

## PENGARUH SUHU DAN PENAMBAHAN SURFAKTAN PADA DAYA ANTIBAKTERI SODIUM HIPOKLORIT TERHADAP *Enterococcus faecalis*

Erlan Septiana Sari \* Wignyo Hadriyanto \*\* Diatri Nari Ratih

\*Program Studi Konservasi Gigi, Program Pendidikan Spesialis,  
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

\*\*Departemen Ilmu Konservasi Gigi, Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

### ABSTRAK

Peningkatan daya antibakteri NaOCl dapat dilakukan dengan menaikkan suhu larutan atau dengan penambahan surfaktan. akan tetapi pemanasan masih menjadi perdebatan karena merusak struktur kimia NaOCl. *Enterococcus faecalis* merupakan spesies bakteri yang ditemukan pada perawatan endodontik yang gagal. Penelitian bertujuan mengetahui bagaimana pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Penelitian terdiri dari empat kelompok: NaOCl 5,25% suhu 28°C, NaOCl 5,25% suhu 45°C, NaOCl 5,25% ditambah surfaktan suhu 28°C dan NaOCl 5,25% ditambah surfaktan suhu 45°C. Sembilan cawan petri berisi media MHA, masing-masing berisi empat sumuran yang mewakili empat kelompok penelitian. Seluruh cawan petri dimasukkan kedalam *anaerobic jar*, dieramkan dalam inkubator selama 24 jam dengan suhu 37°, dan diukur zona hambatnya. Anava dua jalur menunjukkan pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Uji LSD menunjukkan daya antibakteri NaOCl 5,25% suhu 45°C dengan penambahan surfaktan lebih besar dibanding kelompok lain. Daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan lebih besar dari NaOCl 5,25% tanpa penambahan surfaktan pada suhu yang sama. Daya antibakteri NaOCl 5,25% suhu 45°C lebih besar dari NaOCl 5,25% suhu 28°C, baik pada kelompok tanpa penambahan surfaktan maupun dengan penambahan surfaktan.

**Kata kunci:** sodium hipoklorit, suhu, surfaktan, *E. faecalis*

### ABSTRACT

Antibacterial activity of NaOCl can improved by heated or by added surfactant, but heating is still debated as damaging its chemical structure. *Enterococcus faecalis* is bacteria which frequently found in root canal treatment failure. The aims of this study was to evaluate the influence of temperature and surfactant to antibacterial activity of NaOCl against *E. faecalis*. The study divided to four groups: NaOCl 5.25% at 28°C and 45°C, NaOCl 5.25% with added surfactants at 28°C, and 45°C. Nine petri dish containing MHA, each contain four wells that represent four research groups. The entire petri dish inserted into the anaerobic jar, incubated for 24 hours at 37°C, and measured the inhibitory zone. Two way Anova show the influence of temperature and surfactant to the antibacterial activity of NaOCl against *E. faecalis*. Antibacterial activity of NaOCl 5.25% at 45°C with added surfactant was greater than other groups. Antibacterial activity of NaOCl 5.25% with added surfactant is greater than 5.25% NaOCl without added surfactant at the same temperature. Antibacterial activity of NaOCl 5.25% at 45°C was greater than NaOCl 5.25% at 28°C, both in the group without added surfactant and with added surfactant.

**Keywords:** sodium hypochlorite, temperature, surfactants, *E. faecalis*

### PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar pada dasarnya terdiri atas preparasi biomekanik, desinfeksi saluran akar dan pengisian saluran akar.<sup>1</sup> Tujuan utama perawatan saluran akar adalah melarutkan jaringan pulpa atau jaringan nekrosis, menghilangkan bakteri dari saluran akar dan mencegah kontaminasi ulang saluran akar dari bakteri.<sup>2</sup> Berbagai teknik dan instrumen preparasi mekanis serta jenis larutan irigasi dikembangkan dengan tujuan meningkatkan keberhasilan perawatan endodontik.<sup>3</sup>

Preparasi mekanis dengan instrumen endodontik memiliki keterbatasan karena anatomi saluran akar yang kompleks.<sup>2</sup> Menurut Haa-

pasalo<sup>3</sup> irigasi adalah satu satunya jalan untuk menjangkau daerah yang belum terpreparasi instrumen mekanik. Larutan irigasi digunakan untuk membantu memfasilitasi proses pembersihan sisa jaringan nekrotik dan biofilm dari saluran akar.<sup>4</sup> Idealnya larutan irigasi memiliki kemampuan: melarutkan jaringan organik dan anorganik, bersifat antibakteri, tidak merusak jaringan periapikal, memiliki tegangan permukaan yang rendah, dan memiliki aksi pembersihan.<sup>1</sup>

Larutan irigasi yang disarankan dalam perawatan saluran akar adalah sodium hipoklorit (NaOCl).<sup>5</sup> NaOCl konsentrasi 0,5% - 6% merupakan larutan irigasi yang paling sering digunakan karena memiliki kemampuan melarutkan jaringan organik yang tinggi dan memiliki daya antibakteri

spektrum luas, terutama pada konsentrasi di atas 2,5%.<sup>6</sup> NaOCl dapat menciptakan suasana basa dan dapat membunuh bakteri pada konsentrasi 0,5% - 6%.<sup>7</sup> NaOCl dapat dikombinasi dengan larutan irigasi lain seperti *ethylenediamine tetra acetic* (EDTA) dan klorheksidin.<sup>3</sup>

Kekurangan NaOCl sebagai larutan irigasi adalah terbatasnya kemampuan penetrasi pada tubulus dentinalis. NaOCl memiliki tegangan permukaan yang tinggi sehingga tidak dapat dengan mudah berpenetrasi ke dalam tubulus dentinalis. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan efektivitas NaOCl, salah satunya adalah dengan menaikkan suhu larutan.<sup>8,9</sup> Dalam suhu yang lebih tinggi, pergerakan molekul-molekul pada larutan NaOCl akan semakin cepat sehingga daya alir larutan akan bertambah, serta akan meningkatkan efektivitas bakterisidal hampir dua kali lipat pada setiap kenaikan 5°C.<sup>4</sup> Larutan NaOCl yang sebelumnya sudah dipanaskan menunjukkan peningkatan kemampuan dalam melarutkan jaringan nekrotik dan efisien dalam mencegah terbentuknya fase stasioner *E. faecalis*.<sup>8</sup> Hasil yang bertolak belakang ditunjukkan oleh penelitian Gambarini dkk.,<sup>10</sup> yang menyebutkan bahwa pemanasan hingga 50°C tidak memberikan efek yang signifikan terhadap sifat kimia NaOCl.

Cara lain dalam meningkatkan daya antibakteri NaOCl adalah dengan menambahkan surfaktan.<sup>6</sup> Penambahan surfaktan pada NaOCl dapat menurunkan tegangan permukaan, meningkatkan stabilitas keberadaan ion klorin dan kemampuan melarutkan protein, serta meningkatkan efektivitas daya antibakteri.<sup>11</sup> Triton X-100 adalah salah satu surfaktan non ionik yang mampu menstabilkan kadar klorin aktif NaOCl. Tingginya kadar klorin aktif dapat meningkatkan daya antibakteri NaOCl. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa NaOCl yang mengandung surfaktan memiliki tegangan permukaan yang lebih rendah dan mampu mematikan bakteri dengan kontak langsung.<sup>12</sup>

*Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) adalah bakteri anaerob fakultatif berbentuk kokus, yang memiliki resistensi yang lebih tinggi terhadap agen antibakteri jika dibandingkan dengan bakteri lain.<sup>6</sup> *Enterococcus faecalis* merupakan spesies bakteri yang ditemukan pada perawatan endodontik yang gagal.<sup>8</sup> Bakteri ini biasanya dapat diisolasi dari infeksi endodontik yang menetap.<sup>6</sup> Faktor utama yang menyebabkan *E. faecalis* dapat bertahan selama proses perawa-

tan saluran akar adalah kemampuan bakteri ini untuk membentuk biofilm, beradaptasi dengan lingkungan yang bersuhu tinggi dan memiliki kisaran pH yang besar.<sup>13</sup>

Daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis* dapat ditingkatkan melalui penambahan surfaktan, akan tetapi pemanasan masih menjadi perdebatan akibat adanya perbedaan hasil pada beberapa penelitian. Hal ini menjadi menarik untuk ditelaah lebih lanjut apakah peningkatan suhu yang disertai dengan penambahan surfaktan mampu memberikan peningkatan yang signifikan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Berdasar pada uraian di atas timbul permasalahan: bagaimana pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri sodium hipoklorit terhadap *Enterococcus faecalis*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri sodium hipoklorit terhadap *Enterococcus faecalis*. Penelitian mengenai NaOCl yang mengandung surfaktan dan dipanaskan pernah dilakukan oleh Stojicic dkk.,<sup>14</sup> yang meneliti tentang pengaruh konsentrasi, suhu dan surfaktan (Triton X-100) terhadap kemampuan NaOCl dalam melarutkan jaringan. Stojicic dkk.,<sup>14</sup> menyebutkan bahwa pemanasan hingga 45°C dan penambahan surfaktan mampu meningkatkan secara signifikan kemampuan NaOCl dalam melarutkan jaringan organik.

Penelitian ini menggunakan larutan irigasi NaOCl yang ditambah surfaktan dan dipanaskan, serta bertujuan lebih lanjut untuk meneliti perbedaan daya antibakteri sodium hipoklorit dengan penambahan surfaktan dan pemanasan terhadap *Enterococcus faecalis*.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi mengenai referensi penambahan surfaktan dan pemanasan pada sodium hipoklorit sebagai larutan irigasi dalam perawatan saluran akar. Selain itu, penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi ilmiah tentang bahan irigasi yang dapat berguna dalam bidang Kedokteran Gigi khususnya ilmu Konservasi Gigi dan dunia ilmu pengetahuan pada umumnya.

## METODE

Pemeriksaan aktivitas bakteri menggunakan metode difusi. Penelitian ini terdiri dari empat kelompok. Kelompok I adalah NaOCl 5,25%,

kelompok II adalah kelompok NaOCl 5,25% ditambah surfaktan. Kelompok I dan II dibagi lagi menjadi Ia yaitu NaOCl 5,25% suhu 28°C; Ib yaitu NaOCl 5,25% suhu 45°C; IIa yaitu NaOCl 5,25% ditambah surfaktan, suhu 28°C; IIb yaitu NaOCl 5,25% ditambah surfaktan, suhu 45°C. Sembilan cawan petri masing-masing berisi empat sumuran yang mewakili empat kelompok perlakuan (Ia, Ib, IIa, IIb). Masing-masing sumuran berdiameter 7 mm dan berjarak 40 mm satu sama lain.

Sembilan cawan petri berisi media MHA diusap dengan ose yang telah mengandung *E. faecalis* dan diratakan dengan *spreader*. Pola sumuran dibuat pada kertas dengan jarak sumuran masing-masing 40mm. Masing-masing cawan petri ditandai dengan pola dan diberi label Ia, Ib, IIa, IIb. Dibuat sumuran dengan diameter 7mm sesuai dengan pola yang telah dibuat. Larutan NaOCl sebanyak 50 ml diambil dengan pipet ukur dan diletakkan pada sumuran sesuai dengan kelompoknya. Seluruh cawan petri berisi media MHA dari keempat kelompok dimasukkan kedalam *anaerobic jar* kemudian dieramkan dalam inkubator selama 24 jam dengan suhu 37°C.

Data diperoleh dari pengukuran zona hambatan di sekitar sumuran setelah inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong. Cara pengukuran yaitu dengan mengambil 2 garis yang saling tegak lurus melalui titik pusat lubang sumuran, sedangkan garis yang ketiga diambil diantara kedua garis tersebut yaitu dengan membentuk sudut 45°. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pada tempat yang berbeda.

Pengukuran pertama dilakukan menggunakan zona hambatan (A-B) dikurangi diameter lubang sumuran (a-b) dan hasilnya dibagi 2, sehingga diperoleh data pengukuran pertama. Pengukuran kedua dilakukan dengan mengukur zona hambatan yang tegak lurus dengan pengukuran pertama (C-D) dikurangi diameter lubang sumuran (c-d) kemudian hasilnya dibagi 2, sehingga diperoleh data pengukuran kedua. Pengukuran ketiga didapatkan dengan mengukur zona hambatan pada sudut 45° (E-F) dikurangi diameter lubang sumuran (e-f) lalu hasilnya dibagi 2 sehingga diperoleh data pengukuran ketiga. Data pengukuran pertama, kedua dan ketiga kemudian diambil rata-rata, maka diperoleh data zona hambatan untuk cawan petri pertama. Cara

yang sama dilakukan pada tiap cawan petri yang akan diukur zona hambatannya.

## HASIL

Penelitian dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Pengukuran daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis* dilakukan melalui metode difusi. Daya antibakteri dihitung dengan mengukur zona hambat pada masing-masing kelompok.

Hasil penelitian menggambarkan bahwa rerata daya antibakteri tertinggi ditunjukkan oleh NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan dan berada pada 45°C, dan rerata daya antibakteri terendah ditunjukkan oleh NaOCl 5,25% pada suhu 28°C. Rerata daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan lebih tinggi dari NaOCl 5,25% tanpa penambahan surfaktan, pada suhu yang sama. Rerata daya antibakteri suhu 45°C baik pada kelompok NaOCl 5,25% maupun NaOCl 5,25% ditambah surfaktan lebih tinggi dari rerata daya antibakteri kelompok yang berada pada suhu 28°C.

Hasil uji Anava dua jalur menunjukkan bahwa suhu dan penambahan surfaktan berpengaruh pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Selain itu, uji Anava dua jalur pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa terdapat interaksi suhu dan surfaktan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Dari hasil uji Anava dua jalur yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis* maka selanjutnya dilakukan uji *Post Hoc* dengan uji LSD untuk.

Hasil uji LSD menunjukkan bahwa daya antibakteri terhadap *E. faecalis* pada kelompok NaOCl 5,25 % yang ditambah surfaktan dan berada pada suhu 45°, lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lain. Uji LSD juga menunjukkan bahwa daya antibakteri NaOCl 5,25% pada suhu 45°C lebih besar jika dibandingkan dengan NaOCl 5,25% pada suhu 28°C dan NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan pada suhu 28°C. Selain itu uji LSD juga menunjukkan bahwa pada suhu yang sama, yaitu baik pada kelompok suhu 28°C maupun kelompok suhu 45°C, daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan lebih baik dari NaOCl 5,25% tanpa penambahan surfaktan.

## PEMBAHASAN

Hasil uji Anava dua jalur menunjukkan bahwa terdapat pengaruh suhu pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Suhu 45°C berpengaruh pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis* pada kelompok NaOCl 5,25% tanpa surfaktan maupun NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa NaOCl pada suhu yang lebih tinggi memiliki daya antibakteri yang lebih tinggi, hingga dua kali lipat setiap kenaikan suhu 5°C.<sup>4,14</sup>

Suhu suatu massa akan berbanding lurus dengan kecepatan pergerakan molekul-molekul dan laju reaksi. sesuai dengan hukum fisika yang menyebutkan  $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ , semakin tinggi suhu larutan maka laju reaksi ( $v$ ) akan meningkat, sehingga suhu yang tinggi akan meningkatkan energi kinetik molekul ( $E_k$ ). Pada suhu 45°C, energi kinetik molekul NaOCl akan lebih tinggi dibanding pada suhu 28°C. Energi kinetik yang meningkat akan menyebabkan reaksi kloraminasi semakin cepat dan asam hipoklorit yang dihasilkan semakin besar. Asam hipoklorit merupakan bentuk aktif dari klorin yang terkandung dalam NaOCl. Asam hipoklorit adalah oksidan kuat yang mampu mengganggu metabolisme *E. faecalis* dengan mengoksidasi kelompok sulfidril (SH) pada enzim bakteri, termasuk sistein.<sup>15</sup>

Dalam penelitian, NaOCl berada dalam suhu 28°C dan 45°C. Suhu 45°C merupakan suhu yang optimal bagi peningkatan daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*.<sup>8</sup> Daya antibakteri terhadap *E. faecalis* yang besar pada kelompok NaOCl 5,25% tanpa surfaktan pada suhu 45°C dan NaOCl 5,25 % yang ditambah surfaktan pada suhu 45°C tidak disebabkan secara langsung oleh suhu larutan. Pada suhu 45°C *E. faecalis* masih dapat bertahan dan bermetabolisme dengan baik. Sebagaimana disebutkan oleh Facklam dan Teixeira,<sup>16</sup> bahwa *E. faecalis* adalah bakteri yang mampu berkembang biak pada kisaran pH yang luas, pada suhu 10-45°C, dan mampu bertahan pada lingkungan bersuhu 60°C selama 30 menit. Kemampuan *E. faecalis* bertahan hingga suhu 45°C disebabkan oleh adanya *Heat-Shock Proteins* (HSPs) yang terutama terdiri dari kaperon dan protease yang diinduksi operon *groE* dan *dnaK*.<sup>17,18</sup> Dengan demikian, tingginya daya antibakteri NaOCl pada suhu 45°C merupakan akibat dari meningkatnya

energi kinetik dan pembentukan asam hipoklorit pada NaOCl, bukan akibat dari perubahan metabolisme *E. faecalis* pada suhu 45°C.

Pada uji Anava dua jalur, pengaruh penambahan surfaktan pada daya antibakteri terhadap *E. faecalis* tampak pada kelompok NaOCl 5,25% baik pada suhu 28°C maupun 45°C. Surfaktan mampu menurunkan tegangan permukaan dan menjaga kestabilan asam hipoklorit. Turunnya tegangan permukaan menyebabkan molekul-molekul NaOCl lebih mudah berkontak dengan material yang dialiri. Penurunan tegangan permukaan NaOCl akan meningkatkan kecepatan alir, sehingga waktu kontak dengan bakteri akan semakin tinggi. Peningkatan waktu kontak NaOCl dengan bakteri, disertai dengan peningkatan kestabilan asam hipoklorit akan meningkatkan daya antibakteri terhadap *E. faecalis*. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan NaOCl dan meningkatkan daya antibakteri.<sup>6,14</sup> Pada saat berkontak dengan bakteri, asam hipoklorit yang terkandung pada NaOCl akan mengintervensi metabolisme bakteri melalui reaksi oksidasi yang bersifat ireversibel.<sup>15</sup>

Triton-X 100 yang digunakan sebagai surfaktan dalam penelitian tidak memiliki daya antibakteri, sehingga daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan terhadap populasi *E. faecalis* hanya berasal NaOCl 5,25%. Menurut Sirtes dkk.,<sup>8</sup> penambahan Triton X-100 dapat menjaga kestabilan kandungan klorin aktif pada NaOCl. Dengan penambahan Triton X-100 terjadi penurunan tegangan permukaan sehingga waktu kontak dengan bakteri akan meningkat, selain itu penambahan Triton X-100 juga meningkatkan kestabilan asam hipoklorit, sehingga daya antibakteri yang dihasilkan oleh NaOCl semakin tinggi.

Metabolisme *E. faecalis* terutama terjadi pada membran sitoplasma.<sup>19</sup> Dalam membran sitoplasma, *E. faecalis* menghasilkan beberapa enzim yang berperan besar dalam kemampuan beradaptasi dan virulensinya.<sup>20</sup> *Staphylococcal surface protein sorting A* (SrtA) adalah salah satu enzim bakteri yang terdapat pada membran sitoplasma.<sup>21</sup> SrtA merupakan enzim yang berperan penting dalam kelangsungan hidup dan kemampuan virulensi *E. faecalis*.<sup>22</sup> SrtA mengandung bagian aktif berupa sistein, yang dapat di non aktifkan oleh asam hipoklorit

yang dihasilkan NaOCl, melalui penggantian ion hidroksil dengan ion klorin. Inaktivasi sistein oleh asam hipoklorit akan mengganggu stabilitas SrtA, sehingga metabolisme dan kemampuan virulensi *E. faecalis* akan terganggu.

Hasil uji Anava dua jalur menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*. Interaksi yang terjadi pada daya antibakteri NaOCl, disebabkan oleh adanya pengaruh suhu yang memberikan efek peningkatan pembentukan asam hipoklorit, disertai dengan meningkatnya waktu kontak dan kestabilan asam hipoklorit yang disebabkan oleh penambahan surfaktan. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa NaOCl pada suhu 45°C dan ditambah surfaktan memiliki kemampuan penetrasi terbesar ke dalam tubulus dentinalis.<sup>14</sup> Dengan demikian selain berpengaruh pada kemampuan penetrasi ke tubulus dentinalis, suhu dan penambahan surfaktan berpengaruh pada daya antibakteri NaOCl terhadap *E. faecalis*.

Hasil uji LSD, menunjukkan bahwa daya antibakteri terhadap *E. faecalis* pada kelompok NaOCl 5,25 % yang ditambah surfaktan dan berada pada suhu 45°, lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lain. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh suhu 45°C dan penambahan surfaktan yang sinergis dalam meningkatkan pembentukan asam hipoklorit, menjaga kestabilan asam hipoklorit dan memperpanjang waktu kontak dengan bakteri, sehingga mampu menghasilkan daya antibakteri terhadap *E. faecalis* paling besar dibanding kelompok lain. Semakin tinggi asam hipoklorit yang terbentuk maka daya antibakteri yang dimiliki semakin tinggi. Penambahan surfaktan mampu menjaga kestabilan asam hipoklorit yang sudah terbentuk, dan meningkatkan waktu kontak dengan bakteri.

Uji LSD juga menunjukkan bahwa daya antibakteri NaOCl 5,25% pada suhu 45°C lebih besar jika dibandingkan dengan NaOCl 5,25% pada suhu 28°C dan NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan pada suhu 28°C. Hal ini disebabkan oleh adanya pembentukan asam hipoklorit yang lebih banyak pada NaOCl suhu 45°C, jika dibandingkan dengan suhu 28°C. Penambahan surfaktan pada NaOCl 5,25% tidak memberikan peningkatan jumlah asam hipoklorit yang terbentuk sehingga daya antibakteri yang ditimbulkan tidak lebih baik dari NaOCl 5,25%

pada suhu 45°C.

Daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan dan berada pada suhu 28°C lebih baik dari NaOCl 5,25% pada suhu 28°C, begitu juga daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan dan berada pada suhu 45°C lebih baik dari NaOCl 5,25% suhu 45°C. Hal ini disebabkan oleh kemampuan surfaktan dalam menjaga kestabilan asam hipoklorit dan menurunkan tegangan permukaan NaOCl. Asam hipoklorit dalam NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan akan lebih stabil dan memberikan daya antibakteri yang lebih baik jika dibandingkan dengan NaOCl 5,25% pada suhu yang sama. Penurunan tegangan permukaan yang disebabkan oleh adanya surfaktan pada NaOCl 5,25% menyebabkan meningkatnya waktu kontak dengan bakteri, sehingga daya antibakteri NaOCl 5,25% yang ditambah surfaktan akan lebih baik dari NaOCl 5,25% pada suhu yang sama.

Uji LSD, menggambarkan bahwa NaOCl 5,25% pada suhu 45°C memiliki daya antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan NaOCl 5,25% pada suhu 28°C. Selain itu, daya antibakteri NaOCl 5,25% ditambah surfaktan pada suhu 45°C juga lebih baik dari larutan yang sama pada suhu 28°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada suhu 45°C larutan NaOCl 5,25% baik yang tanpa penambahan surfaktan maupun yang ditambah surfaktan mampu menghasilkan daya antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan larutan yang sama pada suhu 28°C. Pada suhu 45°C, laju reaksi lebih tinggi daripada suhu 28°C sehingga asam hipoklorit yang terbentuk juga lebih besar. Asam hipoklorit merupakan bentuk aktif dari klorin pada NaOCl yang mampu menghasilkan daya antibakteri.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat pengaruh suhu dan penambahan surfaktan pada daya antibakteri sodium hipoklorit terhadap *E. faecalis*. Daya antibakteri terbesar ditunjukkan oleh NaOCl 5,25% suhu 45°C yang ditambah dengan surfaktan.

## SARAN

Penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan daya antibakteri sodium hipoklorit 5,25% suhu 45°C yang ditambah surfaktan dengan klor-

heksidin 2% yang ditambah surfaktan terhadap *E. faecalis* dapat dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Torabinejad M., Walton R.E., Fouad A., 2009, *Endodontics: Principles and Practice*, Elsevier, St Louis, 143-7
2. Poggio C., Arciola C.R., Dagna A., Chiesa M., Sforza D., dan Visai L., 2010, Antimicrobial activity of Sodium Hypochlorite-based Irrigating Solutions, *Int J Artif Organs*, 33(9): 654-659
3. Haapasalo M., Shen, Y., Wang, Z., Gao, Y., 2014, Irrigation in Endodontic, *British Dent J*, 216(6): 299-303
4. Gopikhrisna V., Ashok P., Kumar A.R.P., dan Lakshmi L.N., 2014, Influence of Temperature and Concentration on The Dinamic Viscosity of Sodium Hypochlorite with EDTA 17% and 2% Chlorhexidine Gluconate: an In Vitro Study, *Journal of Conservative Dentistry*, 17(1):57-60
5. Arias-Moliz M.T., Luiz-Linares M., Ordinola-Zapata R., Baca P., dan Ferrer-Luque C.M., 2014, Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/ Etidronic Acid Irrigant Solution, *J Endod*, 40(12):1999-2003
6. Bolfofi M.R., Ferla M.S., Sposito O.S., Giardino L., Jacinto R.C., dan Peppen F.G., 2014, Effect of a Surfactant of the Antimicrobial of Sodium Hypochlorite Solutions, *Braz Dent J*, 25(5): 416-419
7. Ordinola-Zapata, R., Bramante, C.M., Aprecio, R.M., Handysides, R., Jaramillo, D.E., 2014, Biofilm Removal by 6% Sodium Hypochlorite Activated by Different Techniques, *Int Endod J*, 47:659-666
8. Sirtes G., Waltimo T., Schaetzle M., dan Zehnder M., 2005, the Effect of Temperature on Sodium Hypochlorite Short-Term Stability, Pulp Dissolution Capacity, and Antimicrobial Efficacy, *J Endod*, 31(9) 669-671
9. Emboava, J.C., Barbin, E.L., Santos, T.C., Guimaraes, L.F., Pecora, J.D., 2001, Solvent Action of Sodium Hypochlorite on Bovine Pulp and Phsyco-Chemical Properties of Resulting Liquid, *Braz Dent J*, 12(3): 154-157
10. Gambarini G., 1999, Shaping and Cleaning the Root Canal System: a Scanning Electron Microscopic Evaluation of a New Instrumentation and Irrigation Technique, *J Endod*, 25(3):800-3
11. Palazzi F., Morra M., Mohammadi Z., Grandini S., dan Giardino L., 2011, Comparison of the surface tension of 5,25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigations, *Int Endod J*, 127:61-66
12. Wang Z., Shen Y., Ma J., Haapasalo M., 2012, the Effect of Detergent on the Antibacterial Activity of Desinfecting Solutions in Dentin, *J Endod*, 38:948-953
13. Jenkinson H.F., Lappin-Scot H.M., 2001, Biofilm Adhere to Stay, *Trend in Microbiology*, 9:9-10
14. Stojicic S., Zivkovic S., Qian W., Zhang H., dan Haapasalo M., 2010, Tissue Disolution by Sodium Hypochlorite: Effect of Concentration, Agitation and Surfactant, *J Endod*, 36(9):1558-62
15. Estrela, C., Estrela, C.R.A., Barbin, E.L., Spano, J.C., Pecora, J.D., 2002, Mechanism Action of Sodium Hypochlorite, *Braz Dent J*, 13(3): 113-117
16. Facklam R.R., dan Teixeira L.M., 1998, *Microbiology and Microbial Infection*, 9<sup>th</sup>ed, Topley & Wilson's, London, 669-680
17. Laport M.S., Lemos, J.A.C., Bastos, M.C., Burne, R.A., 2004, Transcriptional Analysis of the groE and dnaK Heat-Shock operon of *Enterococcus faecalis*, *Research in Microbiol*, 155: 252-258
18. Boutibonnes, P., Giard, J.C., Hartke, K., Thammavong, B., Auffray, Y., 1993, Characterization of the Heat-Shock Response in *Enterococcus faecalis*, *Antonie van Leeuwenhoek*, 64:47-55
19. Desvaux, M.I, Dumas, E., Chafsey, I., H'ebraud, M., 2006, Protein Cell Surface Display in Gram-Positive Bacteria from Single Protein to Macromolecular Protein Surface, *FEMS Microbiol Lett*, 256(1): 1-15
20. Portela C.A.F., Smart K.F., Tumano S., Cook G.M., Villas-Boas S.G., 2014, The Global Metabolic Response of *Enterococcus faecalis* to Oxygen, *J. Bacteriol*, 10(3):1128-1154
21. Scott, C.J., McDowell, A., Martin, S.L., Lynas, J.F., Walker, B., 2002, Irreversible Inhibition of the Bacterial Cysteine protease-transpeptidase sortase (SrtA) by Substrate-derived Affinity Labels, *Biochem*, 366:953-958
22. Selvaraj C., Sivakamavali, J., Vaseeharan, B., Singh, P., Singh, S.K., 2014, Structural Elucidation of SrtA Enzyme in *Enterococcus faecalis*: an Emphasis of Screening of Potential Inhibitors Againsts the Biofilm Formation, *Mol Biosyst*, 10(7): 1775-89