

SIMULASI DAN ANALISIS DETEKSI PULPITIS MELALUI PERIAPIKAL RADIOGRAF MENGGUNAKAN METODE *LOCAL BINARY PATTERN* DENGAN KLASIFIKASI *FUZZY LOGIC*

Simulation and Analysis Detection of Pulpitis via Radiograph Periapical by Using Local Binary Pattern Method with Fuzzy Logic Classification

Luluk Listyani Ayuningtyas¹, 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

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

Abstrak

Pada tugas akhir ini, dilakukan penelitian untuk mendeteksi pulpitis melalui hasil periapikal radiograf pada gigi. Pulpitis merupakan peradangan pulpa gigi yang menimbulkan rasa nyeri disebabkan oleh bakteri. Pemeriksaan diagnosis pulpitis ini dilakukan melalui tahap pengolahan citra digital. Tahapan yang dilakukan untuk proses deteksi pulpitis, meliputi: *pre-processing*, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah LBP (*Local Binary Pattern*) dengan klasifikasi *Fuzzy Logic*. Berdasarkan hasil pengujian, LBP memberikan nilai ekstraksi ciri yang cukup akurat dengan waktu komputasi yang terhitung cepat. Hasil dari penelitian tugas akhir ini adalah mendapatkan tingkat akurasi mencapai 80% dengan waktu komputasi 1.88267 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 pulpitis.

Kata kunci: periapikal radiograf, pulpitis, LBP, fuzzy logic

Abstract

In this final assignment, conducted research to detect pulpitis via radiograph periapical on tooth. Pulpitis is an inflammation of the dental pulp that inflicting pain caused by bacteria .Examination of the diagnosis pulpitis this is done through the digital image processing .The steps of pulpitis detection are: pre-processing, feature extraction, and classification. The feature extraction that used is LBP (Local Binary Pattern) with Fuzzy Logic classification. Based on test results, LBP give a fairly accurate of feature extraction with comparatively fast computing time. The result of this final assignment has 80% accuracy rate rate with the computing time 1.88267 seconds with either good MOS category.. Expected with 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 pulpitis.

Keywords: radiograph periapical, pulpitis, LBP, fuzzy logic

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu kedokteran dan teknologi telah mendorong banyak penelitian yang memanfaatkan pengolahan informasi citra digital sebagai alat bantu diagnosis berbasis komputer. Radiografi merupakan alat penunjang hasil diagnosis. Sebagai contoh nyata, citra hasil rontgen *x-ray* atau radiograf diolah kedalam bentuk digital kemudian dimanfaatkan sebagai citra masukan yang akan diproses lebih lanjut untuk dilakukan pendeteksian penyakit menggunakan pengolahan citra digital.

Gigi merupakan bagian penting dalam tubuh manusia yang berupa tulang keras yang terdapat pada rongga mulut. Menjaga kesehatan gigi sangatlah penting, karena berbagai jenis penyakit dapat terjadi pada gigi. Pulpitis merupakan salah satu penyakit pada gigi yang disebabkan oleh suatu peradangan pulpa akibat bakteri yang masuk ke dalam pulpa bermula dari karies gigi. Pemeriksaan gigi untuk mendiagnosis awal penyakit pulpa adalah dengan cara sondasi, tes teknis dan *electric pulp test* [1]. Pemeriksaan dapat pula dilakukan dengan periapikal radiograf, dimana seluruh lapisan gigi dapat terlihat sehingga dapat dilakukan diagnosis terhadap kondisi kesehatan gigi tersebut.

Melalui pengolahan citra digital dari hasil periapikal radiograf diharapkan dapat membantu ketepatan interpretasi dimana hasil diagnosis akan lebih objektif sehingga dapat menjadi standarisasi untuk setiap kasus. Oleh karena itu, demi menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik, identifikasi penyakit pulpitis pada hasil periapikal radiograf didasarkan pada metode *Local Binary Pattern* (LBP) yang telah terbukti sangat diskriminatif dan keuntungan utamanya, yaitu variasi untuk perubahan tingkat abu-abu monoton dan efisiensi komputasi. Selain itu digunakan metode klasifikasi *fuzzy logic* karena metode klasifikasi ini berbeda dengan metode logika lainnya. *Fuzzy logic* memiliki nilai toleransi antara 0 sampai 1 dimana jika terdapat nilai “abu-abu” keputusan yang diambil dapat lebih adil dan objektif, sehingga dapat memberikan parameter-parameter sesuai ahli dibidang yang ingin diteliti [2]. Dengan identifikasi dan klasifikasi tersebut, deteksi dapat dilakukan dan menghasilkan suatu keluaran dengan membedakan keadaan gigi normal dan gigi yang mengalami gangguan pulpitis, baik pulpitis *reversible* maupun pulpitis *irreversible*.

2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem

2.1 Radiografi Kedokteran Gigi

Radiografi merupakan alat bantu yang sangat penting dalam dunia kedokteran gigi. Radiograf merupakan mata kedua karena hampir seluruh struktur yang tidak dapat dilihat secara kasat mata dapat dilihat dengan radiografi, sehingga banyak sekali hal yang bergantung pada hasil radiografi ini. Radiografi kedokteran gigi memberikan gambaran tentang jaringan keras rongga mulut serta sering pula digunakan untuk mendeteksi karies, penyakit periodontal, gambaran patologis periapikal, neoplasma, kista, gangguan TMJ, trauma gigi/rahang, dapat menentukan lokasi benda asing dan gigi impaksi yang telah tumbuh [3].

2.2 Radiograf Periapikal

Radiograf periapikal merupakan salah satu jenis proyeksi radiografi gigi intra oral yang paling sering digunakan. Pemeriksaan radiografi proyeksi periapikal adalah pemeriksaan radiografi yang hanya dapat menggambarkan beberapa gigi saja (2-4 gigi) secara individual beserta jaringan pendukung di sekitarnya [4]. Teknik radiografi ini memberikan informasi yang terbatas karena merupakan gambar dua dimensi dari obyek tiga dimensi, sehingga penumpukan serta hilangnya detail mungkin terjadi.

2.3 Tinjauan Umum Gigi

Gigi merupakan bagian keras yang terdapat di dalam mulut makhluk vertebrata. Fungsi utama dari gigi adalah sebagai organ vital pada manusia untuk merobek dan mengunyah makanan. Struktur gigi terdiri dari email, dentin dan pulpa. Email merupakan struktur terluar yang paling keras dan memiliki warna paling putih. Dentin merupakan bagian seperti tulang berada dibawah email dan melindungi pulpa. Pulpa merupakan bagian terdalam pada gigi yang dibatasi oleh dinding dentin. Pulpa terdiri dari beberapa bagian, yaitu jaringan ikat, limfe, saraf, dan pembuluh darah [5]. Jaringan ini adalah jaringan pembentuk, penyongkong, dan merupakan bagian integral dari dentin yang mengelilinginya.

2.4 Pulpitis

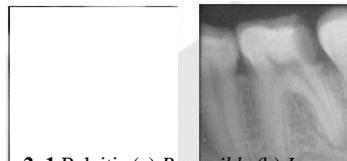
Pulpitis atau inflamasi pulpa terjadi akibat reaksi pertahanan tubuh dari pembuluh darah, syaraf dan cairan sel di jaringan yang mengalami trauma. Ketika kuman mulai menjalar pada pulpa, maka pembuluh darah dan syaraf di dalamnya akan mengalami peradangan, hal inilah yang disebut pulpitis [5]. Pulpitis diklasifikasikan menjadi:

1. Pulpitis *Reversible*

Pulpitis reversible adalah inflamasi pulpa yang tidak parah dan dapat kembali menjadi pulpa normal. Jika penyebabnya dienyapkan, inflamasi akan menghilang dan pulpa akan kembali normal[6].

2. Pulpitis *Irreversible*

Pulpitis irreversible merupakan perkembangan atau kelanjutan dari pulpitis reversible dimana inflamasi parah yang tidak akan bisa pulih walaupun penyebabnya dihilangkan. Lambat atau cepat pulpa akan menjadi nekrosis[6].



Gambar 2. 1 Pulpitis (a) *Reversible* (b) *Irreversible* [6].

2.5 Konsep Dasar Citra

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].

2.6 Citra JPEG

JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) merupakan format yang biasa digunakan untuk menyimpan foto. JPEG ini adalah suatu teknik kompresi hasil citra. Tingkat kompresi citra dapat diatur menyesuaikan dengan besar file dan kualitas gambar.

2.7 Ekualisasi Histogram

Histogram Equalization (HE) merupakan salah satu bagian penting dari beberapa aplikasi pengolahan citra. Tujuan ekualisasi histogram adalah untuk menghasilkan suatu histogram citra yang seragam dimana teknik ini hanya melakukan distribusi ulang terhadap distribusi intensitas dari histogram awal.

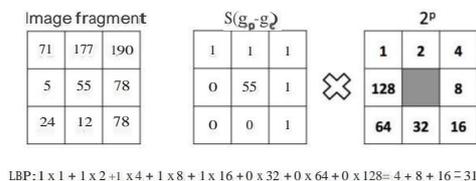
2.8 Local Binary Pattern (LBP)

Local Binary Pattern didefinisikan sebagai ukuran tekstur *grayscale invariant*, berasal dari definisi umum tekstur di daerah sekitar. LBP dilihat sebagai pendekatan kesatuan dengan model statistik dan struktur tradisional berbeda dari analisis tekstur [8]. Operator LBP adalah salah satu deskriptor tekstur terbaik dan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang terbukti sangat diskriminatif. Keuntungan utama LBP adalah variasi untuk perubahan tingkat abu-abu monoton dan efisiensi komputasi, membuatnya cocok untuk tugas gambar yang menuntut analisis.

Secara sederhana, LBP adalah sebuah kode biner yang menggambarkan pola tekstur lokal. Hal ini didefinisikan sebagai memerintahkan set perbandingan biner intensitas pixel antara pusat dan delapan pixel sekitarnya [9]. Setiap pixel memiliki nilai hasil *grayscale*, kemudian dilakukan *threshold* berpusat pada titik tengah. Pixel yang memiliki nilai sama atau lebih dibandingkan dengan titik tengah diberi nilai 1 selain itu diberi nilai 0. Kemudian nilai LBP didapat dari penjumlahan dua pangkat nilai angka yang bernilai satu.

$$I_{LBP} = \sum_{p=0}^{P-1} 1_{I_p \geq I_c} 2^p ; I_p = \begin{cases} 1 & I_p \geq I_c \\ 0 & I_p < I_c \end{cases}$$

Operator pada LBP memiliki label yang ditandai dengan P dan R. P mewakili jumlah pixel tetangga yang digunakan dalam komputasi sementara R adalah radius antara pixel titik pusat dan pixel tetangga [10].

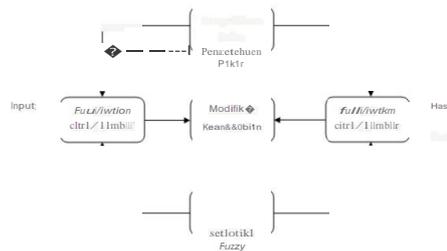


Gambar 2. 2 Proses Perhitungan Pixel LBP [10]

2.9 Fuzzy Logic

Logika fuzzy merupakan sebuah teori yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof. lotfi A. Zadeh. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy, dimana peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting [2].

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Dalam perkembangannya, logika fuzzy banyak digunakan di berbagai bidang karena konsepnya yang mudah dimengerti dan sangat fleksibel serta memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Selain itu, logika fuzzy juga mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks dan dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.



Gambar 2. 3 Proses *Fuzzy Logic* dalam Pengolahan Citra Digital [2]

Bahasa yang digunakan *fuzzy logic* disebut dengan variabel linguistik seperti besar, kecil, sedang, pelan, agak cepat, dan cepat. Dalam *fuzzy image processing* ada tiga tahapan utama, yaitu proses fuzzifikasi, modifikasi nilai keanggotaan, dan defuzzifikasi [2].

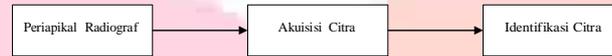
2.10 Neuro Fuzzy

Neuro Fuzzy adalah gabungan dari dua sistem logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan. Sistem neuro fuzzy berdasar pada sistem fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. Dengan kemampuannya untuk belajar, maka sistem neuro fuzzy ini sering disebut dengan ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Interference System) [11].

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (fuzzy inference system). Dengan penggunaan suatu prosedur hybrid learning, ANFIS dapat membangun suatu mapping input-output yang keduanya berdasarkan pada pengetahuan manusia (pada bentuk aturan fuzzy if-then) dengan fungsi keanggotaan yang tepat. ANFIS dapat bertindak sebagai suatu dasar untuk membangun satu kumpulan aturan *fuzzy if-then* dengan fungsi keanggotaan yang tepat, yang berfungsi untuk menghasilkan pasangan input-output yang tepat [12].

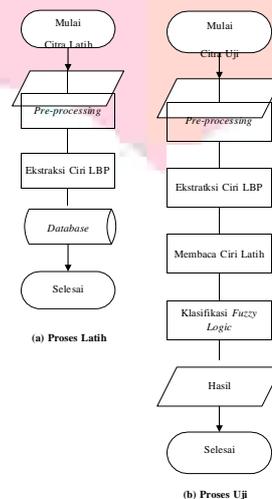
2.11 Perancangan Sistem

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



Gambar 2.4 Blok Diagram Model Sistem

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



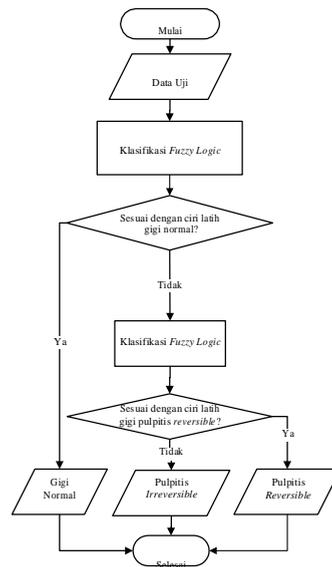
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Identifikasi (a) Proses Latih dan (b) Proses Uji

Semua parameter hasil ekstraksi ciri LBP digunakan untuk melakukan deteksi pulpitis dengan klasifikasi menggunakan *fuzzy logic*. Sistem *fuzzy* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sistem ANFIS. Deteksi pulpitis ini pada dasarnya dikelompokkan menjadi 3 kelas, yaitu gigi normal, gigi pulpitis *irreversible*, atau gigi pulpitis *reversible*. 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 *anfis fuzzy logic*.

Deteksi pulpitis ini pada dasarnya dikelompokkan menjadi 3 kelas, yaitu gigi normal, gigi pulpitis *irreversible*, atau gigi pulpitis *reversible*. 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 *anfis fuzzy logic*.

Pada tahap ekstraksi ciri LBP, *output* yang dihasilkan adalah citra LBP dengan nilai dan tingkat keabuan yang lebih variatif. Citra hasil LBP memperlihatkan tekstur dari gigi itu sendiri dalam suatu derajat keabuan, sedangkan histogram LBP memperlihatkan nilai ciri dari matriks keluaran LBP dengan sumbu x sebagai nilai piksel dan sumbu y sebagai probabilitas nilai yang muncul pada matriks LBP.

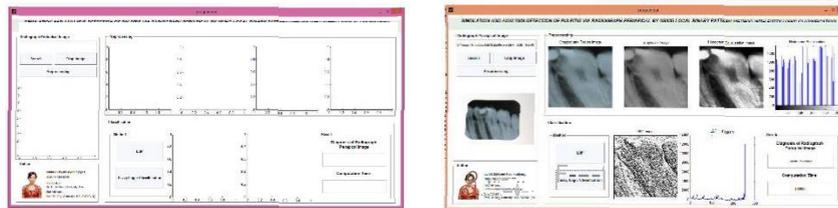
Pada tahap klasifikasi, hasil ciri uji ekstraksi ciri akan dihitung jaraknya berdasarkan jarak terdekatnya hasil ciri latih. Jika hasil yang ciri uji mendekati nilai ciri latih pada *database array* yang tersedia maka citra uji tersebut memiliki nilai benar. Ketika citra uji bernilai benar, maka akan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



Gambar 2.6 Diagram Alir Klasifikasi

2.12 Pemodelan Sistem

Sistem aplikasi deteksi pulpitis ini dirancang dengan menggunakan *software* Matlab sebagai interface program. Berikut adalah tampilan GUI dari simulasi deteksi pulpitis menggunakan metode *Local Binary Pattern* dengan klasifikasi *fuzzy logic*.



Gambar 2.7 Tampilan GUI (a) Interface Awal (b) Setelah Running Program

3. Pembahasan

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

3.1 Tahapan Pengujian

Citra masukan berupa citra hasil periapikal radiograf yang secara manual diambil menggunakan kamera 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

Hasil periapikal radiograf gigi dengan berjumlah 45 dengan rincian 15 citra untuk setiap kelas baik pada kelas gigi normal, pulpitis reversible, dan pulpitis irreversible dijadikan citra latihan yang akan disimpan sebagai database. Citra uji yang digunakan juga merupakan hasil periapikal radiograf dengan diagnosis 15 citra pulpitis reversible, 15 citra gigi normal, dan 15 citra pulpitis irreversible.

Citra uji yang telah diakuisisi, dijadikan sebagai input pada proses pre-processing. Pada proses *pre-processing* ini, dilakukan *cropping* dan *resize* citra menjadi 256x256 karena citra yang diperoleh memiliki ukuran yang berbeda. Citra periapikal radiograf didapatkan dari gigi yang mempunyai letak dan posisi yang berbeda, oleh karena itu sebelum proses dimulai citra telah disesuaikan posisinya menjadi citra dengan posisi akar gigi dibawah dan mahkota gigi diatas. Setelah itu citra diubah menjadi citra keabuan (*grayscale*) sehingga menjadi citra dengan satu *layer*. Kemudian dilakukan proses ekualisasi histogram yang bertujuan

untuk memperbaiki gambar dari histogram awal dengan menyamakan penyebaran tingkat keabuan histogram. Berikut adalah hasil citra periapikal radiograf yang telah melalui proses pre-processing.

2. Tahap Kedua

Setelah pre-processing, kemudian dilakukan proses ekstraksi ciri dengan menggunakan metode ekstraksi ciri *LBP (Local Binary Pattern)*. Tahap ini dilakukan untuk menentukan ciri dari masing-masing citra dengan menghitung nilai tiap parameter sesuai dengan ketentuan pada metode LBP. Metode pola ketetanggaan yang digunakan adalah LBP [8,1] dengan parameter radius = 8 dan sampling point = 1.

3. Tahap Ketiga

Setelah ekstraksi ciri, kemudian dilakukan proses deteksi atau pengelompokan citra menjadi beberapa kelas dimana terdapat kelas gigi normal, pulpitis *reversible*, dan pulpitis *irreversible* dengan menggunakan klasifikasi anfis fuzzy logic. Parameter yang digunakan antara lain *epoch* dengan nilai 100, 250, dan 500 serta *goal* dengan nilai 0, 0.001, dan 0.005.

4. Tahap Keempat

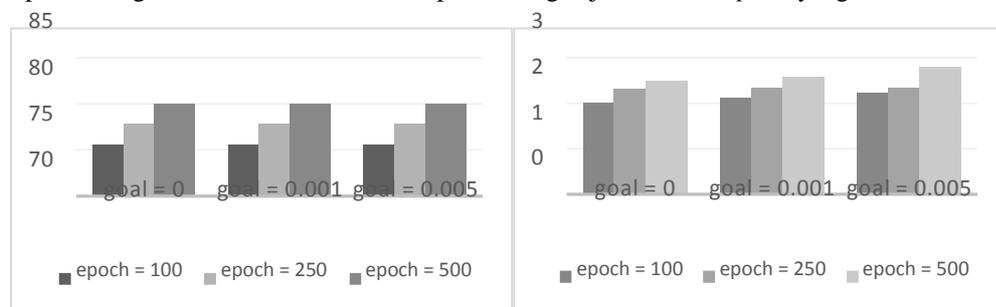
Tahap terakhir yaitu tahap pengujian untuk memperoleh tingkat akurasi yang sesuai dan waktu komputasi yang efisien dengan mengubah parameter dari metode LBP dan fuzzy logic.

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 ini merupakan pengujian terhadap akurasi dilakukan dengan mengubah parameter ekstraksi ciri dan klasifikasi untuk memperoleh akurasi tertinggi. Pada bagian ini akan dilihat pengaruh perubahan parameter ekstraksi ciri dan klasifikasi terhadap akurasi yang diperoleh. Pada ekstraksi ciri LBP dan klasifikasi *Fuzzy Logic*, parameter yang diubah adalah nilai *epoch*. Pada pengujian ini dilakukan pengujian terhadap 55 citra menjadi 20 citra pulpitis *irreversible*, 15 citra gigi normal, dan 20 citra pulpitis *reversible*. Pengujian akurasi sistem dilakukan untuk membandingkan hasil akurasi yang didapat. Berikut adalah perbandingan akurasi serta waktu komputasi dengan jumlah nilai *epoch* yang berbeda:

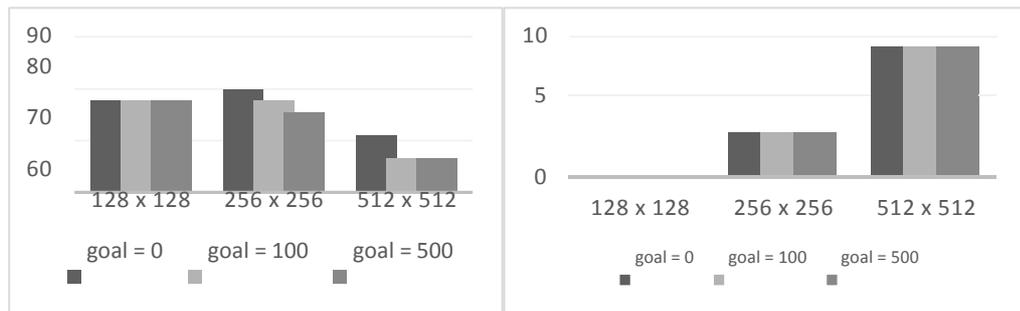


Gambar 3. 1 Hasil Pengujian Terhadap Akurasi (a) Akurasi Sistem (b) Waktu Komputasi Sistem

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil akurasi maksimal adalah 80% pada saat nilai *epoch* = 500, dengan nilai *goal* = 0, 0.005, dan 0.001. Waktu komputasi rata-rata yang diperoleh dari nilai *epoch* = 500 dan nilai *goal* = 0, 0.005, dan 0.001 adalah 2.6151 ms untuk setiap satu kali proses pengujian citra.

2. Pengujian Skenario 2

Selain berdasarkan pada parameter ekstraksi ciri dan klasifikasi sistem, nilai dari akurasi dan waktu komputasi juga dipengaruhi oleh kesamaan banyaknya jumlah piksel yang dibandingkan. Setiap piksel akan berpengaruh pada perhitungan ekstraksi ciri dimana akan memunculkan nilai akurasi baru dan jumlah piksel yang ada pun mempengaruhi waktu komputasi sistem. Semakin besar piksel pasti semakin lama pula waktu komputasinya. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan citra uji dengan ukuran piksel 128x128, 256x256, dan 512x512 dengan nilai *epoch*=500 dan parameter *goal* di-set berbeda. Dari ketiga ukuran piksel tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 3.2 Hasil Pengujian Terhadap Ukuran Piksel (a) Akurasi Sistem (b) Waktu Komputasi Sistem

Dari hasil pengujian piksel diperoleh hasil akurasi maksimal adalah 80% pada saat nilai *epoch* = 500, *goal* = 0 untuk piksel citra berukuran 256x256 dengan waktu komputasi 2.4893 ms.

3. Pengujian Skenario 3

Kualitas citra juga memiliki pengaruh terhadap pengujian sistem. *Image enhancement* atau perbaikan citra mempengaruhi akurasi dalam pengujian sistem. Secara logika, semakin baik kualitas citra masukan maka semakin baik pula hasil keluaran yang diharapkan. Pada tugas akhir ini, jenis *image enhancement* yang digunakan dalam pengujian adalah HE (*Histogram Equalization*), AHE (*Adaptive Histogram Equalization*), MAHE (*Median Adaptive Histogram Equalization*), CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*), dan SCLAHE (*Sharp Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*). Untuk parameter yang digunakan antara lain HE dengan rentang 255, untuk AHE dan MAHE dengan *window* 64, dan untuk CLAHE dan SCLAHE dengan *cliplimit* 255. Citra yang digunakan adalah citra berukuran 256x256 piksel dengan nilai *epoch* = 500 dan *goal* = 0 untuk tahap klasifikasi.



Gambar 3.4 Hasil Pengujian dengan *Image Enhancement* (a) Akurasi Sistem (b) Waktu Komputasi Sistem

Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik adalah dengan menggunakan metode *image enhancement* MAHE dengan *window* 64. Akurasi yang dicapai adalah 80 % dengan waktu komputasi 1.88267 detik.

4 Kesimpulan

1. Implementasi periapikal radiograf menggunakan Local Binary Pattern dan klasifikasi Fuzzy Logic mampu mendeteksi penyakit pulpitis.
2. Skala dan orientasi LBP pada ekstraksi ciri menentukan hasil ciri yang diperoleh pada suatu citra. Agar sistem memperoleh waktu komputasi yang efisien skala ciri yang digunakan 8.
3. Untuk tingkat akurasi yang paling baik dalam mendeteksi sistem dengan melalui tahap klasifikasi fuzzy logic dengan menggunakan nilai *epoch* = 500 dan *goal* = 0 adalah 80%. Rata-rata waktu komputasi yang dibutuhkan sistem tersebut yaitu 2.4893 detik.
4. Jika menggunakan metode *image enhancement*, tingkat akurasi tertinggi diperoleh dengan menggunakan metode MAHE dan melalui tahap klasifikasi fuzzy logic dengan nilai *epoch*=500, *goal* = 0, ukuran piksel 256x256 adalah sebesar 80%. Rata-rata waktu komputasi yang dibutuhkan sistem tersebut yaitu 1.88267 detik.

DAFTAR REFERENSI

- [1] B. Shridar dan D. V. Prasad, Finding 3D Teeth Positions by Using 2D Uncalibrated Dental X-Ray Images, Blenkinge Institute of Technology, 2010.
- [2] G. J. Klir dan B. Yuan, Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems, Singapore: Wordl Scientific, 1996.

- [3] Margono, Radiografi Intraoral, Jakarta: EGC, 1998.
- [4] M. S. Prof. Dr. drg. Suhardjo, Radiografi Periapikal, EGC, 2013.
- [5] Groszman, Ilmu Endodontik dalam Praktek, Jakarta: EGC, 1995.
- [6] N. Garg dan A. Garg., Textbook of Endodontics. 2nd edition, New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd., 2010.
- [7] D. Putra, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta: Andi, 2010.
- [8] O. T., Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions, IEEE Piscataway, 1994.
- [9] A. T., H. A. dan P. M., "Face Recognition with Local Binary Patterns," *Spinger-Verlag Berlin Haidelberg*, pp. 1-13, 2004.
- [10] García-Olalla, "García-Olalla," *EURASIP Journal*, no. Image and Video Processing, 2013.
- [11] S. Chinnasamy, "Performance improvement of fuzzy-based algorithms," *IET*, vol. 8, no. 6, p. 319–326, 2012.
- [12] J. S. R. Jang, C. Sun dan E. Mizutani, Neuro Fuzzy and Soft Computing, New Jersey: Prentice-Hall International, 1997.