

## Larutan irigasi saluran akar

**Maria Tanumihardja**

Bagian Konservasi Gigi

Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Hasanuddin

Makassar, Indonesia

### **ABSTRACT**

*Irrigation of root canal is an essential part that supports the success of root canal treatment as it removes necrotic tissues, microorganisms and dentin chips from infected root canal through flushing of irrigants. Despite its usefulness as an antimicrobial agent, irrigants are also toxic that can cause irritations when inadvertently forced into the periapical tissue. The choice of irrigants needs good knowledge of irrigants' characteristics, understanding an appropriate technique of irrigation, and type of microorganisms involved in root canal infection that support the effectiveness of irrigants. This paper is aimed to discuss the characteristics of some irrigants commonly used in root canal treatment and also to present the results obtained from some clinical investigations.*

**Key words:** irrigants, root canal treatment

### **Abstrak**

Irigasi saluran akar merupakan tahapan penting bagi keberhasilan perawatan saluran akar, karena memudahkan pengeluaran jaringan nekrotik, mikroorganisme dan serpihan dentin dari saluran akar terinfeksi dengan aksi bilasan larutan irigasi. Selain memiliki aktivitas antimikroba, larutan irigasi juga bersifat toksik dan dapat menimbulkan rasa nyeri bila masuk ke jaringan periapikal. Oleh sebab itu, pemilihan larutan irigasi memerlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik terhadap sifat-sifat dari berbagai larutan irigasi. Disamping itu, metode irigasi yang tepat dan pengetahuan mengenai macam mikroorganisme yang berperan dalam proses infeksi saluran akar, turut menunjang efektivitas larutan irigasi. Tulisan ini ditujukan untuk menggambarkan berbagai karakteristik larutan irigasi yang sering digunakan dalam perawatan saluran akar dan memaparkan beberapa hasil yang diperoleh dari penelitian klinis larutan irigasi saluran akar.

**Kata kunci:** larutan irigasi, perawatan saluran akar

**Koresponden:** Maria Tanumihardja, Bagian Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10, Tamalanrea, Makassar, Indonesia. E-mail: mariatan@telkom.net.id.

---

## **PENDAHULUAN**

Irigasi saluran akar merupakan tahapan penting dalam menunjang keberhasilan perawatan saluran akar, karena irigasi memudahkan pengeluaran jaringan nekrotik, mikroorganisme dan serpihan dentin dari saluran akar terinfeksi dengan aksi bilasan larutan irigasi. Hal ini

merupakan salah satu dari prinsip perawatan endodontic, yaitu *triad endodontic treatment*. Disamping itu, larutan irigasi juga membilas dan melarutkan timbunan endapan jaringan keras/lunak terinfeksi di bagian apikal dan jaringan periapikal. Selain memiliki aktivitas antimikroba, larutan irigasi juga bersifat toksik dan dapat

menimbulkan rasa nyeri bila masuk ke jaringan periapikal.<sup>1-4</sup>

Larutan irigasi yang ideal seyogyanya memiliki efek antibakteri dengan spektrum yang luas, tidak toksik, mampu melarutkan sisa jaringan pulpa nekrotik, mencegah terbentuknya *smear layer* selama preparasi saluran akar atau mampu melarutkannya segera setelah terbentuk. Akan tetapi dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, belum ada senyawa larutan irigasi yang dapat memenuhi kriteria yang ideal tersebut. Sebaliknya, penelitian menunjukkan penggunaan kombinasi dari larutan irigasi tertentu dapat meningkatkan efektivitas larutan irigasi dan mendukung keberhasilan perawatan.<sup>5</sup>

Oleh sebab itu, pemilihan larutan irigasi memerlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik terhadap sifat-sifat dari berbagai larutan irigasi. Disamping itu metode irigasi yang tepat dan pengetahuan mengenai macam mikroorganisme yang berperan dalam proses infeksi saluran akar, turut menunjang efektivitas larutan irigasi.<sup>4-5</sup>

Penulisan artikel ini ditujukan untuk membahas berbagai karakteristik larutan irigasi yang sering digunakan dalam perawatan saluran akar dan memaparkan hasil beberapa penelitian klinis larutan irigasi saluran akar.

## TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa macam larutan irigasi saluran akar yang saat ini populer, adalah larutan sodium hipoklorit, larutan kelator/*ethylene diamine tetra-acetic acid* (EDTA), *mixture of tetracycline, an acid and a detergent* (MTAD), klorheksidin, dan iodine potasium iodide (IPI).

### Sodium hipoklorit

Sodium hipoklorit yang pertama kali digunakan sebagai larutan irigasi untuk luka

infeksi pada Perang Dunia I, sekarang merupakan larutan irigasi yang paling sering digunakan dalam praktek dokter gigi, dikenal juga sebagai pemutih pakaian. Kelebihan sodium hipoklorit adalah mampu melarutkan jaringan pulpa vital dan nekrotik, membilas debris keluar dari saluran akar, bersifat anti mikroba dengan spektrum luas, sporisid, virusid, pelumas, harganya ekonomis dan mudah diperoleh. Akan tetapi larutan sodium hipoklorit dapat menyebabkan iritasi bila terdorong ke jaringan periapikal, tidak mampu melarutkan komponen anorganik, menyebabkan bercak putih bila mengenai pakaian pasien dan aromanya tidak enak.<sup>5-6</sup>

Di dalam air, sodium hipoklorit terurai menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OCl}^-$ , hipoklorit, yang membentuk kesetimbangan dengan asam hipoklorit,  $\text{HOCl}$ . Selanjutnya  $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{NaOH} + \text{HOCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{OCl}^-$   
 Reaksi di atas menunjukkan peran sodium hipoklorit sebagai pelarut organik dan lemak melalui reaksi saponifikasi, menghasilkan sabun dan gliserol. Sabun membuat tegangan permukaan berkurang, yang memudahkan pelepasan debris dari dinding saluran akar.<sup>7</sup>

Asam hipoklorus ( $\text{HOCl}$ ) dan ion hipoklorit ( $\text{OCl}^-$ ) yang terbentuk dalam reaksi tersebut, bila berkontak dengan jaringan organik, melepaskan klorin, yang merupakan zat aktif dari larutan sodium hipoklorit. Klorin mampu merusak metabolisme sel bakteri dengan menghambat enzim bakteri, merusak sintesis DNA dan menghidrolisis asam amino.<sup>6-7</sup>

Konsentrasi sodium hipoklorit yang digunakan dalam perawatan saluran akar, telah menjadi perdebatan panjang. Konsentrasi yang lebih tinggi menunjukkan efektivitas sodium hipoklorit yang lebih besar sesuai dengan peningkatan konsentrasi. Beberapa penelitian *in vitro* menunjukkan larutan 5,25%  $\text{NaOCl}$  mampu

mematikan kuman *E.faecalis* dalam waktu 30 detik dan semua sel jamur dalam waktu 15 detik, dibandingkan dengan waktu 10-30 menit yang diperlukan oleh larutan 2,5% dan 0,5% NaOCl.<sup>8,9</sup> Penelitian in vivo lain menunjukkan larutan sodium hipoklorit 2.5% yang ditahan selama 5 menit dalam saluran akar, mampu membuat saluran akar menjadi steril.<sup>10</sup>

Ruddle CJ yang mengutip penelitian in vivo yang dilakukan oleh Daughenbaugh dan Grey, menunjukkan larutan 5,25% NaOCl mampu menembus, melarutkan dan membilas keluar jaringan organik dan debris dari seluruh aspek saluran akar, baik ramifikasi besar maupun ramifikasi kecil. Hal ini dipertegas dengan penggunaan larutan kontras yang radiopak (endogram), yang dalam gambar tiga dimensi menunjukkan larutan irigasi bersirkulasi secara dinamis dalam keseluruhan sistem saluran akar. Hal ini masih perlu dibuktikan lewat pemeriksaan histologis untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme dengan kebersihan saluran akar yang terlihat secara tiga dimensi.<sup>11</sup>

Toksisitas terhadap jaringan sehat merupakan salah satu kelemahan larutan sodium hipoklorit dan dilaporkan meningkat sesuai dengan konsentrasinya.<sup>12-13</sup> Beberapa laporan kasus menunjukkan berbagai akibat yang ditimbulkan oleh larutan sodium hipoklorit, yang tidak sengaja masuk ke dalam jaringan periapikal. Umumnya, gejala yang timbul adalah sakit spontan yang hebat, *oedema* dari jaringan lunak sekitarnya, dapat meluas ke separuh wajah, bibir atas dan daerah infra orbita. *Ecchymosis* mukosa, perdarahan yang hebat dalam saluran akar dan anestesi/parestesi reversibel, juga dilaporkan terjadi. Penanganan dilakukan dengan pemberian analgesik untuk mengatasi rasa sakit, dan pemberian antibiotik untuk menghindari terjadinya infeksi sekunder.<sup>4,14</sup>

Penggunaan sodium hipoklorit konsentrasi rendah lebih dianjurkan di banyak negara untuk menghindari efek toksik dari larutan ini. Disamping itu, beberapa penelitian in vivo terhadap bakteri anaerob dan *E.faecalis* menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermakna terhadap efektivitas anti bakteri antara 0,5%, 1%, 2,5%, dan 5% larutan sodium hipoklorit. Masih banyak penelitian in vivo diperlukan untuk dapat menjelaskan lebih jauh hubungan antara konsentrasi NaOCl dan kemampuan anti bakteri terhadap mikroorganisme tertentu untuk dapat menyimpulkan konsentrasi yang optimal.<sup>6,15-16</sup>

Salah satu upaya untuk meningkatkan efektivitas larutan NaOCl konsentrasi rendah adalah membilas dalam jumlah banyak selama perawatan. Ini dapat dijelaskan dengan makin banyak klorin bebas yang dilepaskan sesuai dengan peningkatan isi/larutan. Alternatif lain adalah meningkatkan suhu larutan, yang secara langsung meningkatkan kapasitas melarutkan jaringan. Pengeluaran debris organik dan sifat antimikroba meningkat 2 kali lipat pada setiap kenaikan suhu 5 derajat. Kemampuan melarutkan jaringan pulpa dari larutan NaOCl 1% pada suhu 45°C sama dengan larutan 5,25% NaOCl pada suhu 20°C. Selain itu, toksisitas sistemik lebih rendah pada larutan irigasi yang dipanaskan dibandingkan dengan yang tidak dipanaskan. Hingga saat ini, belum ada penelitian yang mendukung penggunaan sodium hipoklorit yang dipanaskan terlebih dahulu.<sup>5,17-18</sup>

### Larutan kelator/EDTA

Larutan kelator yang sering digunakan dalam perawatan endodontik adalah garam disodium dari *ethylendiamin tetraacetic acid* (EDTA 17% dalam larutan netral). Kelator adalah pelarut komponen anorganik dan memiliki efek anti bakteri yang rendah, sehingga dianjurkan sebagai pelengkap

dalam irigasi saluran akar setelah sodium hipoklorit. *Smear layer* yang terbentuk selama preparasi mekanik saluran akar dan yang melekat pada dinding saluran akar, dapat dengan mudah dilepaskan melalui demineralisasi, membuat tubulus dentinalis terbuka lebih lebar. Hal ini memudahkan penetrasi desinfektan lebih jauh ke dalam dentin saluran akar, menjadikan larutan kelator ini berkontribusi terhadap eliminasi bakteri. Efektivitas ini makin berkurang ke apikal, bisa karena volume larutan yang kurang memadai, ukuran saluran akar yang makin kecil, yang membatasi sirkulasi dan aksi larutan atau variasi anatomis seperti tubulus yang sklerotik.<sup>5-6,19-20</sup>

Beberapa laporan penelitian menunjukkan penggunaan EDTA menyebabkan erosi pada dinding saluran akar akibat hiperdekalsifikasi. Akan tetapi, penelitian SEM yang dilakukan oleh Niu cs, menunjukkan tidak terjadi erosi bila hanya EDTA yang digunakan sebagai larutan irigasi. Sebaliknya, erosi terjadi pada peritubuler dan intertubuler dentin bila larutan NaOCl digunakan sebagai pembilas akhir setelah EDTA.<sup>21</sup> Untuk meminimalkan erosi yang timbul, larutan EDTA dapat diaplikasi dalam waktu yang lebih singkat dan dalam jumlah kecil.<sup>22</sup>

Larutan EDTA kini dapat ditemukan dalam bentuk pasta, akan tetapi kurang efektif dalam menghilangkan *smear layer* dan dalam mengurangi tekanan yang timbul selama instrumentasi dengan alat putar Ni-Ti. Pasta melekat dan menumpuk dengan *dentin chips* pada lekukan alat endodontik, sedang larutan dapat membilas debris dentin dari alat. Penggunaan kelator bentuk pasta tidak dianjurkan sebagai larutan irigasi.<sup>23</sup>

### **Klorheksidin**

Klorheksidin merupakan basa kuat dan paling stabil dalam bentuk garam klorheksidin

diglukonat yang larut dalam air. Klorheksidin sangat luas digunakan sebagai desinfektan karena memiliki sifat antimikroba yang baik terhadap bakteri gram+, bakteri gram-, spora bakteri, virus lipofilik, jamur dan dermatofit. Klorheksidin 0,1-0,2% merupakan antiseptik yang secara luas digunakan mengontrol plak rongga mulut.<sup>5-6</sup>

Konsentrasi 2% klorheksidin dianjurkan sebagai larutan irigasi saluran akar, karena memiliki efek antimikroba yang luas dan dapat bertahan lama dengan kemampuannya melekat pada dinding saluran akar. Disamping itu, klorheksidin tidak mengiritasi jaringan periapikal, kurang toksik dibandingkan dengan larutan lainnya, dan baunya tidak menyengat. Akan tetapi kemampuan klorheksidin tergantung dari pH dan kehadiran komponen organik.<sup>5-6</sup>

Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas antimikroba larutan 2% klorheksidin hampir sama dengan larutan 5,25% NaOCl. Akan tetapi pemeriksaan in vitro dengan kultur dan SEM menunjukkan hasil yang berbeda. Irigasi dengan 6% larutan sodium hipoklorit dapat menghilangkan *biofilm* dan membunuh semua bakteri secara sempurna sedang klorheksidin tidak memiliki efek pada *biofilm*. Hal ini memungkinkan bakteri tetap memiliki kemampuan mengekspresikan sifat antigenik bila berkontak dengan jaringan periapikal. Selain itu, *biofilm* dapat mengurangi kualitas penutupan bahan pengisi saluran akar.<sup>6,24</sup>

Klorheksidin tidak dapat digunakan sebagai larutan irigasi tunggal pada perawatan saluran akar karena tidak memiliki kemampuan melarutkan jaringan nekrotik dan kurang efektif terhadap bakteri gram negatif. Disamping itu, efektivitas klorheksidin berkurang dengan adanya protein dan matriks dentin organik.<sup>25-26</sup> Oleh sebab itu kombinasi larutan irigasi NaOCl dan klorheksidin dianjurkan untuk meningkatkan

kemampuan keduanya. Klorheksidin dapat ditemukan dalam bentuk larutan berbasis air, gel dan kombinasi larutan dengan bahan aktif lain.<sup>5</sup>

### MTAD

*Mixture of tetracycline, an acid and a detergent* pertama kali diperkenalkan sebagai larutan irigasi saluran akar oleh Torabinejad dan Johnson pada tahun 2003. Larutan ini berisi campuran antara tetrasiklin, asam dan deterjen. Kelebihan MTAD adalah membuat irigasi lebih sederhana karena menggabungkan kemampuan menghilangkan *smear layer*, sekaligus bersifat antimikroba, dan dilaporkan kurang erosi pada dentin dibandingkan dengan EDTA.<sup>27</sup>

Efektivitas MTAD dalam menghilangkan *smear layer* dan mendesinfeksi saluran akar telah ditunjukkan dalam beberapa penelitian. Kombinasi irigasi larutan 1,3% NaOCl dan MTAD sebagai pembilas akhir, dilaporkan lebih efektif dibandingkan dengan larutan 5,25% NaOCl.<sup>28-29</sup> Akan tetapi, peneliti lain menemukan hal yang berbeda, yaitu MTAD yang diaplikasi pada dentin yang telah dirigasi dengan 1,3% NaOCl menunjukkan penurunan efek antibakteri. Hal ini bisa dijelaskan karena terjadi oksidasi MTAD oleh NaOCl.<sup>29</sup> Penelitian *in vitro* lainnya juga menunjukkan kurang efektifnya kombinasi irigasi larutan 1,3% sodium hipoklorit dan BioPure MTAD dibandingkan dengan kombinasi larutan 5,25% NaOCl dengan 15% EDTA. Dalam penelitian ini tersebut kombinasi larutan NaOCl/EDTA secara konsisten mendesinfeksi saluran akar, dibandingkan dengan larutan NaOCl/MTAD yang meninggalkan hampir 50% kuman *E. faecalis*.<sup>30</sup>

### Iodine potassium iodide (IPI)

Senyawa iodine dikenal luas sebagai desinfektan kulit dan lapangan operasi iodine

kurang reaktif dibandingkan dengan klorin tetapi dapat dengan cepat membunuh kuman, jamur, virus, bakteri tuberkulosis dan spora. Iodine tidak stabil dalam larutan sehingga dikembangkan senyawa iodofor seperti *povidone iodine* dan poloksamer-iodine. Iodofor merupakan kompleks dari iodine dan bahan pelarut, yang melepaskan iodine secara perlahan. Iodofor kurang aktif terhadap jamur dan virus, dibandingkan dengan iodine yang dengan cepat mematikan mikroorganisme dengan merusak protein, nukleotida dan menyebabkan kematian sel.<sup>6,31</sup>

*Iodine potassium iodide* luas digunakan sebagai desinfeksi permukaan gigi dan irigasi dengan IPI sebelum medikasi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> dilaporkan mengurangi jumlah kuman *E. faecalis* yang persisten.<sup>31</sup> Akan tetapi penelitian mengenai interaksi antara IPI dan kondisi kimiawi saluran akar nekrotik menunjukkan bahwa dentin, dalam hal ini dentin kolagen, mampu menghambat dan meniadakan efek antibakteri dari IPI terhadap *E. faecalis*. Hal ini menjadi alasan sulitnya mendapatkan saluran akar steril akibat inaktivasi senyawa *iodine*.<sup>25-26,32</sup>

### PEMBAHASAN

Eliminasi bakteri dari sistem saluran akar menjadi syarat penting keberhasilan perawatan saluran akar. Penelitian menunjukkan preparasi biomekanis, irigasi saluran akar dan penggunaan medikamen antar kunjungan berperan besar terhadap hal ini.

Komponen dinding saluran akar terdiri dari bahan organik dan anorganik. Berbagai penelitian telah membuktikan tidak ada larutan irigasi tunggal ideal yang mampu melarutkan kedua komponen terinfeksi tersebut sekaligus bersifat anti bakteri. Oleh sebab itu, berbagai penelitian dilakukan untuk menggabungkan penggunaan larutan irigasi tertentu untuk mendapatkan hasil

yang optimal. Penelitian menunjukkan kombinasi irigasi larutan sodium hipoklorit dan EDTA, sodium hipoklorit dan klorheksidin, sodium hipoklorit dan MTAD, memiliki efektivitas antimikroba yang lebih baik bila dibandingkan dengan penggunaan larutan tersebut sebagai larutan irigasi tunggal.<sup>5-6,9,25-26,30</sup>

Hal yang penting diperhatikan dari kombinasi larutan adalah penggunaan sodium hipoklorit sebagai larutan irigasi utama selama preparasi mekanis berlangsung. Larutan EDTA hanya digunakan setelah preparasi saluran akar selesai diikuti NaOCl sebagai pembilas akhir. Hal ini untuk menghindari erosi dinding saluran akar secara berlebihan, dan juga untuk menghindari berkurangnya efektivitas NaOCl karena EDTA atau larutan kelator lainnya mengikat klorin dalam larutan. Klorheksidin juga dianjurkan untuk digunakan sebagai pembilas akhir. Sebelumnya, saluran akar sebaiknya dikeringkan lebih dahulu, karena kombinasi klorheksidin dan NaOCl membentuk endapan merah kecoklatan yang tidak dapat larut.<sup>6</sup>

Walaupun penelitian umumnya dilakukan secara *in vitro* dan *ex vivo*, hal ini tetap memberikan informasi penting terhadap potensi antimikroba dari berbagai larutan irigasi. Akan tetapi informasi ini tidak dapat diekstrapolasi langsung pada kondisi klinis saluran akar karena efektivitas larutan irigasi secara *in vivo* dapat berkurang oleh berbagai faktor, antara lain sistem anatomi saluran akar.

Teknik irigasi juga berperan terhadap efektivitas larutan irigasi. Penelitian menggunakan *thermal image analysis* menunjukkan aliran larutan irigasi dipengaruhi oleh diameter jarum irigasi, kedalaman jarum irigasi dalam saluran akar dan ukuran akhir dari saluran akar. Sebaiknya diameter jarum irigasi sesuai dengan besarnya ukuran akhir preparasi untuk menghindari

turbulensi larutan.<sup>33-34</sup> Akan tetapi jarum irigasi diameter kecil, 27 atau 30 *gauge* dilaporkan lebih efektif, karena bisa masuk lebih jauh ke dalam saluran akar sehingga pertukaran larutan dan pembersihan lebih baik.<sup>6</sup>

Untuk menghindari terdorongnya larutan irigasi ke periapikal, dianjurkan penggunaan jarum irigasi yang ujungnya bermuara ke samping (*side-vented needle*). Jarum irigasi ditempatkan kurang lebih 1 mm dari ujung panjang kerja dan maksimal sepertiga apikal, kemudian larutan irigasi diinjeksikan secara perlahan dengan kecepatan dan tekanan yang konstan serta dalam jumlah dan frekuensi yang banyak.

## SIMPULAN

Dari pembahasan mengenai larutan irigasi saluran akar, dapat disimpulkan bahwa irigasi merupakan tahapan penting dalam menunjang keberhasilan perawatan saluran akar karena terjadi pembersihan jaringan infeksi dalam saluran akar. Pengetahuan dan pemahaman yang baik terhadap karakteristik larutan irigasi diperlukan untuk mengoptimalkan pemilihan bahan irigasi.

## SARAN

Meskipun larutan sodium hipoklorit merupakan bahan irigasi yang paling banyak digunakan oleh dokter gigi, perhatian yang cermat diperlukan bila penggunaannya dikombinasikan dengan larutan irigasi lain.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solution. *Endod Topics* 2005; 10: 77-102.
2. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulate and irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004; 37: 672-8.

3. Gualabivala K, Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endod Topics* 2005; 10:103-22.
4. Hulsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation; literature review and case reports. *Int Endod J* 2000; 33: 186-93.
5. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32 (5): 389-98.
6. Haapasalo M, Wei Qian. Irrigants and intracanal medication. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, editor. *Ingle's Endodontics 6*. 6<sup>th</sup> Ed. Ontario: BC Decker Inc, Hamilton; 2008. pp.997-1008.
7. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spano JC, Marchesan M, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J* 2002; 13 (2):113-7.
8. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2004; 37: 438-46.
9. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 79-84.
10. Andrew L. Evaluasi daya antiseptik sodium hipoklorit 2,5% terhadap kuman aerob dan anaerob saluran akar: Penelitian in vivo. [Tesis]. Jakarta: Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Ilmu Konservasi Gigi FKG Universitas Indonesia; 2004.
11. Ruddle CJ. Cleaning and shaping the root canal system. In: Cohen S, Burns RC, editor. *Pathways of the pulp*. 8<sup>th</sup> Ed. Philadelphia: Mosby Inc.; 2002. p.241.
12. Pashley EI, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod* 1985; 11: 525-8.
13. Chang YC, Huang FM, Tai KW, Chou MY. The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine on cultured human periodontal ligament cells. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 92: 446-50.
14. Witton R, Henthorn M, Ethunandan S, Brennan PA. Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment. *Int Endod J* 2005; 38: 843-8.
15. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0,5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1983; 55: 307-12.
16. Siqueira Jr JF, Rocas IN, Santos SR. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod* 2002; 28: 181-4.
17. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 2005; 31: 669-71.
18. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 175-7.
19. Czontkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am* 1990; 34: 13-25.
20. Hakan BS, Erturk O, Piskin B. The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: 622-7.
21. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J* 2002; 35: 934-9.
22. Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod* 2000; 26: 459-61.
23. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J* 2007; 52 (1 Suppl): S52-S63.
24. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, et al. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod* 2006; 32: 434-7.
25. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM. Inactivation of local root canal medicaments by

- dentine; an in vitro study. *Int Endod J* 2000; 33: 126-31.
26. Portenier I, Haapasalo H, Rye A. Inactivation of root canal medicaments by dentine, hydroxylapatite and bovine serum albumin. *Int Endod J* 2001; 34: 184-8.
27. Torabinejad M, Khademi AA, Bahagoli J. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod* 2003; 29: 170-5.
28. Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio R, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod* 2003; 29: 400-3.
29. Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS. Reduction in antimicrobial substantivity of MTAD after initial sodium hypochlorite irrigation. *J Endod* 2006; 32: 970-5.
30. Baumgartner JC, Johal S, Marshall JG. Comparison of the antimicrobial efficacy of 1,3% NaOCl/BioPure MTAD to 5,25% NaOCl/15% EDTA for root canal irrigation. *J Endod* 2007; 35: 48-51.
31. Gottardi W. Iodine and iodine compounds. In: Block SS, editor. *Disinfection, sterilization, and preservation*. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1991. pp.152-66.
32. Molander A, Reit C, Dahlen G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide in root canals pretreated with 5% iodine potassium iodide. *Endod Dent Traumatol* 1999; 15: 205-9.
33. Portenier I, Haapasalo H, Ørstavik D. Inactivation of the antibacterial activity of iodine potassium iodide and chlorhexidine digluconate against *Enterococcus faecalis* by dentin, dentin matrix, type I-collagen, and heat-killed microbial whole cells. *J Endod* 2002; 28: 634-7.
34. Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J* 2006; 40:11-7.