

# PENGOLAHAN CITRA RADIOGRAF PERIAPIKAL PADA DETEKSI PENYAKIT GRANULOMA MENGGUNAKAN METODE *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* & *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* BERBASIS ANDROID

*Image Processing of Periapical Radiograph on Granuloma Disease Detection Using Discrete Wavelet Transform & Principal Component Analysis Methods Based on Android*

Lumastari Ajeng Wijayanti<sup>1</sup>, Dr.Ir. Bambang Hidayat, DEA<sup>2</sup>, Prof. Dr. Drg. Suhardjo, MS. SpRKG(K)<sup>3</sup>

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

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

<sup>1</sup>lumastariajeng@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>bhidayat@telkomuniversity.com, <sup>3</sup>suhardjo\_sitam@yahoo.com

## Abstrak

Radiograf periapikal adalah salah satu penerapan dari X-Ray yang digunakan oleh dokter gigi untuk mendeteksi kondisi dari gigi tersebut. Hasil radiograf yang tidak pasti dapat mengakibatkan perbedaan diagnosa dan penanganan yang kurang tepat. Salah satu penyakit gigi yang biasa dideteksi melalui gambar radiograf periapikal adalah granuloma. Granuloma merupakan penyakit peradangan yang berada disekitar apeks gigi yang sulit dideteksi oleh dokter gigi umum, sedangkan dokter spesialis radiologi gigi di Indonesia pun jumlahnya tidak banyak.

Jenis penelitian Tugas Akhir ini adalah eksperimen dengan tingkat eksplanasi deskriptif dengan tujuan melakukan deteksi pada periapikal gigi dengan hipotesa granuloma menggunakan ekstraksi ciri DWT (*Discrete Wavelet Transform*) dan PCA (*Principal Component Analysis*) dan klasifikasi K-NN (*K-Nearest Neighbour*) dengan jumlah sampel sebanyak 16 citra latihan dan 20 citra uji dari gigi acak. Hasil nilai akurasi 90% dengan waktu komputasi 1.389027 detik dan kategori MOS baik. Diharapkan dengan kemampuan sistem ini, dapat membantu para dokter gigi dan pakar ahli radiologi sehingga dapat dijadikan standar akurasi yang tepat dalam diagnosis penyakit granuloma.

**Kata kunci:** periapikal radiograf, granuloma, DWT, PCA, K-NN

## Abstract

*Periapical radiograph is one of X-Ray application which used by the dentist to see the entire layer of the teeth and detect the condition. The uncertainty results of periapical radiograph cause the dentist's analysis get doubtness and differences handling in the same case. One of disease which detected by periapical radiograph is granuloma. Granuloma is an inflammatory disease near the tooth's apex. This kind of disease is difficult to be identified by general dentist, though radiology specialist dentist is too way too rare in Indonesia.*

*The type of this research is descriptive explanation's experiment for detection in the periapical teeth with the hypothesis granuloma periapical using DWT (Discrete Wavelet Transform) and PCA (Principal Component Analysis) as a method of feature extraction and K-NN (K-Nearest Neighbour) as a method of classification by using data samples to train as much as 16 images and 20 test images. This final study results are obtained 90% accuracy rate with the computing time 1.389027 seconds with either good MOS category. It is expected also to the ability of this system, can help the dentist and expert radiologists that can be used as a proper standard of accuracy in the diagnosis of granulomas.*

**Keywords:** radiograph periapical, granuloma, DWT, PCA, K-NN

## 1. Pendahuluan

Radiograf periapikal adalah salah satu penerapan dari X-Ray yang digunakan oleh dokter gigi untuk melihat seluruh lapisan gigi guna mendeteksi kondisi dari gigi tersebut. Namun, radiograf periapikal gigi memiliki kontras yang rendah dan banyaknya noise menyebabkan rendahnya kualitas citra dan adanya perbedaan dugaan pada citra hasil radiograf periapikal gigi yang sama. Perbedaan dugaan inilah yang menyebabkan perbedaan diagnosa yang berdampak pada rencana perawatan dan pengobatan yang kurang tepat. Di sisi lain, pendeteksian penyakit melalui citra tersebut diharapkan supaya dugaan dapat dilakukan secara objektif sehingga memiliki standarisasi untuk setiap kasusnya. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat membantu meningkatkan akurasi deteksi penyakit yang dapat membantu para dokter gigi untuk mendapat diagnosa yang akurat.

Melalui pengolahan citra digital diharapkan mampu meningkatkan kualitas citra radiograf sehingga hasil diagnosis akan lebih objektif dan dapat mengurangi menjadi standarisasi untuk tiap kasus. Dengan tools berbasis Android diharapkan penggunaan akan lebih mudah dan efisien untuk mendeteksi penyakit granuloma di semua kalangan karena penyebaran gadget berbasis Android yang semakin merata dibanding alat radiologi. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Principal Component Analysis* (PCA) yang merupakan kembangan dari penelitian Utami Nazmi Puspahati (2014) yang merupakan "Deteksi Granuloma Melalui Citra Radiograf Pperiapikal pada Aplikasi Android menggunakan Metode GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) dan

Klasifikasi K-NN” dengan hasil tingkat keakurasian mencapai 76,47%. Pada studi ini diharapkan dapat meningkatkan tingkat keakurasian yang lebih baik dan menjadikan sabagai standarisasi yang baik untuk deteksi granuloma.

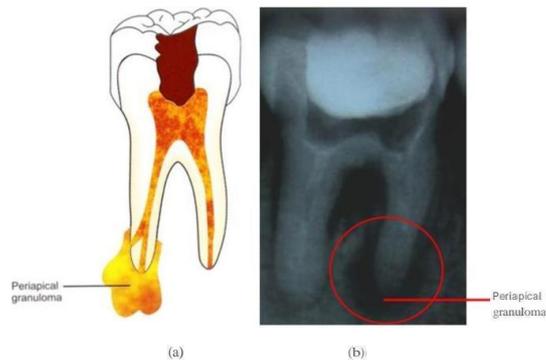
## 2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem

### 2.1 Tinjauan Umum Gigi

Gigi adalah bagian terkeras dalam tubuh. Selain sebagai alat mengunyah, gigi juga berperan penting dalam berbicara. Jumlah gigi orang dewasa normal adalah sebanyak 32 buah, yang terdiri dari 8 gigi seri di atas dan dibawah rahang depan, 4 gigi taring, 8 gigi geraham depan, 8 gigi geraham.[2]

### 2.2 Granuloma

Granuloma adalah suatu pertumbuhan jaringan granulomatus yang bersambung dengan ligamen periodontal disebabkan oleh matinya pulpa dan difusi bakteri dan toksin bakteri dari sekitarnya melalui foramen apikal dan saluran lateral.[1]



**Gambar 0.1** (a) Gambaran Periapikal Granuloma [5] ; (b) Radiografi periapikal granuloma

### 2.3 Radiografi Periapikal

Radiografi merupakan media penunjang untuk menentukan rencana perawatan, dan media penunjang untuk mengevaluasi hasil perawatan yang telah dilakukan. Radiografi periapikal digunakan oleh dokter gigi untuk melihat keadaan gigi dan jaringan sekitarnya dengan lebih detail.

#### 2.3.1 Film Radiograf

Film radiografi merupakan lembaran kuat dan lentur dengan bahan dasar *cellulose acetate* yang dilapisi suatu emulsi dari kristal perak halida (AgBr) yang dicampur dengan gelatin tipis diatas permukaan film tersebut [7]. Kristal dengan atom Ag pada sisi permukaan disebut bayangan laten (*laten image*). Proses pembangkitan bayangan dilakukan oleh larutan pembangkit yang mengandung larutan alkali dan gambar difiksasi di dalam cairan penetap. Kristal yang tidak mengandung bayangan laten (*laten image*) terlarut dan akan menghasilkan bayangan film radiografi dengan faktor densitas[9].

#### 2.3.2 Densitas Gambar Radiograf

Densitas merupakan derajat kehitaman dari suatu film radiografi. Densitas ditentukan oleh banyaknya kristal perak yang terbentuk dimana kristal perak merupakan komponen utama penyusun film radiografi. Kepadatan jaringan yang telah disinari dengan sinar-X berpengaruh terhadap derajat kepadatan daerah kehitaman pada film radiografi. Densitas dapat diukur dengan menggunakan densitometer yaitu alat yang digunakan untuk menentukan derajat kehitaman foto radiografi [10].

## 2.4 Teori Dasar Citra Digital[11]

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi  $f(x,y)$  berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Berdasarkan jenisnya, citra digital dapat dibagi menjadi tiga, yaitu Citra Biner, Citra Keabuan, dan Citra Warna [7].

### 2.4.1 Format Warna

Pada pengolahan citra digital pada umumnya, citra digital dapat dibagi menjadi 3, yaitu *color image*, *black and white image*, dan *binary image*.

### 2.5 DWT (*Discrete Wavelet Transform*)

Transformasi sinyal merupakan bentuk lain dari penggambaran sinyal yang tidak mengubah isi informasi dalam sinyal tersebut. Sedangkan *wavelet* diartikan sebagai gelombang singkat. Transformasi *wavelet* mengkonversi suatu

sinyal ke dalam sederetan *wavelet*. Gelombang singkat tersebut merupakan fungsi basis yang terletak pada waktu berbeda.[13]

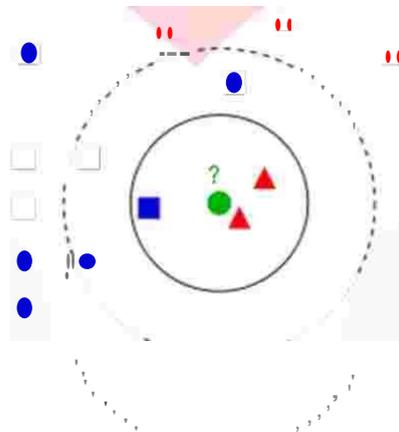
## 2.6 PCA (Principal Component Analysis)

*Principal Component Analysis* merupakan teknik linier reduksi menggunakan teori-teori sederhana dari statistik (Turk, 1991). Teori sederhana tersebut adalah varian, standart deviasi, *zero mean*, kovarian dan persamaan karakteristik. Jika jumlah data latih sebanyak  $m$ , maka dimensi vektornya adalah  $m \times n$ . Vektor dengan dimensi  $m \times n$  tersebut, apabila diortogonalisasi dengan *eigenvalue* dan *eigenvector* maka dimensinya akan berubah menjadi  $m \times m$ , dimana  $m \ll n$ . Pengurangan dimensi yang signifikan tersebut akan membantu mempercepat dan efisiensi komputasi waktu dalam melakukan klasifikasi [15].

## 2.7 K-Nearest Neighbour

Algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Ruang ini dibagi menjadi bagian-bagian berdasarkan klasifikasi data pembelajaran. Sebuah titik pada ruang ini ditandai kelas  $c$  jika kelas  $c$  merupakan klasifikasi yang paling banyak ditemui pada  $k$  buah tetangga terdekat titik tersebut. Dekat atau jauhnya tetangga biasanya dihitung berdasarkan jarak *Euclidean*, *Cosine*, *Cityblock*, *Correlation* dan sudut antar vektor fitur.

Nilai  $k$  yang terbaik untuk algoritma ini tergantung pada data; secara umum, nilai  $k$  yang tinggi akan mengurangi efek *noise* pada klasifikasi, tetapi membuat batasan antara setiap klasifikasi menjadi lebih kabur. Nilai  $k$  yang bagus dapat dipilih dengan optimasi parameter, misalnya dengan menggunakan *cross-validation*.



Gambar 2.2 Contoh Klasifikasi K-NN

Langkah-langkah untuk mengklasifikasikan data dengan metode K-Nearest Neighbour :

1. Tentukan parameter  $k$  = jumlah tetangga terdekat.
2. Hitung jarak antara data yang akan dievaluasi dengan semua data pelatihan.

## 2.8 Android

Android adalah sistem operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat seluler layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet. Android awalnya dikembangkan oleh Android, Inc., dengan dukungan finansial dari Google, yang kemudian membelinya pada tahun 2005. Sistem operasi ini dirilis secara resmi pada tahun 2007, bersamaan dengan didirikannya *Open Handset Alliance*, konsorsium dari perusahaan-perusahaan perangkat keras, perangkat lunak, dan telekomunikasi yang bertujuan untuk memajukan standar terbuka perangkat seluler. Ponsel Android pertama mulai dijual pada bulan Oktober 2008.

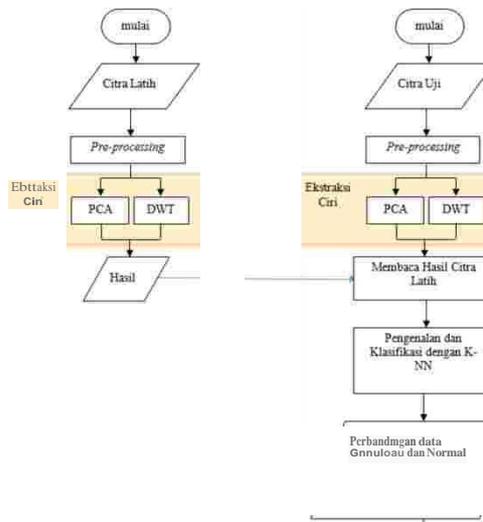
## 2.9 Perancangan Sistem

Secara umum, perancangan sistem deteksi granuloma dilakukan dalam satu tahap umum, yaitu tahap identifikasi citra. Pada perancangan sistem dapat digambarkan dalam blok diagram sebagai berikut:



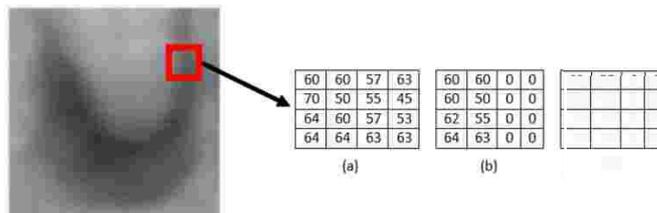
Gambar 2.3 Blok Diagram Model Sistem

Tahapan proses identifikasi untuk proses latih dan proses uji dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.4** Diagram Alir Proses Identifikasi (a) Proses Latih dan (b) Proses Uji

Semua parameter hasil ekstraksi ciri DWT dan PCA digunakan untuk melakukan deteksi granuloma dengan klasifikasi K-NN. Deteksi granuloma ini pada dasarnya dikelompokkan menjadi 2 kelas, yaitu gigi normal, dan gigi granuloma. Pada tahap latih hasil dari ekstraksi ciri disimpan dalam sebuah *database array*. Hasil dari ciri uji dibandingkan dengan *database array* ciri latih kemudian diklasifikasikan dengan menggunakan klasifikasi K-NN.



**Gambar 2.5** Hasil ekstraksi ciri oleh wavelet (a) citra asli (b) hasil dekomposisi dalam arah baris (c) hasil dekomposisi dalam arah kolom (citra hasil dekomposisi)

Pada tahap ekstraksi ciri DWT dan PCA, *output* yang dihasilkan adalah citra dengan nilai dan tingkat keabuan dan parameter yang lebih variatif. dari beberapa variatif nilai parametrr seperti *energy*, *covarian* dan tingkat keabuan, dapat dilihat nilai konvergensi satu sama lain.



**Gambar 2.6** Diagram Alir Proses Klasifikasi

Pada tahap klasifikasi, hasil ciri uji ekstraksi ciri akan dihitung jaraknya berdasarkan jarak terdekatnya hasil ciri latih. Jika hasil yang ciri uji mendekati nilai ciri latih pada *database array* yang tersedia maka citra uji tersebut memiliki nilai benar. Ketika citra uji bernilai benar, maka akan masuk sesuai dengan kelas dari tiap nilai baik untuk gigi normal dan gigi granuloma.

### 2.10 Pemodelan Sistem

Sistem aplikasi deteksi granuloma ini dirancang dengan menggunakan *software* Android sebagai interface program. Berikut adalah tampilan aplikasi deteksi granuloma menggunakan metode metode DWT dan PCA dengan klasifikasi K-NN.



Gambar 2.7 Tampilan Aplikasi Deteksi Granuloma

## 3. Pembahasan

Untuk menganalisis nilai rata-rata hasil pengujian yang dilakukan akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu akurasi dan waktu komputasi.

### 3.1 Tahapan Pengujian

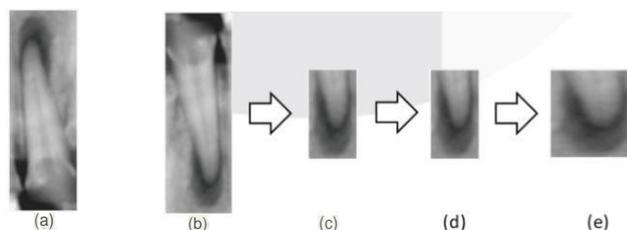
Citra masukan berupa citra hasil periapikal radiograf yang secara manual diambil menggunakan *scanner* untuk memperoleh format citra digital yang kemudian di-*copy* pada laptop. Dalam memperoleh citra gigi ini, ukuran citra serta ketajaman citra hasil periapikal radiograf berbeda-beda dimana hal ini disebabkan oleh keterbatasan setiap individu dalam teknik pengambilan gambar. Berikut adalah tahap pengujian sistem :

#### 1. Tahap Pertama

Tahap selanjutnya adalah pengolahan awal dari 36 data citra radiograf periapikal. Tiga puluh enam data ini didapatkan dari gigi acak dengan komposisi 16 citra latih (8 citra granuloma dan 8 citra normal) dan 20 citra uji (10 citra granuloma dan 10 citra normal). Citra tersebut dijadikan sebagai citra data input yang akan diproses ke dalam sistem. Masing-masing dari citra tersebut di-*crop* sehingga hanya menyisakan bagian gigi yang terdiagnosa penyakit granuloma.

Untuk mempermudah proses deteksi penyakit granuloma, maka citra radiograf periapikal harus di-rotate sesuai dengan kesepakatan awal, yaitu citra radiograf periapikal dengan posisi akar gigi dibawah dan mahkota gigi diatas. Selanjutnya, hasil cropping dan rotate inilah yang kemudian dijadikan input pada pre-processing.

Data input di-resize menjadi 3 ukuran; 128x128 , 256x256 , dan 512x512 untuk menentukan hasil pengujian yang baik. Kemudian citra hasil resize diubah dari RGB (3 layer) menjadi citra beraras keabuan (grayscale) sehingga citra menjadi citra satu layer. Gambar 4.2 berikut adalah contoh hasil dari tahap pre-processing.



Gambar 2.8 Hasil Citra *Pre-processing* (a) Citra Gigi yang Terdiagnosa Granuloma (b) Hasil *rotate* (c) Citra Periapikal Granuloma Hasil *Cropping* (d) Hasil *Grayscale* (e) Hasil *Resize*

## 2. Tahap Kedua

Pada tahap ini dilakukan pengambilan ekstraksi ciri dari data latih. Enam belas data latih dengan komposisi 8 citra granuloma dan 8 citra normal di ekstraksi ciri menggunakan DWT (Discrete Wavelet Transform) berupa energi dari level dekomposisi per subband wavelet. Masing-masing dihitung dengan 1, 2, dan 3 level dekomposisi wavelet untuk menentukan hasil pengujian yang baik. Setelah di ekstraksi ciri menggunakan DWT, citra akan kembali di ekstraksi ciri menggunakan PCA dengan menghitung nilai *mean*, *covarian*, *eigenvalue* dan *eigenvector*. Setelah dilakukan ekstraksi ciri, kemudian data tersebut disimpan kedalam *database* ciri yang akan digunakan pada tahap uji. Gambar 4.3 berikut adalah contoh *subband* citra uji hasil dari ekstraksi ciri DWT dengan 3 level dekomposisi.

## 3. Tahap Ketiga

Tahap terakhir adalah tahap uji dimana pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap 20 data citra uji dengan komposisi 10 citra dengan gigi granuloma dan 10 citra dengan gigi normal. Pengujian dilakukan dengan klasifikasi K-NN dengan cara membandingkan ekstraksi ciri dari citra uji tersebut dengan database ciri latih. Perhitungan juga dilakukan dengan mengubah nilai  $k=1$ ,  $k=2$  dan  $k=3$  untuk menentukan hasil pengujian yang lebih baik.

### 3.2 Hasil Analisis Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan mengubah parameter ekstraksi ciri dan parameter klasifikasi untuk mendapatkan nilai akurasi yang lebih baik. Pada bagian ini akan dilihat pengaruh perubahan parameter ekstraksi ciri dan klasifikasi terhadap akurasi yang diperoleh.

#### 1. Pengujian Skenario 1

Pengujian skenario pada Tugas Akhir ini menguji akurasi dan waktu komputasi dengan mengubah nilai parameter pada ekstraksi ciri dan klasifikasi, serta ukuran piksel dari masing-masing citra latih dan uji untuk melihat pengaruh perubahan parameter terhadap akurasi yang diperoleh. Pada pengujian skenario 1, objek pengujian adalah parameter ekstraksi ciri DWT yang diubah, yaitu menggunakan 1 level dekomposisi sehingga menghasilkan 4=4 subband, 2 level dekomposisi sehingga menghasilkan 4<sup>2</sup>=16 subband dan menggunakan 3 level dekomposisi sehingga menghasilkan 4<sup>3</sup>=64 subband. Pada ekstraksi ciri PCA, hasil dari perhitungan mean, covarian dan matriks eigenvalue dan eigenvector disimpan kedalam database ciri latih yang akan diklasifikasikan pada data uji. Sedangkan untuk klasifikasi K-NN menggunakan jumlah  $k$  tetap, yaitu  $k=1$ . Pada pengujian ini dilakukan pengujian terhadap 20 citra uji dengan ukuran citra 128x128, 256x256 dan 512x512 piksel dan melalui tahap pre-processing. Pengujian akurasi sistem dilakukan untuk membandingkan hasil akurasi yang didapat. Berikut adalah perbandingan akurasi serta waktu komputasi dengan jumlah level DWT yang berbeda.

**Tabel 4.1** Perbandingan Berdasarkan Nilai Level Dekomposisi dan *Resize*

Resize	1 level dekomposisi		2 level dekomposisi		3 level dekomposisi	
	akurasi	waktu komputasi	akurasi	waktu komputasi	akurasi	waktu komputasi
128x128	90%	1,4048650 s	90%	1,4165230 s	90%	1,4625460 s
256x256	90%	1,4022990 s	90%	1,4434420 s	90%	1,3890270 s
512x512	85%	1,3964830 s	90%	1,3996060 s	90%	1,439002 s

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil akurasi maksimal adalah 90% pada komposisi 2 dan 3 level dekomposisi dengan waktu komputasi rata-rata 1,4170881 detik setiap citra dalam satu kali proses pengujian. Waktu komputasi tercepat adalah 1,3890270 detik dengan ukuran 256x256 pixel dan 3 level dekomposisi wavelet pada ekstraksi ciri.

#### 2. Pengujian Skenario 2

Pengujian skenario 2 adalah menguji pengaruh parameter klasifikasi K-NN terhadap nilai akurasi. Cara pengujiannya adalah dengan mengekstraksi ciri pada wavelet 3 level dekomposisi dan mengubah nilai  $K$  pada K-NN pada klasifikasinya. Dipakai dekomposisi level tiga karena pada wavelet, semakin besar dekomposisi maka semakin baik pula nilai dari ekstraksi cirinya. Pada pengujian ini nilai  $K$  akan diubah-ubah menjadi 1, 2 dan 3.

Tabel 4. 2 Perbandingan Berdasarkan Nilai K dan *Resize*

Resize	K=1		K=2		K=3	
	akurasi	waktu	akurasi	waktu	akurasi	waktu
		komputasi rata-rata		komputasi rata-rata		komputasi rata-rata
128x128	90%	1,462546 s	75%	1,387288 s	75%	1,431355 s
256x256	90%	1,389027 s	80%	1,41566 s	70%	1,419311 s
S12x512	90%	1,439002 s	80%	1,385045 s	70%	1,390368 s

Dari gambar 4.2 dan 4.3 diatas dapat dilihat bahwa pengujian berdasarkan nilai K dan ukuran pixels menghasilkan waktu komputasi dan tingkat akurasi yang berbeda-beda. Rincian perbandingan antar akurasi dan waktu komputasi dapat dilihat pada tabel 4.1, dimana masing-masing mengalami perubahan parameter k dan ukuran pixel.

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil akurasi maksimal adalah 90% pada nilai K pada K-NN adalah 1 dengan waktu komputasi paling cepat pada saat ukuran pixel citra 256x256, yaitu 1,389027 detik dalam satu kali proses pengujian.

#### 4 Kesimpulan

1. Secara umum, sistem ini sudah mampu untuk mendeteksi dan mengklasifikasi citra gigi granuloma atau normal menggunakan metode ekstraksi ciri DWT dan PCA, serta klasifikasi K-NN.
2. Pengujian sistem konvergensi dari 10 citra uji granuloma dan 10 citra uji menunjukkan nilai yang tidak konvergen (divergen) untuk ciri tingkat keabuan, energy, dan covariance sehingga menunjukkan dengan parameter tersebut citra gigi granuloma dan normal dapat dibedakan.
3. Dalam penelitian ini, tingkat keabuan citra yang terdiagnosa granuloma memiliki rata-rata persentase nilai abu yang lebih kecil, yaitu 38% dibanding rata-rata persentase citra gigi normal yaitu 57%.
4. Pengujian akurasi sistem dan waktu komputasi terbaik pada 20 citra uji didapatkan pada pengujian citra dengan ukuran pixel 256x256 dengan ekstraksi ciri wavelet 3 dekomposisi dan nilai kalsifikasi k=1, dengan perolehan tingkat akurasi 90% dalam waktu 1,389027 detik.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Grossman. 1995. *Ilmu Endodontik Dalam Praktek*. Jakarta : EGC
- [2] Smith, Michael, MD.,dkk. (2015). *Oral Care*. Diambil dari <http://www.webmd.com/oral-health/picture-of-the-teeth> (16 Maret 2016)
- [3] Garg, N. G. (n.d.). *Textbook of Endodontics. 2nd edition*. New Delh : Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd., 2010.
- [4] Overman, Vickie P., RHD, MEd. (2001). *Introduction to Dental Anatomy*. Diambil dari: <http://media.dentalcare.com/media/en-US/education/ce104/ce104.pdf> (16 Maret 2016)
- [5] Sulistyoy, W., Yos Richard Bech dan Filipus Frans (2009). *Analisis Penerapan Metode*
- [6] Garg, N. and Garg, A. 2007. *Textbook of Endodontics*. New Delhi : Ajanta Offset & Packagings Ltd. 41 pp
- [7] Prof.Dr.H.Suhardjo Sitam, d . (2013). *Radiografi Periapikal*. EGC.
- [8] Kusumanto, R. T. (2011). *Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi*. Palembang: Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi Terapan.
- [9] Supriyadi, Sulistyani, Kiswaluyo, Pujiastuti, P. 2009. *Petunjuk Praktikum Radiologi Kedokteran Gigi*. Jember: Penerbit FKG Universitas Jember.
- [10] Margono, G. 2002. *Radiografi Periapikal Untuk Mendukung Perawatan Dalam Kedokteran Gigi*. Jurnal PDGI Edisi Khusus Tahun ke-52. Jakarta: Fakultas Kedokteran Gigi Usakti.
- [11] Hanna, Szczepanowska dan Wayne, Wilson. 2008. *Permanency Of Reprographic Images On Polyester Film*. JAIC: Journal of The American Institute for Conservation Volume 39, Number 3, Article 5 August 2008.

- [9] Suhardjo, Ria, Firman, Azhari dan Irna, W . 1995. *Faktor Yang Menyebabkan Perubahan Kualitas Arsip Foto Rontgen Gigi Periapikal*. Jurnal Kedokteran Gigi PDGI Nomor:1-2, Tahun ke 44 April-Agustus 1995.
- [10] *Median Filter untuk Mengurangi Noise pada Citra Digital*. Bali : Konferensi Nasional Sistem dan Informatika.
- [11] Admin. 2013. *Transformasi Wavelet Diskrit*. Diakses di
- [12] [http://digilib.itelkom.ac.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=981:transformasi-wavelet-diskrit&catid=21:itp-informatika-teori-dan-pemrograman&Itemid=14](http://digilib.itelkom.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=981:transformasi-wavelet-diskrit&catid=21:itp-informatika-teori-dan-pemrograman&Itemid=14)
- [13] .MATLAB Image Processing Toolbox User Guide. The Math Works Inc. 2002.
- Annisa, A. (2014). *Simulasi dan Analisis Deteksi Abses Periapikal Menggunakan Transformasi DWT (Discrete Wavelet Transform) dan metode PCA (Principal Component Analysis)*. Bandung : Universitas Telkom.

