

# IDENTIFIKASI POLA ENAMEL GIGI MELALUI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM* (DCT) DAN KLASIFIKASI *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* (LVQ) SEBAGAI APLIKASI FORENSIK KEDOKTERAN GIGI

## *Enamel Rods Identification by Digital Image Processing with Discrete Cosine Transform (DCT) Method and Learning Vector Quantization (LVQ) Classification as Odontology Forensic Application*

**Rizkiana Rani Sejahtera<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>rizkianars@gmail.com, <sup>2</sup>bhidayat@telkomuniversity.ac.id, fahmi.oscandar@unpad.ac.id<sup>3</sup>

### **Abstrak**

Dalam dunia forensik kedokteran, identifikasi korban dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi gigi. Gigi merupakan salah satu organ yang paling kuat dan tahan terhadap benturan, maupun suhu yang tinggi. Selain itu gigi setiap individu memiliki lapisan enamel yang berpola dengan keunikannya masing-masing. Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan identifikasi pola enamel gigi dengan proses pengolahan citra digital dengan menggunakan metode *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Learning Vector Quantizing* (LVQ) yang akan diaplikasikan pada perangkat lunak Matlab 2015b.

Proses penelitian diawali dengan akuisisi citra menggunakan lensa *macro* kamera Canon EOS 600D, *preprocessing* citra, ekstraksi ciri menggunakan DCT dan klasifikasi menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ. Parameter yang diukur adalah waktu komputasi dan tingkat akurasi. Pengujian menggunakan 300 sample foto gigi yang sudah diekstraksi, 10 foto digunakan sebagai data latih untuk setiap kelas, dan 20 foto digunakan sebagai data uji untuk setiap kelas, dengan jumlah total 10 kelas.

Pada Tugas Akhir ini dengan melakukan banyak pengujian, program telah memperoleh terbaik mencapai 95%. Diharapkan dengan kemampuan sistem ini dalam mendeteksi pola enamel gigi pada setiap individu dapat membantu para dokter gigi untuk menerapkan pengidentifikasian pola enamel gigi pada pasien, sehingga pasien memiliki identitas pola enamel yang dapat bermanfaat sebagai tanda pengenal, layaknya sidik jari.

**Kata Kunci : Enamel, *Discrete Cosine Transform* (DCT), dan *Learning Vector Quantization* (LVQ)**

### **Abstract**

*In medical forensic aspect, the victim identification can be done by identifying the teeth. The hardest part of teeth called enamel is one of the most powerful organs that resistant to collision, as well as high temperature. In addition each individual enamel coating has different pattern with its own uniqueness. In this final assignment research carried out the identification of enamel patterns with digital image processing by using the method of *Discrete Cosine Transform* (DCT) and *Learning Vector Quantizing* (LVQ) that will be applied to Matlab R2015b software.*

*The research process begins with image acquisition using a macro lens Canon EOS 600D, image preprocessing, feature extraction using DCT and classification using LVQ neural network. Parameters measured in this research are accuracy and computational time. System testing using 300 sample images of post extraction incivys teeth, as well as 10 images are used as training data for each class, and 20 images are used as testing data for each class, with 10 total classes.*

*In this research of final assignment by doing a lot of testing, the program has gained its best accuracy in 95%. This system is expected to have capability in detecting patterns on each individual tooth enamel that can help dentists to apply tooth enamel pattern identification in patients, so patients have the identity of the enamel pattern that can be useful as an identifier, like a fingerprint.*

**Keywords: Enamel, *Discrete Cosine Transform* (DCT), and *Learning Vector Quantization* (LVQ)**

## 1 Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan posisi geografisnya, Indonesia terletak di ujung pergerakan tiga lempeng dunia: Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik. Indonesia menjadi negara yang paling rawan terhadap bencana di dunia berdasar data yang dikeluarkan oleh Badan Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Strategi Internasional Pengurangan Risiko Bencana (UN-ISDR) [1].

*Odontology forensic* dapat mengenali korban sampai ke tingkat individu [3]. Gigi memenuhi syarat untuk dijadikan sarana identifikasi, karena : 1) derajat individualitas gigi yang sangat tinggi, 2) gigi tahan terhadap pengaruh yang merusakkan. Saat ini sudah banyak metodologi yang digunakan untuk identifikasi individu dalam *odontology forensic*, termasuk analisa melalui *rugoscopy*, *cheiloscropy*, *bitemarks*, *radiography*, *photography*, dan metode studi molekuler lainnya. Umumnya metode tersebut mengalami kegagalan atau memiliki keterbatasan dalam efisiensi ketika kondisi tubuh atau jasad membusuk, dibakar, atau dalam kasus-kasus tertentu hanya jaringan dalam jumlah fragmen kecil yang tersisa [3].

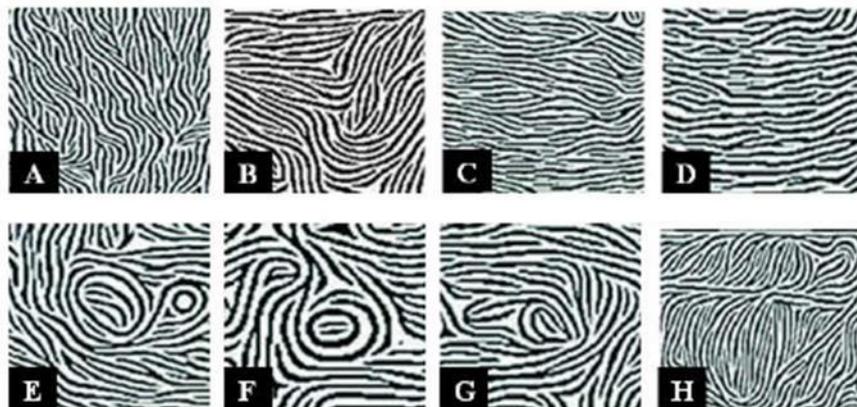
Baru-baru ini, ditemukan sebuah teknik *Amelography* yaitu studi tentang pola batang enamel (*amelo* berarti enamel; *glyphics* berarti ukiran). Enamel gigi adalah struktur yang sangat kaku dalam tubuh yang dapat menyangkal terjadinya dekomposisi. Enamel gigi memiliki pola unik yang berbeda baik antara gigi dari individu yang sama maupun individu yang berbeda [4]. Kelebihan dan keunikan dari *toothprint* (cetak gigi) dapat digunakan sebagai alasan berharga dalam ilmu forensik untuk penyelidikan identifikasi individu [5].

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Enamel Gigi dalam Odontologi Forensik

*Forensic Odontology* berarti ilmu pengetahuan mengenai gigi untuk kepentingan peradilan [6]. Istilah *forensic odontology* atau odontologi forensik tersusun dari perpaduan kata-kata yang berasal dari bahasa Yunani *odons* yang berarti gigi dan *logos* yang berarti ilmu pengetahuan, serta bahasa Romawi *forensic* yang berarti berhubungan dengan pengadilan [7].

*Enamel* (email) atau *Substantia adamantina* (dalam bahasa latin), merupakan struktur yang sangat kaku dan kuat dalam tubuh yang dapat menyangkal terjadinya dekomposisi. Enamel terletak pada *corona* gigi yang menutupi dan melindungi dentin dan pulpa. Enamel tersusun atas garam-garam kapur, antara lain *Phosphas calcicus* 90% (*Hydroxylapatit*). *Carbonas calcicus*, *Carbonas natricus*, *Carbonas magnesicus* dan *Fluoretum calcicum*. Enamel memiliki pola unik yang berbeda antar setiap gigi maupun antar setiap individu. Kelebihan dan keunikan dari *toothprint* enamel ini dapat digunakan sebagai alasan berharga dalam ilmu forensik untuk penyelidikan identifikasi individu.

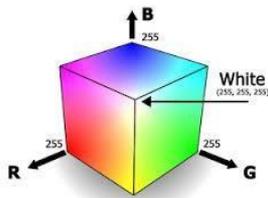


Gambar 1.1 Pola enamel yang biasa dijumpai

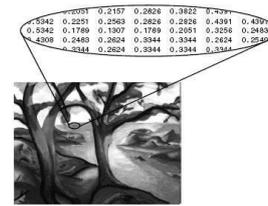
### 2.2 Konsep Dasar Citra Digital

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 *grayscale*. Nilai dari intensitas bentuknya adalah diskrit mulai dari 0 sampai 255. [17].

Dalam ruang warna, citra dikenal sebagai citra RGB atau citra warna. Citra ini tersusun dari intensitas warna dasar (*red, green, blue*). Setiap piksel adalah gabungan ketiga warna tersebut, sehingga masing-masing piksel memiliki tiga komposisi warna dasar, dan diperlukan memori penyimpanan tiga kali lipat.



Gambar 2.1 Ruang Warna RGB



Gambar 2.2 Citra Grayscale

Selain itu terdapat citra intensitas atau citra *grayscale*. Jumlah warna pada citra *gray* adalah 256, karena citra *gray* jumlah bit nya adalah 8, sehingga jumlah warnanya adalah  $2^8 = 256$ , nilainya berada pada jangkauan 0-255. Sehingga nilai intensitas dari citra *gray* tidak akan melebihi 255 dan tidak akan kurang dari 0.

### 2.3 Metode Ekstraksi Ciri dan Klasifikasi

Pada penelitian ini menggunakan metode *Discrete Cosine Transform* sebagai metode ekstraksi ciri dan *Learning Vector Quantization* sebagai metode klasifikasi.

#### 1. *Discrete Cosine Transform*

*Discrete Cosine Transform* (DCT) biasa digunakan untuk mengubah sebuah sinyal menjadi komponen frekuensi dasarnya. DCT mempunyai dua sifat utama untuk kompresi citra dan video yaitu [25] :

1. Mengkonsentrasikan energi citra ke dalam sejumlah kecil koefisien (*energy compaction*).
2. Meminimalkan saling ketergantungan diantara koefisien-koefisien (*decorrelation*).

DCT-2D merupakan pengembangan dari DCT-1D, maka transformasi sinyal dari domain spasial ke frekuensi dengan menggunakan metode DCT-2D diskrit dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$F(u, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2M} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (2.1)$$

Dalam penelitian yang diusulkan oleh [27], DCT memiliki keunggulan, yaitu, waktu komputasi pada ekstraksi DCT-2D tidak tergantung pada jumlah fitur yang diekstrak.

#### 2. *Learning Vector Quantization*

*Learning Vector Quantization* (LVQ) adalah sebuah metode klasifikasi dimana setiap unit output mempresentasikan sebuah kelas. LVQ digunakan untuk pengelompokkan dimana jumlah kelompok sudah ditentukan arsitekturnya (target/kelas sudah ditentukan).

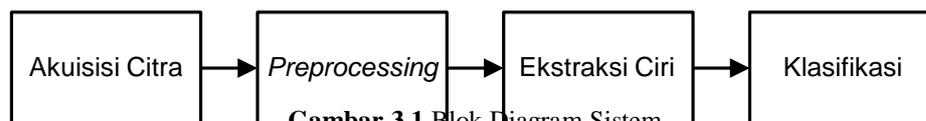
LVQ adalah salah satu jaringan syaraf tiruan (JST) yang merupakan algoritma pembelajaran kompetitif dari algoritma *Kohonen Self-Organizing Map* (SOM). Tujuan dari algoritma ini adalah untuk mendekati distribusi kelas vektor untuk meminimalkan kesalahan dalam pengklasifikasian.

LVQ melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input. Kelas-kelas yang didapat sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Jika vektor input mendekati sama maka lapisan kompetitif akan mengklasifikasikan kedua vektor input tersebut kedalam kelas yang sama [21].

## 3. Perancangan Sistem

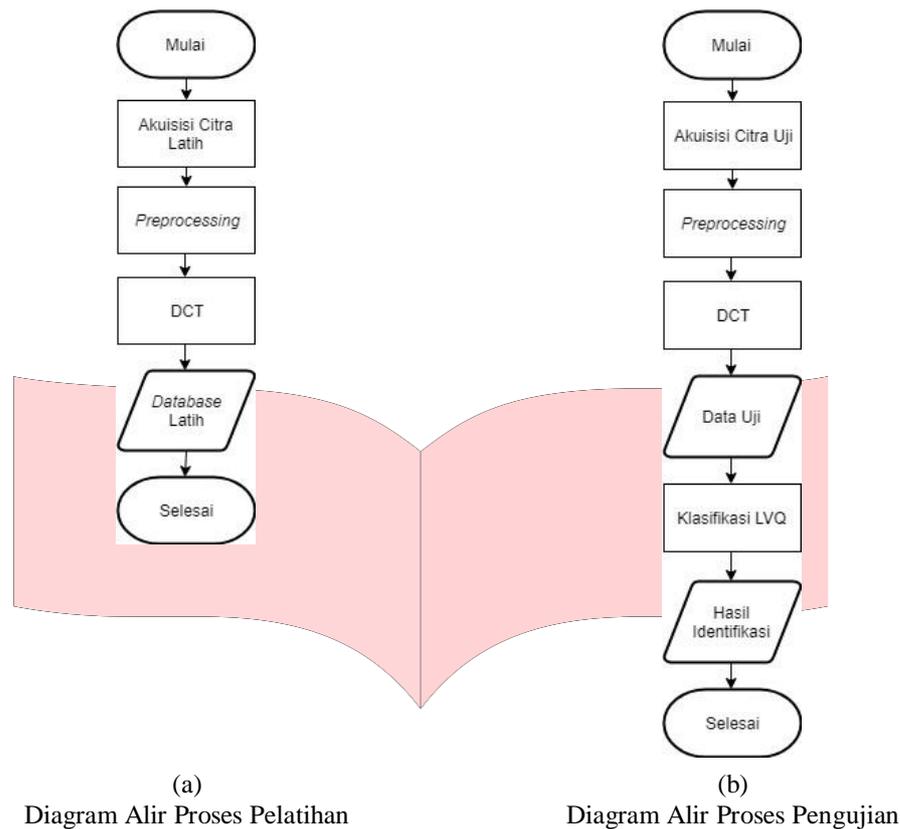
### 3.1 Gambaran Umum Sistem

Secara keseluruhan blok diagram tahapan dari proses perancangan sistem direpresentasikan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

### 3.2 Implementasi Sistem



**Gambar 3.2** Diagram Alir Proses Identifikasi Proses Latih dan Proses Uji

1 Akuisisi

Akuisisi citra merupakan tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Pengambilan citra gigi *incisivus* dilakukan menggunakan kamera Canon EOS 600D dengan lensa *macro* yang diatur dengan mode *auto focus*, aperture f22, *shutter speed* 1/125s, ISO 100, tidak menggunakan *flash* dan *zoom*. Kamera ditempatkan pada posisi *horizontal* tegak lurus dari permukaan labial mahkota gigi dengan jarak 30 cm. Proses pengambilan citra digital menggunakan studio mini

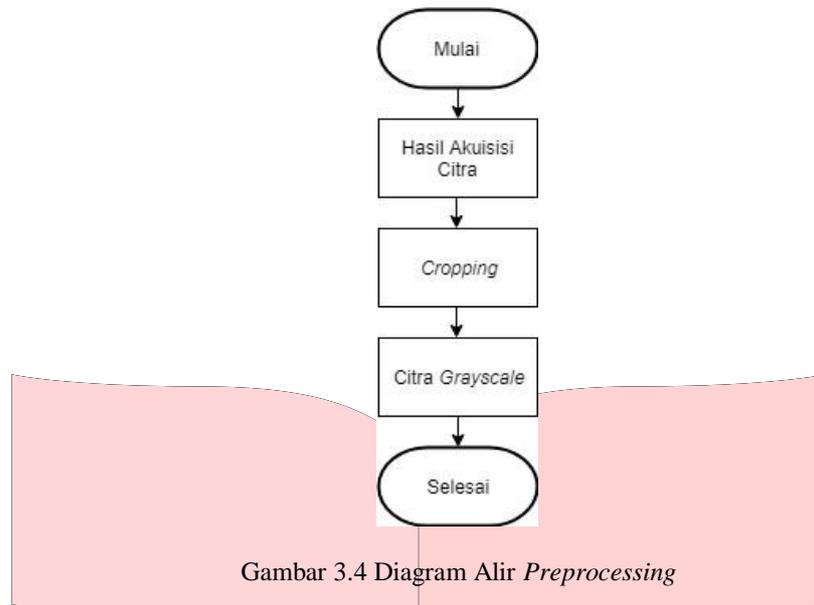
Setelah citra hasil akuisisi diperoleh, maka dilakukan tahap identifikasi dengan dua proses, yaitu proses latih dan proses uji.



Gambar 3.3 Hasil akuisisi citra

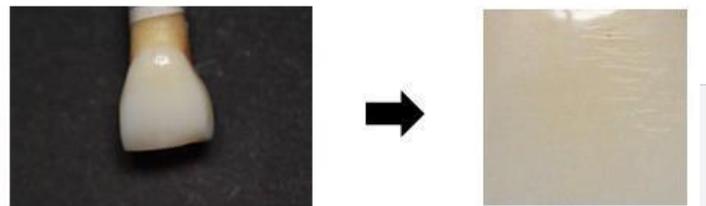
2 Pre-processing

*Preprocessing* merupakan tahap yang dilakukan untuk mempersiapkan citra yang masih kasar sehingga dapat diolah lebih lanjut. Tujuan dari *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas dari citra masukan yang diperoleh. Adapun proses yang dilakukan adalah sebagai berikut:



a. *Cropping*

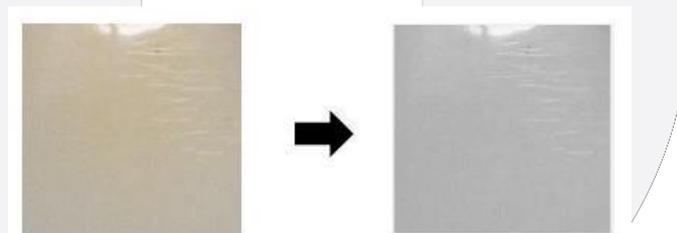
Citra digital dipotong untuk memberi batasan yang jelas pada citra yang akan diolah sesuai dengan lokasi tekstur ciri yang akan diambil sesuai dengan yang dapat dilihat pada Gambar 3.4, proses ini dilakukan secara manual dengan menggunakan Microsoft Office Picture Manager 2010 dengan ukuran pemotongan 269x276.



Gambar 3.5 Proses *Cropping*

b. *Grayscale*

Pada tahapan ini, citra warna (RGB) ditransformasi menjadi citra keabuan atau *grayscale*.



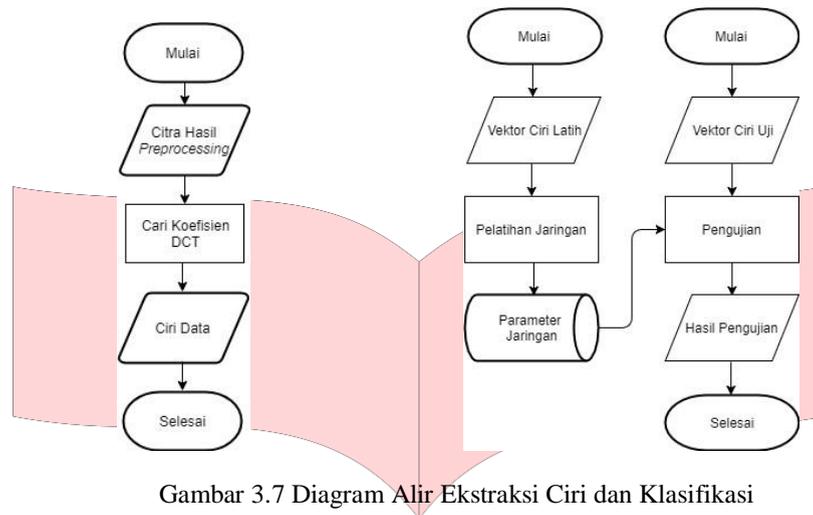
Gambar 3.6 RGB to *Grayscale*

### 3. Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan cara yang dilakukan untuk mendapatkan ciri pada sebuah citra. Pada tahap ekstraksi ciri, citra diubah kedalam domain frekuensi menggunakan *toolbox* DCT-2D. Citra kemudian diuji dengan menggunakan 4 blok dan 16 blok. Setelah didapatkan hasil pengujian blok terbaik citra DCT akan dilihat ciri statistik dari tiap bloknnya. Adapaun variasi ciri statistik yang digunakan adalah *Mean*, Standar Deviasi, *Skewness*, Kurtosis, dan *Entropy*.

#### 4. Klasifikasi

Pada tahap ini, dilakukan uji sampel acak untuk diklasifikasikan dengan metode LVQ. Nilai citra yang diperoleh dari proses uji digunakan sebagai vektor input pada tahap klasifikasi. Dari nilai vektor input dilakukan pendekatan nilai terhadap database yang didapatkan pada proses latih.



Gambar 3.7 Diagram Alir Ekstraksi Ciri dan Klasifikasi

#### 3.3 Performansi

Tahap yang harus dilakukan adalah pengujian sistem guna mengetahui tingkat akurasi maupun kekurangan dan kelebihan sistem. Performansi sistem diukur berdasarkan parameter sebagai berikut [1]:

##### 1. Tingkat Akurasi

Akurasi merupakan ukuran ketepatan sistem dalam mengenali masukan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Data Benar}}{\text{Jumlah Data}} \times 100\% \quad (3.1)$$

##### 2. Waktu Komputasi

Waktu komputasi adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan suatu proses. Pada sistem ini, waktu komputasi dihitung dengan menggunakan waktu selesai dikurangi waktu mulai, sehingga akan didapatkan waktu komputasi sistem.

#### 4. Pengujian Sistem dan Analisis

##### 1. Tahapan Pertama

Citra uji yang telah diakuisisi masuk ke tahap *preprocessing*. Untuk tahap *preprocessing*, diantaranya melakukan cropping manual dengan ukuran yang sama, setelah itu mengubah citra asli menjadi citra Intensity, atau mengubah citra semula yang berformat RGB menjadi citra grayscale.

##### 2. Tahapan Kedua

Ekstraksi ciri dengan menggunakan DCT (*Discrete Cosine Transform*). Proses ini dilakukan untuk mengambil ciri dari masing-masing citra dengan menganalisis nilai parameter statistika dari citra DCT. Dalam proses pengujian ekstraksi ciri DCT, citra diuji terhadap pengaruh Jumlah blok untuk diamati ciri statistiknya. Jumlah blok yang diuji dalam tahap pengujian yaitu: 1, 4, dan 16. Setelah didapatkan jumlah blok yang dinilai paling tepat, dilakukan pengujian ciri statistik pada setiap blok, diantaranya mean, standar deviasi, skewness, kurtosis, dan entropy.

##### 3. Tahapan Ketiga

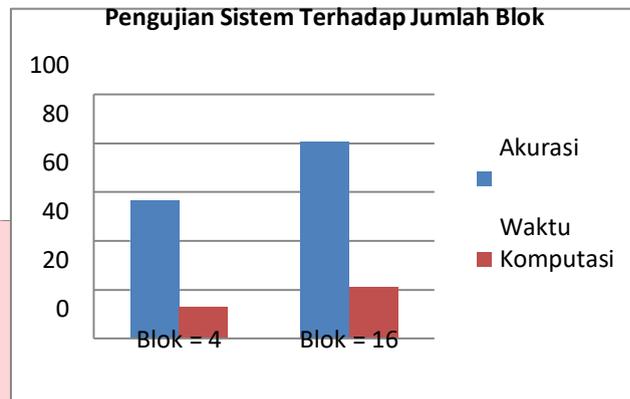
Klasifikasi atau pengelompokkan citra menjadi beberapa kelas dimana terdapat sepuluh kelas, dikarenakan citra gigi berasal dari sepuluh individu yang berbeda. Proses klasifikasi ini dilakukan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Parameter yang digunakan dalam pengujian adalah pengaruh nilai Hidden Layer dan Epoch. Nilai hidden layer yang digunakan yaitu HL = 5, HL = 10, HL = 15, HL = 20, HL = 25, HL = 30, HL = 35, HL = 40, HL = 45, dan HL = 50. Sedangkan nilai epoch yang digunakan adalah 100, 200, 300, 1000, 2000, dan 3000.

##### 4. Tahapan Keempat

Tahap terakhir yaitu tahap pengujian untuk memperoleh tingkat akurasi dan waktu komputasi yang paling bagus dengan mengubah parameter dari metode DCT dan LVQ.

#### 4.1 Hasil Pengujian Jumlah Blok

Pada pengujian ini menggunakan data uji berupa 20 citra. Citra yang diproses melewati proses *cropping*, *grayscale*, , ekstraksi ciri dengan ciri statistik *mean*, dan klasifikasi LVQ menggunakan *Hidden layer* = 25 dan *epoch* = 1000.

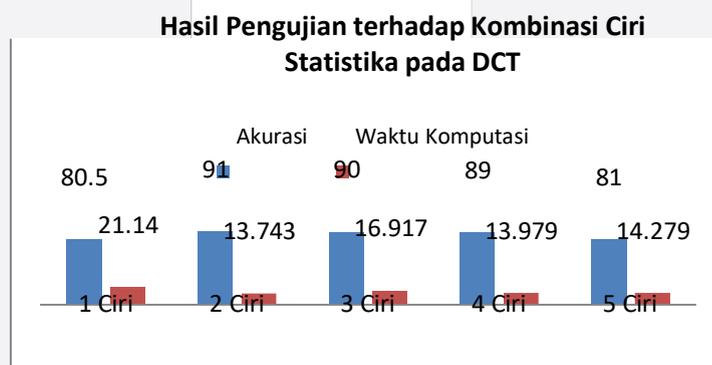


Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Sistem terhadap Jumlah Blok

Dalam gambar 4.1 menunjukkan hasil analisis sistem berdasarkan jumlah data latih dan jumlah data uji yang tetap pada setiap cluster. Pada gambar 4.1 jumlah blok 16 menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibanding jumlah blok 4, dikarenakan ciri yang akan diambil sebagai perbandingan lebih banyak.

#### 4.2 Hasil Pengujian terhadap Kombinasi Ciri Statistika pada DCT

Ekstraksi ciri statistik terdiri dari *mean*, *variance*, *skewness*, *kurtosis*, dan *entropy*. Pada hasil pengujian 1 jenis ciri yang digunakan adalah ciri *mean*, pada pengujian 2 jenis ciri menggunakan ciri statistika *mean* dan *entropy*, pada pengujian 3 jenis ciri, ciri statistika yang digunakan yang digunakan *entropy*, *mean*, dan *skewness*. Pada pengujian kombinasi 4 ciri, ciri statistika yang digunakan *mean*, standar deviasi, *skewness*, dan *entropy*. Sedangkan pada pengujian kombinasi 5 jenis ciri menggunakan kombinasi kelima ciri statistika. Pemilihan kombinasi ciri statistika tersebut berdasarkan hasil pengujian dengan akurasi yang paling tinggi.

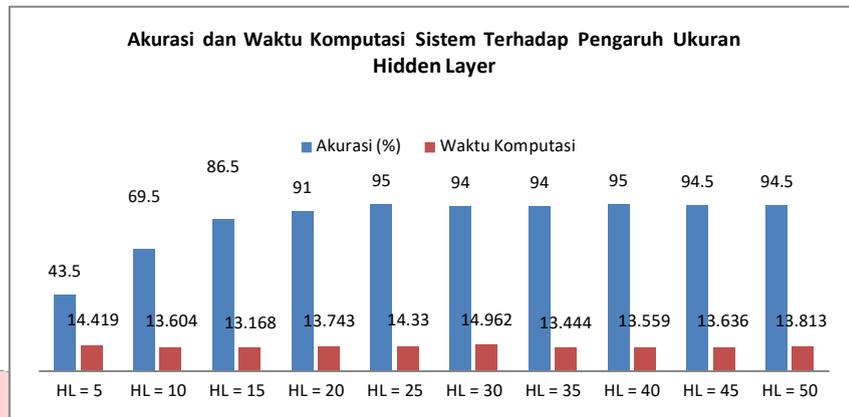


Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Sistem terhadap Jumlah Orde Ciri Statistika pada DCT

Dalam gambar 4.2 menunjukkan hasil analisis sistem dengan akurasi tertinggi diperoleh pada ekstraksi ciri orde 2 sebesar 91%. Hal ini dikarenakan pada citra setiap kelas memiliki kombinasi ciri masing-masing *Mean* dan *Entropy* yang berdekatan dan nilai antar kelasnya tidak bersinggungan.

#### 4.3 Hasil Pengujian terhadap *Hidden Layer* pada LVQ

Pada pengujian ini menggunakan 16 blok ekstraksi ciri DCT dengan 2 orde statistik *mean* dan *entropy* dengan klasifikasi LVQ menggunakan *epoch* 1000.

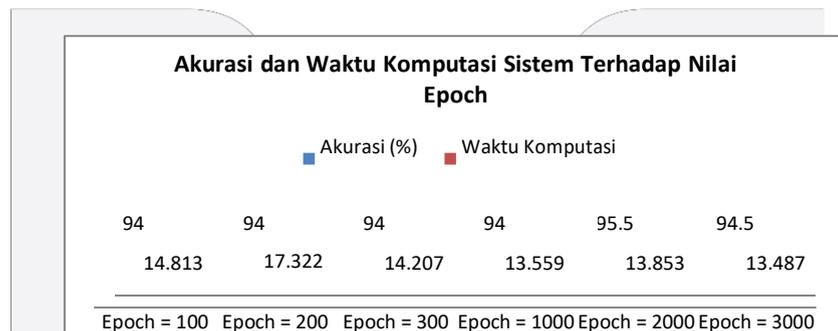


Gambar 4.3 Grafik tingkat akurasi dan waktu komputasi berdasarkan nilai *hidden layer*

Dalam gambar 4.3 jumlah hidden layer yang lebih kecil daripada layer kompetitif (layer kompetitif = 10) cenderung lebih buruk. Sedangkan jika hidden layer lebih banyak daripada layer kompetitif akurasi dapat meningkat cukup baik. Saat hidden layer = 25 sistem sudah mencapai akurasi maksimal sebesar 95%, tetapi terjadi sedikit penurunan saat menggunakan hidden layer 30 dan 35, dan kembali mencapai akurasi terbaik pada hidden layer 40. Sedangkan pada hidden layer 45 dan 50 nilainya sedikit turun dengan nilai yang sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai hidden layer yang baik adalah lebih besar daripada layer kompetitifnya. Dan Akurasi tertinggi dapat dicapai pada nilai tertentu.

#### 4.4 Hasil Pengujian terhadap *Epoch* pada LVQ

Pada pengujian ini menggunakan 16 blok ekstraksi ciri DCT dengan 2 orde statistik *mean* dan *entropy* dengan klasifikasi LVQ menggunakan *Hidden Layer* 40.



Gambar 4.4 Grafik tingkat akurasi dan waktu komputasi berdasarkan nilai *epoch*

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4.4, akurasi dari rentang epoch 100 – 1000 sama, yaitu 94 %. Sedangkan akurasi pada epoch 2000 naik menjadi 95,5%. Dan ketika epoch mencapai 3000 terjadi sedikit penurunan aplikasi. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa semakin besar epoch, maka semakin besar akurasi, namun akurasi tertinggi dapat berhenti pada rentang epoch tertentu.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada simulasi pengklasifikasian batubara pada penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem ini sudah mampu mendapatkan ciri pola enamel gigi dengan metode Discrete Cosine Transform (DCT) dengan melihat ciri statistika.
2. Vektor ciri yang didapatkan dari ekstraksi ciri mampu diidentifikasi dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) dengan menyesuaikan nilai *Hidden Layer* dan *epoch*.
3. Akurasi tertinggi dicapai saat menggunakan hasil ekstraksi ciri DCT dengan dua ciri statistika *Mean* dan *Entropy*. Dengan jumlah *Hidden Layer* 40, dan *epoch* sebanyak 2000 kali.

### 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang ada dan diharapkan dapat mengembangkan apa yang telah dilakukan pada penelitian ini. Untuk itu disarankan hal – hal berikut:

1. Melakukan proses akuisisi citra dengan lebih baik lagi agar pola dapat lebih terlihat.
2. Menggunakan gigi *pre extraction* atau jenis gigi yang lain, agar pengujian dapat lebih bervariasi.
3. Dapat mengelompokkan gigi berdasarkan kemiripan pola enamelnya.

4. Menggunakan tahap *pre-processing* lain yang lebih baik agar menghasilkan ciri yang lebih baik juga pada tahap ekstraksi cirinya.
5. Menggunakan *tools* yang berbeda dengan metode yang sama, agar dapat dilihat lagi performansi dari metode-metode yang dipakai.
6. Menggunakan metode yang berbeda untuk mendeteksi pola enamel gigi, agar dapat dibandingkan metode mana yang lebih baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] Perum Percetakan Negara RI, Rencana Aksi Nasional, Pengurangan Risiko Bencana (2006-2009)
- [2] [http://www.bbc.com/indonesia/berita\\_indonesia/2011/08/110810\\_indonesia\\_tsunami.shtml](http://www.bbc.com/indonesia/berita_indonesia/2011/08/110810_indonesia_tsunami.shtml)
- [3] Manjunath K, Sivapathasundharam B, Saraswathi TR (2012) Analysis of enamel rod end patterns on tooth surface for personal identification-- ameloglyphics. J Forensic Sci 57: 789-93
- [4] Girish H, Murgod S, Ravath M, Hegde R (2013) Amelogyphics and predilection of dental caries. J Oral Maxillofac Pathol. 17: 181-184.
- [5] Mauridhi Hery Purnomo, Arif Muntasa, Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur, Yogyakarta, 2010.
- [6] Saraswati, Yulia. Sistem Klasifikasi Jenis Dan Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Bentuk Dan Ukuran Serta Warna Permukaan Kulit Buah Berbasis Pengolahan Citra Digital.2011. Bandung. IT Telkom.
- [7] Lestari, DD. Perancangan Pengenal Kata dalam Aksara Sunda Menggunakan Metode Deteksi Tepi dan LVQ Berbasis Pengolahan Citra Pada Android. 2015. Banung. Universitas Telkom.
- [8] Kevin Gurney (1997), An Introduction to Neural Networks, London, UCL Press.

