

IDENTIFIKASI FOSIL GIGI GERAHAM MANUSIA BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DENGAN METODE *GABOR WAVELET* DAN KLASIFIKASI *LINIER DICRIMINANT ANALYSIS (LDA)*

Inka Hashari¹, Bambang Hidayat², Johan Arif³

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, Jawa Barat 40257¹²³
Inkahashari18@gmail.com¹, bhidayat@telkomuniversity.ac.id², johan@gc.itb.ac.id³

Abstrak - Fosil gigi manusia merupakan jaringan tubuh yang sangat keras dan sangat tahan terhadap berbagai kerusakan sehingga dapat bertahan hingga ratusan tahun. Pada penelitian ini penulis membuat suatu aplikasi berbasis MATLAB menggunakan metode *Gabor Wavelet* (GWT) untuk ekstraksi ciri dengan klasifikasi *Linier Dicriminant Analysis* (LDA) yang mereduksi dimensi sekelompok citra untuk mengidentifikasi sebuah citra, dan mendapatkan informasi tentang jenis posisi gigi geraham dan umur gigi fosil. Hasil yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini yaitu aplikasi berbasis MATLAB dengan akurasi 84.61%. Untuk mengidentifikasi umur kematian fosil gigi geraham dengan jumlah data 270 citra terdiri dari 140 citra latih dimana 110 citra untuk kelas klasifikasi 17-25 tahun dan 30 citra untuk kelas klasifikasi 25-35 tahun, citra uji berjumlah 130 citra yang terdiri dari 100 citra dengan kelas klasifikasi 17-25 tahun dan 30 citra dengan kelas klasifikasi 25-35 tahun. Dan 86.15% untuk identifikasi jenis posisi gigi geraham dengan jumlah data 270 citra yang terdiri dari 140 citra latih dimana 70 citra untuk kelas klasifikasi posisi gigi atas dan 70 citra untuk kelas klasifikasi gigi bawah, citra uji berjumlah 130 citra yang terdiri dari 100 citra untuk kelas klasifikasi posisi gigi atas dan 30 citra untuk kelas klasifikasi gigi bawah.

Kata Kunci: Fosil gigi geraham, Pemrosesan Citra Digital, *Gabor wavelet*, *Linier Dicriminant Analysis* .

Abstract - *Human teeth fossils are very hard tissue and highly resistant to various damages that can last for hundreds of years. In this study the authors constructed a MATLAB-based application using the Gabor Wavelet (GWT) method for feature extraction with the linear Dicriminant Analysis (LDA) classification which reduced the dimensions of a group of images to identify an image, and obtained information about the type of molars and tooth age of the fossil tooth. The results obtained from this final research is the application based on MATLAB with 84.61% accuracy. To identify the age of fossil tooth death of geraham with total data 270 images consist of 140 image of train where 110 image for classification class 17-25 years and 30 image for classification class 25-35 years, test image total 130 image which consist of 100 image with class classification 1725 years and 30 images with classification class 25-35 years. And 86.15% for identification of the type of molars with 270 images consisting of 140 training images where 70 images for upper tooth classification class class and 70 images for lower tooth classification class, test image total 130 images consisting of 100 images for the class upper tooth classification classification and 30 images for the lower tooth classification class.*

Key words: *Fossil Tooth Molar, Digital Image Processing, Gabor wavelet, Linear Terriminant Analysis.*

1. Pendahuluan

Pada zaman sekarang ini ilmu yang mempelajari tentang arkeologi memiliki perkembangan yang sangat lambat. sehingga sangat diperlukan suatu alat ataupun suatu aplikasi berbasis matlab yang dapat mendeteksi jenis fosil yang mempermudah dalam pengklasifikasian jenis fosil serta mendapatkan informasi mengenai kehidupan yang terjadi dimasa lampau.

Badan Geologi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI dan salah satu perguruan tinggi Australia menemukan fosil manusia purba pertama dan tertua di Kabupaten Ngada, Flores, Nusa Tenggara Timur pada tanggal 9 Juni 2016. Fosil yang ditemukan tersebut berupa gigi geraham (*Molar*), gigi kacip (*Incisor*), gigi taring (*Canine*) serta tulang rahang (*Mandible*) [1]. Dengan adanya laporan tersebut maka pada penulisan tugas akhir ini penulis membuat suatu aplikasi berbasis matlab untuk mendeteksi jenis fosil gigi geraham manusia, dan usia fosil gigi manusia. Seperti yang telah diketahui gigi merupakan suatu jaringan tubuh yang sangat keras pada mahluk hidup dan juga bagian yang sangat tahan terhadap berbagai kerusakan sehingga gigi dapat bertahan hingga ratusan tahun, dengan begitu agar dapat mengidentifikasi jenis posisi fosil gigi geraham dan umur fosil gigi geraham maka penulis membuat suatu sistem aplikasi berbasis matlab dengan metode identifikasi menggunakan metode *Gabor Wavelet* klasifikasi *Linier Dicriminant Analysis (LDA)*.

Metode *Gabor Wavelet* merupakan gabungan berfungsi untuk membentuk suatu fungsi *non-orthogonal* yang memunculkan ciri dari citra, dengan mengidentifikasi visual image dari citra *image* yang telah dikonvolusi terhadap karnel berdasarkan perbedaan iluminasi dari *database* seperti orientasi dan pemilihan frekuensi sehingga metode ini banyak diterapkan untuk akses pengenalan wajah, telapak tangan, sidik jari, dan tujuan keamanan.[2] Sedangkan dalam penulisan tugas akhir ini penulis telah menerapkan metode ini untuk mendeteksi jenis fosil gigi geraham dengan menggunakan klasifikasi *Linier Dicriminant Analysis (LDA)* bertujuan untuk menemukan batas-batas keputusan (decision boundaries) didalam ruang fitur secara linier sehingga meminimalkan error pada bayes classifier.

2. Dasar Teori

2.1 Gigi

Gigi adalah salahsatu bagian tubuh manusia yang dapat bertahan lama dibandingkan dengan tubuh lainnya. Pada penelitian ini fokus terhadap fosil gigi geraham manusia sebab untuk melihat pola makan manusia dapat dilihat dari tingkat keausan gigi tersebut sehingga usia fosil gigi tersebut dapat dideteksi dari keausan gigi geraham untuk mengidentifikasi usia fosil gigi dapat dilihat dari tingkat keausan fosil gigi dengan menggunakan teori klasifikasi *brothwell* sebagai acuan penelitian ini. Table klasifikasi dapat dilihat pada 2.1 berikut

Tabel 2.1 Usia Fosil Gigi Berdasarkan Klasifikasi Brothwell [6] (sumber: Human Osteology Third Edition)

Age range (years)	About 17-25			25-35				33-45			About 45 +		
Molar number	M ¹ , M ₁	M ² , M ₂	M ³ , M ₃	M ¹ , M ₁	M ² , M ₂	M ³ , M ₃	M ¹ , M ₁	M ² , M ₂	M ³ , M ₃	M ¹ , M ₁	M ² , M ₂	M ³ , M ₃	
Wear pattern													
	(1)	(2)	(2+)	(3)	(3+)	(4)	(4+)	(5)	(5+)	(5+)	(5++)	(6)	(7)

Pada table diatas terdapat 4 kelas pembagian umur bersarkan teori “Human Osteology” Third Edition, dimana terdapat kelas dengan umur 17-25 tahun, kelas 25-35 tahun, 35-45 tahun, dan ≥45 tahun.

2.2 Pengolahan Citra Digital

Citra adalah matriks dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Suatu citra dapat direpresentasikan kedalam bentuk matriks dua dimensi (dengan dua variable x dan y), dimana x dan y adalah koordinat spasial dan f (x,y) adalah citra pada koordinat tersebut. Satuan sinyal terkecil dari matriks tersebut disebut piksel.[9]

Citra Digital yang berukuran N x M (tinggi x lebar) dinyatakan dengan matriks, dimana[10] :

$$\begin{aligned}
 N &= \text{Jumlah baris} && 0 < y \leq N - 1 \\
 M &= \text{Jumlah kolom} && 0 \leq x \leq M - 1 \\
 L &= \text{Derajat keabuan} && 0 \leq f(x, y) \leq L - 1
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Berikut merupakan gambaran matriks dari citra digital dapat dilihat pada persamaan rumus di 2.2 sebagai berikut:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, M) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, M) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N - 1, 0) & f(N - 1, 1) & \dots & f(N - 1, M - 1) \end{bmatrix}
 \tag{2.2}$$

Indeks baris (x) dan indeks kolom (y) menyatakan suatu koordinat titik pada citra digital, sedangkan f(x,y) merupakan intensitas (derajat keabuan) pada titik (x,y). [11]

2.3 Gabor Wavelet

Metode *Gabor Wavelet* merupakan gabungan dari *Plane Wave* dan fungsi *Gabor Wavelet* untuk membentuk suatu fungsi *non-orthogonal*, dengan mengidentifikasi visual image dari citra *image* yang telah dikonvolusi terhadap karnel berdasarkan perbedaan iluminasi dari *database* seperti orientasi dan pemilihan frekuensi sehingga metode ini telah digunakan pada penelitian ini untuk pendeteksi jenis fosil gigi geraham.[16]

Pada proses perhitungan maka di dilakukan berdasarkan layer yang disatukan menjadi layer *Matric Gray Scale* dan hasil keluarannya adalah citra *Gray Scale*, dimana dalam citra tersebut tidak terdapat berbagai macam warna melainkan hanya saja derajat keabuan.[9] Algoritma *Gabor Wavelet* berfungsi untuk memunculkan ciri khusus dari citra yang telah dikonvolusi terhadap karnel dengan memodulasi gelombang sinus 2D pada frekuensi dan orientasi tertentu dengan *Gaussianenvelope*. Adapun persamaan *Gabor Wavelet* yang digunakan pada Tugas Akhir ini yaitu pada 2.3 dan 2.4 berikut:

$$w_{f,\theta}(x,y) = (\exp \left[-\frac{1}{2} \left\{ \frac{x^2 \phi n}{\sigma^2 x} + \frac{y^2 \phi n}{\sigma^2 y} \right\} \right]) \exp(2\pi F x \theta n) \tag{2.3}$$

$$\begin{bmatrix} x_{\theta n} \\ y_{\theta n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta_n & \cos \theta_n \\ -\cos \theta_n & \sin \theta_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

Untuk variable filter gabor, nilai parameter yang digunakan $\phi = 0$, $\sigma = 8$, $\gamma = 0.25$ dan $f = 3$. Dari persamaan diatas dapat dijabarkan seperti pada 2.5 berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sigma \\ \sigma_y &= \frac{\sigma}{\gamma} \\ \sigma^2 x &= \sigma^2 \\ \sigma^2 y &= \frac{\sigma}{\gamma^2} \end{aligned} \tag{2.5}$$

dimana,

$$x_{\theta n} = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \tag{2.6}$$

$$y_{\theta n} = y \cos(\theta) + x \sin(\theta)$$

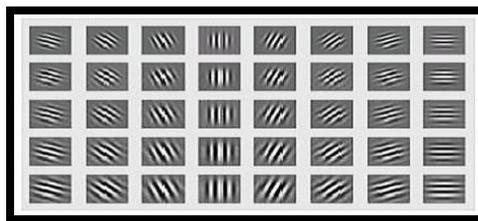
$$a = \frac{1}{(2\pi \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y) \text{Exp} \left(-0.5 \cdot \left(x^2 \phi \frac{n}{\sigma^2 x} + y^2 \phi \frac{n}{\sigma^2 y} \right) \right)} \tag{2.7}$$

$$c = \cos \left(2 \cdot \theta \cdot \pi \cdot f x \cdot \frac{x_{\theta n}}{2} \right)$$

Keterangan :

- f = Frekuensi Faktor Sinusoidal
- θ = Orientasi Filter Gabor
- σ = Strandar Deviasi Gaussian
- γ = Rasio Filter

Dengan konvolusi *Gabor* maka keluaran yang dihasilkan berupa titik-titik dan dengan nilai tertentu yang disebut dengan *Gaborjet respense*, titik-titik pada *Gaborjet response* dari citra database dan citra yang akan dikenali atau dibandingkan menerapkan prosedur *graph matching* pada citra yang akan dikenali, dengan memaksimalkan kemiripan magnitude *gabor* antara *graph* model fosil gigi geraham yang telah ditransformasi dengan representasi *graph* citra yang akan dikenali. Misalkan digunakan lima frekuensi ($f = 0, 1, 2, 3, 4$) dan delapan orientasi (θ), maka akan dihasilkan 40 respon filter untuk tiap titik citra yang dikonvolusikan dengan filter tersebut. Citra latih akan dijadikan *database* dan cita yang akan dilakukan pengujian dikonvolusi lebih dahulu dengan *Gabor Filter* sehingga menghasilkan titik-titik dengan nilai tertentu yang disebut sebagai *jet response*. seperti pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Representasi Nilai Real Gabor Karnel[2]

2.4 Linier Discriminant Analysis [17][18]

Linier Discriminant Analysis (LDA) adalah metode ekstraksi fitur dengan operasi statistika dan matematika untuk mencari proyeksi linier agar dapat memaksimalkan matriks kovarian antar kelas sekaligus meminimumkan matriks kovarian dalam kelas. Penganalisaan menggunakan matriks *scatter* seperti perkalian vector data uji dengan vector eigen hasil traning, mengelompokkan vector data dari kelas yang sama dan memisahkan kelas yang berbeda. Pada proses LDA maka telah meningkatkan rasio antara *between-class scatter* (S_B) sekaligus meminimumkan matriks kovarian dalam kelas (S_W).Matriks kovarian tersebut didefinisikan pada 2.8 dan 2.9 sebagai berikut:

$$S_B = \sum_{i=1}^l n_i (\mu^{(i)} - \mu)(\mu^{(i)} - \mu)^T \tag{2.11}$$

$$S_W = \sum_{i=1}^l (\sum_{j=1}^{n_i} (x_j^{(i)} - \mu^{(i)})(x_j^{(i)} - \mu^{(i)})^T)$$

Keterangan:

x_j = image ke-j

l = jumlah kelas

n_i = jumlah image pada kelas ke-i

μ = rata-rata total dari keseluruhan image

$\mu^{(i)}$ = rata-rata image pada kelas ke-i

3. Desain Sistem

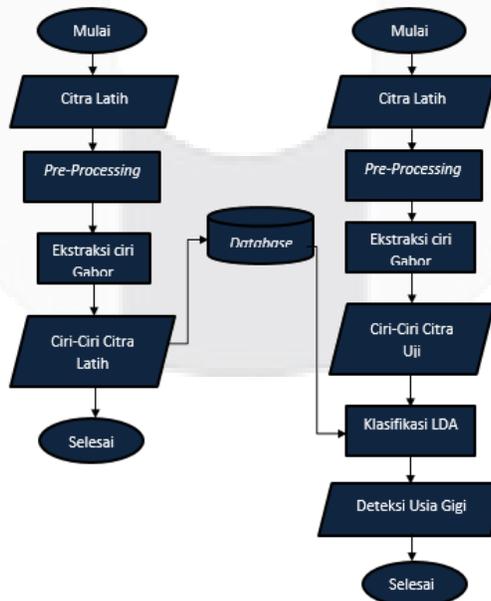
Pada bab ini dijelaskan proses akuisisi citra, proses *pre-processing*, dan proses klasifikasi.



Gambar 3.1 Blok Desain Sistem

3.1 Perancangan Sistem

Proses identifikasi dilakukan dengan melalui proses *pre-processing* terhadap data latih, setelah itu proses ekstraksi ciri dengan menggunakan metode *Gabor Wavelet*, hasil dari ciri tersebut disimpan sebagai *database* yang berisi nilai-nilai yang akan dicocokkan pada tahap uji. Berikut merupakan *flowchart* proses latih dan proses uji pada gambar 3.2 yaitu:



Gambar 3.2 Flowchart Proses Latih dan Proses Uji

Citra latih merupakan data berupa masukan hasil pengambilan gambar dengan format .jpg kemudian masuk ke tahap *pre-processing*, dimana citra asli akan diubah ke bentuk citra *layer red*. Setelah itu proses kalsifikasi *Linear Dicriminant Analysis* (LDA). Hasil keluaran berupa nilai – nilai dari citra yang kemudian digunakan sebagai pengkalsifikasian setiap jenis fosil gigi geraham.

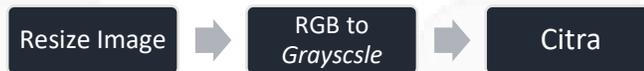
Citra Uji merupakan masukan berupa fosil gigi geraham. Proses *preprocessing* yang dilakukan sesuai dengan proses di citra latih, perubahan citra dari RGB ke citra *layer red*. Selanjutnya masuk ke tahap ekstraksi ciri dengan menggunakan metode *Gabor Wavelet* lalu hasil keluarannya dicocokkan dengan data latih dan dilakukan pengenalan serta pencocokan dengan menggunakan klasifikasi *Linier Dicriminant Analysis* (LDA).

3.1.1 Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan proses pengambilan data citra. Pada Tugas Akhir ini proses pengambilan data dilakukan dengan mengambil foto fosil gigi geraham menggunakan kamera Samsung Galaxy note fan edition. Gigi fosil difoto dengan menggunakan mini studio berukuran 30 x 30 cm, dengan pencahayaan yang cukup baik. Posisi pengambilan gambar diambil dari sisi atas permukaan gigi fosil, dengan jarak antar gigi fosil dengan permukaan kamera sekita 15 senti. Hasil pengambilan data diseragamkan menggunakan aplikasi *adobe photoshop CS4* dengan format JPG resolusi 300dpi 512 x 512pixel. Dengan proses *Cropping* dimana prosespemotongan citra pada koordinat tertentu pada area citra bertujuan untuk memotong bagian citra digunakan dua koordinat yaitu koordinat awal bagi citra hasil pemotongan dan koordinat akhir yang merupakan titik koordinat akhir dari hasil pemotong. Sehingga akan membentuk bangun segi empat diman tiap-tiap piksel yang ada pada area koordinat tertentu disimpan dalam citra yang baru.

3.1.2 Pre-processing

Pre-processing merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mempermudah proses komputasi cita dan dilakukan sebelum mengekstraksi ciri dari sebuah citra tersebut, sehingga citra yang masuk kedalam sistem masukannya sama. Pada gambar 3.3 merupakan diagram alir *pre-processing*.



Gambar 3.3 Pre-Processing

Resize Citra adalah proses mengubah ukuran citra digital menjadi ukuran tertentu, pada penelitian ini ukuran yang digunakan yaitu 512 x 512pixel.

RGB to Grayscale adalah proses mengubah citra digital dari elemen warna RGB menjadi warna abu-abu (*Grayscale*), proses ini bertujuan untuk mempermudah proses perhitungan.

3.1.3 Ekstraksi Ciri Gabor Wavelet

Ekstraksi ciri merupakan suatu proses dalam pengambilan ciri dari sebuah citra yang menghasilkan suatu karakteristik dari objek atau pola yang terdapat pada citra tersebut. Ekstaksi ciri yang dihasilkan digunakan untuk membandingkan citra yang satu dengan citra yang lain. [8] Ciri yang bagus adalah ciri yang memiliki daya pembeda yang tinggi, sehingga pengelompokan citra berdasarkan ciri yang dimiliki dapat dilakukan dengan keakuratan yang tinggi.

Pada proses ekstraksi bentuk menggunakan metode *gabor wavelet* dengan menginisialisasikan frekuensi spasial (u) dan orientasi (v) yang digunakan sehingga akan terbentuk *Gabor Filter*.

Convolute Gabor Filter with Image, merupakan proses konvolusi untuk mendapatkan fitur ciri yang telah difilter dengan karnel gabor sebanyak frekuensi dan orientasi karnel yang digunakan.



Gambar 3.4 Diagram Alir Ekstraksi Gabor Wavelet

3.1.4 Klasifikasi dengan Linier Disciminant Analysis



Gambar 3.5 kalsifikasi Sistem LDA

Proses klasifikasi menggunakan metode *Linier Discriminant Analysis* dengan menentukan jenis kernel yang paling sesuai data hasil ekstraksi ciri, dengan tujuan untuk memetakan data-data ke ruang dimensi baru.

Optimalisasi Margin Setelah memetakan data-data ke ruang dimensi baru selanjutnya memaksimalkan nilai margin dengan tujuan hasilnya akan menjadi pembeda kelas-kelas data.

4. Analisis

4.1 Hasil Pengujian Sistem Identifikasi Umur Fosil Gigi

Pengujian dilakukan menggunakan 270 data untuk identifikasi umur fosil gigi yang terdiri dari 140 data latih (110 data umur 17-25 dan 30 data umur 25-35) dan 130 data uji (100 data umur 17-25 dan 30 data umur 25-35). Untuk jenis posisi gigi Pengujian dilakukan menggunakan 270 data yang terdiri dari 140 data latih (70 data gigi atas dan 70 data gigi bawah) dan 130 data uji (50 data gigi atas dan 80 data gigi bawah). Setiap pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi ciri *Gabor Wavelet* dengan klasifikasi *Linier Discriminant Analysis* (LDA). Pengujian dilakukan dengan melihat pengaruh parameter dimensi citra, skala frekuensi dan sudut orientasi gabor, *downsampling*. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh parameter keberhasilan sistem terbaik.

4.1.1 Pengujian Pengaruh Dimensi Citra Terhadap Identifikasi Umur Fosil Gigi dan Jenis Posisi Gigi

Tabel 4.1 Hasil pengujian Dimensi Umur

Dimensi	Akurasi	Waktu Komputasi
32x32	76.92%	0,7393 s
39x39	84.61%	0,8338 s
64x64	80%	0,9416 s
128x128	75.38%	1,7040 s

Tabel 4.2 Hasil pengujian Dimensi Posisi

Dimensi	Akurasi	Waktu Komputasi
32x32	86.15%	0,7133 s
39x39	36.15%	0,6831 s
64x64	56.92%	0,9465 s
128x128	56.92%	1,5687 s

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh ukuran dimensi citra terhadap akurasi dan waktu komputasi sistem. Ukuran dimensi citra yang diuji yaitu 32x32, 39x39, 64x64, 128x128 dengan menggunakan parameter gabor 3 skala 7 frekuensi, nilai *downsampling* 512x512.

Dari grafik diatas dapat kita simpulkan ukuran citra berpengaruh terhadap banyaknya ciri yang dihasilkan dalam proses ekstraksi ciri sehingga semakin besar ukuran citra, maka semakin banyak ciri yang akan diekstraksi dalam proses ekstraksi ciri citra.

4.1.2 Pengujian Pengaruh Skala dan Orientasi Terhadap Identifikasi Umur Fosil Gigi dan Jenis Posisi Gigi

Tabel 4.3 Hasil pengujian Skala dan Orientasi Umur

	Orientasi	Akurasi	Waktu Komputasi
2	6	78.46%	0.4450 s
	7	76.15%	0.6472 s
	8	70.76%	0.6895 s
	9	75.38%	0.6273 s
3	6	73.07%	0.5755 s
	7	84.61%	0.8338 s
	8	74.61%	0.7629 s
	9	70%	0.8402 s
4	6	70.76%	0.7631 s
	7	83.84%	1.2890 s
	8	70%	1.0004 s
	9	77.69%	1.1323 s
5	6	76.92%	0.9565 s
	7	79.23%	1.2506 s
	8	80%	1.6058 s
	9	83.84%	3.3506s

Tabel 4.4 Hasil pengujian Skala dan Orientasi Posisi

	Skala	Orientasi	Akurasi	Waktu Komputasi
2		6	53.07%	0.4637 s
		7	50.00%	0.8432 s
		8	48.46%	0.9318 s
		9	61.53%	1.0411 s
3		6	61.53%	1.1134 s
		7	86.15%	0.7133 s
		8	70.00%	1.3422 s
		9	72.30%	1.5098 s
4		6	73.07%	0.8341 s
		7	43.07%	1.5608 s
5		6	67.69%	1.7312 s

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan semakin besar nilai skala atau frekuensi, maka dapat memberikan proses ekstraksi ciri yang lebih rinci dan mendetail namun dibutuhkan waktu yang lebih besar dalam proses ekstraksi ciri tersebut, sehingga waktu komputasi sistem semakin.

4.1.3 Pengujian Pengaruh *Downsampling* Terhadap Identifikasi Umur Fosil Gigi dan Jenis Posisi Gigi

Tabel 4.5 Hasil pengujian Dimensi Umur

<i>Downsampling</i>	Akurasi	Waktu Komputasi
256,256	66.92%	0.7395 s
512,512	84.61%	0.8338 s
1024,1024	76.92%	2.0217 s

Tabel 4.6 Hasil pengujian Dimensi Umur

<i>Downsampling</i>	Akurasi	Waktu Komputasi
256,256	86.15%	0.7133 s
512,512	40%	0.6724 s
1024,1024	40%	0.6679 s

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan proses ini untuk mengecilkan ukuran matriks dimana hanya point-point penting yang diambil dari matriks tersebut sehingga semakin besar nilai downsampling, maka semakin kecil ukuran matriks yang dihasilkan.

4.1.4 Hasil Pengujian Sistem Identifikasi Umur Gigi Fosil Pada Setiap Lapisan Citra

Gambar 4.5 Hasil pengujian Lapisan Citra Umur

Lapisan Citra	Akurasi	Waktu Komputasi
<i>Red</i>	75.38%	1.7037 s
<i>Green</i>	74.61%	1.6765 s
<i>Blue</i>	72.30%	1.7711 s
<i>Grayscale</i>	84.61%	0.8338s

Gambar 4.6 Hasil pengujian Lapisan Citra Posisi

Lapisan Citra	Akurasi	Waktu Komputasi
<i>Red</i>	86.15%	1.3589 s
<i>Green</i>	83.07%	1.3097 s
<i>Blue</i>	80.76%	1.3802 s
<i>Grayscale</i>	86.15%	0.7133 s

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan lapisan citra dengan akurasi tertinggi untuk metode *gabor wavelet* dan klasifikasi LDA yaitu lapisan citra *grayscale*.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan selama pengerjaan proyek akhir terhadap perancangan system untuk mengidentifikasi umur fosil gigi dan posisi gigi maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Implementasi Pengolahan citra dengan metode *Gabor Wavelet* dan *Linier Discriminant Analysis* berbasis MATLAB mampu mendeteksi umur fosil gigi dan posisi gigi.
2. Performansi terbaik untuk identifikasi umur kematian fosil gigi diperoleh dari hasil pengujian adalah ukuran citra 39x39, parameter gabor skala 3 dan orientasi 7, nilai *downsampling* 512x512 dengan akurasi 84.61%.
3. Performansi terbaik untuk identifikasi posisi gigi diperoleh dari hasil pengujian adalah ukuran citra 32x32, parameter gabor skala 3 dan orientasi 7, nilai *downsampling* 256x256 dengan akurasi 86.15%.
4. Perbedaan parameter *Gabor Wavelet* memiliki pengaruh terhadap waktu komputasi system, namun tidak terlalu signifikan. Akan tetapi waktu komputasi sangat bergantung pada spesifikasi computer serta aktifitas yang dijalankan pada komputer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] saeno, "manusia purba," 9 july 2016. Sumber: <http://kabar24.bisnis.com/read/20160609/79/556033/inilah-fosil-manusia-purba-tertua-di-flores> [Diakses 3 Oktober 2017 jam 19.21].
 - [2] D. Arianti, "image prosssing," *pendeteksi wajah menggunakan metode gabor wavelet*, 2 april 2012.
 - [3] Buana, Qintan Nurma, "Pengolahan Citra Deteksi Granuloma Melalui Pariapical Radiograf Dengan Transformasi DCT Dan Linier Dicriminant Analysis Berbasis Android" Fakultas Teknik Elektro Telkom University, Bandung,2017.
 - [4] Zuandi, Fadil, "Deteksi Citra Granuloma Dengan Metode Gabor Wavelet," Fakultas Teknik Elektro Telkom University, Bandung 2018.
 - [5] I. W. Harshanur and I. W.H, Drg, "Anatomi Gigi,"Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1991
 - [6] Tim D. White Michael T.Black Pieter A.folkens,"Human Osteology"Third Edition.
 - [7] Hidayatullah, Priyanto, "Pengolahan Citra Digital Teori Dan Aplikasi Nyata," Bandung: informatika, 2017.
 - [8] Saraswati, NWS. S.T, "Transformasi Wavelet dan Thresholding Pada Citra Menggunakan MATLAB," Fakultas Teknik Elektro Udayana, Bali, 2004P.
 - [9] Munir, Rinaldi. "Pengolahan Citra Digital." Bandung:Informatika 2014.
 - [10] Solmon, Chris.2011. Fundamentals of Digital Image Processing-A Partical Approach with Exemples in Matlab. USA:A John Wiley & Sons, INC.
 - [11] Munir, Renaldi. (2004). Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik Bandung: Penerbit Informatika.
 - [12] Abdul, Kadir. Adh., Susanto.2013. Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. Yogyakarta: Andi
 - [13] <https://just-for-us-buddy.blogspot.co.id/2010/05/jenis-jenis-citra-yangdapat-diolah.html> (diakses pada tanggal 22 Maret 2017 Jam 19.50)
 - [14] Dwi, Astari Nurul.(2016).Implementasi Dan Analisis Metode Gabor Wavelet Dan Jaringan Saraf Tiruan Untuk Penegenalan Wajah Berbasis Video.Bandung : Universitas Telkom.
 - [15] Prasetyo, Eko. 2011. Pengolahan Citra Digital Dan Aplikasinya Menggunakan Matlab. Yogyakarta; Andi
 - [16] Daubeschies, I, "The Wavelet Transform, Time Frequency Localization And Signal Analysis", IEEE Trans, Information Theory 36 (1990)9611005, 1990.
 - [17] A. Rachmad, *Ekstraksi fitur dengan menggunakan metode LDA dan pemilihan eigen value pada cacat kertas dupleks*, 2013.
 - [18] A. supianto, "Pengenalan Pola Linear Discriminant Analysis," PTIIK, 2014.M. P. a. P. Bosdogiani, Image processing the fundamentals, New York: wiley, 1999.
 - [19] M. Haghighat, S. Zonouz dan M. Abdel-Mottaleb, "CloudID: Trustworthy cloud-based and cross-enterprise biometric," Expert Systems with Applications, vol. 42, no. 21, pp. 7905-7916, 2015.
-