

IDENTIFIKASI RENTANG UMUR MANUSIA MELALUI FOSIL GIGI GERAHAM BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN)

AGE RANGE IDENTIFICATION BY HUMAN MOLAR FOSSIL BASED ON DIGITAL IMAGE PROCESSING USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN) METHOD

Hervyn Junianto Kuen¹, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA.², Dr. Ir. Johan Arif³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

¹hervynjuniantokuen@gmail.com, ²bhidayat@telkomuniversity.ac.id, ³johan@gc.itb.ac.id

Abstrak

Lapisan enamel pada fosil gigi manusia dapat diamati pola keausan yang bisa memberikan informasi tentang rentang umur pada saat kematian manusia. Penelitian terkait identifikasi fosil gigi manusia secara umum masih menggunakan metode reaksi kimia sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dirancang suatu sistem yang mampu mengidentifikasi rentang umur pada saat kematian manusia berdasarkan pola keausan dari lapisan enamel pada fosil gigi gerahamnya menggunakan pengolahan citra digital. Sehingga dapat membantu para ahli geologi dalam meneliti fosil gigi manusia secara lebih efisien.

Pada penelitian ini dilakukan dua pengujian yaitu pengujian untuk mengklasifikasikan rentang umur pada saat kematian dan jenis gigi geraham. Dalam pengujian tersebut digunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan untuk proses klasifikasi digunakan metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Pengujian difokuskan untuk mengidentifikasi dua kelas pada rentang umur yaitu 17-25 tahun dan 25-35 tahun, sedangkan untuk jenis gigi geraham juga terdapat dua kelas yaitu gigi geraham bawah dan gigi geraham atas. Untuk pengujian identifikasi rentang umur didapatkan akurasi terbaik sebesar 88.4615% sedangkan untuk pengujian identifikasi jenis gigi geraham didapatkan akurasi terbaik sebesar 87.6923%.

Kata kunci : Pola keausan, Enamel pada fosil gigi, Discrete Wavelet Transform (DWT) dan K-Nearest Neighbor (K-NN)

Abstract

The enamel layers of human tooth fossils can be observed in the pattern of wear and tear that can provide information about the age range at the time of human death. Research related to identification of human dental fossil in general still using chemical reaction method so it takes a long time. Therefore, in this project has designed a system that capable to identify the age range at the time of human death based on the wear pattern of the enamel layer on the fossil molar using digital image processing. So it can help geologists in researching fossil human teeth more efficiently.

In this project, two tests were tested to classify the age range at the time of death and type of molars. In the test used the method of Discrete Wavelet Transform (DWT) and for the classification process used K-Nearest Neighbor (K-NN) method. Tests focused on identifying two classes in the age range of 17-25 years and 25-35 years, while for the type of molars there are also two classes of lower molars and upper molars. For the test of age range identification was obtained the best accuracy of 88.4615% while for testing the identification of tooth type of molars obtained the best accuracy of 87.6923%.

Keywords: Wear Patterns, Enamel on dental fossil, Discrete Wavelet Transform (DWT) and K-Nearest Neighbor (K-NN)

1. Pendahuluan

Dalam bidang paleontologi, pola keausan dapat diamati melalui lapisan enamel dan dentin gigi sehingga para peneliti dapat mengklasifikasikan dan memperkirakan rentang umur pada saat kematian manusia dari fosil gigi gerahamnya. Proses penelitian fosil gigi yang menggunakan metode reaksi kimia terkadang membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu pada tugas akhir ini penulis merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem yang berfokus pada pengamatan pola keausan enamel gigi yang nantinya dapat digunakan untuk membantu dalam proses penelitian untuk menentukan rentang umur pada saat kematian manusia dari fosil gigi gerahamnya.

Sistem yang dibuat adalah sistem berbasis *image processing* dimana dilakukan pengambilan citra dari fosil gigi yang kemudian dilakukan ekstraksi ciri. Metode yang digunakan untuk analisis dan ekstraksi ciri adalah metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dimana metode ini membagi citra menjadi beberapa *subband* yang memiliki frekuensi tinggi dan frekuensi rendah yang nantinya pola keausan gigi geraham dari citra yang

melewati proses DWT akan menjadi ciri yang digunakan untuk proses identifikasi. *Discrete Wavelet Transform* (DWT) sering digunakan untuk pemrosesan citra digital untuk keperluan penelitian, karena mempunyai kemampuan untuk mengelompokkan energi citra terkonsentrasi pada beberapa kelompok koefisien, mampu memberikan kombinasi informasi frekuensi dan skala, sehingga lebih akurat dalam rekonstruksi citra [19]. Untuk proses klasifikasi hasil ekstraksi ciri digunakan metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN) yang merupakan sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut.

2. Dasar Teori

2.1 Paleontologi [10]

Paleontologi berasal dari kata *paleo* yang berarti lampau, *ontos* yang berarti kehidupan, dan *logos* yang artinya ilmu. Jadi paleontologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk-bentuk kehidupan yang pernah ada pada masa lampau termasuk evolusi dan interaksi satu dengan lainnya serta lingkungan kehidupannya (paleoekologi) selama umur bumi atau dalam skala waktu geologi terutama yang diwakili oleh fosil.

2.2 Klasifikasi Berdasarkan Pola Keausan Gigi

Mengamati pola keausan pada fosil gigi manusia merupakan salah satu cara untuk memperkirakan rentang umur kematian dari individu tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan rentang umur berdasarkan pola keausan gigi adalah klasifikasi Brothwell. Table 1 menunjukkan kelas rentang umur yang dklasifikasikan oleh Brothwell [3].

Tabel 1. Rentang Umur berdasarkan Klasifikasi Brothwell

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												
	Dentin not exposed. There may be slight enamel polishing.									Any greater degree of wear than in the previous columns		
										Full. Very unusual wear sometimes occurs in the later stages		

2.3 Citra Digital

Citra digital merupakan hasil representasi citra dari fungsi malar (kontinyu) menjadi nilai-nilai diskrit melalui proses digitalisasi. Citra digital dibentuk oleh kumpulan titik yang dinamakan piksel (pixel atau “*picture element*”). Setiap piksel digambarkan sebagai satu kotak kecil. Setiap piksel mempunyai koordinat posisi. Citra digital dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi $f(x,y)$ dimana x menyatakan posisi baris dan y menyatakan posisi kolom. Citra digital yang tingginya N , lebarnya M , dan memiliki L derajat keabuan dapat dianggap sebagai fungsi yang ditunjukkan pada persamaan 1 berikut [2]:

$$f(x,y) = \begin{cases} 0 \leq x \leq M \\ 0 \leq y \leq N \\ 0 \leq f \leq L \end{cases} \tag{1}$$

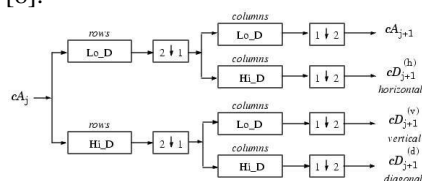
Citra digital yang berukuran $N \times M$ dapat dinyatakan dengan matriks yang berukuran N baris dan M kolom seperti pada persamaan 2 berikut [1] :

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M - 1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, M - 1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N - 1,0) & f(N - 1,1) & \dots & f(N - 1, M - 1) \end{bmatrix} \tag{2}$$

2.4 Transformasi Wavelet Diskrit

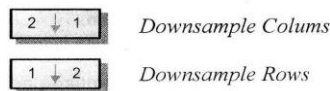
Transformasi *Wavelet* diskrit menganalisa suatu sinyal dengan skala yang berbeda dan merepresentasikannya ke dalam skala waktu dengan menggunakan teknik *filtering*, yakni *filter* yang berbeda frekuensi *cut-off*-nya[9].

Transformasi *Wavelet* diskrit secara umum merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra tersebut dimana komponennya dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Implementasi transformasi *Wavelet* diskrit dapat dilakukan dengan cara melewatkan sinyal frekuensi tinggi atau *highpass filter* dan frekuensi rendah atau *lowpass filter* [8].



Gambar 1. Transformasi *Wavelet* Diskrit Dua Dimensi dengan Level Dekomposisi Satu [9]

Gambar 1. diatas ini adalah gambar dari transformasi *Wavelet* diskrit dua dimensi dengan level dekomposisi satu, dimana :



Gambar 2. *Downsample Colums and Rows* [9]

Seperti yang terlihat pada gambar 2 diatas, jika suatu citra dilakukan proses transformasi *Wavelet* diskrit dua dimensi dengan level dekomposisi satu, maka akan menghasilkan empat buah *subband*, yaitu [9] :

1. Koefisien Aproksimasi (CA_{j+1}) atau disebut juga *subband* LL
2. Koefisien Detil Horisontal ($CD(h)_{j+1}$) atau disebut juga *subband* HL
3. Koefisien Detil Vertikal ($CD(v)_{j+1}$) atau disebut juga *subband* LH
4. Koefisien Detil Diagonal ($CD(d)_{j+1}$) atau disebut juga *subband* HH

LL	HL
LH	HH

Gambar 3. *Subband Transformasi Wavelet* [9]

Gambar 3 *Subband* Transformasi *Wavelet* Diskrit dengan Level Dekomposisi Satu *Subband* hasil dari dekomposisi dapat didekomposisikan lagi karena level dekomposisi *Wavelet* bernilai dari 1 sampai n atau disebut juga transformasi *Wavelet* multilevel.

2.5 Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN)

Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Pada K-NN terdapat beberapa aturan jarak yang dapat digunakan[6].

Data latih dengan jarak terdekat dikatakan sebagai tetangga (*Nearest Neighbor*) kemudian diurutkan dari jarak terdekat sampai terjauh. Tiap tetangga dapat berbeda satu sama lain ataupun sejenis. Tetangga sejenis dengan jumlah terbanyak di antara K tetangga terdekat adalah data latih yang sesuai dengan objek yang diklasifikasikan[5].

Berikut adalah beberapa perhitungan jarak yang terdapat pada K-Nearest Neighbor adalah[5]:

1. Euclidean Distance

Euclidean Distance adalah panjang garis yang menghubungkan dua titik vektor yang merupakan sisi miring dari garis yang dibentuk antara dua koordinat titik vektor tersebut [2]. Untuk menghitung jarak antara dua titik X_s dan X_t dengan metode *Euclidean*, digunakan persamaan 3 [5]:

$$d_{s,t} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{s,j} - x_{t,j})^2} \quad (3)$$

Dimana :

- $d_{s,t}$ = Jarak
- n = Jumlah Data
- j = Variable Data
- X_s = Vektor Data (data uji)
- X_t = Vektor Sampel Data (data latih)

2. City Block Distance

Cityblock Distance adalah nilai mutlak dari jarak antara dua titik vektor dalam suatu koordinat [2]. Untuk menghitung jarak antara dua titik vektor X_s dan X_t dengan metode *Cityblock*, digunakan persamaan 4 [5]:

$$d_{s,t} = \sum_{i=1}^n |x_{s,j} - x_{t,j}| \quad (4)$$

3. Cosine Similarity

Dalam *Cosine Distance*, titik-titik dianggap sebagai vektor, dan dilakukan pengukuran terhadap sudut antara dua vektor tersebut. Untuk memperoleh jarak dua vektor X_s dan X_t , memakai persamaan 5 dan 6 berikut [5] :

$$d_{s,t} = 1 - \cos \theta \quad (5)$$

Dengan,

$$\cos \theta = \frac{x_s \cdot x_t}{|x_s| |x_t|} \quad (6)$$

4. Correlation

Dalam *Correlation Distance*, titik-titik dianggap sebagai barisan nilai, jarak antar nilai vektor X_s dan X_t , memakai persamaan 7 dan 8 berikut [5]:

$$d_{s,t} = 1 - \frac{(x_s - \bar{x}_s) \cdot (x_t - \bar{x}_t)}{\sqrt{(x_s - \bar{x}_s) \cdot (x_s - \bar{x}_s)} \cdot \sqrt{(x_t - \bar{x}_t) \cdot (x_t - \bar{x}_t)}} \quad (7)$$

Dimana ,

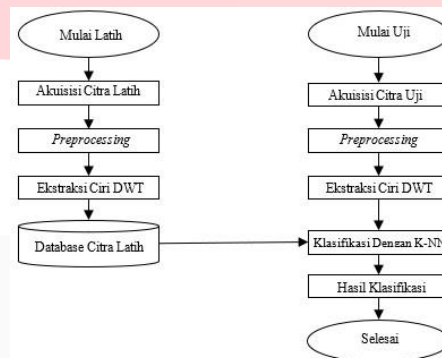
$$\bar{x}_s = \frac{1}{n} \sum_j x_{s,j} \text{ dan } \bar{x}_t = \frac{1}{n} \sum_j x_{t,j} \quad (8)$$

3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem yang dirancang menggunakan aplikasi pengolahan citra digital yaitu Matlab R2017a. Sampel data yang digunakan sebagai input berupa data citra fosil gigi geraham manusia, yang digunakan sebagai data uji dan data latih. Sistem yang akan dirancang bertujuan untuk mengklasifikasikan rentang umur manusia dari fosil gigi geraham berdasarkan pola keausan dan mengidentifikasi jenis gigi geraham dengan menggunakan metode ekstraksi ciri DWT dan klasifikasi K-NN.

Proses diawali dengan akuisisi citra, kemudian masuk pada tahap preproses, dimana pada tahap preproses citra masukan diubah menjadi citra keabuan (*grayscale*) dan setelah itu dianalisis menggunakan metode ekstraksi ciri DWT dan diklasifikasikan rentang umur serta jenis giginya dengan menggunakan metode klasifikasi K-NN. Secara keseluruhan blok diagram dari proses kerja sistem direpresentasikan pada Gambar 4. berikut:



Gambar 4. Blok Diagram Umum Sistem

3.2 Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Beberapa fosil gigi yang telah diketahui rentang umurnya akan melalui tahap latih untuk mendapatkan ciri yang akan dimasukkan ke dalam *database* sebagai acuan untuk penentuan rentang umur kematian dan jenis gigi geraham dari fosil gigi geraham yang menjadi bahan penelitian. Proses akuisisi citra dilakukan dengan menggunakan kamera *handphone* dengan resolusi lensa 12 MP tanpa menggunakan lampu *flash* dengan jarak antara lensa terhadap objek fosil gigi sekitar 10 cm. Citra yang telah diambil selanjutnya disimpan dalam format .JPG untuk digunakan pada proses selanjutnya. Sebanyak 27 objek fosil gigi difoto masing-masing 10 kali sehingga total citra yang digunakan adalah 270 citra. Tabel 2 menunjukkan komposisi pembagian jumlah data citra untuk masing-masing jenis identifikasi dan kelasnya.

Tabel 2. Pembagian Jumlah Data Citra

Jenis Identifikasi	Kelas	Jumlah Citra Latih	Jumlah Citra Uji
Rentang Umur	17 – 25 Tahun	110 Citra	100 Citra
	25 – 35 Tahun	30 Citra	30 Citra
Jenis Gigi Geraham	Gigi Geraham Atas	70 Citra	50 Citra
	Gigi Geraham Bawah	70 Citra	80 Citra

3.3 Preprocessing

Tujuan dari *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas dari citra masukan yang diperoleh serta melakukan penyeragaman ukuran citra agar lebih mudah untuk diproses selanjutnya. Terdapat tiga proses yang dilakukan pada tahap *preprocessing* ini, yaitu *cropping* citra untuk membuang bagian yang tidak digunakan pada citra, pengaturan ukuran citra agar semua ukuran citra seragam dengan ukuran 512x512 piksel, dan konversi RGB ke *grayscale* atau konversi menjadi citra dengan satu layer warna (*red*, *green*, dan *blue*).

3.4 Ekstraksi Ciri Discrete Wavelet Transform

Proses ekstraksi ciri dengan menggunakan metode DWT, yaitu melewati sinyal frekuensi tinggi *High*

Pass Filter (HPF) dan frekuensi rendah *Low Pass Filter* (LPF) [7]. Proses awal pada kasus ini yaitu melakukan dekomposisi level satu pada citra. Kemudian citra tersebut di *filtering* menggunakan LPF dan HPF secara baris untuk semua baris dan dilanjutkan secara kolom untuk semua kolom. Setelah di-*filtering*, dilanjutkan dengan operasi *sub-sampling*, sehingga akan menghasilkan 4 buah *subband* yaitu LL, LH, HL, dan HH sehingga didapatkan koefisien *Wavelet* level 1. Hasil koefisien *Wavelet* inilah yang dijadikan ciri dari suatu citra. Penentuan ciri yang akan digunakan adalah dengan melakukan pengujian akurasi dari masing-masing koefisien *Wavelet* dari setiap level dekomposisi yang digunakan. Koefisien *Wavelet* dengan hasil akurasi paling besar akan digunakan sebagai ciri dari citra latih dan citra uji [8].

3.5 Klasifikasi dengan K-NN

Algoritma K-NN bekerja berdasarkan pada jarak terdekat dari citra uji ke citra latih dan banyaknya kelas yang dominan. Penentuan nilai parameter k adalah penentuan jumlah tetangga dalam klasifikasi dengan pendekatan K-NN, parameter k adalah variabel yang bernilai ganjil sehingga dapat mengurangi kesalahan algoritma jika peluang kemiripannya sama. Nilai parameter k diujikan untuk mendapatkan hasil terbaik. Semakin kecil nilai k , maka jumlah pembandingan semakin sedikit dan sebaliknya semakin besar nilai k maka jumlah pembandingan akan semakin banyak. Analisis yang dilakukan pada K-NN adalah pengaruh nilai k dan jenis *Distance* yang digunakan terhadap akurasi sistem dalam mengenali ciri citra fosil gigi geraham. Nilai k yang diuji adalah 1, 3, 5, 7 dan 9 sedangkan jenis *Distance* yang diujikan adalah *Euclidean*, *Cityblock*, *Cosine*, *Correlation*. Klasifikasi KNN akan mengklasifikasikan citra uji tersebut sesuai dengan banyaknya kelas yang dominan pada saat perhitungan jarak minimal.

4. Hasil dan Analisis

Pada pengujian digunakan 130 citra uji dan 140 citra latih sehingga total sample yg dipakai adalah 270. Hasil identifikasi diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu berdasarkan rentang umur dan jenis gigi geraham. Untuk rentang umur dari sample tersebut dibagi menjadi dua yaitu 17-25 tahun dan 25-35 tahun, sedangkan untuk jenis gigi ditentukan berdasarkan letak gigi yaitu geraham atas dan geraham bawah untuk mengetahui performansi sistem yang telah dibuat, maka dilakukan beberapa skenario pengujian sebagai berikut :

4.1 Pengujian Level Dekomposisi DWT Dengan Input Layer (*Red, Green, Blue Dan Grayscale*) Untuk Klasifikasi Rentang Umur Kematian Individu

Berikut ini adalah data hasil pengujian untuk parameter level dekomposisi dengan menggunakan *layer* (*red, green, blue, dan grayscale*) terhadap akurasi dan waktu komputasi. Dimana parameter level dekomposisi yang digunakan terdiri dari level 1, level 2, level 3, level 4, level 5, dan level 6. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter *subband* LL, $k = 1$, dan *Distance = euclidean*. Tabel 3 merupakan hasil pengujian parameter level dekomposisi pada DWT.

Tabel 3. Hasil pengujian level dekomposisi DWT klasifikasi rentang umur kematian

Level	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
1	Red	80.7692	0.2958	105
	Green	83.0769	0.321	108
	Blue	54.6154	0.3048	71
	Grey	76.1538	0.3418	99
2	Red	88.4615	0.1947	115
	Green	83.0769	0.1926	108
	Blue	54.6154	0.1937	71
	Grey	76.1538	0.1926	99
3	Red	86.9231	0.1635	113
	Green	83.0769	0.167	108
	Blue	53.8462	0.1613	70
	Grey	76.1538	0.1654	99
4	Red	86.9231	0.1591	113
	Green	80	0.1593	104
	Blue	53.0769	0.162	69
	Grey	82.3077	0.1271	107
5	Red	83.8462	0.161	109
	Green	79.2308	0.1613	103
	Blue	60	0.1442	78
	Grey	79.2308	0.1642	103
6	Red	80.7692	0.1254	105
	Green	77.6923	0.1356	101
	Blue	61.5385	0.1357	80
	Grey	80	0.1453	104

4.2 Pengujian Level Dekomposisi DWT Dengan Input Layer (*Red, Green, Blue Dan Grayscale*) Untuk Klasifikasi Jenis Gigi Geraham

Berikut ini adalah data hasil pengujian untuk parameter level dekomposisi dengan menggunakan *layer red* terhadap akurasi dan waktu komputasi. Dimana parameter level dekomposisi yang digunakan terdiri dari level 1, level 2, level 3, level 4, level 5, dan level 6. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter *subband* LL, $k = 1$, dan *Distance = euclidean*. Tabel 4 merupakan hasil pengujian parameter level dekomposisi pada DWT.

Tabel 4. Hasil pengujian level dekomposisi DWT klasifikasi jenis gigi geraham

Level	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
1	Red	83.0769	0.3761	108
2		82.3077	0.1733	107
3		80.7692	0.1509	105
4		76.9231	0.145	100
5		76.9231	0.1379	100
6		75.3846	0.1437	98

4.3 Pengujian Menggunakan Parameter Subband DWT Untuk Klasifikasi Rentang Umur Kematian Individu

Berikut ini adalah hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh parameter *subband* terhadap akurasi dan waktu komputasi. Dimana parameter *subband* DWT terdiri dari LL, LH, HH, dan HL. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter level dekomposisi DWT level 2, k=1, dan *Distance= euclidean*. Pada tahap pengujian ini digunakan level dekomposisi DWT level 2 karena pada pengujian sebelumnya tingkat akurasi terbaik terdapat pada level 2. Tabel 5 merupakan hasil pengujian parameter *subband* pada DWT.

Tabel 5. Hasil Pengujian Subband DWT klasifikasi rentang umur kematian

Subband DWT	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
LL	Red	88.4615	0.1522	115
	Green	83.0769	0.1525	108
	Blue	54.6154	0.135	71
	Grey	76.1538	0.1715	99
LH	Red	76.9231	0.1879	100
	Green	76.9231	0.1496	100
	Blue	76.9231	0.1635	100
	Grey	76.9231	0.1767	100
HL	Red	76.9231	0.1783	100
	Green	76.9231	0.1758	100
	Blue	76.9231	0.1883	100
	Grey	76.9231	0.1998	100
HH	Red	76.9231	0.1974	100
	Green	76.9231	0.1977	100
	Blue	76.9231	0.1831	100
	Grey	76.9231	0.1972	100

4.4 Pengujian Menggunakan Parameter Subband DWT Untuk Klasifikasi Jenis Gigi Geraham

Berikut ini adalah hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh parameter *subband* terhadap akurasi dan waktu komputasi. Dimana parameter *subband* DWT terdiri dari LL, LH, HH, dan HL. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter level dekomposisi DWT level 1, k=1, dan *Distance= euclidean*. Pada tahap pengujian ini digunakan level dekomposisi DWT level 1 karena pada pengujian sebelumnya tingkat akurasi terbaik terdapat pada level 1. tabel 6 merupakan hasil pengujian parameter *subband* pada DWT.

Tabel 6. Hasil Pengujian Subband DWT klasifikasi jenis gigi geraham

Subband DWT	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
LL	Red	83.0769	0.3071	108
LH		87.6923	0.302	114
HL		38.4615	0.2941	50
HH		61.5385	0.278	80

4.5 Pengujian Menggunakan Parameter K Pada Klasifikasi K-NN Untuk Klasifikasi Rentang Umur Kematian Individu

Tabel 7 merupakan hasil pengujian parameter nilai K dengan *layer* masukan *red*, *green*, *blue*, dan *grayscale* pada K-NN. Dimana parameter nilai K yang digunakan adalah 1, 3, 5, 7. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter level dekomposisi DWT level 2, *Subband* DWT LL, dan *Distance = euclidean*.

Tabel 7. Hasil Pengujian Parameter K klasifikasi rentang umur kematian

K	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
1	Red	88.4615	0.1922	115
	Green	83.0769	0.1651	108
	Blue	54.6154	0.1515	71
	Grey	76.1538	0.1589	99
3	Red	85.3846	0.1247	111
	Green	83.0769	0.1968	108
	Blue	53.8462	0.2112	70
	Grey	76.1538	0.1491	99
5	Red	85.3846	0.206	111
	Green	81.5385	0.1945	106
	Blue	53.8462	0.205	70
	Grey	74.6154	0.1934	97
7	Red	85.3846	0.1198	111
	Green	78.4615	0.0917	102
	Blue	60.7692	0.1233	79
	Grey	80	0.1449	104

4.6 Pengujian Menggunakan Parameter K Pada Klasifikasi K-NN Untuk Klasifikasi Jenis Gigi Geraham

Tabel 8 merupakan hasil pengujian parameter nilai K dengan *layer* masukan *red* pada K-NN. Dimana parameter nilai K yang digunakan adalah 1, 3, 5, 7. Pengujian pada tahap ini menggunakan parameter level dekomposisi DWT level 1, *Subband* DWT LH, dan *Distance = euclidean*.

Tabel 8. Hasil Pengujian Parameter K klasifikasi jenis gigi geraham

K	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
1	Red	87.6923	0.3624	114
3		64.6154	0.2617	84
5		63.0769	0.3075	82
7		62.3077	0.3023	81

4.7 Pengujian Menggunakan Parameter *Distance* Pada Klasifikasi K-NN Untuk Klasifikasi Rentang Umur Kematian Individu

Tabel 9 merupakan hasil pengujian parameter *Distance* pada K- NN. Dimana parameter nilai K yang digunakan adalah 1 karena pada hasil sebelumnya akurasi terbaik didapat pada saat K =1 dan *Distance* yang digunakan adalah *euclidean*, *cityblock*, *cosine*, *correlation* dengan level dekomposisi level 1 dan *subband* DWT LL.

Tabel 9. Hasil Pengujian Parameter *Distance* Pada K-NN klasifikasi rentang umur kematian

Distance	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
Euclidean	Red	88.4615	0.1683	115
	Green	83.0769	0.1253	108
	Blue	54.6154	0.1086	71
	Grey	76.1538	0.1173	99
City Block	Red	83.8462	0.1408	109
	Green	74.6154	0.1507	97
	Blue	53.0769	0.0981	69
Cosine	Red	67.6923	0.1074	88
	Green	85.3846	0.1914	111
	Blue	71.5385	0.1568	93
	Grey	62.3077	0.1742	81
Correlation	Red	72.3077	0.1479	94
	Green	85.3846	0.1575	111
	Blue	80.7692	0.159	105
	Grey	62.3077	0.1527	81
		82.3077	0.1613	107

4.8 Pengujian Menggunakan Parameter *Distance* Pada Klasifikasi K-NN Untuk Klasifikasi Jenis Gigi Geraham

Tabel 10 merupakan hasil pengujian parameter *Distance* pada K- NN. Dimana parameter nilai K yang digunakan adalah 1 karena pada hasil sebelumnya akurasi terbaik didapat pada saat K =1 dan *Distance* yang digunakan adalah *euclidean* dan *cityblock* dengan level dekomposisi level 1 dan *subband* DWT LL.

Tabel 10. Hasil Pengujian Parameter *Distance* Pada K-NN klasifikasi jenis gigi geraham

Distance	Layer	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)	Jumlah Data Benar
Euclidean	Red	87.6923	0.3894	114
City Block		83.8462	0.3227	109

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, maka dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode ekstraksi ciri *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan klasifikasi *K- Nearest Neighbors* (K-NN) dapat diimplementasikan dalam sebuah sistem untuk melakukan proses identifikasi fosil gigi geraham manusia.
2. Untuk proses identifikasi rentang umur kematian individu dari fosil gigi geraham manusia, didapatkan akurasi terbaik sebesar 88.4615% dengan komposisi parameter level dekomposisi 2 DWT, menggunakan *subband* LL pada *layer red* dan untuk parameter K-NN menggunakan nilai k = 1 dengan parameter *Distance Euclidean*.
3. Untuk proses identifikasi jenis gigi geraham dari fosil gigi geraham manusia, didapatkan akurasi terbaik sebesar 87.6923% dengan komposisi parameter level dekomposisi 1 DWT, menggunakan *subband* LH pada *layer red* dan untuk parameter K-NN menggunakan nilai k = 1 dengan parameter *Distance Euclidean*.
4. Inputan *layer* dari sistem ini adalah *red*, *green*, *blue*, dan *grayscale*. Dimana *layer* tersebut berpengaruh terhadap akurasi sistem, *layer* ciri yang terbaik pada sistem ini adalah *red* dan *layer* ciri yang kurang baik terdapat pada *layer blue*.

6. Daftar Pustaka:

- [1] Munir, Rinaldi, *Peengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika Bandung, 2004.
- [2] K. Abdul dan A. Susanto, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Penerbit Andi, 2013.
- [3] Tim D. White, Michael T. Black, and Pieter A. Folkens, *Human Osteology*, Third Edition, 2012.
- [4] M. Y. Iscan and M. S. Steyn, *The Human Skeleton In Forensic Medicine*, Third Edition, 2013.
- [5] “*Classification Using Nearest Neighbors*”, tersedia : <https://www.mathworks.com/help/stats/classification-using-nearestneighbors.html?requestedDomain=www.mathworks.com>, [Diakses pada tanggal 21 Nov 2017]
- [6] P. Cunningham and S. J. Delany, *k-Nearest Neighbour Classifiers*, Paper of Dublin Institute of Technology, 2007.
- [7] Sripathi, Deepika, *Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transforms Using Fpgas*, Thesis, The Florida State University College Of Engineering, 2003.
- [8] Sutarno, *Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Citra Wajah*, Jurnal, Vol. 5 No. 2, Universitas Brawijaya, 2010.
- [9] R. H. Arif, *Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Citra Wajah*, Tugas Akhir, Universitas Indonesia, 2012.
- [10] Noor, Djauhari, *Pengantar Geologi*, Edisi kedua, Deepublish, 2014.
- [11] A. Johan dan D. Siregar, *Analisis Kandungan Fluorine (F) Di Dalam Fosil Tulang Dan Gigi : Kasus Dari Gua Pawon, Sangiran, dan Kalitidu*. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, 2014.
- [12] Nugroho, Setyo, *Identifikasi Jenis Batuan Beku Melihat Tekstur Batuan Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan K-Nearest Neighbor (K-NN)*, Tugas Akhir, Universitas Telkom, 2017.
- [13] Imam A.. H., Bambang H., & Suhardjo, *Pengolahan Citra Radiograf Periapikal Pada Deteksi Pulpitis Menggunakan Metode Watershed*, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2017.
- [14] “*rgb2gray Convert RGB image or colormap to grayscale*”
[https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html?s_tid=doc ta](https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html?s_tid=doc_ta), [Diakses pada tanggal 28 Juni 2018]
- [15] “*wavedec2 2-D Wavelet decomposition*”,
https://www.mathworks.com/help/Wavelet/ref/wavedec2.html?s_tid=srchtitle, [Diakses pada tanggal 28 Juni 2018]
- [16] Sangeeta Arora ,Yadwinder S., and Sheo K., *Haar Wavelet Transform For Solution Of Image Retrieval*, International Journal of Advanced Computer and Mathematical Sciences, vol. 5, BioIT Journals, 2014.
- [17] Patrick J., *Discrete Haar Wavelet Transforms*, Center for Applied Mathematics University of St. Thomas St. Paul, MN USA, 2006.
- [18] Kurnia Adrian, Ledy Novamizanti, *Analisis Perbandingan Kompresi Haar Wavelet Transform dengan Embedded Zerotree Wavelet pada Citra*, jurnal Elkomika Vol. 3, No. 2, Teknik Elektro ITENAS, 2015.
- [19] Anwar, K., Sugiharto, A., dan Sasongko, P., *Kompresi Citra Medis Menggunakan Discrete Wavelet Transform (DWT) Dan Embedded Zerotree Wevelet (EZW)*, Jurnal Matematika Vol.11, No. 2, Jurusan Matematika FMIPA UNDIP, 2008.