

PENGOLAHAN CITRA RADIOGRAF PERIAPIKAL PADA DETEKSI PENYAKIT GRANULOMA DENGAN METODE MULTIWAVELET BERBASIS ANDROID

Image Processing Of Periapical Radiograph On Granuloma Diseases Detection Using Multiwavelet Transform Based On Android

Vivi Oktaviani Damanik¹, Dr.Ir. Bambang Hidayat, DEA², Prof. Dr. Drg. Suhardjo, MS. SpRKG(K)³

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

³Prodi S1 Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjajaran Bandung

¹vividamanik@students.telkomuniversity.ac.id, ²bhidayat@telkomuniversity.com, ³suhardjo_sitam@yahoo.com

Abstrak

Gigi merupakan salah bagian tubuh yang sangat penting. Ada berbagai macam penyakit gigi, salah satunya adalah granuloma. Penentuan penyakit yang terjadi pada gigi saat ini dilakukan dengan melakukan pengambilan gambar dari gigi, kemudian diagnosis penyakit pada gigi dilakukan oleh dokter spesialis radiology kedokteran gigi melalui pembacaan film hasil radiograf dan pembacaan ini dilakukan secara kasat mata, sehingga hasil diagnosa cenderung bersifat subjektif. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat membantu dokter gigi dalam memberikan diagnosa penyakit. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan citra radiograf periapikal berbasis android untuk melakukan deteksi penyakit granuloma pada gigi dengan menggunakan metode Multi-Wavelet Transformation sebagai ekstraksi ciri, dan proses klasifikasi dengan menggunakan k-NN (k- Nearest Neighbour) dengan jumlah data latih yaitu 16 citra dan data uji berjumlah 20 citra. Sistem melakukan klasifikasi dan deteksi pada jaringan granulasi gigi untuk menentukan jenis penyakit yang terjadi pada gigi. Penelitian ini menghasilkan sistem berbasis android yang memiliki tingkat akurasi sebesar 90% dan waktu komputasi 0.01337995 detik pada saat ukuran citra 128 x 128 dengan klasifikasi dibagi menjadi 2 yaitu citra gigi normal dan granuloma. Sistem ini dibuat untuk dapat membantu para dokter khususnya di bidang kedokteran gigi dalam melakukan diagnosis penyakit granuloma.

Kata kunci: Granuloma, Multi-Wavelet Transformation, k-Nearest Neighbour.

Abstract

Teeth is an important part of the body. There are many dental diseases, one of dental disease is granuloma. To determine the diseases of the teeth is done by taking pictures of the teeth, then the diagnosis diseases of the teeth is done by a specialist dental through reading of the film result radiograph and the diagnosis tends to be subjective. Therefore, we need a system that can assist dentists in providing a diagnosis. In this final assignment, image processing of periapical radiograph is done based on android that can detect the disease of the teeth, especially granuloma, by using Multiwavelet Transformation as feature extraction, and for classification using k-NN (k-Nearest Neighbour) and by using 16 training data and 20 testing data. The system doing classification and detection on dental granuloma and determine the type of disease that occurs in the teeth. The result of this final assignment is a system based on android which has 90% of accuracy rate and computing time is 0.01337995 second when the size of pixel is 128 x 128 and classification is divided into two type, the image of normal and granuloma. A system based on android is expected to help doctor, especially dentist for diagnosing diseases of the granuloma.

Keyword : Granuloma, Multiwavelet Transformation, k-Nearest Neighbour.

1. Pendahuluan

Gigi merupakan bagian yang mengolah makanan saat kita makan. Melalui gigi, makanan dapat kita gigit, potong, sobek, kunyah dan dihaluskan [1]. Kelalaian dalam menjaga kesehatan gigi dapat menyebabkan terjadinya penyakit gigi yang disebabkan oleh bakteri. Salah satu penyakit yang terjadi pada gigi adalah penyakit granuloma. Granuloma adalah suatu pertumbuhan jaringan granulosomatous yang bersambung dengan ligament periodontal disebabkan oleh matinya pulpa dan difusi bakteri dan toksin bakteri dari saluran akar ke dalam jaringan periradikular di sekitarnya melalui foramen apikal dan lateral [2].

Dalam bidang kedokteran gigi, penggunaan radiograf periapikal untuk membantu melakukan diagnosis penyakit yang terjadi pada gigi dan mulut telah banyak dilakukan oleh dokter spesialis radiologi kedokteran gigi. Hasil dari radiografi yaitu berupa gambar dari keseluruhan mahkota, akar gigi, dan jaringan pendukungnya. Hasil dari radiografi ini akan dijadikan sebagai acuan dalam penentuan diagnosis penyakit gigi, salah satu contohnya adalah penentuan penyakit granuloma. Penentuan granuloma melalui citra radiograf sulit dilakukan secara kasat mata. Radiologi gigi memiliki peranan yang penting untuk menentukan diagnosa dan perawatan gigi., sehingga akan membantu seorang dokter dalam menentukan diagnosa dan rencana perawatan. Tetapi citra radiograf periapikal gigi hanya bisa dibaca dan diinterpretasikan oleh dokter spesialis radiologi kedokteran gigi di Indonesia yang jumlahnya masih sedikit. Selain itu, alat-alat pendukung untuk radiologi gigi ini masih terbatas, dan belum tersebar secara merata ke seluruh wilayah Indonesia khususnya daerah-daerah terpencil atau

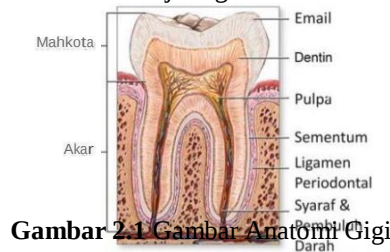
pedesaan karena alat-alat tersebut cukup besar dan mahal. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang bersifat mobile yang dapat mendukung radiologi gigi sehingga warga di daerah pedesaan dapat memperoleh perawatan gigi yang sama dengan penduduk di kota besar.

Pembacaan radiograf periapikal secara kasat mata memiliki tingkat subjektifitas yang tinggi dan bisa menghasilkan hasil diagnosis yang berbeda-beda antar dokter karena keterbatasan indera penglihatan, sehingga diharapkan pendeteksian secara komputasi dapat membantu memperkuat diagnosis penyakit gigi granuloma oleh dokter gigi. Maka, dibuatlah suatu sistem berbasis android yang dapat menentukan diagnosa penyakit granuloma berdasarkan identifikasi citra dari radiograf periapikal. Dilakukan proses ekstraksi ciri untuk mendapatkan ciri khas dari radiograf periapikal penyakit granuloma dengan menggunakan metode-metode pengolahan citra. Dari pengolahan citra tersebut maka dapat diketahui radiograf periapikal gigi tersebut merupakan gigi yang menderita penyakit granuloma atau tidak.

Pada penelitian ini digunakan metode multiwavelet yang merupakan pengembangan dari penelitian Utami Nazmi Puspahati (2014) dan Nurita Amalina (2014) yang memiliki hasil tingkat keakurasian mencapai 76,47%. Pada penelitian ini diharapkan dapat mencapai tingkat akurasi yang lebih baik dan yang sesuai dengan yang diinginkan. Penggunaan aplikasi Android Studio untuk melakukan perancangan aplikasi dilakukan dengan tujuan mendapatkan suatu aplikasi berbasis android yang diharapkan penggunaannya akan lebih mudah dan efisien untuk mendeteksi penyakit granuloma.

1.1 Anatomi Gigi

Gigi merupakan suatu organ keras yang fungsi utamanya adalah untuk mengunyah makanan. Gigi terdiri dari dua bagian yaitu mahkota gigi dan akar gigi. Gigi terdiri dari dua macam jaringan, ada jaringan keras di luar yaitu email dan dentin serta jaringan lunak di dalamnya yaitu pulpa^[1].



Gambar 2.1 Gambar Anatomi Gigi

1.2 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. Granuloma gigi merupakan jaringan yang pada dasarnya komposisi inflamatori kronis, dan bukan tumor. Disebut granuloma karena granuloma berisi jaringan “granulomatosis, yaitu jaringan granulasi dan sel inflamatori kronis yang menginfiltrasi stroma jaringan penghubung fibrousnya^[1]. Penyebab perkembangan granuloma adalah matinya pulpa, diikuti oleh suatu infeksi ringan atau iritasi jaringan periapikal yang merangsang suatu reaksi selular produktif.

1.3 Radiograf Periapikal

Radiografi merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk melakukan pemeriksaan gigi. Radiografi ini memanfaatkan sinar X untuk mendapatkan gambar dari suatu gigi. Bahan dasar radiograf periapikal ini adalah palastik (poliester). Plastik yang belum memiliki gambar biasanya disebut film, sedangkan yang sudah memiliki gambar disebut foto. Untuk mendapatkan foto maka digunakan sinar-X sebagai radiasi peng-ion yang akan mengionisasi AgBr yang ada pada plastik. Setelah AgBr diionisasi maka akan dihasilkan $Ag^+ + Br^-$. Kemudian Ag^+ ini yang akan dinetralisir dan menempel pada film dan menghasilkan foto yang disebut radiograf periapikal^[2].

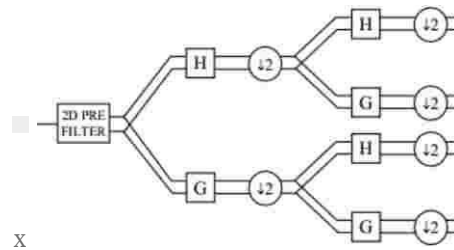
1.4 Citra Digital

Citra digital merupakan sebuah fungsi 2D, $f(x,y)$, yang merupakan fungsi intensitas cahaya. Nilai dari X dan Y merupakan koordinat spasial dan nilai fungsi setiap titik (x,y) merupakan tingkat keabuan citra pada titik tersebut. Citra digital dinyatakan dalam matriks dimana setiap baris dan kolom menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut^{[3] [4]}. Persamaan matriks dari suatu citra digital dapat dilihat pada persamaan 2.1 berikut ;

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

1.5 Multiwavelet

Multiwavelet Transformation merupakan pengembangan dari wavelet transformation. Yang menjadi teori dasar dari multiwavelet ini adalah *multiresolution analysis*(MRA) ^[5]. Pada wavelet transformation terdiri dari satu fungsi *scaling* (*scaling function*) dan satu fungsi *wavelet* (*wavelet function*), sedangkan pada multiwavelet dilakukan beberapa fungsi *scaling* (*scaling function*) dan fungsi *wavelet*(*wavelet function*) ^[6].



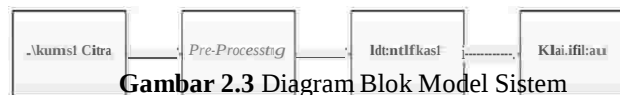
Gambar 2.2 Dekomposisi Multiwavelet Transformation

1.6 k-Nearest Neighbour

K-Nearest Neighbour (k-NN) merupakan sebuah metode yang menggunakan algoritma supervised dimana hasil dari query instance yang baru diklasifikasi berdasarkan mayoritas dari kategori pada k-NN. k-NN yang digunakan untuk menghitung jarak terpendek antara data latih dengan objek adalah *Euclidean Distance* ^[7].

2. Gambaran Umum Model Sistem

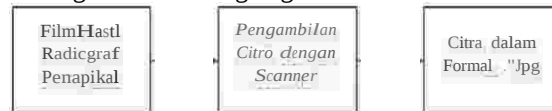
Pada perancangan sistem ini akan menjelaskan tentang alur pembuatan program dan penjelasan secara rinci dari setiap tahapan. Sistem yang dibuat pada penelitian ini adalah sebuah sistem berbasis android yang dapat digunakan oleh user untuk mendeteksi penyakit granuloma. Secara garis besar, proses perancangan sistem ini digambarkan pada gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Diagram Blok Model Sistem

2.1 Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan tahap awal untuk mendapatkan citra digital ^[3]. Tujuan utama dari akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital ^[4]. Tahap yang dilakukan pada proses akuisisi citra digambarkan dengan gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Diagram Akuisisi Citra

Proses pertama akuisisi citra adalah menyediakan film hasil radiograf periapikal, kemudian film tersebut direkam dengan menggunakan alat yang disebut dengan *scanner*. Hasil perekaman tersebut diubah ke dalam bentuk *.jpg. Hasil perekaman inilah yang di proses selanjutnya.

2.2 Pre-Processing

Tahap *pre-processing* dapat digambarkan pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Diagram Proses Pre-Processing

Dalam tahap *pre-processing* ada 4 tahap , yaitu :

1. Citra gigi

Citra gigi ini merupakan citra yang telah diakuisisi dan dalam format *.jpg.

2. Cropping

Film hasil radiograf periapikal yang didapatkan dari RSGM FKG Universitas Padjajaran merupakan film dari beberapa gigi, karena pada saat melakukan pengambilan citra dengan bantuan sinar x-ray dihasilkan citra dari beberapa gigi, sehingga diperlukan *cropping*. Tujuan dari *cropping* adalah untuk melakukan pemotongan citra gigi yang tidak diinginkan. Pada penelitian ini, hasil dari *cropping* adalah citra gigi pada bagian akar saja.

3. RGB to Grayscale

Citra digital yang telah di *resize* merupakan citra yang terdiri dari tiga komponen yaitu *Red* (merah), *Green* (hijau), *Blue* (biru), sehingga perlu diubah ke dalam *Grayscale*. Untuk mengubah gambar RGB ke *Grayscale* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.2^[6] berikut :

(2.2)

Citra dalam format ini yang diproses selanjutnya.

4. Hasil *pre-processing*

Setelah melakukan *cropping* pada *image*, dan mengubah RGB ke *grayscale* pada citra maka dihasilkan citra pada tahap *pre-processing*.

2.3 Identifikasi

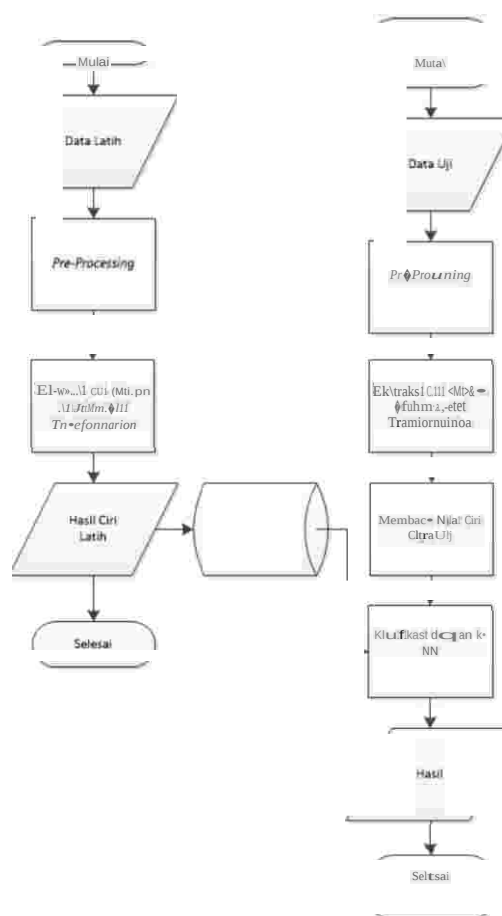
Untuk mendapatkan karakteristik dari citra uji dan citra latih, maka pada citra tersebut dilakukan proses identifikasi. Pada tahap identifikasi ini dilakukan ekstraksi fitur pada citra tersebut dengan menggunakan multiwavelet.

2.3.1 Multiwavelet Transformation

Multiwavelet Transformation merupakan pengembangan dari wavelet transformation. Yang menjadi teori dasar dari multiwavelet ini adalah *multiresolution analysis*(MRA)^{[5] [8]}. Pada *wavelet transformation* terdiri dari satu fungsi *scaling* (*scaling function*) dan satu fungsi *wavelet* (*wavelet function*), sedangkan pada multiwavelet dilakukan beberapa fungsi *scaling* (*scaling function*) dan fungsi *wavelet*(*wavelet function*)^[8]. Karakteristik dari multiwavelet dapat dijelaskan dengan persamaan 2.3 berikut :

$$\left(\begin{matrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{matrix} \right) \sum \left(\begin{matrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{matrix} \right) \left(\begin{matrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{matrix} \right) \sum \left(\begin{matrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{matrix} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Jenis *Multiwavelet transformation* yang digunakan pada penelitian ini adalah GHM *Multiwavelet* (*Geronimo-Hardin-Massopust Multiwavelet*)^[6]. Pada *multiwavelet transformation* citra dapat di proses jika piksel dari citra tersebut sudah dalam matriks persegi. Sedangkan pada tahap *pre-processing*, citra yang dihasilkan dari tahap *pre-processing* adalah citra dalam ukuran yang beragam sehingga perlu dilakukan normalisasi pada citra. Tahapan dalam melakukan identifikasi digambarkan dalam gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Diagram Proses Identifikasi Data Latih dan Data Uji

Citra gigi dengan ukuran yang beragam di *pre-processing*, hasil dari tahap *pre-processing* ini adalah citra dengan ukuran 128 x 128. Tahap selanjutnya adalah melakukan ekstraksi ciri dengan GHM

Multiwavelet pada citra. Pada multiwavelet transformation ini dilakukan dua fungsi *scaling*(*scaling function*) dan dua fungsi *wavelet*(*wavelet function*) pada citra. Setelah melakukan dekomposisi pada citra dengan *multiwavelet transformation* maka hasil dekomposisi citra adalah gambar 2.7 berikut :

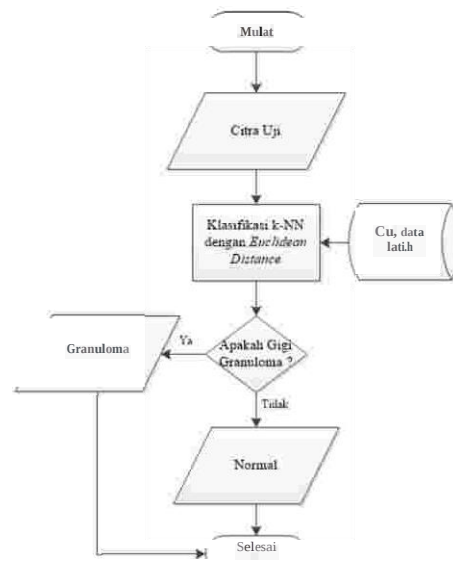
L_1L_1	L_1L_2	L_1H_1	L_1H_2
L_2L_1	L_2L_2	L_2H_1	L_2H_2
H_1L_1	H_1L_2	H_1H_1	H_1H_2
H_2L_1	H_2L_2	H_2H_1	H_2H_2

Gambar 2.7 Sub-band dekomposisi multiwavelet pada level 1

Setelah melakukan proses dekomposisi maka dihasilkan 2 *subband low pass* dan 2 *subband high pass* ^[5]. Setelah melakukan ekstraksi fitur, dihasilkan ciri dari data latih, ciri dari latih ini disimpan dalam sebuah database. Dengan dihasilkannya ciri data latih dan disimpan ke database maka proses ekstraksi ciri dari data latih sudah selesai. Kemudian proses ekstraksi ciri dari data uji juga dilakukan, proses ekstraksi ciri diawali dengan melakukan *pre-processing* pada data uji kemudian hasil *pre-processing* tersebut di ekstraksi ciri dengan multiwavelet, maka akan dihasilkan ciri dari data uji. Ciri data uji ini kan diklasifikasikan dengan menggunakan k-NN. Klasifikasi k-NN dilakukan dengan cara membandingkan ciri dari data uji dengan ciri dari data latih yang sudah disimpan di database. k-NN yang digunakan adalah *Euclidean Distance*.

2.4 Klasifikasi

Tahap terakhir dari perancangan sistem pendeteksi penyakit granuloma ini adalah klasifikasi. Untuk mendapatkan hasil akhir maka harus dilakukan klasifikasi terhadap jaringan granulasi yang mengalami granuloma. Untuk melakukan klasifikasi ini maka digunakan logika *K-Nearest Neighbour* (K-NN). Pada penelitian ini, pemilihan kelas klasifikasi dilakukan dengan mencari kelas terdekat suatu data uji terhadap data latih, kemudian pemilihan kelas ini mempertimbangkan jarak isi dari suatu kelas terdekat. Setelah mengetahui jarak terdekat dari suatu data uji, maka data uji tersebut diklasifikasikan menjadi dua yaitu, granuloma dan normal ^[6]. Tahapan dari proses klasifikasi citra dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Diagram Alir Proses Klasifikasi

2.5 Performansi Sistem

Tahap terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian performansi sistem, hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi, kekurangan, dan kelebihan sistem. Performansi sistem diukur berdasarkan parameter sebagai berikut :

1. Tingkat Akurasi

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

$$(2.4)$$

2. Waktu Komputasi

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

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui performansi dari sistem yang telah dirancang, maka pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap sistem. Pengujian dilakukan dengan melihat tingkat keberhasilan sistem yang dilihat dari analisis pengukuran terhadap beberapa parameter yang telah ditentukan. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk melihat performansi dari sistem ialah

3.1 Pengujian Akurasi Deteksi Granuloma

Tabel 3.1 Tabel Nilai Akurasi Sistem

Ukuran Citra	Akurasi		
	Mean	Standard Deviasi	Variance
128 x 128	90 %	80 %	80 %
256 x 256	85 %	80 %	70 %
512 x 512	85 %	80 %	75 %

Tabel 3.1 menunjukkan hasil akurasi sistem dalam persen (%) dengan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan ukuran citra masukan yang berbeda-beda. Dari tabel dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi untuk setiap ukuran citra berbeda-beda, untuk ciri *mean* nilai akurasi tertinggi 90 % ketika ukuran citra 128 x 128, untuk ciri *standard deviasi* nilai akurasi 80 % untuk ketiga ukuran citra masukan, dan untuk *variance* nilai akurasi tertinggi didapatkan pada ukuran citra 128 x 128 dengan akurasi sebesar 80 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi maksimal didapatkan ketika ukuran citra masukan 128 x 128.

3.2 Pengujian Waktu Komputasi Deteksi Granuloma

Tabel 3.2 Tabel Nilai Waktu Komputasi Sistem

Ukuran Citra	Waktu Komputasi (detik)		
	Mean	Standard Deviasi	Variance
128 x 128	0.01337995	0.0134761	0.0137612
256 x 256	0.0615265	0.05556605	0.0543639
512 x 512	0.34997285	0.3436396	0.3298439

Dari **table 3.2** diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran citra masukan maka waktu komputasi yang dibutuhkan oleh sistem untuk melakukan deteksi pada citra akan semakin lama juga.

3.3 Pengujian Akurasi dan Waktu Komputasi pada Citra dengan *Image Enhancement*

Tabel 3.3 Tabel Nilai Akurasi Dengan *Image Enhancement*

Ukuran Citra	Akurasi		
	Mean	Standard Deviasi	Variance
128 x 128	80 %	60 %	65 %
256 x 256	80 %	55 %	70 %
512 x 512	80 %	55 %	50 %

Dari **table 3.3** diatas dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi sistem dengan *image enhancement* semakin menurun jika dibandingkan dengan tingkat akurasi dari citra tanpa *image enhancement*. Ini menunjukkan bahwa dengan *image enhancement* tidak menjamin akurasi suatu sistem akan semakin meningkat.

Tabel 3.4 Tabel Nilai Waktu Komputasi Dengan *Image Enhancement*

Ukuran Citra	Waktu Komputasi (detik)		
	Mean	Standard Deviasi	Variance
128 x 128	0.01611	0.016146	0.015959
256 x 256	0.059039	0.060867	0.0603
512 x 512	0.36281	0.362283	0.362865

Dari **table 3.4** diatas dapat disimpulkan bahwa waktu komputasi yang dibutuhkan sistem dengan adanya *image enhancement* terhadap citra masukan lebih besar dibandingkan dengan tanpa *image enhancement*.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisi yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum, penggunaan metode Multiwavelet dan klasifikasi dengan menggunakan k-NN(*Euclidean Distance*) sudah mampu untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan citra granuloma atau normal.
2. Ukuran citra masukan mempengaruhi akurasi dari sistem, semakin besar ukuran citra maka tingkat akurasi dari sistem akan semakin menurun, dan waktu komputasi dari sistem dipengaruhi oleh ukuran citra juga, semakin besar ukuran citra maka semakin besar juga waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan *processing* pada citra. Sehingga pada tugas akhir ini digunakan ukuran citra 128 x 128 *pixel* sebagai ukuran citra masukan untuk aplikasi pendeteksi penyakit granuloma.
3. Penggunaan *image enhancement* pada citra tidak menjamin performansi sistem lebih baik, karena dengan menggunakan *image enhancement* tingkat akurasi sistem semakin menurun dan waktu komputasi yang dibutuhkan sistem untuk melakukan *processing* pada citra semakin lama.
4. Tingkat akurasi sistem terbaik didapatkan pada ciri *mean* dengan ukuran citra 128 x 128 *pixel* dan tanpa *image enhancement* dengan akurasi sebesar 90% dan waktu komputasi 0.01337995 detik.

Daftar Pustaka

- [1] Louis I. Grossman, *Ilmu Endodontik dalam Praktek*, 11th ed., Prof. drg Sutatmi Suryo, Ed. Jakarta: Perpustakaan Nasional, 1995.
- [2] drg.,MS,Sp.RKG(K) Prof.Dr.H.Suhardjo Sitam, *Radiografi Periapikal.*: EGC, 2013.
- [3] T. Sutoyo, *Teori Pengelohan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [4] Darma Putra, *Pengolahan Citra Digital*, 1st ed., Westriningsih, Ed. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [5] Erdem Bala and Aysin Ertuzun, "APPLICATIONS OF MULTIWAVELET TECHNIQUES TO IMAGE DENOISING," *IEEE*, vol. 3, pp. 581-584, June 2002.
- [6] Danika Trientin, *BEEF FRESHNESS CLASSIFICATION BY USING COLOR ANALYSIS, MULTIWAVELET TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*. Bandung, 2015.
- [7] Auzan Hilman Hustanto, *PENINGKATAN KUALITAS CITRA RADIOGRAF PERIAPIKAL PADA DETEKSI PENYAKIT PULPITIS IRREVERSIBEL MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE REGION GROWING APPROACH*. Bandung, 2015.
- [8] V. Strela, P.N. Heller, G. Strang, P.Topiwala, and C.Heil, "THE APPLICATION OF MULTIWAVELET FILTER BANKS TO IMAGE PROCESSING," *IEEE*, vol. 8, no. 4, pp. 548-563, April 1999.