

cakradonya

DENTAL JOURNAL Vol.11, No.1, Februari 2019



Diterbitkan Atas Kerjasama
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Syiah Kuala Dengan
Pengurus Besar Persatuan Dokter Gigi Indonesia



cakradonya

DENTAL JOURNAL

pISSN 2085.546X eISSN 2622-4720

Pelindung

Dr. Drg. Cut Soraya, Sp. KG

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Unsyiah

Penanggung Jawab

drg. Sri Rezeki, Sp. PM

Wakil Dekan I Fakultas Kedokteran Gigi Unsyiah

Ketua Penyunting

Dr. Drg. Munifah, MARS.

Wakil Ketua Penyunting

drg. Rachmi Fanani Hakim, M.Si

Penyunting Ahli

Prof. drg. Bambang Irawan, Ph.D

Prof. Dr. drg. Narlan Sumawinata, Sp. KG

Prof. Boy M. Bachtiar, Ph.D

Prof. Dr. drg. Eki S. Soemantri, Sp. Ortho

Dr. drg. Rasmi Rikmasri, Sp. Pros (K)

Prof. Dr. Coen Pramono, Sp. BM

Prof. Dr. drg. Dewi Nurul, MS, Sp. Perio

drg. Gus Permana Subita, Ph.D, Sp. PM

Prof. Dr. drg. Hanna H. B. Iskandar, Sp. RKG

Prof. Dr. drg. Retno Hayati, Sp. KGA

Prof. drg. Anton Rahardjo, MKM, Phd

Penyunting Pelaksana

drg. Dewi Saputri, Sp. Perio

drg. Sartika

drg. Citra Feriana Putri

drg. Meutia An Najmi

drg. Nurul Husna

Desain Grafis dan IT

Rizkan Harizan, ST



cakradonya

DENTAL JOURNAL

SEKRETARIAT REDAKSI:

Cakradonya Dental Journal

Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Syiah Kuala

Darussalam Banda Aceh

Aceh-Indonesia

23211

TELEPHONE/ FAX:

0651 7555183

EMAIL:

cakradonyadentaljournal@gmail.com

WEBSITE:

cdj.fkg@unsyiah.ac.id

DAFTAR ISI

Daya Hambat Kunyit (<i>Curcuma longa linn</i>) Terhadap Pertumbuhan <i>Candida Albicans</i>: Tinjauan Pustaka	1-7
<i>Zaki Mubarak, Basri A. Gani, Mutia</i>	
Infusum Daun Belimbing Wuluh (<i>Averrhoa Bilimbi</i>) Terhadap Pertumbuhan <i>Streptococcus Mutans</i>.....	8-12
<i>Murniwati, Defriman Djafri, Berlian Kurniawati, Susi, Minarni</i>	
Potensi Antimikroba Photo Activated Disinfection Terhadap <i>Enterococcus Faecalis</i> Pada Perawatan Saluran Akar Gigi.....	13-22
<i>Sinta Deviyanti</i>	
Efek Antibakteri Ekstrak Daun Mimba (<i>Azadirachta Indica</i>) Terhadap Pertumbuhan <i>Enterococcus Faecalis</i> Secara <i>In-Vitro</i>.....	23-32
<i>Cut Soraya, Sunnati, Fenny Wulandari</i>	
Efektifitas Pelatihan Penanganan Kedaruratan Trauma Dental Dengan Metode Simulasi.....	33-37
<i>Bertha Aulia, Sri Wahyuni, Annisa Indita Riami</i>	
Rehabilitasi Rongga Mulut Pada Anak Disabilitas Intelektual Oral Rehabilitation In Child With Intellectual Disabilitie.....	38-47
<i>Ulfa Yasmin, Eriska Riyanti</i>	
Gambaran Perlekatan Bakteri <i>Staphylococcus Aureus</i> Pada Berbagai Benang Bedah (Studi Kasus Pada Tikus Wistar).....	48-57
<i>Teuku Ahmad Arbi, Putri Rahmi Noviyandri, Novita Vindy Valentina</i>	
Perawatan Apeksogenesis Gigi Insisivus Permanen Dengan Akar Masih Terbuka Disertai Pulpa Terbuka Karena Trauma (Laporan kasus).....	58-62
<i>Maulidar</i>	
Studi Kasus: “Frenektomi Sebagai Terapi Pendahuluan Sebelum Perawatan Ortodontik”.....	63-66
<i>Sulistiawati, Ina Hendiani</i>	
Studi Kekasaran Permukaan Antara Resin Akrilik <i>Heat Cured</i> Dan Termoplastik Nilon Yang Direndam Dalam Kopi Ulee Kareng (<i>Coffea Robusta</i>).....	67-73
<i>Iin Sundari, Liana Rahmayani, Deliga Serpita</i>	

POTENSI ANTIMIKROBA PHOTO ACTIVATED DISINFECTION TERHADAP *Enterococcus faecalis* PADA PERAWATAN SALURAN AKAR GIGI

**ANTIMICROBIAL POTENCY of PHOTOACTIVATED DESINFECTION
TOWARD *Enterococcus faecalis* in ROOT CANAL TREATMENT**

Sinta Deviyanti

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Prof. DR. Moestopo (Beragama)

Correspondence email to: sinta.deviyanti@gmail.com

Abstrak

Disinfeksi sistem saluran akar gigi sangat penting dalam perawatan saluran akar gigi. Instrumen mekanik dan agen desinfeksi atau larutan irigasi seperti NaOCL tidak efektif mengurangi jumlah bakteri di dalam saluran akar yang terinfeksi karena anatomi akar gigi yang kompleks. Kegagalan perawatan endodontik sering meninggalkan bakteri di sistem saluran akar gigi. *Enterococcus faecalis* merupakan salah satu mikroorganisme terpenting yang bertanggungjawab pada kegagalan perawatan saluran akar gigi. Bakteri ini kebal terhadap agen antimikroba dan mampu berkoloni membentuk *biofilm* di saluran akar gigi. Saat ini perangkat baru seperti *photoactivated disinfection* telah dicoba untuk disinfeksi saluran akar gigi. *Photoactivated disinfection* merupakan strategi antimikroba yang menggunakan energi laser berkekuatan rendah untuk mengaktifasi suatu pewarna tidak toksik yang diaktivasi sinar (*photosensitizer*). Energi yang dipindahkan dari *photosensitizer* teraktivasi ke oksigen yang tersedia, akan membentuk oksigen *singlet* sebagai spesies oksigen toksik. Spesies oksigen yang sangat reaktif secara kimia ini dapat merusak membran dan DNA bakteri patogen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *photoactivated disinfection* dapat efektif mengurangi *E. faecalis* di dalam saluran akar selama prosedur antimikroba bila digunakan bersama dengan prosedur disinfeksi konvensional untuk sterilisasi saluran akar. *Photoactivated disinfection* merupakan pendukung untuk protokol standar disinfeksi saluran akar gigi.

Kata kunci: *photoactivated disinfection*, *Enterococcus faecalis*, perawatan saluran akar.

ABSTRACT

Disinfection of the root canal system is crucial in root canal treatment. Mechanical instrument and disinfection agent or irrigation solution such as NaOCL are not effective at reducing bacterial count in the infected root canal due to the complex anatomy of the root. Failed endodontic treatment often leaves bacteria within the root canal system. *Enterococcus faecalis* is the one of most important micro-organism responsible for failed root canal treatment. Its resistance to antimicrobial agent and has the ability to colonize the root canal in *biofilm*. Recently, newer devices such as *photoactivated disinfection* are being tried for disinfection of root canal. *Photoactivated disinfection* is an antimicrobial strategy in which low energy laser uses to activate a nontoxic photoactivate dye (*photosensitizer*). The energy which is transferred from the activated *photosensitizer* to available oxygen result into the formation *singlet* oxygen which are toxic oxygen species. This highly reactive chemical species can damages the membranes and DNA of the pathogenic bacteria. Several study indicate that *photoactivated disinfection* can be effectively to reducing intracanal *E. faecalis* during antimicrobial procedure if its used along with conventional disinfection procedure for sterilization of root canals. *Photoactivated disinfection* is a possible supplement to the standard protocols for root canal disinfection.

Keywords: *photoactivated disinfection*, *Enterococcus faecalis*, root canal treatment.

PENDAHULUAN

Keberhasilan perawatan saluran akar gigi didasarkan pada efisiensi disinfeksi sistem saluran akar gigi dan pencegahan infeksi berulang (reinfeksi). *Enterococcus faecalis* telah lama diketahui merupakan spesies bakteri gram positif anaerob yang ditemukan di saluran akar gigi dengan lesi pasca perawatan saluran akar gigi^{1,2}. Virulensi *E.faecalis* telah diyakini berkaitan dengan berkembangnya resistensi terhadap medikamen *intracanal* dan kemampuannya bertahan di saluran akar sebagai bakteri tunggal tanpa dukungan bakteri lain³. Penggunaan bahan irigasi seperti NaOCL sebagai suatu bahan disinfeksi dalam perawatan saluran akar konvensional yang membutuhkan kontak langsung dengan bakteri, hanya mampu menghilangkan sebagian dari bakteri ini. Bakteri *E.faecalis* juga dapat membentuk *biofilm* di bagian luar dan dalam akar gigi sehingga sulit di kontrol. Meskipun perbaikan teknik instrumentasi dan penggunaan medikamen intrakanal terus dikembangkan, kegagalan perawatan saluran akar gigi telah dilaporkan dari berbagai penelitian⁴. Penggunaan *instrument endodontik* secara mekanik serta larutan irigasi sebagai desinfektan, tidak cukup efektif untuk mengurangi jumlah bakteri tersebut di saluran akar gigi yang terinfeksi karena anatomi saluran akar gigi yang kompleks. Kegagalan perawatan saluran akar gigi juga seringkali meninggalkan bakteri tersebut di sistem saluran akar gigi⁵. Berkaitan dengan fakta tersebut diatas, disinfeksi saluran akar gigi kini masih menjadi tantangan utama pada perawatan saluran akar gigi dan merupakan dasar utama dari keberhasilan perawatan saluran akar gigi⁶. Salah satu upaya yang kini dikembangkan untuk mengatasi kendala terkait fakta tentang keterbatasan disinfeksi saluran akar gigi adalah penggunaan *photoactivated disinfection (PAD)*.^{3,4,7}

Photoactivated disinfection merupakan strategi antimikroba yang menggunakan energi laser untuk mengaktifasi suatu *photosensitizer (photosensitivity dye)* non toksik.

Photosensitizer yang teraktivasi akan melepaskan oksigen *singlet* yang dapat merusak membran dan DNA mikroorganisme serta memiliki tingkat selektivitas yang tinggi untuk membunuh mikroorganisme tanpa mempengaruhi viabilitas pada

sel pejamu (*host*).^{8,9} *Photoactivated disinfection* juga telah menunjukkan keberhasilan dalam membasmi mikroorganisme yang resisten terhadap berbagai obat.¹⁰

Tujuan penulisan makalah ini adalah memberi informasi dan mengkaji potensi antimikroba *photoactivated disinfection* terhadap bakteri *Enterococcus faecalis* pada perawatan saluran akar gigi. Manfaat penulisan makalah ini diharapkan dapat memperluas wawasan pengetahuan dan menjadi dasar pertimbangan pembaca khususnya praktisi di bidang kedokteran gigi, untuk memilih dan mengembangkan teknik disinfeksi saluran akar gigi yang lebih efektif dan aman sehingga dapat membantu meningkatkan keberhasilan perawatan saluran akar gigi secara umum.

KAJIAN PUSTAKA

Enterococcus faecalis Sebagai Bakteri Di Saluran Akar Gigi

Enterococcus faecalis merupakan salah satu bakteri terpenting yang sering dijumpai pada gigi dengan kasus lesi periradikular *persistent* setelah perawatan saluran akar gigi atau gigi dengan kegagalan perawatan saluran akar gigi¹¹. Bakteri ini tergolong sebagai bakteri gram positif fakultatif anaerob yang paling sering diisolasi dari sistem saluran akar gigi. Bakteri *E.faecalis* ini mampu berkoloni membentuk *biofilm* sehingga sangat sulit dihilangkan dari saluran akar gigi dengan prosedur disinfeksi standar. Bakteri ini juga resisten terhadap agen antimikroba dan memiliki kemampuan menyebabkan infeksi tunggal (*mono-infection*) di saluran akar gigi. Kemampuan bertahan hidupnya yang sangat tinggi diketahui karena bakteri *E.faecalis* dilindungi oleh struktur dinding sel yang sangat tahan terhadap panas. Irigasi konvensional juga tidak dapat menghilangkan bakteri ini secara menyeluruh karena bahan irigasi konvensional hanya mampu mencapai kedalaman penetrasi yang rendah di tubuli dentin dari dinding saluran akar gigi. Bakteri *E faecalis* diketahui berkolonisasi di tubuli dentin dari dinding saluran akar gigi hingga kedalaman lebih dari 600-1000 μm ¹², sedangkan irigasi konvensional hanya mampu berpenetrasi pada kedalaman tidak lebih dari 60-150 μm ¹³.

Prinsip Tahap Pembersihan Dalam Perawatan Saluran Akar Gigi

Perawatan saluran akar gigi pada gigi dengan pulpa vital, lebih sering mencapai keberhasilan perawatan dibandingkan gigi dengan pulpa nekrotik dan kelainan periradikular. Alasan yang mendasari hal tersebut adalah terdapatnya keberadaan mikroorganisme dan produk metabolitnya yang menetap. Faktor paling penting dari ketidakmampuan klinisi untuk membersihkan mikroorganisme secara menyeluruh di saluran akar adalah anatomi dan morfologi saluran akar gigi (seperti adanya saluran akar *lateral*, saluran akar tambahan, lekukan saluran akar, ketidakteraturan bentuk saluran akar, *fins* maupun *cul-de-sacs*). *Instrument* endodontik yang dibantu larutan irigasi, diyakini mampu berkontak dengan dinding saluran akar gigi untuk membersihkannya, namun kompleksitas anatomi dan morfologi saluran akar tersebut membuat pembersihan secara menyeluruh menjadi hal yang sulit dilakukan. Oleh karena itu tujuan pembersihan saluran akar secara praktis hanya sebatas mengurangi iritan, tidak dapat membersihkannya secara menyeluruh.¹⁴

Tahap pembersihan saluran akar pada perawatan saluran akar gigi pada dasarnya bertujuan memungkinkan pembersihan dan menyediakan tempat untuk meletakkan bahan pengisian (obtulasi) saluran akar gigi. Pembersihan saluran akar gigi terutama juga bertujuan mempertahankan atau membentuk kelancipan (*tapering*) saluran akar yang berkelanjutan dari muara saluran akar (*orifice*) hingga ujung akar (*apical*). Penggunaan *instrument* yang digerakkan dengan tangan (*hand instruments*) maupun yang digerakkan dengan mesin (*rotary files*) dalam perawatan saluran akar gigi dilakukan untuk pembersihan menyeluruh saluran akar gigi, namun belum dapat membuat saluran akar gigi menjadi steril. Dibutuhkan penggunaan larutan irigasi antimikroba sebagai tambahan untuk preparasi mekanis saluran akar gigi yang telah dilakukan tersebut. Kriteria untuk tahap pembersihan dan pembentukan saluran akar gigi juga harus didasarkan pada kemampuan menghantarkan sejumlah larutan irigasi secara memadai ke dalam saluran akar gigi. Kemampuan larutan irigasi mencapai daerah *apical* dari saluran akar gigi, tergantung dari ukuran saluran akar, bentuk kelancipan saluran akar dan perangkat irigasi yang digunakan.¹⁴

Pengertian dan Fungsi Desinfeksi Saluran Akar Gigi

Desinfeksi saluran akar gigi sebagai bagian dari tahap pembersihan (*cleaning*) dan pembentukan (*shaping*) saluran akar gigi, merupakan salah satu faktor penting yang menentukan tercapainya keberhasilan perawatan saluran akar gigi.¹⁴ Desinfeksi secara umum merupakan suatu proses untuk mengurangi jumlah mikroorganisme hidup atau merusak seluruh mikroorganisme patogen seperti bentuk vegetatif dari bakteri, jamur dan virus sampai tahap yang dapat diterima melalui penggunaan bahan kimia (disinfektan), namun tidak menonaktifkan spora virus dan bakteri dari suatu permukaan yang tidak hidup (seperti dinding, peralatan dan perlengkapan).¹⁵

Desinfeksi di bidang endodontik yang dikenal dengan istilah tindakan irigasi saluran akar gigi, didefinisikan sebagai upaya “membilas ruangan gigi (*body cavity*) dengan air atau cairan medikasi”. Penggunaan disinfektan sebagai bahan untuk irigasi, didefinisikan sebagai suatu bahan yang merusak atau menghambat aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan penyakit.⁴

Fungsi irigasi sebagai proses desinfeksi saluran akar gigi secara mekanik dan kimiawi adalah membilas atau membuang debris, melumasi saluran akar gigi, melarutkan jaringan organik dan inorganik, mencegah pembentukan *smear layer* selama instrumentasi atau melarutkan *smear layer* yang terbentuk selama instrumentasi saluran akar gigi. Efektivitas fungsi irigasi secara mekanik tergantung dari kemampuan bahan irigasi untuk menimbulkan kekuatan aliran yang optimum di seluruh sistem saluran akar gigi. Sedangkan efektivitas fungsi irigasi secara kimiawi, tergantung dari konsentrasi antimikroba bahan irigasi, luas daerah kontak, lama waktu interaksi antara bahan irigasi dengan bahan infeksius.^{4,14} Irigasi sebagai proses desinfeksi saluran akar gigi juga memiliki fungsi biologis dalam kaitannya dengan sifat antimikroba bahan irigasi yaitu memiliki efikasi yang tinggi terhadap mikroorganisme anaerob dan fakultatif pada kondisi *planktonic* maupun *biofilm*, mampu menonaktifkan endotoksin, mampu menjadi nontoksik saat berkontak dengan jaringan vital serta tidak menimbulkan reaksi anafilaktik. Efisiensi bahan irigasi dalam menghilangkan

debris dan bakteri, tergantung dari kedalaman penetrasi jarum untuk irigasi, diameter saluran akar gigi, diameter jarum untuk irigasi, tekanan irigasi, viskositas bahan irigasi, jenis serta arah *bevel* jarum untuk irigasi.⁴

Berbagai Teknik, Bahan dan Alat Disinfeksi Pada Perawatan Saluran Akar Gigi

Disinfeksi saluran akar pada perawatan saluran akar gigi, dapat dilakukan menggunakan berbagai alat serta teknik, meliputi⁴:

1. Disinfeksi menggunakan alat *syringe*

Aplikasi bahan irigasi ke dalam saluran akar dalam hal ini dilakukan menggunakan alat *syringe* dan jarum, mulai dari penempatannya ke dalam saluran akar, pengisian kembali cairan irigasi, membilas partikel debris besar keluar saluran akar serta memungkinkan terjadinya kontak langsung dengan mikroorganisme di daerah saluran akar gigi. Posisi ujung jarum pada teknik irigasi secara pasif menggunakan *syringe*, diletakkan berjarak 1-1,5 mm dari daerah apikal saluran akar gigi dengan pergerakan cairan irigasi di daerah dekat bagian lubang keluar jarum. Volume dan kecepatan aliran cairan irigasi sesuai dengan efisiensi pembersihan didalam saluran akar gigi. Oleh karena itu diameter dan posisi lubang keluar jarum, menentukan keberhasilan pembersihan khemomekanis. Penempatan jarum yang mencapai daerah panjang kerja diperlukan untuk menjamin pertukaran cairan irigasi di bagian apikal saluran akar gigi, namun kontrol diperlukan untuk mencegah ekstrusi dari saluran akar gigi. Oleh karena itu penting memilih jarum irigasi yang sesuai. Walaupun jarum dengan ukuran yang besar memungkinkan pertukaran cairan irigasi secara cepat dan banyak, diameter jarum yang besar tidak memungkinkan pembersihan daerah apikal dan daerah sistem saluran akar yang lebih sempit. Tekanan berlebihan atau tertahannya jarum ke saluran akar selama irigasi yang tidak memungkinkan aliran balik dari cairan irigasi, harus dicegah untuk menghindari ekstrusi di daerah periapikal.

Pada gigi yang belum sempurna pertumbuhannya dengan foramen apikal yang lebar atau belum terbentuk konstiksi apikal, perlu dilakukan prosedur yang lebih cermat untuk mencegah ekstrusi bahan irigasi potensi kecelakaan.

Terdapat berbagai jenis dan ukuran jarum irigasi. Ukuran jarum irigasi yang dipilih, tergantung dari ukuran dan bentuk keruncingan (*tapering*) saluran akar gigi. Pemilihan jarum irigasi yang memungkinkan larutan irigasi dikeluarkan melalui lubang di bagian samping jarum dengan ujung jarum tertutup (*a closed, safe-ended tip*) lebih direkomendasikan untuk memperbaiki keamanan irigasi dan mencegah mencegah ekstrusi larutan irigasi melalui foramen apikal.

Larutan irigasi yang paling umum digunakan pada desinfeksi saluran akar gigi adalah NaOCL 0,5-5,2%. Penggunaan NaOCL pada konsentrasi 2,5% berpotensi mengurangi toksisitasnya tanpa mengurangi kemampuan pelarutan jaringan dan aktivitas antimikroba. Larutan NaOCL memiliki kemampuan membilas debris dari saluran akar, melarutkan jaringan vital dan nekrotik, bersifat antimikroba dan sebagai pelumas. Ekstrusi larutan irigasi ini ke jaringan periapikal perlu dihindari karena sifatnya yang toksik. Kelemahan larutan irigasi NaOCL selain toksik yaitu tidak memiliki kemampuan membersihkan *smear layer* di saluran akar gigi. Pilihan larutan irigasi lainnya adalah EDTA (*Ethylenediaminetetraacetic acid*) 17% yang bersifat khelasi sehingga memiliki kemampuan untuk membersihkan *smear layer* tersebut, namun tidak memiliki daya antimikroba. Penggunaan larutan irigasi EDTA 17% direkomendasikan selama 1 menit diikuti dengan pembilasan akhir menggunakan NaOCL pada perawatan saluran akar gigi. Jenis larutan irigasi lainnya yaitu *chlorhexidine gluconate* 2 % juga dapat menjadi pilihan karena memiliki kemampuan antimikroba dengan spektrum luas dan tidak bersifat toksik, namun tidak memiliki kemampuan melarutkan jaringan nekrotik dan *smear layer* di saluran akar gigi.

2. Irigasi yang Diaktivasi Secara Manual (*Manually activated irrigation*)

Dilakukan pergerakan cairan Irigasi dalam saluran akar gigi pada teknik desinfeksi ini, agar lebih efektif mencapai daerah celah dan daerah yang tidak tersentuh secara mekanik. Selanjutnya direkomendasikan untuk melakukan gerakan jarum irigasi dalam saluran akar gigi ke arah arah *coronal-apical* (mahkota-ujung akar), gerakan mengaduk dengan instrumen endodontik yang kecil dan

gerakan menarik-mendorong dengan menggunakan *gutta-percha* terbesar (*master cone*).

3. Irigasi yang Diaktivasi Sonik (*Sonically activated Irrigation*)

Merupakan teknik desinfeksi saluran akar gigi yang dilakukan dengan alat yang dikenal sebagai sistem endoaktivator. Ujung alat pada *hand piece* subsonik dari sistem endoaktivator tersebut terbuat dari polimer yang tidak bersifat memotong (*noncutting polimer tips*) dan mudah digunakan dengan cepat serta mengaduk kencang larutan irigasi selama perawatan saluran akar gigi. Berdasarkan penelitian terkait aspek keamanan berbagai sistem irigasi dalam saluran akar yang dianalisa melalui pengukuran ekstrusi di daerah apikal, disimpulkan bahwa endoaktivator menghasilkan ekstrusi apikal sejumlah kecil larutan irigasi yang tidak bermakna secara statistik bila dibandingkan dengan irigasi secara manual dan ultrasonik.

Analisa tingkat kebersihan saluran akar gigi dari hasil penelitian juga menjelaskan bahwa irigasi sonik dan ultrasonik membuat saluran akar lebih bersih secara bermakna dibandingkan irigasi manual dengan *syringe*. Namun bila irigasi sonik dibandingkan dengan ultrasonik, hasilnya masih kontroversi. Penelitian umumnya menjelaskan bahwa irigasi ultrasonik lebih menguntungkan. Perbedaanannya terletak pada getaran alat irigasi sonik berkisar antara 1500 Hz dan 6000 Hz sedangkan ultrasonik membutuhkan getaran (vibrasi) yang lebih besar yaitu 20.000 Hz. Bila alat irigasi sonik digunakan dalam saluran akar gigi pada periode waktu yang lebih panjang, efek pembersihan saluran akarnya akan lebih baik.

Irigasi sonic dan ultrasonic dapat dilakukan dengan menggunakan kawat halus atau sisipan plastik, instrument endodontic atau jarum irigasi yang diaktivasi. Contoh alat-alat irigasi dengan teknik irigasi yang diaktivasi sonik yaitu *EndoSonor* (*Dentsply Mailefer*), *EndoSoft ESI* (*EMS Electro Medical Systems, Nyon, Switzerland*), *IrriSafe* (*Acteon Satelec*), *EndoActivator System* (*Dentsply Tulsa Dental Specialties*), *Vibringe sonic syringe* (*Vibringe B.V, Amsterdam, Netherlands*).

4. Irigasi Ultrasonik Pasif (*Passive Ultrasonic Irrigation*)

Desinfeksi dengan teknik ini menggunakan *files* yang digerakkan mesin dengan getaran pada frekuensi ultrasonik 25 hingga 30 kHz di dalam saluran akar gigi. *Files* ultrasonik yang digerakkan mesin ini dianggap efektif untuk mengaktifkan cairan irigasi dalam saluran akar gigi secara mekanik dengan menginduksi aliran akustik dan *cavitation*. Ada dua jenis irigasi ultrasonik, meliputi jenis irigasi yang dikombinasi dengan instrument ultrasonik yang simultan dan jenis irigasi tanpa instrument ultrasonik yang simultan yang disebut irigasi ultrasonik pasif. Selama irigasi ultrasonik, *file* secara disengaja akan berkontak dengan dinding saluran akar. Namun karena saluran akar memiliki anatomi yang kompleks, irigasi ultrasonik, tidak pernah berkontak dengan seluruh dinding saluran akar dan mungkin dapat memotong dinding saluran akar secara tidak terkontrol tanpa desinfeksi yang efektif. Istilah pasif pada Irigasi ultrasonik dikaitkan dengan aksi yang tidak memotong dari *file* yang diaktivasi ultrasonik. Irigasi ultrasonik pasif menggunakan aksi *non cutting* dari *file* yang diaktivasi ultrasonik dan mengandalkan pada penghantaran energi akustik dari suatu getaran *file* atau kawat halus ke bahan irigasi dalam saluran akar gigi.

Irigasi yang diaktivasi ultrasonik secara *in vitro* tampak meningkatkan kemampuan pembersihan sistem saluran akar gigi. Namun secara *in vivo* hasilnya masih kontroversi. *The Pro Ultra Piezo Flow* (*Dentsply, Tulsa Dental Specialtie*) merupakan contoh alat irigasi dengan jarum yang diaktivasi ultrasonik, terhubung dengan reservoir NaOCL, memungkinkan penghantaran irigasi secara simultan berkelanjutan dengan aktivasi ultrasonik. Penelitian menunjukkan pembersihan debris serta penetrasi irigasi kedalam tubuli dentin yang lebih baik.

5. Irigasi dengan Tekanan Apikal Negatif (*Negative Apical Pressure*)

Teknik ini dikembangkan untuk mendapatkan akses yang lebih baik dari larutan irigasi ke daerah *apical* saluran akar gigi. Larutan irigasi dihantarkan ke akses ruang pulpa dan sebuah jarum yang sangat halus terhubung dengan perangkat *suction* dari *dental unit* untuk diletakkan ke dalam saluran akar gigi. Larutan irigasi yang berlebihan dari daerah akses kemudian di bawa ke daerah *apical* dan akhirnya dibuang melalui *suction*.

Macrocanula digunakan untuk membersihkan debris di daerah coronal dan *microcanula* digunakan untuk membersihkan partikel yang tertimbun di daerah panjang kerja. *EndoVac Discus Dental* adalah contoh produk komersial untuk sistem irigasi jenis ini. Salah satu sifat utama dari sistem irigasi ini adalah aspek keamanannya. Penelitian menyebutkan bahwa *EndoVac* tidak menyebabkan ekstrusi larutan irigasi melalui ujung akar. Larutan irigasi juga mengalir secara pasif dengan gerakan *laminar* di daerah *apical* karena deposit awal larutan irigasi dilakukan di daerah *coronal*. Produk komersial lain dari irigasi jenis ini adalah *RinsEndo system* (*DurrDental, Bietigheim-Bissingen, Germany*). Lautan irigasi dihantarkan melalui jarum irigasi yang ditempatkan di daerah panjang kerja dan pada saat yang bersamaan, jarum diaktivasi dengan getaran amplitudo 1,6 Hz.

6. Irigasi *Safety-Irrigator*

Safety-Irrigator (*Vista Dental Products*) merupakan sistem irigasi dengan penghantaran larutan irigasi ke *apical* dibawah tekanan positif melalui jarum tipis dengan bukaan di bagian samping dan pengosongan larutan irigasi melalui jarum besar di muara saluran akar gigi. Pipa besar untuk pengosongan larutan irigasi di bagian *coronal*, memungkinkan penggunaanya melakukan irigasi dengan aman dan pengosongan secara simultan. Teknik irigasi ini juga sesuai dengan standar *Luerlock syringe*, dirancang untuk membatasi resiko "kecelakaan NaOCL". Pengujian teknik ini menunjukkan efikasi pembersihan yang lebih baik dibandingkan irigasi dengan *syringe*.

7. Irigasi *Gentle Wave System*

Sonendo Inc telah mengembangkan teknik irigasi ini, disebut juga sebagai teknologi pembersihan multisonik. Hanya membutuhkan akses di ruang pulpa gigi, tanpa instrument dantelah diuji klinis memberikan hasil yang menjanjikan. Teknik irigasi ini berpotensi menjangkau daerah saluran akar gigi yang tidak dapat diakses dan menghasilkan permukaan yang lebih bersih secara bermakna dibandingkan sistem lainnya. Penelitian *in vitro* menunjukkan potensi pembersihan yang lebih baik dari teknik irigasi ini dibandingkan teknik irigasi konvensional menggunakan jarum dan irigasi yang

diaktifkan ultrasonik.

8. Irigasi yang diaktivasi Laser

Perangkat laser telah dikembangkan untuk memperbaiki kemampuan irigasi. Energi laser dapat digunakan untuk mengaktivasi larutan irigasi. Pemanfaatan energi laser pada tingkat molekular misalnya dengan teknik *photoactivated disinfection*. Pemanfaatan energi laser pada tingkat aliran yang lebih besar misalnya dengan irigasi yang diaktivasi laser. Laser jenis Er:YAG dengan panjang gelombang 2940 nm memiliki daya serap air besar dan afinitas yang tinggi terhadap terhadap hidroksiapatit sehingga cocok digunakan untuk perawatan saluran akar gigi. Penelitian pada irigasi yang diaktivasi laser telah menunjukkan kemampuan yang menjanjikan untuk membersihkan *smear layer* dan serpihan dentin dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan irigasi ultrasonik pasif. Penelitian terkait penyinaran laser jenis Ng:YAG telah menjelaskan bahwa penggunaannya bukan sebagai alternatif, namun sebagai penunjang desinfeksi saluran akar gigi.

9. Irigasi dengan Nanopartikel Antibakteri

Nanopartikel merupakan partikel dengan ukuran berkisar 1-100 nm. Partikel ini memiliki aktivitas antimikroba dengan spektrum luas dan memiliki kecenderungan yang lebih rendah dalam menimbulkan resistensi mikroba dibandingkan antibiotik. Keberhasilan aplikasi nanopartikel ini dalam perawatan saluran akar gigi tergantung dari efektivitas antimikrobanya dan teknik penghantaran partikel ini pada sistem saluran akar gigi dengan anatomi yang kompleks.

10. Irigasi dengan *Superoxidized Water*

Teknik irigasi ini menggunakan salin yang secara efektif telah di elektrolisa untuk membentuk *superoxidized water*, asam hipoklorit dan radikal klorin bebas. Teknik ini disebut juga dengan istilah *electrochemically activated water* atau *oxidative potential water*. Produk komersial yang tersedia misalnya *Sterilox* (*Sterilox Technologies, Radnor, PA*). Larutan ini tidak toksik terhadap jaringan biologis dan dapat membunuh mikroorganisme. Larutan ini telah diuji mampu membersihkan saluran akar gigi, menghilangkan *smear layer*, membunuh bakteri dan spora bakteri serta bersifat

biokompatibilitas.

Pengertian, Karakteristik dan Mekanisme kerja *Photoactivated Disinfection* Sebagai Pengembangan Terbaru Teknik Disinfeksi Saluran Akar Gigi

Berbagai teknik dan alat desinfeksi dalam perawatan saluran akar gigi masih memiliki sejumlah kendala. Teknik irigasi yang menggunakan *syringe* dan jarum diketahui kurang memadai dalam menghantarkan larutan irigasi di sistem saluran akar gigi karena kecepatan aliran terbesar dari larutan irigasi hanya dijumpai di sekitar *lumen* dan ujung jarum irigasi. Tegangan permukaan yang tinggi dari larutan irigasi NaOCL juga dapat mencegah kontak langsung antara larutan irigasi dengan dinding saluran akar dengan anatominya yang kompleks. Penggunaan teknik desinfeksi lainnya dengan alat sonik (EndoAktivator) juga masih kontroversial karena tidak banyak menghilangkan bakteri dari berbagai hasil penelitian. Teknik desinfeksi dengan laser juga tidak lebih efektif dibandingkan penggunaan larutan irigasi NaOCL. Kekuatan energi laser yang besar untuk desinfeksi saluran akar gigi juga berpotensi menimbulkan *dentine charring, ankylosis*, resorpsi akar gigi dan nekrosis periradikular.¹⁶ Fakta-fakta tersebut diatas mendorong dikembangkannya teknik desinfeksi baru yaitu *Photoactivated disinfection* (PAD) sebagai strategi antimikroba yang menggunakan energi laser berkekuatan rendah untuk mengaktifkan suatu *photosensitizer non* toksik sehingga menghasilkan oksigen *singlet* dengan kemampuan membunuh mikroorganisme di saluran akar gigi.⁸

Photoactivated disinfection (PAD) disebut juga dengan istilah *photodynamic therapy* (PDT) atau *Light-activated therapy* (LAT). Aplikasi teknik irigasi ini dalam perawatan saluran akar gigi dipertimbangkan karena kemampuan antimikrobanya.⁴ Bakteri-bakteri di saluran akar gigi diketahui tidak mengembangkan sifat resisten terhadap *photoactivated disinfection* ini. *Photoactivated disinfection* juga efektif terhadap virus, jamur, protozoa dan mampu membunuh bakteri secara cepat seketika.¹⁷ *Photoactivated disinfection* juga memiliki tingkat selektifitas yang tinggi untuk membunuh mikroorganisme tanpa mempengaruhi viabilitas sel pejamu (*host*).⁹

Aplikasi *photoactivated disinfection* menunjukkan keberhasilan dalam membasmi mikroorganisme yang resisten terhadap berbagai obat¹⁰ Produksi panas yang dihasilkan oleh *photoactivated disinfection* selama paparan di saluran akar gigi hanya sedikit dan tidak memberikan efek samping¹⁷.

Photoactivated disinfection sebagai strategi baru antimikroba di saluran akar gigi, menggunakan laser berenergi rendah untuk mengaktifasi *photosensitizer*.⁸ *Methylene blue*, *toluidine blue* dan *acridine orange* merupakan jenis-jenis *photosensitizer* yang biasanya digunakan pada sistem desinfeksi ini.¹⁸ Prosedur *Photoactivated disinfection* terdiri dari dua tahap yang saling bersinergi menghasilkan aksi antimikroba. Tahap pertama meliputi fotosensitisasi dari jaringan terinfeksi dilanjutkan dengan penyinaran cahaya/sinar. Tahap berikutnya yaitu penyinaran dari jaringan yang telah terfotosensitisasi yang akan menimbulkan suatu fotokimia toksik di sel target sehingga mengakibatkan lisisnya sel.⁴ *Photoactivated disinfection* menggunakan suatu *photoactive dye* tidak toksik yang disebut *photosensitizer* yang diaktivasi dengan cahaya tampak (*visible light*) pada intensitas rendah dengan kombinasi keberadaan oksigen, akan menghasilkan spesies oksigen sitotoksik yang dapat menyebabkan kematian bakteri.⁸

Efektivitas Antimikroba *Photoactivated Disinfection* Terhadap Bakteri *E.faecalis* Pada Perawatan Saluran Akar Gigi

Penelitian Balakrisna N *et al* tahun 2017 telah dilakukan untuk menguji perbandingan efikasi sodium hipoklorit (NaOCL) dan *Photoactivated Disinfection* (PAD) pada 50 buah sampel gigi premolar kedua rahang bawah yang baru dilakukan pencabutan dengan alasan perawatan *orthodontic* atau periodontal. Sampel gigi diinokulasi dengan bakteri *E.faecalis* ke dalam ruang pulpanya serta diinkubasi pada suhu 36⁰ C selama 24 jam. Sampel gigi dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok 1 diirigasi konvensional dengan *syringe* menggunakan 2,25% NaOCL dan 1,7% EDTA serta dibilas dengan salin. Kelompok 2 yaitu PAD menggunakan laser diode 980 nm + *photosensitizer toluidine blue* selama 120 detik setelah irigasi konvensional dengan 2,25% NaOCL dan 1,7% EDTA serta dibilas dengan salin. Evaluasi mikrobial pada kedua

kelompok menunjukkan adanya pengurangan yang bermakna pada nilai rata-rata *colony forming unit* (CFU) dari *E.faecalis*. Nilai rata-rata CFU dari *E.faecalis* pada kelompok 2 lebih rendah secara bermakna (14,68) dibandingkan kelompok 1 (163,72) pada $P=0,001$. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa aplikasi PAD sebagai suatu teknik disinfeksi terbaru yang melengkapi desinfeksi konvensional NaOCL, memiliki potensi antimikroba yang lebih efektif dibandingkan penggunaan tunggal NaOCL dalam mengurangi jumlah bakteri *E.faecalis* di saluran akar gigi.⁷

Penelitian sebelumnya yang sejalan dengan hasil penelitian Balakrisna N *et al* tahun 2017, telah dilakukan oleh Poggio C *et al* tahun 2011 untuk mengevaluasi efek antimikroba antara teknik PAD (dengan spektrum sinar merah pada panjang gelombang 628 nm) dan larutan irigasi konvensional 5,25% terhadap bakteri *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus sanguis*. Evaluasi viabilitas bakteri secara *in vitro* dengan uji MTT dalam penelitian tersebut dilakukan menggunakan 100 buah sampel gigi manusia yang baru dilakukan pencabutan. Setelah dipreparasi, saluran akar dari sampel gigi diirigasi dengan 5% NaOCL dan 17% EDTA dilanjutkan dengan 5% NaOCL. Sampel gigi dibagi menjadi 5 kelompok dengan jumlah sampel masing-masing kelompok 10 gigi. Kelompok 1: sampel gigi yang dilakukan desinfeksi dengan teknik PAD selama 30 detik; kelompok 2 : sampel gigi di irigasi 5% larutan NaOCL lalu dilakukan PAD selama 30 detik; kelompok 3: sampel gigi diirigasi dengan TBO (*toluidine blue O* sebagai suatu *dye photoactive/photosensitizer*); kelompok 4 : sampel gigi dengan teknik PAD dengan paparan waktu yang lebih lama yaitu 90 detik; kelompok 5 : sampel gigi di irigasi 5% NaOCL sebagai kontrol positif. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kelompok 2 dan 5 menghasilkan persentase penurunan terbesar pada jumlah ketiga bakteri uji bila dibandingkan kelompok lainnya ($p<0,001$). Kelompok 4 menghasilkan persentase penurunan terbesar dari jumlah bakteri uji dibandingkan kelompok 1 dan 3. Persentase penurunan jumlah bakteri uji yang paling rendah, dijumpai pada kelompok 3. Kesimpulan hasil penelitian tersebut yaitu

teknik PAD yang digunakan setelah (sebagai pelengkap) aplikasi larutan bakteriostatik konvensional dan agen khelasi konvensional, merupakan teknik yang ideal untuk memperbaiki efek larutan irigasi konvensional pada perawatan saluran akar gigi.¹⁹

Selanjutnya, penelitian Bago I *et al* tahun 2012 juga telah mengevaluasi efek antimikroba dari berbagai teknik disinfeksi saluran akar gigi terhadap *E.faecalis* pada 110 sampel gigi *incisive* rahang bawah dan gigi premolar rahang atas manusia yang telah dicabut. Teknik disinfeksi saluran akar yang evaluasi meliputi iradiasi laser, PAD (dengan laser diode selama 3x20 detik), irigasi konvensional dan irigasi yang diaktivasi sonik. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat penurunan jumlah CFU dari *E.faecalis* yang bermakna dari seluruh teknik disinfeksi yang dilakukan ($P<0,001$). Teknik disinfeksi PAD dan irigasi NaOCL yang diaktivasi sonik lebih efektif secara bermakna dalam menyebabkan penurunan jumlah CFU dari *E.faecalis* dibandingkan iradiasi laser diode dan irigasi NaOCL tunggal ($P<0,05$). Teknik irigasi dengan iradiasi laser diode memiliki efek antimikroba yang setara dengan irigasi NaOCL tunggal. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa teknik disinfeksi PAD dan irigasi NaOCL yang diaktivasi sonik (*EndoActivator system*) lebih berhasil mengurangi jumlah infeksi *E.faecalis* dibandingkan teknik laser diode dan irigasi NaOCL tunggal menggunakan *syringe*.¹⁶

Penelitian lainnya terkait efikasi teknik PAD dalam menurunkan jumlah CFU dari bakteri *E.faecalis* pada saluran akar gigi yang terinfeksi, telah dilakukan oleh Mohan D *et al* tahun 2015. Penelitian yang menggunakan 53 sampel gigi *incisive* rahang atas manusia ini dibagi menjadi kelompok 1: PAD; kelompok 2a : perawatan endodontik konvensional dengan preparasi khemo-mekanis (*conventional endodontic therapy*/CET selama 4 menit; kelompok 2b : perawatan endodontik konvensional dengan preparasi khemo-mekanis (*conventional endodontic therapy*/CET selama 2 menit; kelompok 3a : kombinasi CET-PAD selama 4 menit; kelompok 3b : kombinasi CET-PAD selama 2 menit. Kelompok CET dilakukan irigasi dengan 2,5% NaOCL dan 17% EDTA. Kelompok PAD menggunakan laser diode pada panjang gelombang 670 nm dan kekuatan

65mW. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan jumlah bakteri *E.faecalis* pada kelompok 3a sebanyak 99,5% dan kelompok 3b sebanyak 98,89%. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa Teknik PAD dapat menjadi prosedur pendukung/pelengkap untuk membunuh bakteri *E.faecalis* di sistem saluran akar gigi setelah dilakukannya preparasi khemomekanis sebagai preparasi saluran akar standar.³

Penjelasan terhadap kemampuan larutan irigasi NaOCL sebagai agen disinfektan dalam mengurangi jumlah bakteri *E.faecalis* di saluran akar gigi pada hasil-hasil penelitian tersebut diatas, dimungkinkan karena molekul *chlorin* bebas di dalam NaOCL memiliki efek antibakteri dan efek proteolitik (memecah protein menjadi asam amino) yang mampu membunuh *E.faecalis* seketika saat berkontak secara langsung. Efek proteolitik NaOCL juga efektif melarutkan sisa jaringan pulpa vital dan nekrotik serta kolagen di dalam ruang pulpa dan saluran akar gigi.^{4,14} Namun mekanisme antimikroba NaOCL ini menjadi tidak efektif terhadap bakteri patogen seperti *E.faecalis* yang berada di daerah anatomi saluran akar gigi yang sulit dicapai (tidak tersentuh) oleh larutan irigasi maupun preparasi mekanik oleh instrumen endodontik pada tahap pembersihan saluran akar gigi.²⁰

Penggunaan sinar laser berenergi rendah pada PAD dapat membantu mencapai daerah saluran akar gigi yang tidak tersentuh oleh preparasi mekanik instrumen endodontik dan larutan irigasi NaOCL pada prosedur preparasi saluran akar gigi standar secara konvensional.^{21,22} PAD yang menggunakan sinar laser berenergi rendah memiliki kemampuan berpenetrasi lebih dalam ke tubuli dentin di dinding saluran akar gigi untuk membunuh bakteri *E.faecalis* yang diketahui berkoloni pada kedalaman 600-1000 μm .¹² Penelitian Bumb dkk tahun 2014 telah menunjukkan kemampuan PAD berpenetrasi ke dalam tubuli dentin di dinding saluran akar hingga kedalaman 890-900 μm ,²² sedangkan penetrasi NaOCL hanya mampu mencapai kedalaman 60-150 μm .¹³ Potensi antimikroba PAD terhadap *E.faecalis* di saluran akar gigi dapat efektif terjadi karena PAD menggunakan suatu *photoactive dye* tidak toksik yang disebut *photosensitizer* yang diaktivasi dengan cahaya tampak (*visible light*)

pada intensitas rendah dengan kombinasi keberadaan oksigen, akan menghasilkan spesies oksigen sitotoksik. Mekanisme kerjanya yaitu bila iradiasi dengan cahaya pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan puncak absorpsi dari *photosensitizer* akan menghasilkan energi. Energi yang ditransfer dari *photosensitizer* teraktivasi tersebut akan diteruskan pada oksigen yang tersedia sehingga bertransformasi membentuk oksigen *singlet* sebagai spesies oksigen yang sangat reaktif dan toksik. Kontak antara oksigen *singlet* dengan dinding sel bakteri akan merusak protein, lemak, asam nukleat dan komponen selular sel bakteri sehingga menyebabkan pecahnya sel bakteri serta kematian bakteri.⁸

KESIMPULAN

Penggunaan teknik *Photoactivated disinfection* terbukti mampu mengurangi jumlah bakteri *E.faecalis* di saluran akar gigi yang terinfeksi secara efektif. Potensi antimikroba dari *Photoactivated disinfection* terhadap *E.faecalis* di saluran akar gigi dapat menjadi prosedur pelengkap/penunjang dari prosedur preparasi saluran akar standar secara khemomekanis dengan bahan irigasi NaOCL.

SARAN

Perlu terus dikembangkan penelitian secara *in vitro* maupun *in vivo* terkait potensi antimikroba dari teknik *Photoactivated disinfection* terutama karena terbukti efektif tanpa efek samping dalam mengurangi jumlah bakteri *E.faecalis* yang memiliki resistensi tinggi dan membentuk *biofilm* di saluran akar gigi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ercan E, Dalli M, Yavuz L, Ozekinci T. Investigation of microorganism in infected dental root canals. *Biotechnol Equipt*. 2006;20(2):166-172.
2. Engstrom B. The significance of enterococcus in root canal treatment. *Odontol Revy* 1964;15:87-106.
3. Mohan D, Maruthingal S, Indira R, Divakar DD, Al Kheraif AA, Ramakrishnaiah R, Durgesh BH. Photoactivated disinfection (PAD) of dental root canal system-An ex-vivo study. *Saudi Journal of Biological*

- Science* 2016;23:122-127.
4. Peters OA, Peters CI, Basrani B. Cleaning and shaping the root canal system. In: Hargreaves K, Berman LH (Editor). *Cohen's Pathways of The Pulp*. 11th ed. St. Louis: Elsevier, 2016: 249-265.
 5. Schiffner U, Cachovan G, Bastian J, Sculean A, Eick S. In vitro activity of photoactivated disinfection using a diode laser in infected root canals. *Journal Acta Odontologica Scandinavica* 2014;72:673-679.
 6. Schoop U, Goharkhay K, Klimsha J, Zagler M, Wernish J, Georgopoulos A, Sperr W, Moritz A. Use of ErCrYSGG laser in endodontic treatment. *Journal American Dental Association* 2007;138(7):949-955.
 7. Balakrishna N, Moogi P, Kumar GV, Prashanth BR, Shetty NK, Rao KR. Effect of conventional irrigation and photoactivated disinfection on *Enterococcus faecalis* in root canals: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry* 2017;20(2): 125-128.
 8. Bonsor SJ, Nichol R, Reid TMS, Pearson GJ. Microbiological evaluation of photoactivated disinfection in endodontics (An in vivo study). *Br Dent J* 2006;200(6):337-341.
 9. Lee MT, Bird PS, Walsh LJ. Photoactivated disinfection of the root canal: a new role for laser in endodontics. *Australian Endodontic Journal* 2004;30:93-98.
 10. Garces AS, Nunez SC, Hamblin MR, Suzuki H, Ribiero M. Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: a preliminary report. *Journal of Endodontics* 2010;36:1463-1466.
 11. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 2006;32(2):93-98.
 12. George S, Kishen A, Song KP. The role of environment changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2005;31(12):867-872.
 13. Berkiten M, Berkiten R, Okar. Comparative evaluation of antibacterial effect of Nd:YAG laser irradiation in root canals and dentinal tubules. *JOE* 2000;26(5):268-270.
 14. Torabinejad M, Walton RE, Fouad AF. *Endodontics Principles and Practice*. 5th ed. St. Louis: Elsevier, 2015: 273-281.
 15. Chitre AP. *Manual of Local Anesthesia in Dentistry*. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brother Medical Publisher (P) Ltd, 2016: 101-106.
 16. Bago I, Plecko V, Panduric DG, Schauerl Z, Baraba A, Anic I. Antimicrobial efficacy of a high power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *International Endodontic Journal* 2012;1-9.
 17. Kanopka K, Goslinski T. Photodynamic therapy in dentistry. *Journal of Dental Research* 2007;86(8):694-707.
 18. Shrestha A, Kishen A. The effect of tissue inhibitors on the antibacterial activity of chitosan nanoparticles and photodynamic therapy. *J Endod* 2012;48:1275-1278.
 19. Poggio C, Arciola CR, Dagna A, Florindi F, Chiesa M, Saino E, Imbriani M, Visai L. Photoactivated disinfection (PAD) in endodontics: an in vitro microbiological evaluation. *Int J Artif Organs* 2011:1-9.
 20. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualthrongh A, Worthington H. Antimicrobial activity of varying concentration of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2004;37:438-436.
 21. Odor TM, Watson TF, Pittford TR, McDonald F. Pattern of transmission of laser light in teeth. *International Endodontics Journal* 1996;29:228-234.
 22. Bumb SS, Bhaskar DJ, Agali CR, Punia H, Gupta V, Singh V, Kadane F. Assessment of photodynamic therapy (PDT) in disinfection of deeper dentinal tubules in a root canal system: An in vitro Study. Available in <http://www.jcdr.net> Publish Nov 20, 2014.