

PENGOLAHAN CITRA RADIOGRAF PERIAPIKAL PADA DETEKSI PULPITIS IRREVERSIBEL DAN REVERSIBEL MENGGUNAKAN METODE *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)* DAN *WATERSHED* BERBASIS ANDROID
Periapical Radiograph Image Processing on Detection of Irreversible and Reversible Pulpitis Using Principal Component Analysis (PCA) and Watershed Method based on Android

Imam Abdul Hakim¹, 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

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

Abstrak

Gigi merupakan bagian tubuh terkeras yang terdapat di dalam mulut. Penyakit gigi yang meyerang bagian pulpa disebut pulpitis. Pulpitis merupakan peradangan pada jaringan pulpa yang menimbulkan rasa nyeri. Klasifikasi pulpitis ada dua yaitu irreversible dan reversible. Pulpitis reversible dan irreversible masih sulit didiagnosa secara objektif. Hasil diagnosa menjadi dasar dari pengambilan keputusan untuk mengatasi masalah pulpitis tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan citra radiograf periapikal pada deteksi pulpitis menggunakan metode watershed, principal component analysis (PCA) dan melakukan klasifikasi dengan algoritme euclidean distance. Metode watershed digunakan untuk mendapatkan region of interest (ROI) berupa bagian pulpa dari objek. Metode PCA digunakan untuk ekstraksi ciri. Algoritme euclidean distance digunakan untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Hasil dari penelitian ini berupa sistem pengolahan citra digital radiograf periapikal mampu mendeteksi pulpitis dan mengklasifikasikan jenisnya. Pada penelitian ini dihasilkan performansi terbaik dengan tingkat akurasi 85%, sensitivitas 80%, dan spesifisitas 100%. Dengan melakukan pengolahan citra radiograf periapikal pada deteksi pulpitis irreversible dan reversible ini dapat membantu para dokter gigi sebagai diagnosa pendukung untuk menentukan tindakan atas permasalahan pulpitis yang diderita pasien.

Kata kunci: *Pulpitis, Watershed, PCA, Euclidean distance*

Abstract

Teeth are the hardest part of the body which is in the mouth. Dental disease which attack the pulp is called pulpitis. Pulpitis is an inflammation of the dental pulp tissue that cause pain. There are two classification of pulpitis, it is irreversible and reversible pulpitis. Irreversible and reversible pulpitis is still difficult to diagnose objectively, The diagnosis is the basis of decision-making to take further action to solve the problem pulpitis. In this final assignment perform radiograph periapical image processing on detection of pulpitis using the watershed method, principal component analysis (PCA) and the classification with euclidean distance algorithm. Watershed method is used to get pulp as the region of interest (ROI) of the object. PCA method used for feature extraction. Euclidean distance algorithms used to classify objects based on learning data that were located closest to the object. This final assignment produce a system that capable to detect and classify pulpitis type by radiograph periapical digital image processing. The system produced the best performance with 85% of accuracy rate, 80% of sensitivity and 100% of specificity. By performing image processing on the detection of irreversible and reversible pulpitis by periapical radiograph images can help the dentist as an additional tool to take further action to solve the problem pulpitis.

Keywords: *Pulpitis, Watershed, PCA, Euclidean distance*

1. Pendahuluan

Salah satu alat bantu yang digunakan oleh dokter untuk mendeteksi penyakit seiring dengan perkembangan ilmu kedokteran dan teknologi adalah melalui X-Ray. Citra radiograf periapikal adalah salah satu penerapan dari X-Ray yang digunakan oleh dokter gigi untuk melihat seluruh lapisan gigi untuk mendeteksi kondisi dari gigi tersebut.

Pulpitis merupakan peradangan pada jaringan pulpa gigi yang menimbulkan rasa nyeri. Pulpitis dapat diklasifikasikan sebagai pulpitis reversible, irreversible[1]. Pulpitis adalah proses peradangan yang terjadi pada jaringan pulpa gigi, yang merupakan kelanjutan dari proses karies. Jaringan pulpa tersebut terletak di dalam cavum pulpa, sehingga tidak dapat dilihat langsung dengan mata telanjang[2].

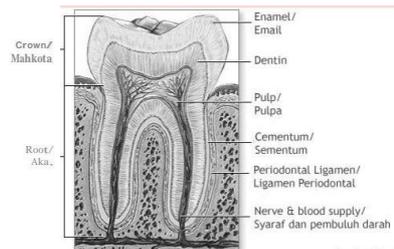
Dengan foto X-Ray dapat ditunjukkan adanya gigi berlubang, klasifikasi, resopsi eksternal maupun internal, kelainan tulang, kista, granuloma, dan fraktur[3]. Dengan melakukan pengolahan citra digital radiograf periapikal, dokter akan lebih mudah dalam melakukan diagnosa pulpitis untuk kemudian melakukan tindakan lebih lanjut. Citra radiograf periapikal yang digunakan sebagai data adalah citra digital. Berdasarkan permasalahan tersebut,

tugas akhir ini melakukan proses pengolahan citra radiograf periapikal pada deteksi pulpitis menggunakan metode *watershed*, *PCA* dan melakukan klasifikasi dengan algoritme *euclidean distance*.

2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem

2.1 Gigi

Gigi merupakan salah satu bagian dari rongga mulut. Gigi berfungsi untuk mengunyah makanan, berbicara, dan estetika sebagai penunjang penampilan. Gigi pada manusia terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian mahkota dan bagian akar. Dalam setiap gigi manusia tersusun atas empat jaringan, yaitu *enamel*, *dentin*, pulpa, dan sementum. *Enamel* merupakan bagian gigi terkeras yang letaknya paling luar dan sangat keras. *Dentin* merupakan bagian gigi yang terletak di bawah *enamel* dan lebih lunak dari *enamel*. *Dentin* pada bagian akar dilapisi oleh sementum. Sementum merupakan jaringan keras yang menutupi akar gigi dengan lapisan yang sangat tipis. Di bawah *dentin* terdapat pulpa. Pulpa terletak ditengah-tengah gigi yang disebut *cavum pulpa*, yang terdiri dari pembuluh darah, syaraf, dan pembuluh limfa. [5]



Gambar 2. 1 Bagian Gigi [6]

2.2 Klasifikasi Pulpitis

2.2.1 Pulpitis Reversibel

Pulpitis reversibel merupakan inflamasi atau peradangan pulpa ringan, tetapi pulpa mampu kembali pada keadaan tidak terinflamasi setelah stimuli diiadakan. Pulpitis reversibel dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti trauma, syok termal, dehidrasi berlebihan, maupun stimulus kimia. Delapan gejala pulpitis reversibel simtomatik ditandai oleh rasa sakit tajam yang hanya sebentar. Hal tersebut lebih sering disebabkan oleh makanan atau minuman manis yang dingin dan udara dingin. Tidak timbul secara spontan dan tidak berlanjut bila penyebabnya telah diiadakan.

2.2.2 Pulpitis Irreversibel

Pulpitis irreversibel adalah kondisi peradangan pada pulpa yang terus menerus dan merupakan perkembangan dari pulpitis reversibel. Pulpitis irreversibel merupakan inflamasi parah. Pulpitis irreversibel biasanya disebabkan oleh stimulus panas atau stimulus dingin, atau nyeri yang terjadi secara spontan. Meskipun penyebabnya dihilangkan, rasa nyeri akan terus berlanjut selama beberapa menit bahkan hingga beberapa jam. Penyebab umum dari pulpitis irreversibel adalah keterlibatan bakteri dalam pulpa yang dihasilkan oleh proses karies dan beberapa faktor klinis lainnya.

2.3 Radiograf Periapikal [3]

Berbagai macam pemeriksaan dapat dilakukan oleh seorang dokter gigi untuk menegakkan diagnosis suatu penyakit, salah satunya adalah melakukan pemeriksaan dengan menggunakan pemeriksaan radiografi. Radiografi dentomaksilofasial merupakan media penunjang untuk menentukan rencana perawatan, dan media penunjang untuk mengevaluasi hasil perawatan yang telah dilakukan.

2.4 Teori Dasar Citra Digital [4]

Sebuah citra digital dapat didefinisikan sebagai sebuah data 2 dimensi yang diwakili oleh sebuah matriks $M \times N$, dimana M merupakan jumlah kolom dan N jumlah baris. Perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel, yaitu elemen atau unsur terkecil dari sebuah citra. Jadi bisa disimpulkan bahwa sebuah citra digital merupakan kumpulan piksel-piksel yang disusun dalam larik 2 dimensi. Indeks baris dan kolom (x,y) dari sebuah piksel dinyatakan dalam bilangan bulat. Setiap piksel $f(x,y)$ memiliki nilai intensitas atau tingkat keabuan dari citra di titik tersebut.

Citra digital yang berukuran $N \times M$ lazimnya dinyatakan dengan matriks berukuran N baris dan M kolom, dan masing-masing elemen pada citra digital disebut piksel.

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

2.5 Format Warna [4]

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

2.5.1 Color Image

Pada *color image* ini, masing-masing piksel memiliki warna tertentu. Warna tersebut adalah *Red* (merah), *Green* (hijau), dan *Blue* (biru). Jika masing-masing warna memiliki *range* 0-255, maka totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ variasi warna yang berbeda pada gambar, dimana variasi ini cukup untuk gambar apapun. Karena jumlah bit yang dibutuhkan untuk setiap piksel, gambar tersebut juga disebut gambar bit-warna.

Color image ini terdiri dari tiga matriks yang mewakili nilai-nilai merah, hijau dan biru untuk setiap pikselnya. Tabel 2.4 menunjukkan contoh warna dan nilai R,G, dan B.

2.5.2 Keabuan

Citra digital keabuan (*grayscale*) setiap pikselnya mempunyai warna gradasi dari putih sampai hitam. Rentang tersebut berarti bahwa setiap piksel dapat diwakili oleh 8 bit, atau 1 byte. Rentang warna untuk keabuan sangat cocok digunakan untuk pengolahan *file* gambar. Salah satu bentuk fungsinya digunakan dalam kedokteran (*X-Ray*).

2.5.3 Binary Image

Setiap piksel hanya terdiri dari warna hitam atau putih, karena hanya ada dua warna untuk setiap piksel, maka hanya perlu 1 bit per piksel (0 atau 1) atau apabila dalam 8 bit (0 dan 255), maka sangat efisien dalam hal penyimpanan. Gambar yang dipresentasikan dalam citra sangat cocok untuk teks (dicetak atau tulisan tangan), sidik jari (*finger print*), atau gambar arsitektur.

2.6 Marker-Controlled Watershed Segmentation[7]

Marker watershed digunakan secara luas untuk perbaikan dari transformasi watershed. *Marker watershed* dapat diterapkan pada algoritma *watershed* yang diberikan oleh Vincent dan Soille. Algoritma diilustrasikan dengan mengikuti langkah sebagai berikut.

1. Gradien morfologi digunakan untuk mencari nilai gradien untuk setiap piksel.
2. Semua piksel akan diurutkan berdasarkan level gradien. Piksel dengan gradien yang lebih rendah akan dimanipulasi terlebih dahulu.
3. Piksel dengan level gradien yang terendah dari sebuah citra akan ditemukan pertama kali dan piksel dari setiap wilayah yang berhubungan akan diberikan tanda khusus.
4. Piksel akan diproses dari level gradien terendah sampai yang tertinggi. Dalam setiap level, piksel dengan label tetangga akan ditambahkan ke prioritas antrian.
5. Sebuah marker menandai piksel, yang diberikan sebelum proses segmentasi dimulai, akan menjadi awal dari antrian yang dieksekusi dengan piksel tetangganya. Setelah dieksekusi, piksel akan dikeluarkan dari antrian. Setelah semua piksel dengan tanda tetangga telah ditemukan, maka diberikan tanda baru yang menandakan bahwa wilayah tersebut merupakan objek yang telah ditandai.

2.7 Principal Component Analysis [8]

Prinsip dasar dan algoritma *PCA* adalah memproyeksikan *image* ke dalam bidang ruang *eigen*-nya. Caranya adalah dengan mencari *eigen vector* yang dimiliki setiap *image* dan memproyeksikannya ke dalam ruang *eigen* yang didapat tersebut. Besarnya dimensi ruang *eigen* tergantung dari jumlah *image* yang dimiliki oleh program *training*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *PCA* adalah sebagai berikut.

1. Mengolah citra input

Dapatkan sejumlah m citra pelatihan yang direpresentasikan dalam I_i dimana $i = 1, 2, 3, \dots, m$. Masing-masing citra pelatihan mempunyai ukuran $a \times b$ piksel dan hasil perkalian $a \times b$ piksel tersebut direpresentasikan ke dalam N . Representasikan setiap citra I_i menjadi vektor Γ_i sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} \Gamma_{1,1} & \Gamma_{1,2} & \dots & \Gamma_{1,n} \\ \Gamma_{2,1} & \Gamma_{2,2} & \dots & \Gamma_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma_{m,1} & \Gamma_{m,2} & \dots & \Gamma_{m,n} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} \quad (2)$$

keterangan :

m = jumlah citra pelatihan

N = jumlah piksel hasil kali a dan b

2. Mencari citra rata-rata

Citra rata-rata adalah rata-rata dari semua piksel citra-citra *training*. Misalkan diketahui m adalah jumlah citra pelatihan dengan indeks I maka citra rata-ratanya adalah

$$\mu = \frac{1}{m} \sum_{\#=1}^m \Gamma_{\#} \tag{3}$$

keterangan :
 μ = matrik rata-rata
 m = jumlah sampel citra pelatihan

Hasil dari citra rata-rata tersebut direpresentasikan kedalam sebuah matriks seperti dibawah ini:

$$\mu = \begin{bmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{bmatrix} \tag{4}$$

Setelah didapatkan matrik rata-ratanya dapat dicari nilai *zero mean* dengan rumus:

$$\Phi_{\#} = \mu - \Gamma_{\#} \tag{5}$$

dimana, $i = (1,2,3,\dots,m)$

3. Mencari *covariance* matrik

Covariance matriks *PCA* dicari dengan mengalikan Φ dengan *transposenya*. Hasilnya adalah matrik yang sebelumnya berdimensi $N \times m$ dimana jika kita melanjutkan dari contoh sebelumnya akan menjadi matrik dengan dimensi $m \times m$.

Persamaan ini menunjukkan rumus untuk mencari matrik kovarian.

$$C = (\Phi_{\#} \Phi_{\#}^T) \tag{6}$$

4. Mencari *eigen value* dan *eigen vector*

Temukan m *eigen vector* terbaik dari matriks kovarian dengan menggunakan persamaan :

$$C \psi = \lambda \psi \tag{7}$$

Pilih k *eigen vector* terbaik, pemilihan dilakukan secara heuristik. Sebelum melakukan perhitungan bobot, i direpresentasikan dengan kombinasi linear dari *eigen vector* u_i sebagai berikut.

$$\Phi_{\#} = \sum_{i=1}^k \psi_i \psi_i^T \tag{8}$$

dimana u_j adalah *eigenface*. Sehingga nilai bobot dapat dihitung dengan rumus :

$$\psi_i = \Phi_{\#} \psi_i \tag{9}$$

Selanjutnya citra training yang sudah dinormalisasi, direpresentasikan menjadi sebuah vektor berikut.

$$\Omega = \begin{bmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{bmatrix} \tag{10}$$

dimana $i = 1,2, \dots, m$. Hasil akhirnya, vektor yang telah dihitung sesuai dengan setiap gambar pada *training set* akan disimpan sebagai template. Setelah vektor fitur (bobot vektor) diketahui, tahap selanjutnya adalah tahap pengenalan dengan menggunakan klasifikasi.

2.8 *Euclidean Distance*

Algoritme *euclidean distance* merupakan proses untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data latih yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Data latih diproyeksikan ke ruang berdimensi banyak, dimana masing-masing dimensi merepresentasikan ciri dari data. Ruang ini dibagi menjadi bagian bagian berdasarkan klasifikasi data latih.

Berikut adalah algoritme *euclidean distance*.

1. Hitung jarak antara data baru ke setiap *labeled data*.
2. Tentukan *labeled data* yang mempunyai jarak yang paling minimal.

2.9 *Parameter Performansi*

Tahap terakhir yang harus dilakukan adalah pengujian sistem guna mengetahui tingkat akurasi, sensitivitas, spesifisitas maupun 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 dituliskan pada Persamaan ini.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Benar}}{\text{Jumlah Data}} * 100 \% \tag{11}$$

Dalam sistem ini, KNN digunakan dalam mengklasifikasikan citra untuk memperoleh akurasi.

2. Sensitivitas dan Spesifisitas [9]

Berikut hal – hal dasar yang harus diketahui pada sensitivitas dan spesifisitas :

- a) Positif benar (*True positive*), data uji di dalam kelas dari data latih diidentifikasi benar sebagai kelas di dalam data latih.

- b) Positif palsu (*False positive*), data uji di luar kelas dari data latih diidentifikasi sebagai kelas di dalam data latih.
- c) Negatif benar (*True negative*), data uji di luar kelas dari data latih diidentifikasi benar sebagai kelas di luar data latih..
- d) Negatif palsu (*False negative*), data uji di dalam kelas dari data latih diidentifikasi sebagai kelas di luar data latih..

Sensitivitas tes klinis mengacu pada kemampuan dari tes untuk benar mengidentifikasi kelas pulpitis sesuai dengan kelas pulpitis yang dites. Berikut rumus dari sensitivitas :

$$Sensitivitas(\%) = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \tag{12}$$

Spesifisitas tes klinis mengacu pada kemampuan dari tes untuk benar mengidentifikasi kelas pulpitis yang di luar dari kelas yang dites. Berikut rumus dari spesifistas :

$$Spesifisitas(\%) = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\% \tag{13}$$

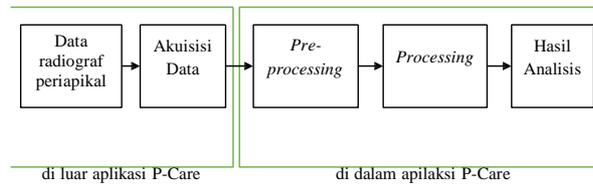
3. Waktu Komputasi

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 akan didapatkan waktu komputasi sistem.

2.10 Perancangan Sistem

Secara garis besar, perancangan sistem dan proses kerja sistem dapat dijelaskan pada **Gambar 2.2**.

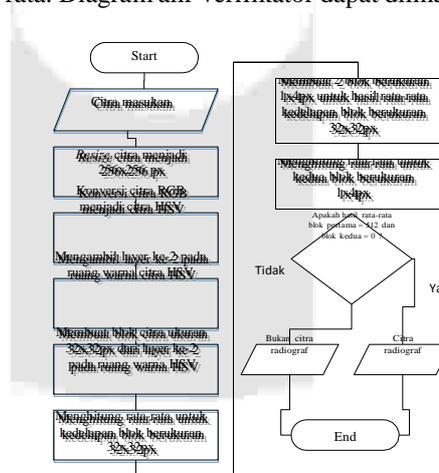
2.2.



Gambar 2.2 Blok Diagram Model Sistem

Akuisi data merupakan proses untuk mendapatkan citra digital radiograf periapikal sebagai data dalam tugas akhir ini. Pada tahap ini, proses akuisisi data dilakukan dengan merekam data periapikal radiograf dalam bentuk film menggunakan *scanner* Canon CanoScan 9000F Mark II dengan format keluaran *.jpg.

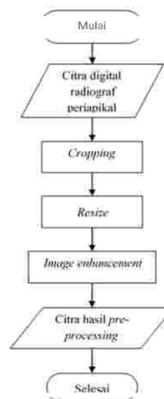
Verifikator merupakan proses yang dilakukan pada suatu citra digital untuk memverifikasi apakah data yang dimasukkan benar merupakan data masukan yang sesuai untuk kebutuhan sistem, sehingga sistem dapat menerima atau menolak data tersebut untuk menjadi masukan untuk proses selanjutnya. Verifikator pada sistem yang akan dirancang menggunakan ruang warna *HSV*, proses histogram dan perhitungan rata rata. Diagram alir verifikator dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Diagram Alir Verifikator

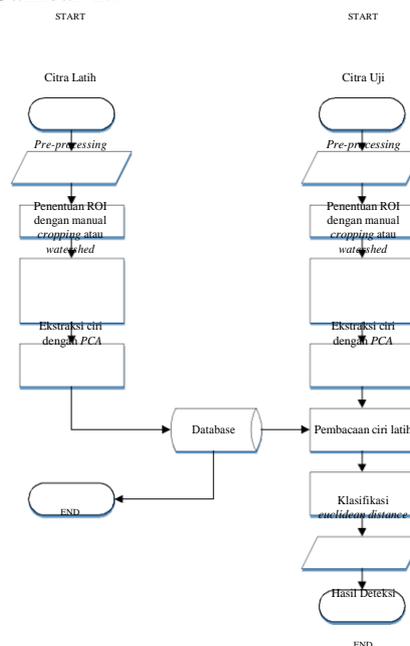
Pre-processing merupakan proses yang dilakukan pada suatu citra digital untuk memudahkan pemrosesan citra selanjutnya. Dalam hal ini, dilakukan *cropping* secara manual melalui aplikasi P-Care

ini dan *resize* serta peningkatan kualitas citra secara otomatis oleh aplikasi P-Care. Diagram alir *pre-processing* dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Diagram Alir *Pre-Processing*

Processing merupakan proses deteksi pulpitis yang dikelompokkan menjadi dua proses menurut citra masukannya yaitu pemrosesan citra latih dan pemrosesan citra uji. Pemrosesan citra latih dan uji dimulai dengan skema *pre-processing* terlebih dahulu untuk kemudian dilakukan penentuan *ROI* dan/atau ekstraksi ciri menggunakan metode *PCA* sesuai skenario pengujian. Ciri dari citra latih tersebut kemudian disimpan dalam database aplikasi untuk kemudian menjadi acuan pemrosesan citra uji. Sedangkan ciri dari citra uji akan diklasifikasikan menggunakan algoritme *euclidean distance*. Diagram alir *processing* dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Diagram Alir *Processing*

3. Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan bertujuan untuk mengetahui performansi sistem berdasarkan parameter akurasi, sensitifitas, spesifisitas, waktu komputasi dengan melakukan pengujian terhadap citra digital radiograf periapikal. menggunakan citra gigi pada semua posisi gigi yang didapat dan citra gigi yang terbanyak pada satu posisi gigi melalui skenario sebagai berikut.

1. Pengaruh perubahan ukuran citra menjadi 256x256 px, 128x128px, 64x64px saat *pre-processing* pada hasil performansi sistem
2. Pengaruh penentuan *ROI* menggunakan metode *watershed* pada skenario 2 terhadap hasil performansi sistem

3.1 Tahapan Pengujian

Berikut adalah tahapan pengujian sistem.

1. Tahap Pertama

Hasil citra digital radiograf periapikal yang diperoleh berjumlah 42 untuk rincian 14 citra untuk kelas gigi normal, 14 citra untuk kelas pulpitis *irreversible*, dan 14 citra dengan kelas pulpitis *reversible*, dan 10 citra *random* (bukan citra radiograf periapikal). Data tersebut kemudian dipilih

menjadi citra latih dan citra uji dengan rincian 4 citra untuk masing masing kelas dan 10 citra untuk masing masing kelas, dan 2 citra latih dan uji untuk posisi gigi yang sama.

Citra yang telah dipilah tersebut kemudian akan diverifikasi oleh sistem apakah citra masukan tersebut merupakan citra radiograf periapikal atau bukan. Jika bukan maka proses berhenti, jika iya maka selanjutnya.citra tersebut dijadikan masukan untuk *pre-processing*.

Pada *pre-processing* dilakukan *cropping* dan *resize* menjadi ukuran 256x256, 128x128, 64x64 sesuai skenario ke-satu karena citra sebelumnya memliki ukuran yang berbeda-beda. Kemudian citra diubah menjadi citra beraras keabuan (*grayscale*).

2. Tahap Kedua

Setelah *pre-processing*, kemudian dilakukan proses ekstraksi ciri dengan menggunakan metode ekstraksi ciri *PCA (Principal Component Analysis)*. Tahap ini dilakukan untuk menentukan ciri dari masing-masing citra dengan menghitung data transformasi *PCA* dimana *eigen vector* tersusun sesuai urutan pada *eigen value*.

3. Tahap Ketiga

Setelah ekstraksi ciri, kemudian dilakukan proses deteksi atau pengelompokan citra menjadi beberapa kelas dimana terdapat kelas gigi normal, pupitis *reversible*, dan pulpitis *irreversible* dengan menggunakan klasifikasi algortime *euclidean distance*.

4. Tahap Keempat

Tahap terakhir yaitu melakukan pengujian untuk memperoleh tingkat akurasi, sensitivitas, spesifisitas dan waktu komputasi yang optimal dari skenario yang diujikan.

3.2 Hasil Analisis Sistem

Pengujian sistem dilakukan berdasarkan beberapa skenario yang telah ditentukan. Masing-masing pengujian memiliki hasil performansi yang direpresentasikan dalam bentuk tabel dan kesimpulan dalam bentuk grafik.

1. Hasil Pengujian Skenario 1

Pengujian skenario pertama merupakan pengujian performansi yang dilakukan dengan citra latih adalah citra gigi pada semua posisi gigi yang didapat dan citra gigi yang terbanyak pada satu posisi gigi yaitu posisi 36 dengan rincian ukuran *resize* citra adalah 256x 256px, 128x128 px, dan 64x64 px, ruang warna keabuan, metode penentuan *ROI manual cropping*, tanpa metode *watershed*.

Hasil yang diperoleh pada skenario pertama dengan 12 data latih dengan semua posisi gigi yang didapat dan 40 data yang diujikan dan dengan ketiga variasi ukuran *resize* adalah 21 citra positif benar, 0 positif palsu, 10 negatif benar, 9 negatif palsu.

Tabel 3.1 Tabel Performansi Skenario 1 Citra Gigi Semua Posisi

Ukuran citra	Citra gigi semua posisi			
	akurasi	sensitivitas	spesifisitas	waktu komputasi
256x256px	77,5 %	70 %	100 %	0.178821
128x128px	77,5 %	70 %	100 %	0.179745
64x64px	77,5 %	70 %	100 %	0.182039

Sedangkan, hasil yang diperoleh pada skenario pertama dengan 6 data latih dengan posisi gigi yang sama yaitu gigi 36 dan 40 data yang diujikan dan dengan ketiga variasi ukuran *resize* adalah 24 citra positif benar, 0 positif palsu, 10 negatif benar, 6 negatif palsu.

Tabel 3.2 Tabel Performansi Skenario 1 Citra Gigi Satu Posisi

Ukuran citra	Citra gigi satu posisi			
	akurasi	sensitivitas	spesifisitas	waktu komputasi
256x256px	85%	80%	100%	0.181789
128x128px	85%	80%	100%	0.178783
64x64px	85%	80%	100%	0.182491

2. Hasil Pengujian Skenario 2

Pengujian skenario kedua merupakan pengujian performansi yang dilakukan dengan citra gigi pada semua posisi gigi yang didapat dan citra gigi yang terbanyak pada satu posisi gigi dengan rincian ukuran *resize* citra adalah 256x 256px, 128x128 px, dan 64x64 px, ruang warna keabuan, dan ditambah dengan *image enhancement* berupa *histogram equalization*, dengan metode penentuan *ROI* menggunakan metode *watershed*.

Hasil yang diperoleh pada skenario ketiga dengan 12 data latih dengan semua posisi gigi yang didapat dan 40 data yang diujikan dan tanpa penambahan *histogram equalization* dengan penentuan *ROI watershed* adalah 14 citra positif benar, 0 positif palsu, 10 negatif benar, 16 negatif palsu.

Tabel 3.3 Tabel Performansi Skenario 3 Citra Gigi Semua Posisi dengan *Watershed*

Ukuran citra	Citra gigi semua posisi dengan watershed			
	akurasi	sensitivitas	spesifisitas	waktu komputasi
256x256px	60%	46,67%	100%	0.113391
128x128px	60%	46,67%	100%	0.115778
64x64px	60%	46,67%	100%	0.116384

Hasil yang diperoleh pada skenario ketiga dengan 6 data latih dengan posisi gigi yang sama yaitu gigi 36 dan 40 data yang diujikan dan tanpa *histogram equalization* dengan penentuan *ROI watershed* adalah.

1. untuk *resize* 256x256px : 19 citra positif benar, 0 positif palsu, 10 negatif benar, 11 negatif palsu.
2. untuk *resize* 128x128px dan 64x64px : 20 citra positif benar, 0 positif palsu, 10 negatif benar, 10 negatif palsu.

Tabel 3.4 Tabel Performansi Skenario 3 Citra Gigi Satu Posisi dengan *Watershed*

Ukuran citra	Citra gigi satu posisi dengan watershed			
	akurasi	sensitivitas	spesifisitas	waktu komputasi
256x256px	72,5%	63,33%	100%	0.118268
128x128px	75%	66,67%	100%	0.112979
64x64px	75%	66,67%	100%	0.122159

3 Kesimpulan

1. Implementasi pengolahan citra radiograf periapikal menggunakan metode *PCA* tanpa menggunakan metode *watershed* sebagai metode untuk menentukan *ROI* mampu mendeteksi pulpitis dengan hasil performansi yang lebih baik.
2. Metode *marker controlled watershed* sulit diimplementasikan untuk mensegmentasi bagian pulpa karena tingkat keabuan dari gigi bagian pulpa relatif sama dengan bagian gigi yang lain.
3. Perubahan ukuran *resize* saat *pre-processing* tidak mempengaruhi hasil performansi sistem seperti tingkat akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas.
4. Verifikator yang dibuat mampu membedakan gambar *non-radiograf* periapikal dengan radiograf periapikal dengan baik, dengan tingkat spesifisitas 100% pada setiap skenario pengujian.
5. Performansi terbaik yang diperoleh dari semua pengujian adalah pada skenario pertama menggunakan citra latih satu posisi (gigi 36), dengan tingkat akurasi 85%, sensitivitas 80%, spesifisitas 100%, dan waktu komputasi rata rata 0.178783 detik.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Louis I. Grossman, Grossman's Endodontics Practice, 12th ed., B. Suresh Chandra and V. Gopi Krishna, Eds. India: Wolters Kluwer Health, 2010.
- [2] Widodo, Trijoedani. Respons imun humoral pada pulpitis (Humoral immune response on pulpitis). Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi) 38.2, 2005: 49-51.
- [3] Sridhar, Bitra. Finding 3D Teeth Positions by Using 2D Uncalibrated Dental X-ray Images. Diss. Blekinge Institute of Technology, 2010.
- [4] Kadir, Abdul, and Adhi Susanto. Pengolahan Citra teori dan aplikasi. ANDI, Yogyakarta, 2012.
- [5] Vickie P. Overman, Introduction to Dental Anatomy, Crest + Oral-B at dentalcare.com Continuing Education Course, 2001.
- [6] N. Dio. (November, 2011) Mengenal Anatomi Gigi Manusia. [Online] tersedia di <http://drg.dionella.net/2011/11/28/mengenal-anatomi-gigi-manusia/> [diakses 17 Maret 2016]
- [7] GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E.; EDDINS, Steven L. Digital image using Matlab processing. Person Prentice Hall, Lexington, 2004.
- [8] PURNOMO, Mauridhi Hery; MUNTASA, Arif. Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [9] Anthony McCluskey BSc MB ChB FRCA Abdul Ghaaliq Lalkhen MB ChB FRCA, "Clinical tests: sensitivity and specificity," Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain, vol. VIII, p. 6, 2008.