

IDENTIFIKASI FOSIL GIGI GERAHAM MANUSIA BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM* (DCT) DAN KLASIFIKASI *DECISION TREE*

HUMAN MOLAR FOSSIL IDENTIFICATION BASED ON DIGITAL IMAGE PROCESSING WITH DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) METHOD AND DECISION TREE CLASSIFICATION

Ahmad Mumtaz¹, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA², 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 Bandung¹
ahmadmumtaz73@gmail.com, bhidayat@telkomuniversity.ac.id, johan@gc.itb.ac.id

Abstrak

Geologi adalah bidang ilmu pengetahuan kebumihan yang mempelajari segala sesuatu mengenai planet bumi beserta isinya yang pernah ada. Salah bidang geologi yang umum dipelajari adalah penelitian mengenai sub-fosil, yaitu sisa-sisa organisme yang masih dapat dikenali pada zaman dahulu. Salah satu bagian yang umum diteliti adalah gigi. Gigi adalah bagian tubuh manusia yang terletak didalam mulut. Salah satu bagian gigi yaitu enamel dapat mengalami kerusakan. Enamel sendiri memiliki pola keausan sesuai dengan umur dan pola makan manusia. Pola keausan tersebut salah satu cara dalam identifikasi sub-fosil manusia.

Dalam penelitian ini, telah diteliti sistem identifikasi rentang umur saat kematian sub-fosil dan jenis gigi geraham sub-fosil manusia menggunakan citra pada software MATLAB. Metode ekstraksi yang digunakan adalah Discrete Cosine Transform (DCT) dengan klasifikasi Decision Tree. Penggunaan metode ekstraksi DCT dikarenakan kemampuan DCT yang tahan terhadap kompresi gambar.

Dari Penelitian Tugas Akhir ini, dari jumlah data uji sebanyak 130 citra didapatkan akurasi identifikasi rentang umur saat kematian sub-fosil sebesar 84.4156% dari dua kelas data uji yaitu 100 data dari rentang umur 17-25 dan 30 data dari rentang umur 25-35. Dan didapatkan akurasi identifikasi posisi gigi geraham sub-fosil sebesar 69.2308% dan dua kelas data uji yaitu 50 data dari kelas gigi atas dan 80 data dari kelas gigi bawah.

Kata kunci: Fosil gigi geraham manusia, *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Decision Tree*, *Matlab*.

Abstract

Geology is a science about which study about anything about Earth and all matter ever existed. One of geology's scope is Sub-fossil Investigation, it's talk about the rest of organism that can be recognized from the old times. One part which commonly investigated is Teeth. Teeth is the body part located inside the mouth. One of tooth's part is Enamel can be scraped up. Enamel has a wear pattern which match with human age and eating habit. The wear pattern is one way of sub-fossil identification.

In this final assignment, has made a system to make age range and tooth position identification using image processing in MATLAB software. The system provide fast and efficient sub-fossil identification process. The system using Discrete Cosine Transform extraction method and Decision Tree classification.

This final assignment using 130 data to test the system and 140 data to train the system. It got 84.4156% of level of accuracy for age range sub-fossil identification from two data classes which are 100 data from 17-25 class and 30 data from 25-35 class. And the system got 69.2308% of level of accuracy for molar position sub-fossil identification with two data classes which are 50 data from upper molar class and 80 data from lower molar class.

Keywords: Human Molar Fossil, *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Decision Tree*, *Matlab*.

1. Pendahuluan

Geologi adalah bidang ilmu pengetahuan kebumihan yang mempelajari segala sesuatu mengenai planet bumi beserta isinya yang pernah ada. Fosil sendiri terbagi antara Fosil dan Sub-fosil, dimana sub-fosil adalah sisa organisme yang mati tidak lebih dari 10.000 tahun yang lalu. Dalam penelitian fosil manusia para ahli meneliti pada bagian tubuh yang tersisa setelah puluhan sampai jutaan tahun yang lalu, salah satu bagian tubuh yang umum diteliti adalah gigi [1].

Gigi adalah organ sistem pencernaan yang terletak di dalam rongga mulut. Gigi termasuk alat pencernaan mekanik karena berfungsi untuk memotong, merobek, dan mengunyah makanan. Gigi memiliki struktur padat dan keras untuk menjalankan fungsinya dengan baik. Gigi sendiri terdiri dari beberapa bagian, yaitu enamel, dentin, pulpa, dan cementum [2]. Enamel sendiri merupakan bagian luar dari gigi dan memiliki struktur yang keras. Enamel memiliki pola, dimana struktur enamel mengalami keausan dan hilangnya struktur enamel akibat proses fisik dan kimiawi [3]. Pola keausan dari gigi sendiri bergantung dari pola makan dan umur individu gigi tersebut. Dari pola keausan gigi ini dapat digunakan dalam identifikasi sub-fosil manusia.

Pada penelitian Tugas Akhir ini, dibuat aplikasi pengolahan citra berbasis MATLAB yang dapat mengidentifikasi citra enamel pada sub-fosil gigi dengan lebih efisien dan objektif untuk memudahkan ahli geologi. Identifikasi yang dilakukan sendiri mencakup klasifikasi rentang umur saat kematian sub-fosil dengan dua kelas yaitu rentang 17-25 dan 25-35, dan klasifikasi posisi sub-fosil gigi geraham dengan dua kelas yaitu gigi atas dan gigi bawah. Penelitian ini menggunakan metode Discrete Cosine Transform (DCT) sebagai ekstraksi ciri yang memperoleh nilai ciri pada frekuensi rendah yang dapat mengkonsentrasikan energi citra ke dalam sejumlah kecil koefisien serta meminimalkan saling ketergantungan antara koefisien-koefisien gambar [4][5][6]. Tipe klasifikasi data yang digunakan sendiri adalah Decision tree.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Antropologi Forensik

Antropologi Forensik adalah bidang ilmu praktis yang menggabungkan beberapa disiplin ilmu antara lain antropologi fisik, arkeologi dengan bidang lainnya, termasuk kedokteran gigi forensik, patologi dan kriminalistik yang bertujuan untuk mengidentifikasi sisa-sisa kerangka yang diketahui atau dicurigai sebagai manusia. Metode identifikasi paling dasar adalah secara visual, adapun metode identifikasi tambahan pada antropologi forensik yaitu *x-ray*, sidik jari, serta tes DNA. Dan dari hasil identifikasi tersebut dapat diklasifikasikan umur, jenis kelamin, ras, dan bentuk tubuh dari manusia tersebut, serta dapat menganalisis penyebab kematian individu yang diidentifikasi.

2.2 Gigi

Gigi manusia memiliki dua fase gigi, yaitu gigi susu (sementara) dan gigi permanen. Gigi permanen terdapat pada orang dewasa, gigi permanen sendiri terdiri atas 32 gigi, yaitu 16 buah gigi atas (*maxillary*) dan 16 buah gigi bawah (*mandibular*). Jenis gigi sendiri ada empat, mulai dari gigi seri (*incisors*), gigi taring (*canines*), gigi geraham depan (*premolar*) dan gigi geraham belakang (*molar*) [2].

Struktur gigi memiliki empat jaringan yaitu enamel, dentin, *cementum*, dan pulpa. Dua jaringan yang dapat terlihat yaitu enamel dan *cementum*.

2.3 Klasifikasi Umur Berdasarkan Pola Keausan Gigi

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan ditemukan metode dalam memperkirakan umur kematian individu menggunakan pola keausan gigi. Dalam klasifikasi Brothwell, perkiraan umur kematian manusia dibagi kedalam empat kelas atau fase dengan tingkat keausan yang berbanding lurus dengan umur individu tersebut. Berikut perkiraan umur berdasarkan metode Brothwell ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah:

Tabel 1. Rentang Umur berdasarkan Klasifikasi Brothwell

Age span	17-25			25-35			35-45			45+
Tooth	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
Wear patterns										More advanced wear

2.4 Pengolahan Citra Digital

Citra merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Dimana secara matematis fungsi intensitas cahaya pada bidang dua dimensi disimbolkan dengan $f(x,y)$ yang dalam hal ini sebagai koordinat spasial pada bidang dua dimensi dan nilai pada $f(x,y)$ menyatakan nilai intensitas dari titik tersebut.

Tujuan dari proses pengolahan citra digital yaitu untuk memanipulasi dan menganalisis citra dengan bantuan komputer. Pengolahan citra digital dapat dikelompokkan dalam dua jenis kegiatan :

1. Memperbaiki Kualitas Suatu Gambar

Dalam pengolahan citra, perbaikan kualitas suatu gambar sangat penting. Dalam prosesnya sendiri perbaikan kualitas gambar meliputi perubahan tingkat warna dan ukuran gambar. Hal ini dilakukan untuk memudahkan interpretasi gambar oleh mata.

2. Pengolahan Informasi

Pengolahan informasi pada citra yang diambil dilakukan untuk mendapatkan ekstraksi ciri atau nilai-nilai yang dibutuhkan dari sebuah citra. Hal ini dilakukan supaya citra dapat diklasifikasikan oleh perangkat lunak yang digunakan

2.5 Metode Ekstraksi *Discrete Cosine Transform* (DCT)

Metode ekstraksi DCT bekerja dengan mengkonversi domain spasial menjadi domain frekuensi, dari perubahan domain tersebut memungkinkan efisiensi lebih dari proses ekstraksi, dimana hasil ekstraksi dapat diwakili hanya dengan mengambil sebagian dari hasil hasil ekstraksi tersebut. Kelebihan lain dari metode ekstraksi DCT yaitu kemampuannya dalam kompresi tipe gambar JPG yang cukup baik dibanding metode lain.

Transformasi pada metode ekstraksi DCT disebut sebagai salah satu transformasi linear terpisah, dimana dapat mentransformasikan matriks satu dimensi dan dua dimensi. Berikut adalah persamaan dalam transformasi dua dimensi menggunakan DCT:

$$B_{pq} = a_p a_q \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} A_{mn} \cos \frac{\pi(2m+1)p}{2M} \cos \frac{\pi(2n+1)q}{2N}, \quad 0 \leq p \leq M-1, \quad 0 \leq q \leq N-1 \quad (1)$$

$$a_p = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{M}}, & p = 0 \\ \sqrt{2/M}, & 1 \leq p \leq M-1 \end{cases}, \quad a_q = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & q = 0 \\ \sqrt{2/N}, & 1 \leq q \leq N-1 \end{cases} \quad (2)$$

M dan N sendiri adalah ukuran baris dan kolom pada matriks A. penggunaan DCT pada data real juga akan menghasilkan data real. Kemampuan DCT dalam memusatkan data menunjang kemampuan kompresi data yang baik.

2.6 Klasifikasi *Decision Tree*

Konsep dari *Decision Tree* atau pohon keputusan yaitu mengubah data yang dimiliki menjadi pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan dengan metode *machine learning*. Penentuan keputusan sendiri dengan cara menarik kesimpulan dari kelas yang terdapat pada data latih lalu digunakan sebagai rentang kelas atau *threshold* antar kelas. Dalam penentuan kelas sistem sendiri, umumnya tidak hanya mengalami satu tahap True or False dalam klasifikasi *Decision Tree*, hal ini bergantung dari nilai dan jumlah kelas yang diklasifikasi. Dalam *Decision Tree* atau Pohon Keputusan terdapat struktur dalam pembuatan pohon keputusan itu sendiri. Pohon Keputusan terdiri atas tiga bagian, yaitu: Akar pohon atau simpul dimana sebagai titik keputusan pertama dari pohon keputusan, lalu ada Simpul dalam atau *Internal Node* dimana titik keputusan lanjutan dari Akar Pohon, dan terakhir adalah Daun Pohon sebagai titik akhir keputusan dan pembagian kelas dari pohon keputusan.

Cara kerja *Decision Tree* dalam membuat rule yaitu dengan membuat rentang kelas dari hasil ekstraksi ciri data latih yang dimiliki. Dalam penentuan akar pohon akan diambil nilai ciri dari kelas yang paling rendah, lalu dirata-ratakan dengan nilai terkecil dari kelas terdekat. Berikut persamaan dalam penentuan rentang kelas akar pohon *Decision Tree*.

$$\text{Rentang Kelas} = \frac{\text{Nilai Max Kelas 1} + \text{Nilai Min Kelas 2}}{2} \quad (3)$$

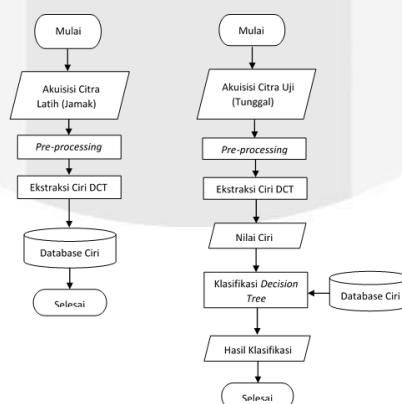
Persamaan tersebut juga digunakan dalam penentuan rentang kelas pada simpul dalam *Decision Tree*, jumlah simpul dalam dan daun pohon sendiri bergantung nilai ekstraksi yang diolah dan jumlah kelas dalam klasifikasi yang dilakukan.

3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Blok Sistem

Perancangan sistem pada Tugas Akhir ini bertujuan membuat sistem menggunakan perangkat lunak MATLAB 2017a. Secara umum sistem ini terbagi atas dua tahap, yaitu tahap latih dan tahap uji. Dimana pada kedua tahap tersebut terdapat proses akuisisi citra, preprocessing, ekstraksi ciri, dan klasifikasi.

Tahap latih sendiri bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai ciri dari beberapa citra latih yang selanjutnya disimpan didatabase untuk keperluan klasifikasi pada tahap uji. Sedangkan tahap uji sendiri bertujuan untuk mendapatkan nilai ciri dari citra uji untuk kemudian dilakukan klasifikasi terhadap hasil ciri citra uji. Berikut adalah blok diagram sistem yang dirancang:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3.2 Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra berfungsi untuk mendapatkan citra digital yang sesuai dengan kebutuhan data. Pada penelitian tugas akhir ini, citra digital yang digunakan untuk data latih maupun data uji didapatkan dari kamera *handphone* beresolusi 12 MP tanpa menggunakan *flash* dengan jarak antara ujung lensa dan sub-fosil gigi geraham sejauh 10 cm. Hasil akuisisi kemudian disimpan dalam format JPEG dengan pengambilan gambar sebanyak 10 kali untuk setiap sub-fosil gigi geraham dari 27 sub-fosil gigi geraham yang diakuisisi. Hasil dari akuisisi citra didapatkan sebanyak 140 citra latih dan 130 citra uji. Pengambilan citra sebanyak 10 kali dikarenakan tingkat cahaya yang masuk pada sensor kamera yang berbeda-beda, dimana tingkat cahaya pada rentang 747 sampai 2596 lux.

3.3 Preprocessing

Preprocessing merupakan tahap yang dilakukan untuk mempersiapkan sebelum diolah lebih lanjut. Tujuan dari preprocessing untuk menyesuaikan dan meningkatkan kualitas dari citra masukan yang diperoleh. Terdapat tiga proses yang dilakukan pada tahap *preprocessing* ini, yaitu *cropping* citra, pengaturan ukuran citra, dan konversi RGB menjadi satu layer.

3.4 Ekstraksi Ciri dengan Transformasi DCT

Proses ekstraksi pada Tugas Akhir ini menggunakan metode DCT dimana melewati beberapa tahapan, pertama gambar pada layer yang diinginkan (*Grayscale, Red, Green, Blue*) ditransformasi dari domain spasial menjadi domain frekuensi. Lalu hasil pada domain frekuensi disegmentasi sesuai dengan *block size* yang digunakan yaitu 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, dan 2 piksel.

Hasil ekstraksi didapatkan nilai-nilai ciri yang kemudian dapat diambil beberapa hasil ciri statistik sebagai representasi nilai dari nilai ciri ekstraksi citra. Ada 5 ciri statistik yang digunakan dalam sistem ini, yaitu Mean, Standar Deviasi, Kurtosis, Entropi, dan Skewness.

3.5 Klasifikasi dengan Decision Tree

Decision Tree secara umum bekerja dengan menarik kesimpulan dari keseluruhan database yang dimiliki sehingga menjadi aturan yang digunakan dalam mengklasifikasikan data yang akan diuji. Tahap yang ada dalam *Decision Tree* adalah mengubah bentuk data (tabel) menjadi pohon keputusan, lalu mengubah pohon keputusan menjadi rule, dan terakhir menyederhanakan rule yang telah dibuat.

4. Hasil dan Analisis

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini menggunakan 270 citra gigi geraham yang terbagi atas 140 citra latih dan 130 citra uji sebagai citra masukan pada sistem. Citra didapatkan dari Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan ITB, 270 citra berasal dari 27 sub-fosil gigi geraham di laboratorium KK Geologi Terapan yang di akuisisi sebanyak 10 kali untuk setiap sub-fosil geraham manusia. Identifikasi yang dilakukan sendiri fokus pada rentang umur saat kematian sub-fosil manusia serta posisi geraham dari sub-fosil. Pada rentang umur kematian sub-fosil memiliki dua kelas, yaitu rentang umur 17-25 tahun dan 25-35 tahun, sedangkan pada posisi gigi geraham sub-fosil memiliki dua kelas yaitu gigi geraham atas (*Upper Molar*) dan gigi geraham bawah (*Lower Molar*).

Pada analisis sistem yang dibuat, sebelumnya dilakukan pengujian terhadap sistem. Berikut adalah skenario pengujian yang dilakukan pada sistem:

1. Skenario Pertama
Pengujian akurasi berdasarkan lapisan *layer* yang digunakan dalam identifikasi rentang umur sub-fosil gigi geraham manusia.
2. Skenario Kedua
Pengujian akurasi dan waktu komputasi sistem berdasarkan parameter yang dihasilkan metode ekstraksi DCT dan klasifikasi *Decision Tree* dalam identifikasi rentang umur sub-fosil gigi geraham manusia.
3. Skenario Ketiga
Pengujian akurasi dan waktu komputasi sistem berdasarkan *Block Size* atau ukuran blok dalam ekstraksi DCT yang digunakan dalam identifikasi rentang umur sub-fosil gigi geraham manusia.
4. Skenario Keempat
Pengujian akurasi dan waktu komputasi sistem berdasarkan perbedaan ukuran citra yang digunakan dalam identifikasi rentang umur sub-fosil gigi geraham manusia.
5. Skenario Kelima
Pengujian akurasi berdasarkan lapisan *layer* yang digunakan dalam identifikasi posisi sub-fosil gigi geraham manusia.
6. Skenario Keenam
Pengujian akurasi dan waktu komputasi sistem berdasarkan parameter yang dihasilkan metode ekstraksi DCT dan klasifikasi *Decision Tree* dalam identifikasi posisi sub-fosil gigi geraham manusia.
7. Skenario Ketujuh

Pengujian akurasi dan waktu komputasi sistem berdasarkan *Block Size* atau ukuran blok dalam ekstraksi DCT yang digunakan dalam identifikasi posisi sub-fosil gigi geraham manusia.

8. Skenario Kedelapan

Pengujian akurasi dan waktu komputasi sistem berdasarkan perbedaan ukuran citra yang digunakan dalam identifikasi posisi sub-fosil gigi geraham manusia.

4.1 Pengujian Skenario Pertama

Skenario pertama dilakukan pengujian sistem dengan menguji nilai akurasi dan waktu komputasi untuk identifikasi rentang umur fosil gigi geraham manusia dengan ukuran citra masukan 512 x 512 piksel. Pengujian dilakukan pada lapisan layer yang berbeda, yaitu layer *Red*, *Green*, *Blue*, dan *Grayscale*. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Skenario Pertama

Layer	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
<i>Grayscale</i>	107	82.3077	0.3332
<i>Red</i>	110	84.6154	0.1456
<i>Green</i>	102	78.4615	0.1478
<i>Blue</i>	92	70.7692	0.1527

Hasil tertinggi terdapat pada penggunaan layer *Grayscale* dimana persebaran nilai piksel *Grayscale* yang baik.

4.2 Hasil Pengujian Skenario Kedua

Hasil dari skenario kedua ini dilakukan pengujian pengaruh lapisan citra yang digunakan pada tahap *preprocessing* terhadap akurasi sistem dan waktu komputasi sistem dalam mengidentifikasi rentang umur kematian sub-fosil manusia. Adapun lapisan citra yang digunakan adalah lapisan *red* (R), lapisan *green* (G), dan lapisan *blue* (B). Sedangkan parameter *curvelet* dan *LVQ* yang digunakan ialah skala 5 orientasi 16 dengan *hidden layer* = 20 dan *epoch* = 200 dimana parameter tersebut menghasilkan akurasi tertinggi pada skenario pertama yaitu 86,92%. Berikut hasil pengujian pada skenario kedua pada tabel 3:

Tabel 3. Hasil Pengujian Skenario Kedua

Ciri Statistik	Jumlah		
	Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
Mean	102	78.4615	0.1455
Ent	87	66.9231	0.1484
Std	92	70.7692	0.15
Skewk	109	83.8462	0.1471
Kurt	99	76.1538	0.1461
Std & Skew	109	83.8462	0.1469
Std & Mean	105	80.7692	0.1462
Std & Ent	95	73.0769	0.1457
Std & Kurt	100	76.9231	0.1493
Mean & Skew	110	84.6154	0.1476
Mean & Ent	100	76.9231	0.143
Mean & Kurt	110	84.6154	0.1447
Skew & Ent	110	84.6154	0.1277
Skew & Kurt	109	83.8462	0.1275
Mean Skew Ent	100	76.9231	0.1282
Mean Skew Std	110	84.6154	0.141
Std Skew Kurt	109	83.8462	0.1315
Std Skew Ent	109	83.8462	0.1347
Skew Kurt Mean	110	84.6154	0.1317
Skew Kurt Ent	110	84.6154	0.129
Kurt Ent Mean	110	84.6154	0.1318
Kurt Ent Std	100	76.9231	0.132
Ent Mean Skew	100	76.9231	0.1311
Mean Std Skew Kurt	110	84.6154	0.1311
Mean Std Skew Ent	109	83.8462	0.1267
Mean Std Kurt Ent	110	84.6154	0.1312
Mean Skew Kurt Ent	100	76.9231	0.1306
Std Skew Kurt Ent	110	84.6154	0.1312
Mean Std Skew Kurt Ent	110	84.6154	0.1298

Hasil pengujian skenario kedua, dengan pengujian sebanyak 34 kali pengujian dengan menggunakan ciri statistik yang berbeda mulai dari penggunaan satu ciri statistik hingga kombinasi 5 ciri statistik pada penggunaan metode ekstraksi DCT. Pengujian skenario kedua didapatkan akurasi tertinggi pada 11 pengujian dengan tingkat akurasi kesebelas kombinasi ciri tersebut sebesar 84.6154 %. Sebelas kombinasi tersebut yang terbaik adalah

kombinasi Skewness dan Entropy, dengan waktu komputasi paling singkat yaitu 0.1277 Sekon. Akurasi pengujian tersebut mencapai angka 84.6154 % dikarenakan nilai skewness pada kelas 17-25 berada pada rentang 276-393. Pada kelas 25-35 sendiri memiliki 10 data dengan nilai skewness lebih dari 400 dan 20 data dengan nilai diantara 315-371 sehingga 20 data tersebut diklasifikasikan sebagai kelas 17-25 oleh sistem.

Penggunaan ciri statistik Skewness dan Entropy didapatkan rule klasifikasi Decision tree dengan nilai estimated class probabilities pada setiap kelas bernilai satu pada setiap daun.

4.3 Hasil Pengujian Skenario Ketiga

Pengujian skenario ketiga sendiri, sistem diuji dengan menggunakan *block size* yang berbeda. Data diuji dari ukuran 512 piksel hingga ukuran 2 piksel. Hasil pengujian tersebut didapatkan nilai akurasi tertinggi pada block size 512 piksel dengan akurasi 84.6154 % dan waktu komputasi 0.1738 Sekon. Hasil ini dikarenakan semakin besar *Block Size* maka juga data yang menjadi *predictor* semakin sedikit, dan sedikitnya *predictor* maka semakin mudah dalam klasifikasi sehingga meningkatkan akurasi yang didapatkan oleh sistem. Berikut hasil pengujian skenario ketiga pada tabel 4:

Tabel 4. Hasil Pengujian Skenario Ketiga

Ciri Statistik	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
512	110	84.6154	0.1738
256	81	62.3077	0.1138
128	66	50.7692	0.126
64	93	71.5385	0.192
32	100	76.9231	0.4903
16	84	64.6154	1.3453
8	90	69.2308	3.9041
4	92	70.7692	14.9339
2	96	73.8462	64.9552

4.4 Hasil Pengujian Skenario Keempat

Skenario keempat dilakukan pengujian pada ukuran citra yang digunakan untuk pengujian rentang umur sub-fosil gigi geraham manusia. Ukuran citra yang digunakan yaitu 512 x 512 piksel dan 256 x 256 piksel. Parameter yang digunakan sendiri yaitu *Layer Red*, ciri statistik *Skewness* dan *Entropy*, dan *Block Size* terbesar yaitu 512 dan 256 piksel untuk masing-masing ukuran citra.

Tabel 5. Hasil Pengujian Skenario Keempat

Ukuran Citra	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
512 x 512	110	84.6154	0.1738
256 x 256	109	83.8462	0.0563

Pengujian kali ini, didapatkan akurasi tertinggi pada ukuran citra 512 x 512 piksel dengan tingkat akurasi sebesar 84,6154 % dan waktu komputasi 0.1738 sekon akurasi ini sedikit lebih tinggi dibanding akurasi citra ukuran 256 x 256 yaitu sebesar 83,8462 %. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa semakin besar ukuran citra maka semakin baik akurasi gambar, hal ini dikarenakan semakin besar ukuran citra maka titik yang merepresentasikan gambar semakin banyak. Untuk citra 512 x 512 memiliki titik sebanyak 262.144 titik, sedangkan 256 x 256 memiliki titik sebanyak 65.536 titik.

Maka dari 4 skenario pengujian dalam sistem identifikasi rentang umur sub-fosil gigi geraham manusia digunakan 4 parameter. Yang pertama penggunaan *layer Red*, lalu kombinasi ciri statistik *Skewness* dan *Entropy*, *Block size* dengan terbaik adalah 512 piksel, dan untuk ukuran citra terbaik yaitu 512 x 512 piksel..

4.5 Hasil Pengujian Skenario Kelima

Skenario kelima dilakukan pengujian terhadap *layer* yang digunakan untuk pengujian posisi sub-fosil gigi geraham manusia, mulai dari pengujian *layer Grayscale*, *layer Red*, *Layer Green*, dan *Layer Blue*. Pengujian ini sendiri menggunakan block size 512 dan menggunakan lima ciri statistik yaitu *Mean*, *Skewness*, *Entropy*, *Kurtosis*, dan *Standar Deviasi*. Lalu didapatkan akurasi tertinggi pada *layer Red* dan *Green* dengan tingkat akurasi sebesar 64,6154%, namun *layer* terbaik adalah *layer red* dengan waktu komputasi terkecil yaitu 0.129 sekon. Penggunaan *layer red* adalah *layer* yang paling baik dengan persebaran nilai piksel cenderung sempit. Berikut hasil pengujian skenario keempat pada tabel 5:

Tabel 6. Hasil Pengujian Skenario Kelima

Layer	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
Grayscale	73	56.1538	0.1579
Red	84	64.6154	0.129
Green	84	64.6154	0.1308
Blue	65	50	0.1308

4.6 Hasil Pengujian Skenario Ke-enam

Pengujian skenario keenam dilakukan pengujian terhadap posisi sub-fosil gigi geraham manusia dengan ciri statistik yang berbeda beda. Pengujian dilakukan pada penggunaan satu ciri statistik hingga kombinasi 5 ciri statistik dengan semua kemungkinan kombinasi ciri statistik. Hasil pengujian tersebut didapatkan akurasi tertinggi pada penggunaan 2 ciri statistik yaitu Standar Deviasi dan Skewness dengan tingkat akurasi sebesar 69.2308 % dan waktu komputasi sebesar 0.1372. Capaian akurasi tersebut dikarenakan nilai skewness dan standar deviasi pada data uji tidak cukup berbeda antara kelas gigi atas dan kelas gigi bawah. Hal ini menyebabkan struktur Decision tree menjadi rumit dan tingkat akurasi jauh dari sempurna. Penggunaan skewness sebagai akar pohon sendiri dikarenakan nilai rata-rata skewness antar kelas cukup besar dibandingkan nilai standar deviasi.

Penggunaan ciri statistik Standar Deviasi dan Skewness didapatkan rule klasifikasi Decision tree dengan nilai estimated class probabilities pada setiap kelas bernilai satu pada setiap daun. Hasil skenario kelima pada tabel 6:

Tabel 7. Hasil Pengujian Satu Parameter pada Skenario Lima

Ciri Statistik	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
Mean	47	36.1538	0.1373
Ent	69	53.0769	0.1262
Std	32	24.6154	0.1275
Skew	76	58.4615	0.127
Kurt	72	55.3846	0.1292
Std & Skew	90	69.2308	0.1372
Std & Mean	50	38.4615	0.1251
Std & Ent	40	30.7692	0.1233
Std & Kurt	76	58.4615	0.1244
Mean & Skew	82	63.0769	0.1212
Mean & Ent	76	58.4615	0.1581
Mean & Kurt	71	54.6154	0.1311
Skew & Ent	73	56.1538	0.1272
Skew & Kurt	74	56.9231	0.1305
Ent & Kurt	64	49.2308	0.1299
Mean Skew Ent	84	64.6154	0.1307
Mean Skew Std	84	64.6154	0.1264
Std Skew Kurt	87	66.9231	0.1273
Std Skew Ent	88	67.6923	0.1288
Skew Kurt Mean	72	55.3846	0.1289
Skew Kurt Ent	77	59.2308	0.1273
Kurt Ent Mean	76	58.4615	0.1277
Kurt Ent Std	76	58.4615	0.1281
Ent Mean Skew	86	66.1538	0.1312
Mean Std Skew Kurt	80	61.5385	0.1314
Mean Std Skew Ent	57	43.8462	0.1301
Mean Std Kurt Ent	64	49.2308	0.1271
Mean Skew Kurt Ent	87	66.9231	0.1289
Std Skew Kurt Ent	84	64.6154	0.1271
Mean Std Skew Kurt Ent	47	36.1538	0.1373

4.7 Hasil Pengujian Skenario Ketujuh

Pengujian skenario ketujuh dilakukan pengujian terhadap posisi sub-fosil gigi geraham manusia menggunakan Block Size yang berbeda, mulai dari 512 piksel hingga 2 piksel. Lalu didapatkan akurasi tertinggi pada pengujian menggunakan Block Size sebesar 512 piksel dengan akurasi sebesar 69.2308 % dan waktu komputasi 0.1372 sekon. Hal ini dikarenakan semakin besar *Block Size* maka juga data yang menjadi *predictor* semakin sedikit, dan sedikitnya *predictor* maka semakin mudah dalam klasifikasi sehingga meningkatkan akurasi yang didapatkan oleh sistem.

Tabel 8. Hasil Pengujian Skenario Ketujuh

Block Size	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
512	90	69.2308	0.1372
256	48	36.9231	0.1039
128	65	50	0.1168
64	72	55.3846	0.1289
32	85	65.3846	0.4727
16	70	53.8462	1.3162
8	76	58.4615	4.3668
4	76	58.4615	15.7113
2	81	62.3077	60.4472

4.8 Hasil Pengujian Skenario Kedelapan

Pengujian kali ini mendapatkan akurasi tertinggi pada ukuran citra 512 x 512 piksel dengan tingkat akurasi sebesar 69.2308 % dan waktu komputasi 0.1378 sekon akurasi ini sedikit lebih tinggi dibanding akurasi citra ukuran 256 x 256 yaitu sebesar 67.6923 %. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa semakin besar ukuran citra maka semakin baik akurasi gambar, hal ini dikarenakan semakin besar ukuran citra maka titik yang merepresentasikan gambar semakin banyak. Untuk citra 512 x 512 memiliki titik sebanyak 262.144 titik, sedangkan 256 x 256 memiliki titik sebanyak 65.536 titik.

Tabel 9. Hasil Pengujian Skenario Kedelapan

Ukuran Citra	Jumlah Benar	Akurasi	Waktu Komputasi
512 x 512	90	69.2308	0.1378
256 x 256	88	67.6923	0.0515

5. Kesimpulan

Hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada sistem identifikasi sub-fosil gigi geraham manusia berbasis pengolahan citra digital dengan menggunakan metode transformasi DCT dan klasifikasi *Decision Tree*, didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Metode ekstraksi ciri transformasi DCT dan klasifikasi *Decision Tree* dapat diimplementasikan dalam sebuah sistem pada proses identifikasi sub-fosil gigi geraham manusia.
2. Pada sistem identifikasi rentang umur kematian sub-fosil manusia, parameter dengan hasil terbaik yaitu menggunakan *layer Red*, kombinasi ciri statistik Skewness dan Entropy, penggunaan *Block Size* 512 piksel dan ukuran citra terbaik yaitu 512 x 512 piksel. Akurasi yang didapatkan sebesar 84.6154% dan waktu komputasi 0.1738 sekon.
3. Pada sistem identifikasi posisi gigi geraham sub-fosil manusia, parameter dengan hasil terbaik yaitu menggunakan *layer Red*, kombinasi ciri statistik Standar Deviation dan Skewness, penggunaan *Block Size* 512 piksel, dan ukuran citra yaitu 512 x 512 piksel. Akurasi yang didapatkan sebesar 69.2308 % dan waktu komputasi 0.1378 sekon.
4. Perbedaan ukuran *Block Size* sangat berpengaruh terhadap waktu komputasi sistem, semakin kecil *Block Size* maka semakin banyak waktu komputasi yang dibutuhkan dikarenakan semakin banyak citra yang dihasilkan pada *block size* yang kecil. Selain itu waktu komputasi juga dipengaruhi oleh kemampuan komputer dan program yang dijalankan pada saat menjalankan sistem.

Daftar Pustaka:

- [1] S. Indrijati. Antropologi SMA Kelompok Kompetensi 1. Malang. 2015 : PPPPTK.
- [2] A. K. Hetty & S. A. P. Dwiastuti. Histologi dan Anatomi Fisiologi Manusia. Jakarta. 2017 : Kemenkes.
- [3] N. Ultramari. "Tooth-wear patterns in adolescents with normal occlusion and Class II Division 2 malocclusion" *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010.
- [4] G. Budiman, L. Novamizanti, I. Iwut, Genetics algorithms optimization of DWT-DCT based image Watermarking, *Journal of Physics: Conference Series*, vol: 795, issue: 1, 2017.
- [5] I. Iwut, G. Budiman, L. Novamizanti, Optimization of Discrete Cosine Transform-Based Image Watermarking by Genetics Algorithm, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol: 4, issue: 1, pp. 91-103, 2016.
- [6] L. Novamizanti, G. Budiman, I. Iwut, Designing Secured Data using a Combination of LZW Compression, RSA Encryption, and DCT Steganography, 1st International Conference on Wireless and Telematics (ICWT). 2015.
- [7] A. R. Akmalia. "Identifikasi dan Klasifikasi Jenis Batuan Beku Berdasarkan Tekstur Batuan Menggunakan Discrete Cosine Transform (DCT) dan K-Nearest Neighbor (K-NN) Pada Citra Digital". Bandung. 2017: Skripsi Universitas Telkom.
- [8] T. D. White, M. T. Black, dan P. A. Folkens. *Human Osteology*, 3rd ed. San Diego, California. 2012: Elsevier.
- [9] A. K. Jain. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Portalacmorg (Vol. 14). 1989.
- [10] A. M. Raid, W. M. Khedr, M. A. El-dosuky, & W. Ahmed. Jpeg Image Compression Using Discrete Cosine Transform - A Survey. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey*, 5(2), 39-47. 2014.
- [11] A. Criminisi, J. Shotton, & E. Konukoglu. *Decision Forests for Classification , Regression , Density Estimation , Manifold Learning and Semi-Supervised Learning*. 2011.
- [12] Mathworks. 2016. Discrete Cosine Transform – MATLAB dct. https://www.mathworks.com/help/signal/ref/dct.html?s_tid=srchtitle, diunduh pada tanggal 3 Maret 2018.
- [13] A. Startups. 2017. Decision tree (CART) - Machine Learning Fun and Easy <https://www.youtube.com/watch?v=DCZ3tsQIoGU&t=435s&frags=pl%2Cwn>, diunduh pada tanggal 27 Juni 2018.