

PENINGKATAN KUALITAS CITRA PERIAPIKAL RADIOGRAF PADA PROSES DETEKSI PULPITIS

IMAGE ENHANCEMENT OF PERIAPICAL RADIOGRAPH ON PULPITIS DETECTION PROCESS

¹Putu Wahyu Saputra ²Dr.Ir.Bambang Hidayat, DEA ³Prof. Dr.Drg. Suhardjo, MS, SpRKG (K)

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³ Prodi Kedokteran Gigi – Universitas Padjajaran

¹wahyusaputra@students.telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Hasil radiologi gigi biasanya diambil dengan radiasi yang rendah sehingga menyebabkan gambar terlihat gelap, kontras yang lemah, dan terdapat banyak noise. Hal ini menjadi kendala bagi para dokter gigi untuk menginterpretasi penyakit gigi, salah satunya adalah pulpitis. Tugas Akhir ini menerapkan metode peningkatan kualitas citra digital pada periapikal radiograf pulpitis yaitu Adaptive Histogram Equalization (AHE), Median Adaptive Histogram Equalization (MAHE) menggunakan parameter window size, Contrast Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), dan Sharp Contrast Adaptive Histogram Equalization (SCLAHE) menggunakan parameter clip limit. Tiap citra periapikal radiograf RGB akan dipecah komponennya menjadi komponen R, G, dan B. Tiap metode akan diaplikasikan pada masing-masing komponen tersebut. Kemudian skor kuantitatif menggunakan Contrast Improvement Index (CII) dihitung pada masing-masing citra. Citra asli dan citra hasil image enhancement diperiksa oleh dokter gigi dari patologi periapikal. Dari hasil pemeriksaan, komponen citra Red menghasilkan kualitas citra yang lebih baik untuk image enhancement dibandingkan Green, Blue, dan Original. Tugas akhir ini menunjukkan bahwa metode CLAHE menjadi metode yang paling baik dalam meningkatkan kualitas citra periapikal radiograf pulpitis dengan nilai CII rata-rata 1.001.

Kata kunci : periapikal radiograf, pulpitis, ekualisasi histogram

ABSTRACT

Dental radiology results are usually taken with a low radiation resulting picture looks dark, weak contrast, and there is a lot of noise. This is an obstacle for the dentist to interpret dental disease, one of which is pulpitis. This final project applying image enhancement method on digital periapical radiographs namely Adaptive Histogram Equalization pulpitis (AHE), Median Adaptive Histogram Equalization (Mahe) using the parameter window size, Adaptive Contrast Histogram Equalization (CLAHE), and Adaptive Histogram Equalization Sharp Contrast (SCLAHE) using the parameter clip limit. Each image periapical radiographs RGB components will be split into components R, G, and B. Each method will be applied to each of these components. Subsequently a quantitative score using Contrast Improvement Index (CII) is calculated for each image. The original image and the enhanced image examined by a dentist from periapical pathology. From the results of the examination, Red image component produces better image quality for image enhancement than Green, Blue, and Original. This final project shows that the method CLAHE is the best method to improve image quality periapical radiographs pulpitis with an average value of CII 1,001.

Keywords: periapical radiographs, pulpitis, histogram equalization

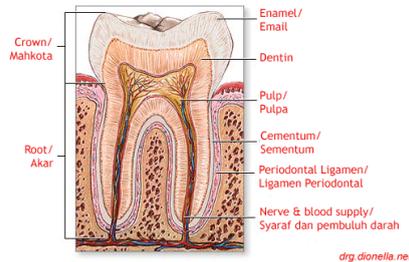
I. Pendahuluan

Dalam bidang kesehatan saat ini, radiologi mempunyai peran penting dalam hal diagnosis penyakit melalui gambar x-ray. Tidak hanya untuk bidang kesehatan pada umumnya, hal ini juga berlaku untuk bidang kedokteran gigi dimana gambar x-ray membantu dokter gigi untuk menentukan tindakan yang tepat bagi pasien. Salah satu penyakit yang dapat dideteksi melalui gambar rontgen adalah pulpitis. pulpitis adalah fenomena peradangan dalam jaringan pulpa yang merupakan kelanjutan dari hiperemi pulpa, yaitu bakteri yang telah menggerogoti jaringan pulpa. Penyakit ini dapat dideteksi oleh dokter gigi apabila dilakukan pemotretan melalui sinar x-ray. Namun kadang-kadang permasalahan yang terjadi adalah rendahnya kontras dan banyaknya noise menyebabkan kualitas gambar x-ray menjadi rendah. Bertitik tolak dari permasalahan diatas penulis memberikan solusi menggunakan teknik peningkatan kualitas citra untuk meningkatkan kontras citra sehingga citra periapikal dapat terinterpretasi dengan baik. Terdapat banyak metode peningkatan kualitas citra yang diterapkan dalam bidang radiologi . Salah satunya adalah histogram equalization. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan kontras. Variasi dari teknik ini seperti *Adaptive Histogram Equalization* (AHE) dan *Contrast Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) telah banyak digunakan dalam hal meningkatkan kontras pada gambar medis. [1] [2] [3] Sedangkan dalam radiologi gigi masih dalam tahap pengembangan dan riset. [4]

II. Dasar Teori

2.1 Gigi

Gigi adalah struktur seperti tulang keras di rahang manusia yang digunakan untuk menggigit dan mengunyah. [5] Selain itu, gigi berfungsi untuk mempertahankan jaringan pendukung gigi supaya tetap dalam keadaan baik dan terikat dengan erat dalam lengkung gigi serta membantu dalam perkembangan dan perlindungan jaringan-jaringan di bawahnya.



Gambar 2. 1 Gigi dan bagiannya [6]

Pulpa adalah jaringan terdalam dari gigi. Pulpitis adalah peradangan pada pulpa gigi yang dihasilkan dari karies yang tidak diobati, trauma, atau beberapa restorasi. Gejala utamanya adalah nyeri. Diagnosis didasarkan pada temuan klinis dan dikonfirmasi di x-ray. Pengobatan yang dilakukan seperti menghilangkan pembusukan, memulihkan gigi rusak, dan kadang-kadang melakukan terapi kanal akar atau mengekstraksi gigi. [7] Penyakit pulpa dapat diklasifikasikan dalam pulpitis (reversibel dan ireversibel), degenerasi pulpa, dan nekrosis. [8]

2.1.1 Pulpitis Reversibel

Ini adalah tahap pertama di mana pulpa memiliki gejala. Terdapat respon hipersensitif yang tajam terhadap dingin, tetapi rasa sakit reda ketika stimulus dihilangkan. Pasien akan mengalami gejala nyeri sesaat dan tidak dapat menemukan sumber rasa sakit. Tahap ini dapat berlangsung selama satu bulan atau bertahun-tahun. [7]

Ada beberapa cara perawatan pulpitis reversibel, yaitu menghilangkan iritan dan menutup serta melindungi dentin yang terbuka atau pulpa vital biasanya akan menghilangkan gejala (jika ada gejala) dan memulihkan proses inflamasi pulpa. Akan tetapi jika iritasi pulpa berlanjut atau intensitasnya meningkat akibat hal-hal yang telah disebutkan diatas, inflamasi akan berkembang menjadi sedang bahkan parah yang akhirnya akan menjadi pulpitis ireversibel dan bahkan nekrosis. [9]

2.1.2 Pulpitis Ireversibel

Pulpitis ireversibel dapat diklasifikasikan sebagai simptomatik dan asimtomatik. Ini adalah suatu kondisi klinis yang terkait dengan subjektif dan temuan obyektif menunjukkan adanya peradangan parah pada jaringan pulpa. Pulpitis ireversibel sering merupakan perkembangan dari pulpitis reversibel. Kerusakan pulpa yang parah dari penghapusan dentin yang luas selama prosedur operasi atau penurunan aliran darah pulpa akibat trauma atau gerakan ortodontik gigi juga dapat menyebabkan pulpitis ireversibel. Pulpitis ireversibel adalah proses inflamasi parah yang tidak akan hilang bahkan jika penyebabnya dihilangkan. Pulpa tidak mampu sembuh dan perlahan atau cepat akan menjadi nekrotik. Pulpitis ireversibel dapat ditandai dengan gejala nyeri spontan dan lama. Ini juga dapat berupa asimtomatik tanpa tanda-tanda dan gejala klinis. Perawatan yang dapat dilakukan bagi pasien dengan penyakit pulpitis ireversibel antara lain pulpektomi, perawatan saluran akar gigi dan pencabutan gigi. [7]

2.2 Histogram Equalization

Ekualisasi histogram adalah teknik untuk mengubah nilai intensitas citra sehingga penyebarannya seragam (uniform). Tujuan ekualisasi histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah piksel yang relatif sama. Jika histogram awal memiliki beberapa puncak dan lembah maka histogram hasil ekualisasi akan tetap memiliki puncak dan lembah. Akan tetapi puncak dan lembah tersebut akan digeser. Distribusi ulang terhadap histogram awal dilakukan dengan memetakan setiap nilai piksel pada histogram awal menjadi nilai piksel baru dengan cara sebagai berikut. [10]

$$g = \max(0, \left\lfloor \frac{(l-1) * c}{N} \right\rfloor) \quad \dots\dots(2.1)$$

Dengan $n(g)$ adalah nilai piksel baru, N menyatakan banyaknya piksel pada citra (bila citra berukuran 8×8 maka N adalah 64), g menyatakan nilai gray level awal yang nilainya dari $1 \dots L-1$ (L menyatakan nilai gray level maksimum). Sedangkan $c(g)$ menyatakan banyaknya piksel yang memiliki nilai sama dengan g atau kurang yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut. [10]

$$c(g) = \sum_{\#=1}^g h(\#), \quad g = 1, 2, \dots, l-1 \quad (2.2)$$

2.2.1 Adaptive Histogram Equalization

Pada dasarnya ekualisasi histogram adaptif sama dengan ekualisasi histogram di atas. Hanya saja pada ekualisasi histogram adaptif, citra dibagi menjadi blok-blok (sub-image) dengan ukuran $n \times n$, kemudian pada setiap blok dilakukan proses ekualisasi histogram. Blok-blok tersebut disebut region size. Ukuran blok (n) dapat bervariasi dan setiap ukuran blok akan memberikan hasil yang berbeda. [10] Ide utama dalam adaptif histogram ekualisasi adalah untuk menemukan pemetaan untuk setiap piksel berdasarkan lingkungan lokal distribusi grayscale. [11] Dengan menerapkan AHE, kontras pada citra akan meningkat tanpa ada bagian yang terlewatkan. Kendala dari AHE adalah kekontrasan seluruh bagian mengakibatkan noise di sekitar citra juga ikut meningkat, yang menyebabkan noise akan semakin nyata.

2.2.2 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

CLAHE adalah metode adaptif peningkatan kontras. Hal ini didasarkan pada Adaptive Histogram Equalization (AHE). CLAHE merupakan penyempurnaan dari AHE dimana perhitungan tambahan dimodifikasi dengan memberlakukan tingkat klip, terutama ke daerah homogen. Karakteristik dari daerah homogen adalah puncak tertinggi histogram pada suatu region size, dimana daerah lainnya memiliki intensitas piksel yang sama. Penyempurnaan tersebut mencegah noise over enhancement dan mengurangi efek edge shadowing dari AHE. Ukuran wilayah kontekstual piksel dan tingkat klip histogram adalah parameter CLAHE. [9] [12]

2.2.3 Median Adaptive Histogram Equalization

Teknik MAHE menggabungkan, median filtering dan metode AHE. Median filter diperkenalkan sebagai salah satu yang teknik pra-pengolahan untuk mengurangi kebisingan dan mengidentifikasi dampak terhadap kontras gambar gigi. Teknik ini memperbarui nilai piksel dalam urutan menaik. [4] [13]

$$I(s,t) = \{ \dots \} \dots (2.3)$$

$$(s,t) \in S_{xy}$$

Nilai asli dari piksel diikutkan dalam komputasi median. Filter median sangat populer karena untuk tipe-tipe noise tertentu, filter ini memberikan kemampuan reduksi noise yang sangat baik dengan *blurring* yang lebih sedikit linear smoothing filter untuk ukuran citra yang sama. Filter median memberikan hasil yang sangat bagus untuk citra yang terkena noise impulse bipolar dan unipolar.

2.2.4 Sharp Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

SCLAHE terdiri dari kombinasi penajaman citra dan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). Tujuan menggunakan sharpening filter adalah untuk mempertajam garis besar fitur periapikal. Karya ini dimanfaatkan Laplacian Filter untuk melakukan proses pencitraan. Laplacian mendeteksi garis-garis besar objek dengan convolving masker dengan matriks berpusat pada pixel sasaran. Laplacian mendeteksi tepi menggunakan masker seperti pada Gambar 2.2 [4]

	-1	
-1	4	-1
	-1	

Gambar 2.2 Laplacian Edge Detection

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Gambaran Umum Perancangan Sistem

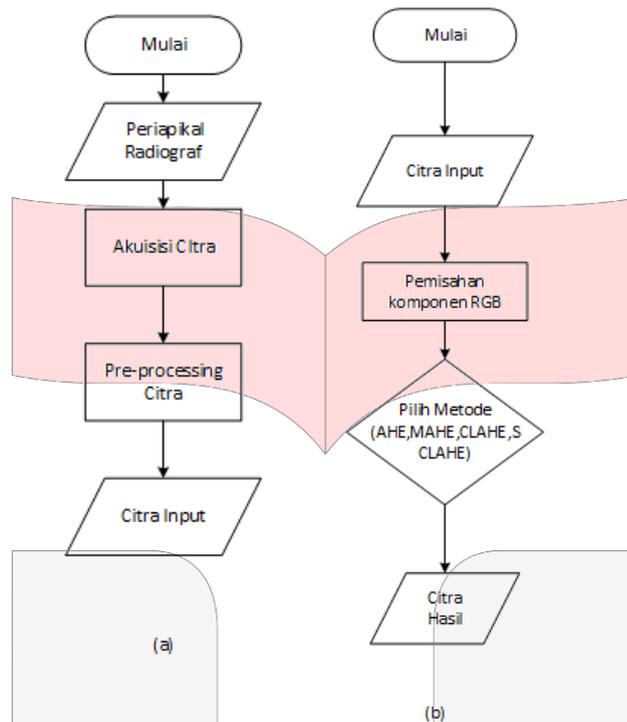
Dalam perancangan dan implementasi sistem ini dijelaskan alur pembuatan program dan penjelasan detail pada setiap tahapannya. Untuk memberikan batasan yang jelas dan lebih terarah dalam perancangan system perbaikan kualitas periapikal radiograf menggunakan metode *Adaptive Histogram Equalization*, *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*, *Sharp Limited Adaptive Histogram Equalization*, dan *Median Adaptive Histogram Equalization*. Secara umum tahap perancangan sistem dapat digambarkan dalam diagram blok sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram blok Model Sistem

Proses akuisisi atau perekaman citra berasal dari hasil periapikal radiograf yang di dapat dari Rumah Sakit Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran secara offline menggunakan kamera DLSR dan

handphone. Dalam hal ini citra yang diperoleh memiliki ukuran yang bervariasi. Untuk menyeragamkan ukuran citra akan ada proses cropping dan resize pada sistem. Citra gigi yang diperoleh dilakukan proses identifikasi dengan proses *image enhancement*. Tahap *image enhancement* akan dilakukan terhadap data input yang berupa citra periapikal radiograf hasil dari tahap *pre-processing*. Selanjutnya, data tersebut akan dipecah ke dalam komponen layer R,G, dan B. Setelah itu tiap layer masuk ke metode *image enhancement*. Setelah itu hasil dari tiap citra akan diuji dengan kuisioner yang ditujukan kepada para ahli radiolog dan dokter gigi untuk dibandingkan satu sama lain sehingga mendapatkan komponen citra yang digunakan sebagai model utama pada sistem untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 3. 2 (a) Diagram Alir tahap Pre-processing dan (b) Proses Image Enhancement

3.2 Performansi Sistem

Setelah melakukan proses *image enhancement*, selanjutnya dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performansi sistem sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangan sistem. Performansi sistem dapat diukur berdasarkan parameter sebagai berikut:

1. Contrast Improvement Index (CII)

$$CII = \frac{f - b}{f + b} \dots \dots (3.2)$$

di mana kedua nilai kontras untuk *region of interest* dalam gambar yang diproses dan gambar asli masing-masing. Suatu nilai C berasal dari berikut

$$C = \frac{f - b}{f + b} \dots \dots (3.3)$$

di mana f adalah nilai *gray-level* rata-rata *foreground* dan b adalah nilai *gray-level* rata-rata *background*. Nilai CII yang tinggi menunjukkan performansi peningkatan kualitas citra yang lebih baik. [1] [2]

1. Waktu Komputasi

Pada sistem ini, waktu komputasi dihitung dengan menggunakan *Tic toc* pada proses *enhancement*, sehingga diperoleh waktu komputasi masing-masing metode

2. Mean Opinion Score

Para dokter dan radiolog yang diposisikan sebagai kuisioner responden. Kuisioner tahap pertama diberikan untuk menentukan komponen warna yang memberikan kualitas citra paling baik untuk diproses selanjutnya. Kuisioner kedua diberikan untuk menentukan *grade* citra dari masing-masing metode. Hasil kuisioner akan dibandingkan dengan CII.

IV. PENGUJIAN SITEM DAN ANALISIS

Untuk mengetahui performansi sistem yang telah dirancang, maka perlu dilakukan pengujian terhadap

sistem yang telah dikembangkan. Dalam pengujian akan diukur seberapa besar tingkat keberhasilan sistem yang dirancang dengan melakukan analisis terhadap beberapa parameter.

4.1 Spesifikasi Sistem

Berikut ini adalah uraian spesifikasi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam sistem peningkatan kualitas pada periapikal radiograf pulpitis.

4.1.1 Perangkat Keras

Notebook yang digunakan adalah Asus dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Model : Asus A43SA Series
2. Processor : Intel Core i5 – 2430M, 2.4 GHz
3. Grafis : AMD Radeon® HD 6730M dengan 2GB DDR3 VRAM
4. RAM : 4.00 GB

4.1.2 Perangkat Lunak

Selain perangkat keras, dalam perancangan sistem ini juga digunakan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Sistem operasi Microsoft Windows 8.1 Professional 64-bit
2. Matlab 8.3 (R2014a)

4.2 Tahapan Pengujian Sistem

Citra masukan berupa citra yang diambil dari sebuah periapikal radiograf dengan menggunakan kamera yang hasilnya di-*copy* kedalam laptop. Dalam memperoleh citra ini ukuran citra periapikal radiograf memiliki ukuran yang berbeda-beda. Berikut adalah tahapan pengujian system. 10 periapikal radiograf dengan diagnosis pulpitis reversibel, 10 periapikal radiograf dengan diagnosis pulpitis ireversibel dan 10 periapikal radiograf dengan diagnosis gigi normal telah diperoleh yang selanjutnya dijadikan sebagai citra input sebagai masukan pada sistem. Pada tahap pertama citra di-*crop* manual sesuai posisi gigi dengan diagnosa pulpitis. Setelah itu citra akan di-*resize* menjadi ukuran 256x256. Citra akan melalui tahap pemisahan elemen RGB dan tanpa pemisahan elemen RGB. Tahap selanjutnya yaitu proses *image enhancement* menggunakan AHE, MAHE, CLAHE dan SCLAHE dimana setiap metode akan diaplikasikan pada tiap citra input tanpa elemen RGB dan dengan elemen RGB yang sudah di-*grayscale* .Kuisisioner tahap pertama disebar ke dokter gigi dan radiolog untuk menentukan komponen citra mana yang memberikan hasil peningkatan kualitas yang paling baik. Komponen citra tersebut akan dijadikan model utama untuk di uji tingkat kekontrasannya menggunakan CII. Tahap terakhir yaitu membandingkan tingkat CII dengan hasil kuisisioner tahap kedua dan waktu komputasi.

4.3 Hasil Analisis Sistem Berdasarkan *Contrast Improvement Index* (CII)

Pengujian peningkatan kontras atau *Contrast Improvement Index* dilakukan dengan membandingkan nilai kontras citra awal dengan citra hasil proses. Nilai CII dari tiap metode dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4. 1 *Contrast Improvement Index* maksimum dan minimum pada citra periapikal dengan diagnosis Pulpitis Reversibel

Data	Nilai CII Maksimum	Nilai CII Minimum	Keterangan Metode
1	1.2472	0.987037	MAHE 64/SCLAHE 0.0015
2	1.0067	0.684608	CLAHE 0.003/MAHE 128
3	1.00323	0.649032	CLAHE 0.003/AHE 192
4	1.00227	0.699037	CLAHE 0.001/MAHE 192
5	1.00715	0.703199	SCLAHE 0.0015/MAHE 192
6	1.01822	0.900247	CLAHE 0.003/AHE 64
7	1.23013	1.00844	MAHE 64 / SCLAHE 0.004
8	1.01672	0.850104	SCLAHE 0.0004/MAHE 128
9	1.00029	0.659809	SCLAHE 0.0004/MAHE 192
10	1.01889	0.800152	CLAHE 0.005/AHE 128

Pada Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa dengan membandingkan semua metode dan parameternya dari 10 data citra periapikal radiograf dengan diagnosa pulpitis reversibel, sebanyak 50% data mencapai indeks maksimum dengan menggunakan metode CLAHE, sedangkan sebanyak 50% data mencapai indeks minimum dengan metode MAHE.

Tabel 4. 2 *Contrast Improvement Index* maksimum dan minimum pada citra periapikal dengan diagnosa Pulpitis Ireversibel

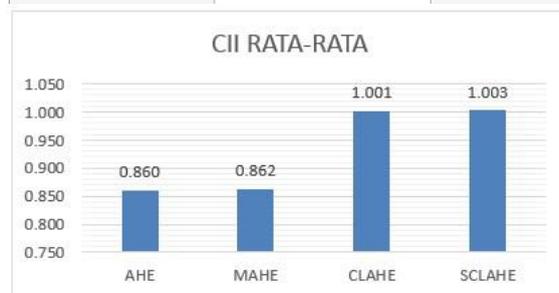
Data	Nilai CII Maksimum	Nilai CII Minimum	Keterangan Metode
1	1.00634	0.724381	CLAHE 0.001/MAHE 192
2	1.00195	0.746536	SCLAHE 0.004/MAHE 128
3	1.01852	0.710102	SCLAHE 0.0015/AHE 192
4	1.01136	0.923409	SCLAHE 0.004/MAHE 128
5	1.01686	0.847801	SCLAHE 0.006/MAHE 192
6	1.00214	0.737405	SCLAHE 0.0004/MAHE 64
7	0.999889	0.726779	SCLAHE 0.0004/AHE 192
8	1.26268	0.957571	MAHE 64 / CLAHE 0.003
9	1.05361	0.822965	SCLAHE 0.0004 / MAHE 192
10	1.04265	0.725228	SCLAHE 0.0004/AHE 192

Pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa dengan membandingkan semua metode dan parameternya dari 10 data citra periapikal radiograf dengan diagnosa pulpitis ireversibel, sebanyak 80% data mencapai indeks maksimum dengan menggunakan metode CLAHE, sedangkan sebanyak 60% data mencapai indeks minimum dengan metode MAHE.

Tabel 4.3 Contrast Improvement Index maksimum dan minimum pada citra periapikal dengan diagnosa Gigi Normal

Data	Nilai CII Maksimum	Nilai CII Minimum	Keterangan Metode
1	1.00333	0.819149	SCLAHE 0.0004/AHE 192
2	1.14233	0.998141	MAHE 64/SCLAHE 0.0004
3	1.00482	0.784356	SCLAHE 0.0004/MAHE 192
4	1.00517	0.644212	CLAHE 0.003/AHE 192
5	1.12367	0.916399	MAHE 64/AHE 128
6	1.00467	0.705781	CLAHE 0.001/AHE 128
7	1.00508	0.815009	SCLAHE 0.0004/MAHE 128
8	1.00467	0.705781	CLAHE 0.001/AHE 128
9	1.02544	0.854627	CLAHE 0.002/AHE 192
10	1.01059	0.676361	CLAHE 0.003/MAHE 128

Pada Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa dengan membandingkan semua metode dan parameternya dari 10 data citra periapikal radiograf dengan diagnosa pulpitis ireversibel, sebanyak 50% data mencapai indeks maksimum dengan menggunakan metode CLAHE, sedangkan sebanyak 60% data mencapai indeks minimum dengan metode MAHE.



Gambar 4.1 Grafik nilai CII pada setiap metode

Dari Gambar 4.1 di atas menjelaskan CLAHE dan SCLAHE mendapatkan nilai CII rata-rata lebih tinggi dibandingkan AHE dan MAHE. Setelah dikonfirmasi ke dokter gigi kualitas citra yang dihasilkan AHE dan MAHE memang lebih sulit untuk diinterpretasi. Dari data yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa metode yang akan digunakan dalam pertanyaan kuisisioner tahap kedua adalah CLAHE dan SCLAHE dengan perolehan CII rata-rata dengan nilai lebih tinggi.

4.4 Pengujian Terhadap Waktu Komputasi Metode

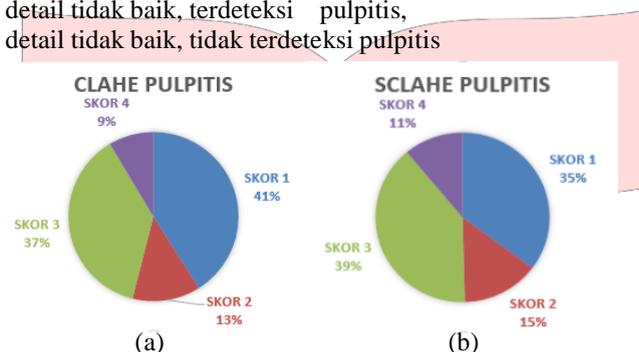
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui lamanya suatu metode berkerja, yaitu *image enhancement* dari masing-masing metode, waktu yang diambil berikut adalah waktu rata-rata dari percobaan terhadap seluruh citra gigi input yang berjumlah 30 buah citra. Data hasil pengujian untuk masing-masing citra input dapat dilihat pada halaman lampiran. Berdasarkan hasil pengujian di atas terlihat bahwa ada perbedaan waktu antara masing-masing citra input. Hal ini disebabkan karena adanya proses ekualisasi histogram yang berbeda dari setiap citra. Semakin beragam informasi yang terdapat pada suatu citra, maka semakin lama waktu komputasi yang dibutuhkan. Dari

hasil pengujian dapat dilihat bahwa rata-rata waktu komputasi yang dibutuhkan metode AHE adalah ± 1.17 detik, MAHE ± 0.93 detik, CLAHE ± 0.19 , dan SCLAHE ± 0.2 untuk meningkatkan kualitas citra periapikal radiograf.

4.5 Pengujian Mean Opinion Score (MOS)

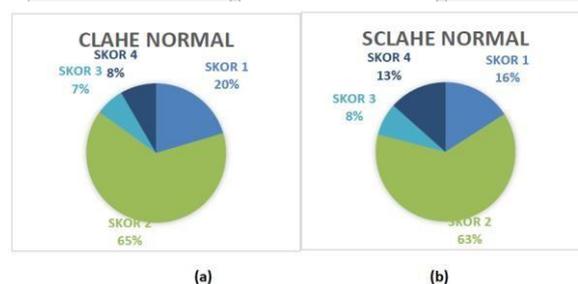
Pengujian MOS dilakukan kepada 40 koresponden. Tujuan dari pengujian MOS ini adalah untuk menilai seberapa besar peningkatan kualitas citra di mata para ahli radiolog dan dokter gigi. Empat buah citra dengan diagnosis masing-masing dari masing-masing metode akan dinilai secara visual. Selain itu MOS juga bertujuan mengukur seberapa jauh keberhasilan aplikasi dalam memenuhi tujuan pembuatannya. Hasil pengujian MOS ini bisa digunakan sebagai saran untuk pengembangan selanjutnya. Berdasarkan pengambilan koresponden hasil MOS dapat dilihat pada gambar diagram dibawah ini :

1. Berikan nilai citra periapikal berikut sesuai skala yang ditentukan berdasarkan pengalaman anda membaca citra periapikal radiograf.
 - 1 : Kontras Jelas, Detail baik, terdeteksi pulpitis
 - 2 : Kontras jelas, detail baik, tidak terdeteksi pulpitis,
 - 3 : kontras tidak jelas, detail tidak baik, terdeteksi pulpitis,
 - 4 : kontras tidak jelas, detail tidak baik, tidak terdeteksi pulpitis



Gambar 4. 2 Persentase Skor Hasil Kuisioner Tahap II Untuk Citra Dengan Diagnose Pulpitis Reversibel Dan Irreversible Menggunakan Metode (a) CLAHE dan (b) SCLAHE

Dari Gambar 4.2 diatas dapat disimpulkan bahwa citra periapikal radiograf dengan diagnose pulpitis reversibel dan ireversibel yang ditingkatkan kualitasnya menggunakan metode CLAHE mendapatkan persentase tertinggi yaitu 41% untuk skor 1 (Kontras Jelas, Detail Baik, Terdeteksi Pulpitis). Sedangkan untuk SCLAHE mendapatkan persentase tertinggi yaitu 39% untuk skor 3 (Kontras Tidak Jelas, Detail Tidak Baik, Terdeteksi Pulpitis). Dari kedua nilai ini, dapat disimpulkan bahwa metode CLAHE merupakan metode yang paling baik untuk meningkatkan kualitas citra periapikal radiograf dengan diagnose pulpitis reversibel dan atau ireversibel.



Gambar 4. 3 Persentase Skor Hasil Kuisioner Tahap II Untuk Citra Gigi Normal Menggunakan Metode (a) CLAHE dan (b) SCLAHE

V. KESIMPULAN

1. Implementasi menggunakan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)* dan *Sharp Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (SCLAHE)* mampu meningkatkan kualitas periapikal gigi dengan diagnosa pulpitis.
2. CLAHE dan SCLAHE mampu meningkatkan kualitas citra lebih baik dibandingkan dengan AHE dan MAHE.
3. CLAHE menghasilkan CII dengan nilai rata-rata 1.001 dan SCLAHE menghasilkan CII dengan nilai rata-rata 1.003.
4. Dari hasil kuisioner tahap kedua untuk citra periapikal radiograf pulpitis CLAHE mampu menghasilkan citra dengan skor 1 lebih banyak dengan persentase 41% dibandingkan SCLAHE dengan persentase 35%.
5. Dari hasil kuisioner tahap kedua untuk citra periapikal radiograf gigi normal, CLAHE mampu menghasilkan citra dengan skor 2 lebih banyak dengan persentase 65% dibandingkan SCLAHE dengan persentase 63%.

6. CLAHE mampu meningkatkan kualitas citra periapikal radiograf dengan hasil rata-rata waktu komputasi paling cepat yaitu sekitar 0.19 detik.
7. Dari hasil perbandingan nilai CII dengan kuisioner tahap kedua, CLAHE dengan nilai CII rata-rata 1.001 mampu diinterpretasi lebih baik dibandingkan SCLAHE dengan nilai CII rata-rata 1.003.
8. Dari hasil kuisioner MOS dapat disimpulkan aplikasi ini dapat membantu para dokter gigi dan radiolog untuk menginterpretasi citra periapikal radiograf.

5.1 Saran

1. Proses akuisisi citra diusahakan seragam agar menghasilkan data yang uniform dan sehingga dapat lebih mudah dianalisis
2. Nilai parameter *clip limit* dapat dicoba dengan rentang nilai lain untuk mendapatkan hasil yang maksimal,
3. Dapat dicoba untuk mendeteksi penyakit lain selain pulpitis, seperti abses, granuloma, dan penyakit gigi lainnya

REFERENSI

- [1] Y. J. Hyun and R. Y. Man, "Enhancement of the Contrast in Mammographic Images Using the Homomorphic Filter Method," *IEICE trans*, pp. 298-393, 2002.
- [2] H. Moradmand, S. Setayeshi, A. R. Karimian, M. Sirous and M. E. Akbari, "Comparing the Performance of Image Enhancement Methods to Detect Microcalcification Clusters in Digital Mammography," *Iranian Journal of Cancer Prevention*, pp. 61-68, 2012.
- [3] N. M. Noor, N. E. Abdul Khalid, M. H. Ali and A. D. Anak Numpang, "Fish Bone Impaction Using Adaptive Histogram Equalization(AHE)," *Second International Conference on Computer Research and Development*, pp. 163-167, 2010.
- [4] S. A. Ahmad, M. N. Taib, N. E. A. Khalid and H. Taib, "An Analysis of Image Enhancement Techniques for Dental X-ray Image Interpretation," *International Journal of Machine Learning and Computing*, Vol. 2, No. 3, pp. 292-297, 2012.
- [5] B. Sridhar and V. P. Dandey, "Finding 3D Teeth Positions by Using 2D Uncalibrated Dental X-ray Images," *Thesis*, p. 3, 2010.
- [6] D. N. Arlingga, "Mengenal Anatomi Gigi Manusia," Wordpress.com, 28 November 2011. [Online]. Available: <http://drg.dionella.net/2011/11/28/mengenal-anatomi-gigi-manusia/>. [Accessed 21 September 2014].
- [7] N. Garg and A. Garg, *Textbook of Endodontics 2nd Edition*, Haryana: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) LTD, 2010.
- [8] L. I. Grossman, S. Olliet and C. E. Del Rio, *Edodontics Practice Eleventh Edition*, S. Sutatmi, Ed., Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1995.
- [9] M. Torabinejad and R. E. Walton, *Edodontics Principles and Practice 4th Edition*, China: Saunders, 2009.
- [10] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2010.
- [11] A. M. Reza, "Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement," *Journal of VLSI signal processing systems for signal, image and video technology*, pp. 35-44, 2003.
- [12] P. S. Heckbert, "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization," in *Graphic Gems IV*, USA, Academic Press, 1994, pp. 474-478.
- [13] T. Sutoyo, E. Mulyanto, V. Suhartono, O. D. Nurhayato and Wijanarto, *Teori Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: ANDI, 2009.

