

DETEKSI PULPITIS MELALUI PERIAPIKAL RADIOGRAF MENGGUNAKAN METODE DCT DAN FUZZY K-NEAREST NEIGHBOR BERBASIS ANDROID

DETECTION OF PULPITIS VIA RADIOGRAPH PERIAPICAL BASED ON ANDROID USING DCT METHOD AND FUZZY K-NEAREST NEIGHBOR

Elok Novita Pramunti¹, Bambang Hidayat², Suhardjo Sitam³

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

³Prodi Ilmu Radiologi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjajaran

¹elok.novita@gmail.com, ²bbhtelkom@gmail.com, ³suhardjo_sitam@yahoo.com

Abstrak

Pulpitis adalah peradangan yang terjadi pada pulpa akibat dari kelanjutan karies yang disebabkan toxin bakteri. Penentuan pulpitis sulit dilakukan secara kasat mata, salah satu cara adalah dengan menggunakan periapikal radiograf 2D atau 3D. Radiograf merupakan alat penunjang diagnosa yang digunakan oleh dokter gigi untuk melihat keadaan gigi dan jaringan sekitarnya dengan lebih detail. Tetapi diperlukan dokter gigi yang memiliki keahlian dibidang radiologi untuk menentukan diagnosa pada foto periapikal radiograf. Sedangkan, di Indonesia masih sedikit dokter yang memiliki keahlian dibidang radiologi. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat atau aplikasi yang dapat membantu memberikan diagnosa dari periapikal radiograf yang penggunaannya mudah dan efisien.

Tugas Akhir ini merancang sebuah aplikasi Android menggunakan metode ekstraksi ciri tekstur *Discrete Cosine Transform* (DCT) yang merupakan transformasi *Fourier* yang mengubah citra dari domain spasial ke domain frekuensi, serta menyusunnya berdasarkan frekuensi yang penting (DC) ke frekuensi kurang penting (AC). Penyusunan ini mengambil lima koefisien terpenting pada citra yang digunakan untuk mendeskripsikan bentuk objek secara kasar. Proses klasifikasi dengan *Fuzzy Logic K-NN* yang merupakan penggabungan teknik *Fuzzy* dan *K-NN classifier*. *Fuzzy K-NN* memiliki keunggulan salah satunya adalah algoritma ini mampu mempertimbangkan sifat kesamaran atau ambigu dari nilai tetangganya jika ada karena algoritma ini telah dirancang agar tetangga yang memiliki kesamaran atau ambigu tidak memainkan peran penting yang lain dalam klasifikasi.

Hasil dari tugas akhir ini adalah sistem mampu mengidentifikasi penyakit gigi pulpitis dengan tingkat akurasi sistem Android sebesar 80% dengan waktu komputasi rata-rata 0,73 detik menggunakan 20 sampel uji hasil periapikal radiograf gigi berpenyakit *pulpitis* dan 10 sampel uji gigi normal.

Kata kunci : Pulpitis, *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Fuzzy Logic*, *Fuzzy Logic K-NN*, Periapikal Radiograf.

Abstract

Pulpitis is an inflammation of the pulp as a result of the continuation caries caused by bacterial toxins. Determination pulpitis by naked eye is difficult, one way is to use a periapical radiograph 2D or 3D. Radiography is a diagnostic support tool used by dentists to see the state of the teeth and surrounding tissue with more detail. But needed a dentists who has expertise in the field of radiology to determine the diagnosis of radiographs periapical image. Whereas, in Indonesia is still a bit of a doctor who has expertise in the field of radiology. Therefore, we need a tool or application that can help provide a diagnosis of periapical radiographs image that easily and efficiently to use.

This Final Assignment design an Android application using the texture feature extraction methods *Discrete Cosine Transform* (DCT) which is the *Fourier* transform which converts the image from the spatial domain to the frequency domain, and arrange them in an important frequency (DC) to the less important frequency (AC). This arrangement took five most important coefficients in the imagery used to describe roughly of objects. The process of classification with *Fuzzy Logic K-NN*, which is merging technique and *Fuzzy K-NN classifier*. One of advantage *Fuzzy K-NN* is the algorithm is able to consider the nature of vagueness or ambiguity of the value of its neighbors if there is because of this algorithm has been designed so that the neighbors who have a vague or ambiguous does not play an important role of others in the classification.

The results of this final assignment is a system capable of identifying pulpitis with Android system accuracy rate of 80% with an average computation time of 0.73 seconds using 20 test samples of periapical radiograph results diseased teeth pulpitis and 10 test samples of normal teeth.

Keywords: Pulpitis, *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Fuzzy Logic K-NN*, Radiograph Periapical.

1. Pendahuluan

Gigi memiliki beberapa struktur, yaitu Lapisan Email (lapisan paling luar/paling keras pada gigi), tulang gigi (dentin), rongga gigi (pulpa), leher gigi (kolum), akar gigi (radiks), dan lapisan gigi yang melindungi akar gigi dan membantu agar gigi tetap melekat pada gusi. Tanpa disadari banyak orang yang melupakan kebersihan pada gigi, padahal dalam rongga mulut manusia terdapat banyak bakteri yang dapat menimbulkan berbagai penyakit pada pulpa gigi salah satunya adalah Pulpitis. Penentuan pulpitis sulit dilakukan secara kasat mata, salah satunya menggunakan foto radiograf. Radiograf merupakan alat penunjang diagnosa yang digunakan oleh dokter gigi untuk melihat keadaan gigi dan jaringan sekitarnya dengan lebih detail. Diagnosa suatu kemampuan untuk menentukan analisa penyakit.

Kemajuan Teknologi dengan cara citra digital dapat diharapkan dapat membantu intepretasi radiograf terhadap pulpitis dengan keakuratan pembacaan radiograf sehingga dapat membantu para dokter gigi untuk mendapatkan diagnosa yang tepat dan melaksanakan rencana perawatan yang tepat pula. Pentingnya peran dokter ahli bidang radiologi untuk membantu mendiagnosa foto radiograf tetapi sayangnya di Indonesia masih sedikit yang memiliki keahlian dibidang tersebut sedangkan banyak dokter yang berada didaerah terpencil belum mempunyai keahlian tersebut, dan ditambah kurangnya fasilitas untuk menunjang hal ini. Oleh karena itu, dengan perkembangan pengolahan citra digital yang begitu pesat, banyak *tools* yang digunakan untuk pengolahan citra digital yang fleksibel untuk mendeteksi pulpitis salah satunya menggunakan Android.

Metode yang digunakan adalah ekstraksi ciri tekstur *Discrete Cosine Transform (DCT)* yang merupakan transformasi Fourier yang mengubah citra dari domain spasial ke domain frekuensi serta menyusunnya berdasarkan frekuensi yang penting (frekuensi rendah) ke frekuensi kurang penting (frekuensi tinggi) yang akan digunakan untuk mendeskripsikan bentuk objek secara kasar dan akan menggunakan metode klasifikasi *Fuzzy Logic K-NN* yang merupakan penggabungan teknik *Fuzzy* dan *K-NN* dan memiliki keunggulan salah satunya adalah algoritma ini mampu mempertimbangkan sifat kesamaran atau ambigu dari nilai tetangganya jika ada karena algoritma ini telah dirancang agar tetangga yang memiliki kesamaran atau ambigu tidak memainkan peran penting yang lain dalam klasifikasi.

2. Dasar Teori

2.1 Periapikal Radiograf

Radiografi periapikal merupakan media penunjang untuk menegakkan suatu diagnosis dibidang kedokteran gigi, media penunjang untuk menentukan rencana perawatan, dan media penunjang untuk mengevaluasi hasil perawatan yang telah dilakukan. [1]

2.2 Gigi Secara Umum

Gigi terdiri dari bagian nonmineral yaitu pulpa dan 3 bagian bermineal yaitu email, dentin, dan sumentum. Struktur jaringan gigi terdiri dari jaringan keras gigi (email, dentin, sumentum) dan jaringan lunak gigi (pulpa) [2]. Pulpa merupakan bagian terdalam pada gigi yang dibatas oleh dinding dentin. Pulpa terdiri dari beberapa bagian, yaitu jaringan ikat, limfe, saraf, dan pembuluh darah.[4]

Proses karies merupakan proses patologik yang kronik yang dapat menimbulkan berbagai perubahan pada jaringan pulpa. Penyakit pulpa dapat diklasifikasikan sebagai pulpitis reversibel dan pulpitis irreversibel. [3]

2.1.1 Pulpitis Reversibel

Pulpitis reversibel adalah peradangan pulpa yang tidak parah dan inflamasi pulpa ini masih dapat kembali pada kondisi normal setelah penyebabnya dihilangkan. Faktor-faktor yang menyebabkan pulpitis reversibel diantaranya fraktur email yang membuat tubulu dentin terbuka. [3][5]

Pulpitis reversibel ini ada yang memiliki gejala (simtomatik) atau tanpa gejala (asimtomatik). Pada pulpitis reversibel simtomatik ditandai rasa sakit yang tajam tetapi hanya sebentar, tidak terjadi terus-menerus dan tidak secara spontan, biasanya hal ini diakibatkan karena makanan dan minuman yang dingin serta udara yang dingin. Pencegahan yang dapat dilakukan adalah melakukan perawatan secara rutin untuk mengontrol perkembangan karies. Tetapi salah perawatan dapat menyebabkan dapat mengakibatkan pulpitis irreversibel [1][2][14].



Gambar 1 Dugaan Pulpitis Reversibel (Nisha Garg and Amit Garg, *Textbook of Endodontics, 2nd edition, 2010, hal.3*).

Pulpitis reversibel pada gambaran radiograf tidak ada perubahan periapiks, terdapat karies yang memiliki jarak yang jauh pada pulpa, kurang sempurna atau pemulihan tanpa perlindungan pulpa seperti terlihat pada gambar 1. [4]

2.1.2 Pulpitis Ireversibel

Pulpitis ireversibel merupakan perkembangan lanjut atau kelanjutan dari pulpitis reversibel serta keterlibatan bakterial melalui karies. Pulpitis ireversibel adalah inflamasi pulpa yang parah sehingga tidak dapat kembali pulih walaupun penyebabnya sudah dihilangkan. Jika tidak dilakukan perawatan yang tepat dapat menjadi nekrosis. [3][5]

Pulpitis ireversibel ini pada awalnya memiliki gejala serangan rasa sakit yang disebabkan beberapa hal, yaitu perubahan temperatur yang biasanya dingin, makanan yang manis dan asam. Pulpitis ireversibel ini pada umumnya memiliki 2 kategori, yaitu memiliki gejala (simtomatik) dan tanpa gejala (asimtomatik). Pada pulpitis ireversibel asimtomatik dibeberapa kasus karies yang dalam, tidak menimbulkan gejala walaupun secara klinis dan radiologi terlihat karies pada pulpa. Sedangkan pulpitis ireversibel simtomatik ditandai dengan rasa sakit yang terjadi secara spontan atau berdenyut, rasa sakit yang dirasakan cukup lama walaupun penyebabnya sudah dihilangkan, rasa sakit yang timbul dapat terasa menusuk dan terlokalisasi/menyebar. Apabila pulpitis ireversibel ini semakin parah maka akan menyebabkan gambaran ligament periodontal semakin tebal.



Gambar 2. Dugaan Pulpitis Ireversibel (RSGM Universitas Padjajaran)

Pulpitis ireversibel pada gambaran radiograf tidak ada perubahan radiolusen periapiks, kecuali *condensing osteitis* yang kadang-kadang terjadi, terdapat karies yang mendekati pulpa, pemulihan yang kurang sempurna, pelebaran ruang PDL dan selain itu dapat terlihat perubahan minimal perubahan pada tulang periradicular, namun terkadang gambaran radiografinya pun dapat terlihat normal seperti yang terlihat pada gambar 2. [4]

2.3 Discrete Cosine Transform (DCT)

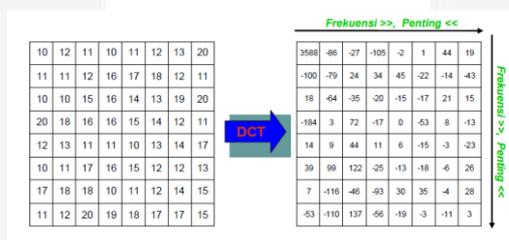
Discrete Cosine Transform (DCT) mengubah fungsi dari domain spasial menjadi domain frekuensi [5] serta digunakan untuk mengubah sebuah sinyal menjadi komponen frekuensi dasarnya. *Discrete Cosine Transform* merepresentasikan sebuah citra dari penjumlahan sinusoidal dari magnitudo dan frekuensi yang berubah-ubah. Dari sifat DCT, mengubah informasi citra yang signifikan dikonstraskan hanya pada beberapa koefisien DCT. Koefisien tersebut menggambarkan kandungan distribusi frekuensi pada gambar.

Discrete Cosine Transform (DCT) dapat dilakukan untuk satu atau dua dimensi, yang membedakan satu dimensi atau dua dimensi hanyalah kegunaannya. Pada dua dimensi, seperti citra dibutuhkan sebuah tambahan versi dua dimensi dari DCT (Watson,1994). Untuk sebuah matriks n x m, 2-D DCT dapat dihitung dengan cara:

Rumus Transformasi 2-D DCT untuk s adalah (1):

$$s(u,v) = \frac{2}{\sqrt{nm}} c(u)c(v) \sum_{y=0}^{m-1} \sum_{x=0}^{n-1} s(x,y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2n} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2m}$$
(1)

Dengan u= 0,...,n-1 ; v=0,..., m-1.



Gambar 3 Transfoemasi DCT Pada Citra

Pada Gambar 3 adalah susunan frekuensi rendah dan frekuensi tinggi ini menunjukkan bagian penting dan bagian yang dianggap kurang penting dari *pixel* asal citra. Bagian penting tersebut direpresentasikan dengan frekuensi rendah berupa nilai koefisien pada DCT. Sehingga makin rendah suatu frekuensi yang dihasilkan pada DCT maka bagian tersebut merupakan bagian yang paling penting, begitu sebaliknya.

2.4 Fuzzy K-Nearest Neighbor (K-NN)

Fuzzy K-NN merupakan suatu metode klasifikasi modifikasi yang menggabungkan teknik *Fuzzy* dengan klasifikasi *K-Nearest Neighbor*. Dasar dari algoritma ini adalah untuk menetapkan nilai keanggotaan sebagai fungsi jarak vektor dari K-NN dan keanggotaan tetangga mereka dikelas-kelas yang memungkinkan. Kemudian, nilai keanggotan kelas dihitung dengan menggunakan persamaan 3 [11][13].

$$\mu_i(x) = \frac{\sum_{j=1}^K \frac{1}{\|x-x_j\|^{2/(m-1)}}}{\sum_{j=1}^K \left(\frac{1}{\|x-x_j\|^{2/(m-1)}} \right)} \quad (2)$$

x dipengaruhi oleh *inverse* dari jarak dari tetangga terdekat dan keanggotaan kelas mereka yang berfungsi untuk bobot keanggotaan suatu vektor itu lebih dekat atau lebih jauh. Variabel m menentukan seberapa banyak jarak yang dipertimbangkan saat menghitung kontribusi masing-masing tetangga terhadap nilai keanggotaan.

2.5 Android

Android adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis linux yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi. Aplikasi Android dapat dikembangkan pada sistem operasi Windows (XP Vista/Seven, dll), Mac OS X (Mac OS X 10.4.8 atay lebih baru) dan Linux. Android dipuji sebagai “*platform mobile* pertama yang lengkap, terbuka, dan bebas”.



Gambar 4. Icon Android

2.6 Eclipse

Eclipse adalah sebuah IDE (*Integrated Development Environment*) yang digunakan untuk pengembangan dan pembuatan aplikasi pada Android. Eclipse ini bersifat optional yang artinya bisa digunakan atau tidak, tetapi lebih disarankan untuk pembuatan aplikasi pada android karena sifat android masih berbasis teks.



Gambar 5. Icon Eclipse

3 Pembahasan

3.1 Proses Pengolahan Citra

Data yang digunakan pada pengujian sistem berasal dari RSGM Universitas Padjajaran berupa citra *periapikal radiograf* yang terdiri dari 45 citra latih (15 normal, 15 reversibel, dan 15 irreversibel) dan 30 citra uji (10 normal, 10 reversibel, dan 10 irreversibel) dengan format *.jpg. Untuk prosesnya masing-masing digambarkan oleh *flowchart* pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Sistem Secara Umum

3.2 Pre-Processing

3.2.1 Capture Image

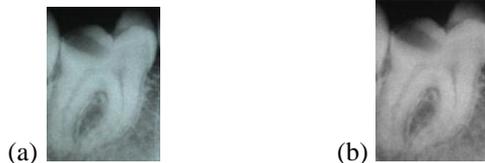
Pengambilan citra hasil uji dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu dengan pemotretan citra hasil periapikal radiograf yang selanjutnya akan disimpan dan menjadi *database* pada *gallery* dalam format jpeg.



Gambar 7. Citra Asli untuk Input

3.2.2 Cropping

Pada tahap *cropping* akan dilakukan pemotongan citra. Pemotongan citra ini bertujuan agar yang terlihatnya hanyalah daerah yang akan dideteksi sehingga mempermudah daerah yang akan dideteksi.



Gambar 8. Citra Input yang sudah di Crop (a) dan Citra GrayScale (b)

3.2.3 Resize

Resize ini dilakukan karena citra yang diperoleh memiliki ukuran yang cukup besar. Data latih akan diseragamkan ukurannya menjadi 256 x 256 karena dari penelitian sebelumnya ukuran paling optimal sedangkan data uji akan diubah ukurannya menjadi lebih kecil dengan skala yang sama untuk meringankan waktu komputasi.

3.2.4 RGB to Grayscale

RGB to *Grayscale* berguna untuk mengkonversi citra berwarna (RGB) ke citra berskala keabuan. Konversi ini mengubah dari 3 layer menjadi 1 layer karena citra yang didapat memiliki dominan citra warna jadi diperlukan konversi dibutuhkan. Namun, jika citra tidak berwarna yang diperoleh tidak perlu dilakukan *grayscale*. Konversi dilakukan dengan mengambil rata-rata dari nilai r, g dan b dapat ditulis (3) :

$$S = \frac{r+g+b}{3} \quad (3)$$

Hal ini dilakukan agar citra menjadi satu *layer* sehingga mudah untuk diproses pada proses selanjutnya.

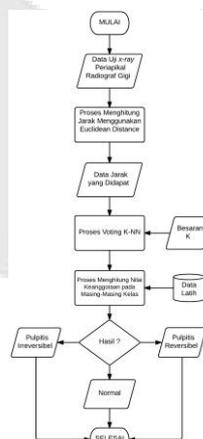
3.3 Discrete Cosine Transform

Pada proses ekstraksi ciri, *pixel* pada citra akan dipisahkan menjadi blok 2^3 atau blok 8 x 8 yang akan menghasilkan nilai koefisien-koefisien. Kemudian akan diambil nilai beberapa koefisien AC lemah dari masing-masing segmen. Nilai koefisien AC lemah ini mendeskripsikan sebuah ciri. Selanjutnya akan disimpan pada *database* untuk proses klasifikasi.

3.4 Fuzzy K-Nearest Neighbor

Parameter yang didapat setelah proses ekstraksi menggunakan DCT akan dijadikan *input* untuk klasifikasi *Fuzzy Logic*. Klasifikasi merupakan proses pengelompokan citra yang telah diekstraksi ciri menjadi citra gigi normal dan citra gigi terdeteksi pulpitis. Pada klasifikasi *Fuzzy Logic* yang digunakan adalah *K-Nearest Neighbor*. Digunakan *Fuzzy K-Nearest Neighbor* karena merupakan teknik penggabungan antara klasifikasi *Fuzzy Logic* dengan konsep *K-NN* yang mengambil nilai *K* terdekat dari suatu objek dengan nilai objek tetangganya. Sedangkan pada tahap uji, hasil dari ekstraksi ciri akan dihitung jaraknya berdasarkan jarak terdekat pada hasil tahap latih.

Deteksi pulpitis periapikal ini akan dibuat pengelompokan menjadi 3 kelas yaitu antara pulpitis reversibel, pulpitis irreversibel dan normal.



Gambar 9. Diagram Alir Klasifikasi Fuzzy K-NN

3.5 Performansi Sistem

Setelah didapatkan data masukan, selanjutnya dilakukan pengujian pada sistem. Pengujian ini dilakukan agar mengetahui performansi sistem sehingga diketahui kelebihan dan kekurangan system tersebut. Performansi sistem diukur berdasarkan beberapa parameter berikut ini :

3.5.1 Akurasi Sistem

Untuk pengujian sistem digunakan parameter akurasi dan error. Akurasi adalah ukuran ketepatan sistem dalam mengenali input yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara sistematis dapat dituliskan (4) :

$$Akurasi = \frac{Jumlah_data_benar}{Jumlah_data_keseluruhan} \times 100\% \quad (4)$$

3.5.2 Waktu Komputasi

Waktu komputasi adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan suatu proses.

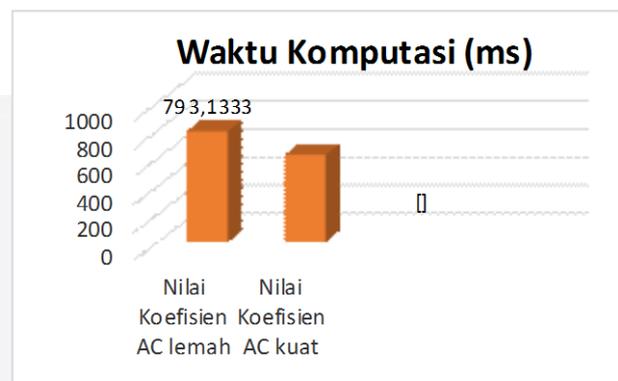
3.6 Hasil Pengujian Sistem dan Analisis

3.6.1 Pengujian Akurasi Terhadap Koefisien AC lemah dan AC kuat Pada DCT

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Terhadap Koefisien DCT

No	Pengujian Data	Jumlah Data Benar	Jumlah Data Salah	Akurasi
1	Nilai Koefisien AC lemah	24	6	80%
2	Nilai Koefisien AC Kuat	10	20	33,33%

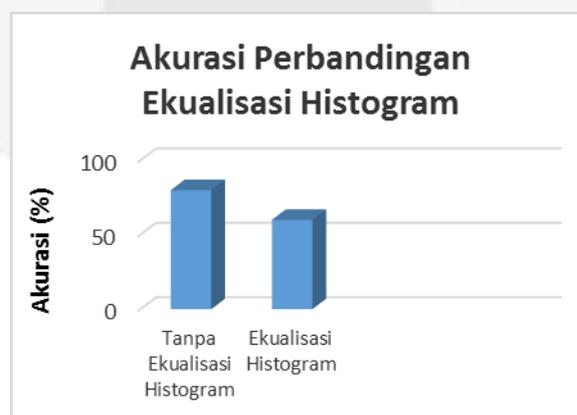
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menggunakan nilai koefien yang berbeda didapatkan akurasi terbaik menggunakan koefisien AC lemah sebesar 80%.



Gambar 10. Pengujian Waktu Komputasi terhadap nilai koefisien DCT.

Berdasarkan pengujian waktu komputasi antara AC kuat dan AC lemah tidak jauh berbeda yaitu 793,33ms menggunakan koefisien AC lemah dan 624,63ms menggunakan koefisien AC kuat.

3.6.2 Pengujian Akurasi Berdasarkan Ekualisasi Histogram

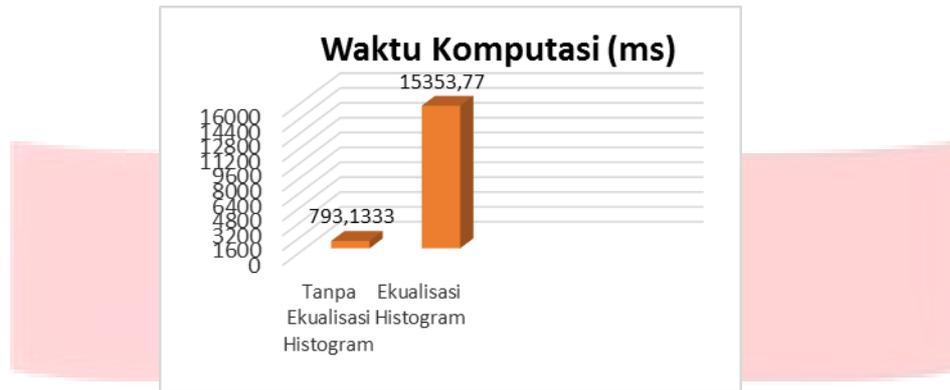


Gambar 11. Nilai Akurasi Pengujian Terhadap Ekualisasi Histogram



Gambar 12. Citra input (a) dan Citra Terekualisasi Histogram (b)

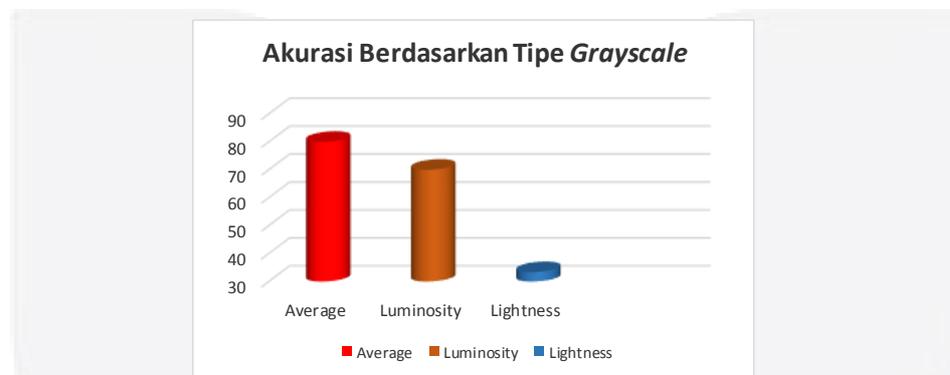
Berdasarkan pengujian menggunakan ekualisasi histogram didapat akurasi lebih rendah dibandingkan tanpa menggunakan ekualisasi histogram sebesar 60%.



Gambar 11. Pengujian Waktu Komputasi terhadap Ekualisasi Histogram

Selain akurasi yang lebih rendah, menggunakan ekualisasi histogram memakan waktu komputasi yang lebih lama daripada tanpa menggunakan ekualisasi histogram yaitu sebesar 15.353 detik

3.6.4 Pengujian Akurasi Terhadap Tipe Grayscale



Gambar 13. Nilai Akurasi Pengujian Terhadap Tipe Grayscale.

$$Grayscale (Average) = \frac{(Red+Green+Blue)}{3} \quad (5)$$

$$Grayscale (Luminosity) = (Red \times 0,21) + (Green \times 0,72) + (Blue \times 0,07) \quad (6)$$

$$Grayscale (Lightness) = \frac{((Max(Red,Green,Blue)+(Min(Red,Green,Blue)))}{2} \quad (7)$$

Pengujian sistem dengan membandingkan 3 tipe grayscale. Pre-processing terbaik dihasilkan dengan menggunakan tipe grayscale Average yaitu 80%.

4 Kesimpulan

Setelah perancangan dan implementasi terlaksana serta telah dilakukan analisa sistem deteksi pulpitis pada gigi melalui periapikal radiograf, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada ekstraksi ciri menggunakan nilai koefisien AC lemah memiliki hasil lebih baik daripada nilai koefisien AC kuat yang digunakan yaitu 80% dengan waktu komputasi 793,1333 ms.

2. Pada kasus deteksi pulpitis melalui periapikal radiograf ini hasil terbaik didapat ketika tidak dilakukan Ekualisasi Histogram yaitu dengan nilai akurasi 80%. Disamping itu pemilihan tipe *grayscale* dapat mempengaruhi tingkat akurasi, untuk citra radiograf yang bersifat keabuan cocok menggunakan tipe *Average* yang tidak membuat efek lebih terang sehingga lebih mudah terdeteksi penyakit *pulpitis*.
3. Aplikasi radiograf periapikal menggunakan *Discrete Cosine Transform* dan klasifikasi *Fuzzy K-Nearest Neighbor* berbasis Android mampu mendeteksi pulpitis.
4. Berdasarkan hasil MOS, aplikasi ini dapat dikatakan sudah membantu, sangat menarik bagi pengguna sehingga aplikasi ini layak dan dapat dijadikan sebagai alternatif baru bagi dunia kedokteran gigi khususnya bidang radiologi.

Daftar Pustaka :

- [1] H. S. Sitam, Radiograf Periapikal, Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2013.
- [2] H. S. Sitam and etc, *Analysis of Two Dimensional Periapical Radiograph on Density of Tooth Anatomy and Surrounding Structure CBCT and MATLAB*, Bandung : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjajaran, 2013.
- [3] Grosman, Ilmu Edodontik Dalam Praktik, Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1995.
- [4] Walton E Richard dan Torabinejad Mahmoud, Prinsip dan praktik Ilmu Endodonsia. Ed 3, Alih bahasa : Narlan Sumawinata, editor bahasa Indonesia : Lilian Juwono, Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2008.
- [5] Bara. Ghina, Perancangan Aplikasi Deteksi Pulpitis Melalui Periapikal Radiograf Menggunakan Metode Transformasi DCT dan *K-Nearest Neighbor* Berbasis Android, Bandung : Universitas Telkom, 2014.
- [6] Sutoyo. T, Teori Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta : ANDI, 2009.
- [7] Kadir. Abdul dan Susanto. Adhi, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Yogyakarta : ANDI, 2009.
- [8] Purnomo. Mauridhi Hery dan Muntas. Arif, *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2010.
- [9] Agustinus Siregar dan Dwi Aryanta. 2013. *Simulasi dan Analisis Perbaikan Citra Digital Domain dengan Transformasi Fourier*. Bandung : Institut Teknologi Nasional Bandung.
- [10] Naba, Dr Agus Eng. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta : ANDI.
- [11] Keller, J. M., Gray, M. R., Givens, J. A., & JR. 1985. *A Fuzzy K-Nearest Neighbor Algorithm*. IEEE: Vol.5 SMC-15 No.4.
- [12] Sudrajat.2008. *DASAR-DASAR FUZZY LOGIC*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- [13] Putri, Yuke C M. 2012. *Analisis dan Implementasi Teknik Fuzzy K-NN pada Kasus Imbalance Class*. Bandung : IT Telkom.
- [14] Dimas P A Sasono, Lailil M, Achmad Ridok. *Klasifikasi Genre Film Berdasarkan Judul dan Sinopsis Menggunakan Fuzzy K-Nearest Neighbor*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [15] Safaat, Nazarudin. 2012. *ANDROID*. Bandung : Informatika.