*), *boxdist* (*persegi*), dan *Mandist* (*manhattan*).

#### 4. Hasil Pengujian Sistem

##### 4.1 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Level Dekomposisi pada DWT

Berikut ini adalah data hasil pengujian untuk mencari nilai level pada proses ekstraksi ciri DWT yang paling tepat, terhadap akurasi dan waktu komputasi. Tabel 4.1 merupakan akurasi dan waktu komputasi hasil dengan 200 citra uji. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter filter DWT LL, jenis *wavelet haar*, topologi *hextop*, dan jenis jarak *linkdist*.

**Tabel 4.1** Akurasi dan Waktu Komputasi Parameter Level Dekomposisi DWT

Level Dekomposisi	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
Level 1	86	43.3992	174
Level 2	83.5	28.2522	167
Level 3	87	23.0046	174
Level 4	85.5	22.6546	171
Level 5	83	22.5794	170
Level 6	82.5	21.9206	165

Berdasarkan tabel 4.1 akurasi terbesar di dapatkan pada saat level dekomposisi 3 yaitu 87% karena level dekomposisi 3 sudah mampu menghasilkan vektor ciri lebih banyak dibandingkan dekomposisi level yang lain dan akurasi terkecil sebesar 82.5% di level dekomposisi 6. Sedangkan waktu komputasi terbesar didapatkan saat level dekomposisi 1 yaitu 43.3992s dan waktu komputasi terkecil terdapat di level dekomposisi 6 yaitu 21.9206s. Hasil ini dikarenakan semakin kecil level dekomposisi DWT, maka semakin besar waktu komputasi yang diperlukan oleh sistem dan bagian citra gigi yang dianalisis oleh sistem semakin kecil, sehingga bagian yang dianalisis menjadi lebih detail dan membuat sistem perangkat lunak lebih mudah untuk memberikan ciri yang lebih baik dari citra gigi disetiap kelasnya.

##### 4.2 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Jenis Wavelet

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter jenis *wavelet* pada proses ekstraksi ciri. Pengujian pada tahap ini menggunakan 200 data uji dengan level dekomposisi 3, jenis subband LL, topologi *hextop*, dan jenis jarak *linkdist*. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Akurasi dan Waktu Komputasi Parameter Jenis Wavelet

Jenis Wavelet	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
<i>haar</i>	87	23.0046	174
<i>sym2</i>	84	24.3813	168
<i>coif1</i>	88	24.8467	176
<i>dmey</i>	85	120.4935	170

Berdasarkan tabel 4.2 akurasi terbesar didapatkan pada saat jenis *wavelet coif1* (*coiflets 1*) yaitu sebesar 88% karena *coiflet1* dapat mengembalikan penskalaan filter sehingga menghasilkan vektor ciri yang baik dan akurasi terkecil pada saat jenis *wavelet sym2* (*symlets 2*) yaitu sebesar 84%. Sedangkan waktu komputasi terbesar didapat saat jenis *wavelet discerete meyer* yaitu 120.4935s dan waktu komputasi terkecil disaat jenis *wavelet haar* yaitu 23.0046s.



#### 4.3 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Filter DWT

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter filter DWT pada proses ekstraksi ciri. Pengujian pada tahap ini menggunakan 200 data uji dengan level dekomposisi 3, jenis *wavelet coif1*, topologi *hextop*, dan jenis jarak *linkdist*. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.3.

**Tabel 4.3** Akurasi dan Waktu Komputasi Parameter Jenis Filter DWT

Jenis Filter	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
LL	88	24.8467	176
HL	62	46.9396	124
LH	77	31.5093	155
HH	47.5	24.9514	97

Berdasarkan tabel 4.3 akurasi terbesar di dapatkan pada saat filter DWT LL yaitu 88% dan akurasi terkecil sebesar 47.5% dengan filter DWT HH. Hasil ini dikarenakan filter DWT LL meloloskan citra gigi di frekuensi yang rendah, dimana filter tersebut berisi komponen frekuensi rendah dari citra asli sehingga untuk keluaran cirinya mirip seperti citra aslinya, sehingga akan memudahkan sitem perangkat lunak untuk mengetahui ciri dari citra yang terbaik antar kelasnya. Sedangkan waktu komputasi terbesar didapat saat filter DWT HL yaitu 46.9396s dan waktu komputasi terkecil disaat filter DWT LL yaitu 24.8467s.

#### 4.4 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Topologi Hextop dan jaraknya terhadap Klasifikasi SOM

Berikut adalah data hasil pengujian terhadap perubahan parameter topologi *hextop* dan jarak pada proses klasifikasi SOM. Dari hasil tabel 4.5 akurasi terbaik didapatkan pada saat menggunakan jarak *boxdist*. Pengujian pada tahap ini menggunakan 200 data uji dengan level dekomposisi 3, jenis *wavelet coiflets 1* dan jenis filter DWT LL. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.4.

**Tabel 4.4** Akurasi dan Waktu Komputasi Topologi *Hextop* dan Jarak pada SOM

Jarak	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
Euclidist (Dist)	83	32.4963	166
Linkdist	79.5	35.2487	159
Boxdist	87.5	23.5208	175
Mandist	83	24.2784	166

Berdasarkan tabel 4.4 akurasi terbesar di dapatkan pada saat jarak *boxlist* yaitu sebesar 87.5% karena *boxdist* berbentuk persegi sehingga mudah diaplikasikan dengan topologi *hextop* dan akurasi terkecil pada saat jarak *euclidist (dist)* dan *mandist* sebesar 83%. Sedangkan waktu komputasi terbesar di dapatkan pada saat *linkdist* yaitu sebesar 35.2487s dan waktu komputasi terkecil pada saat *boxdist* sebesar 23.5208s.

#### 4.5 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Topologi Gridtop dan jaraknya terhadap Klasifikasi SOM

Selanjutnya dilakukan percobaan terhadap perubahan parameter topologi *gridtop* dan jarak pada proses klasifikasi SOM. Dari hasil tabel 4.5 akurasi terbaik didapatkan pada saat menggunakan jarak *boxdist*. Pengujian pada tahap ini menggunakan 200 data uji dengan level dekomposisi 3, jenis *wavelet coiflets 1* dan jenis filter DWT LL. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Akurasi dan Waktu Komputasi Parameter Topologi *Gridtop* dan Jenis Jarak pada SOM

Jarak	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
Euclidist (Dist)	85	24.9762	170
Linkdist	83	24.6218	166
Boxdist	87.5	23.6191	175
Mandist	85	24.6383	170

Berdasarkan tabel 4.5 akurasi terbesar di dapatkan pada saat jenis jarak *blockdist* yaitu sebesar 87.5% karena *boxdist* berbentuk persegi sehingga mudah diaplikasikan dengan topologi *gridtop* dan akurasi terkecil pada saat jenis jarak *linkdist* yaitu sebesar 83%. Sedangkan waktu komputasi terbesar didapat saat jenis jarak *euclidist (dist)* yaitu 24.9762s dan waktu komputasi terkecil didapat saat jenis jarak *boxdist* yaitu 23.6191s.

#### 4.6 Hasil Pengujian Pengaruh Parameter Topologi Randtop dan jaraknya terhadap Klasifikasi SOM

Berikut adalah data hasil pengujian terhadap perubahan parameter topologi *randtop* dan jarak pada proses klasifikasi SOM. Dari hasil tabel 4.6 akurasi terbaik didapatkan pada saat menggunakan jarak *boxdist*. Pengujian pada tahap ini menggunakan 200 data uji dengan level dekomposisi 3, jenis *wavelet* *coiflets* 1 dan jenis filter DWT LL. Pada pengujian ini hasil pengujian ditampilkan pada table 4.6.

**Tabel 4.6** Akurasi dan Waktu Komputasi Parameter Topologi *Randtop* dan Jenis Jarak pada SOM

Jarak	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
Euclidist (Dist)	86	26.7979	172
Linkdist	80	25.0629	160
Boxdist	88.5	30.6636	182
Mandist	80.5	24.6279	161

Berdasarkan tabel 4.6 akurasi terbesar di dapatkan pada saat jarak *boxlist* yaitu sebesar 88.5% dan akurasi terkecil pada saat jarak *linkdist* sebesar 80%. Sedangkan waktu komputasi terbesar di dapatkan pada saat *boxdist* yaitu sebesar 30.6636s dan waktu komputasi terkecil pada saat *mandist* sebesar 24.6279s. Hal ini dikarenakan *boxdist* memiliki neuron pemenang yang memiliki bobot berubah. Dan *boxdist* yang berfungsi untuk menemukan jarak antar neuron layer serta karena *boxdist* berbentuk persegi sehingga mudah diaplikasikan dengan topologi *randtop*.

## 5. Penutup

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada simulasi pengklasifikasian pola enamel gigi terhadap individu pada penelitian ini, didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Sistem ini sudah mampu mengklasifikasikan pola enamel gigi terhadap individu menggunakan metode DWT dan SOM.
2. Metode DWT cocok dipasangkan dengan metode klasifikasi SOM karena menghasilkan klasifikasi yang baik dengan akurasi sebesar 88.5% dengan waktu komputasi 30.6636s.
3. Tingkat akurasi tersebut diperoleh antara lain dengan parameter DWT dekomposisi level 3, karena dekomposisi level 3 sudah mampu menghasilkan vektor ciri lebih banyak dibandingkan dekomposisi level yang lain, jenis *wavelet* *coiflets*1, karena *coiflet*1 dapat mengembalikan penskalaan filter sehingga menghasilkan vektor ciri yang baik, filter LL, karena filter LL berisi sebagian besar dari informasi citra dan klasifikasi SOM dengan parameter topologi *Randtop* karena neuron yang disusun secara acak sehingga neuron yang sudah didapatkan mudah untuk diplotkan dan jenis jarak *Boxdist* yang berfungsi untuk menemukan jarak antar neuron layer serta karena *boxdist* berbentuk persegi sehingga mudah diaplikasikan dengan topologi *randtop*.

## 5.2 Saran

Sistem identifikasi pola enamel gigi ini masih dapat dikembangkan, sehingga tingkat akurasi yang diperoleh lebih besar dan akurat tanpa butuh waktu komputasi yang lama. Oleh karena itu, adapun saran untuk pengembangan Tugas Akhir ini selanjutnya yaitu :

1. Menggunakan algoritma yang lebih sederhana sehingga dapat mengurangi waktu komputasi.
2. Menggunakan tahap *pre-processing* lain yang lebih baik agar menghasilkan ciri yang lebih baik juga pada tahap ekstraksi cirinya.
3. Menggunakan *tools* yang berbeda dengan metode yang sama, agar dapat dilihat lagi performansi dari metode-metode yang dipakai.
4. Menggunakan metode yang berbeda untuk mendeteksi pola enamel gigi terhadap individu, agar dapat dibandingkan metode mana yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sharad Pandey, Vidya M. Anil Pandey Iqbal Singh, "Role and Responsibility of Dentist as Forensic Odontologist," *JK-Practitioner*, vol. vol. 17, no (1-3), January-September 2012.
- [2] Kaur J Rai B, "Evidence-Based Forensic Dentistry," pp. pp. 1-2, 6, 2013.
- [3] Arif Muntasa Mauridhi Henry Purnomo., Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [4] Sutarno, "Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Sinyal Wajah," vol. vol. 5 No.2, Juli 2010.
- [5] Mochdiana Hernawan, "Simulasi Kompresi Citra dengan Neural Network Menggunakan Metode Self-Organizing Map," *Jurusan Teknik Elektro Undip*, 2011.