



## Efektivitas Anti Mikroba Air Ion Perak terhadap Derajat Keasaman (pH) *Streptococcus mutans*

Antimicrobial Effectiveness of Nano Silver Water on Acidity Degree (pH) of *Streptococcus mutans*

Herautami C. Y. Setiawati,<sup>1,2</sup> Dimas P. Wicaksono,<sup>3,4</sup> Ardianti M. Dewi,<sup>3,4</sup> Betadion Sinaredi<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Departemen Prostodonsia Fakultas Kedokteran Gigi Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Kediri, Indonesia

<sup>2</sup>Rumah Sakit Gigi dan Mulut Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Kediri, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Kedokteran Gigi Anak Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

<sup>4</sup>Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

Email: Herautami.c@iik.ac.id

Received: May 3, 2024; Accepted: June 27, 2024; Published online: June 29, 2024

**Abstract:** Silver ion water has been known as an effective material for inhibiting and killing pathogenic bacteria. However, there are still few studies on silver ion water, especially those related to oral pH in dentistry. This study aimed to determine the effectiveness of silver ion water against *Streptococcus mutans* in decreasing the environmental pH. This was an experimental and laboratory study with a control group post-test only design, using *Streptococcus mutans* stereotype C strain UA 159 incubated in brain hearth infusion broth (BHIB). Samples were divided into eight groups with several concentrations of silver ion water (2.5 ppm, 5 ppm, 7.5 ppm, 10 ppm, 12.5 ppm, 15 ppm) and two control groups (silver ion water 0 ppm and aquadest). All groups were incubated for 24 hours in 37°C, and then their pHs were measured with a pH meter. The normality test showed a p-value of >0.05, meaning that the data were normally distributed. The Mann-Whitney test showed a p-value of <0.05, meaning that there was a difference in each group. Significant increases of pH were found in silver ion water of 12.5 ppm (mean pH 5.670) dan 15 ppm (mean pH 6.772). In conclusion, silver ion water of 12.5 ppm and 15 ppm can effectively inhibit the decrease in pH caused by the metabolism of *Streptococcus mutans*.

**Keywords:** silver ion water; *Streptococcus mutans*; pH

**Abstrak:** Air ion perak telah dikenal efektif untuk menghambat dan membunuh bakteri patogen, namun penelitian tentang air ion perak masih sangat terbatas, terutama yang berhubungan dengan pH rongga mulut di bidang kedokteran gigi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas air ion perak menghambat *Streptococcus mutans* dalam menurunkan pH. Jenis penelitian ialah eksperimental laboratorik dengan *group control post-test only design*, menggunakan *Streptococcus mutans* stereotype C rantai UA 159 yang diinkubasi di dalam media *brain hearth infusion broth* (BHIB). Sampel dibagi dalam delapan kelompok, masing-masing diberi air ion perak sebanyak 2,5 ppm, 5 ppm, 7,5 ppm, 10 ppm, 12,5 ppm, 15 ppm, dan dua kelompok kontrol (air ion perak 0 ppm dan akuades). Seluruh kelompok perlakuan dan kontrol diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C, kemudian pH-nya diukur menggunakan pH meter. Uji normalitas menunjukkan p<0,05 yang berarti data berdistribusi normal. Uji Mann Whitney menunjukkan p<0,05 yang berarti terdapat perbedaan bermakna antar kelompok perlakuan. Efek peningkatan derajat keasaman (pH) yang bermakna terlihat pada pemberian air ion perak sebanyak 12,5 ppm (rerata pH 5,670) dan 15 ppm (rerata pH 6,772). Simpulan penelitian ini ialah air ion perak dengan konsentrasi 12,5 ppm dan 15 ppm efektif menghambat penurunan pH yang disebabkan oleh metabolisme *Streptococcus mutans*.

**Kata kunci:** air ion perak; *Streptococcus mutans*; pH

## PENDAHULUAN

Karies gigi merupakan salah satu penyakit terbanyak yang terjadi di dunia dan menjadi salah satu masalah besar untuk kesehatan gigi.<sup>1</sup> Hasil laporan Riskesdas 2018 menunjukkan bahwa karies gigi masih merupakan masalah utama di Indonesia, dengan angka karies gigi mencapai 88,8% dari jumlah penduduk. Tingkat prevalensi karies gigi meningkat tiap tahunnya, mulai dari anak sampai dewasa. Indeks DMF-T (indeks untuk menilai status kesehatan gigi dan mulut dalam hal karies gigi permanen) Indonesia sebesar 6,2. Berarti rerata jumlah kerusakan gigi per orang (tingkat keparahan gigi per orang) ialah 6,2 gigi.<sup>2</sup>

*Streptococcus mutans* (*S. mutans*) merupakan salah satu jenis bakteri patogen utama yang mendapat perhatian khusus karena kemampuannya dalam proses pembentukan plak dan karies gigi.<sup>1,3</sup> Bakteri ini mempunyai kemampuan menempel pada semua lokasi permukaan habitatnya dalam hal ini ialah rongga mulut, dan memiliki kecepatan yang cukup tinggi untuk memetabolisme nutrisi yang tersedia di bawah kondisi lingkungan berubah-ubah. Selain itu bakteri ini mempunyai sifat *aciduric*, artinya memiliki kemampuan yang tinggi untuk bertahan hidup dalam suasana pH yang sangat rendah dimana bakteri lain tidak mampu bertahan hidup. Bakteri ini juga mempunyai sifat *acidogenic* sehingga menjadi penyebab utama karies gigi karena kemampuannya menghasilkan asam laktat dalam jumlah sangat banyak. Berbagai macam cara telah dilakukan untuk menurunkan jumlah bakteri *Streptococcus mutans*, salah satunya ialah memaparkannya dengan suatu bahan material dengan melihat jumlah bakteri dan level pH (keasaman).<sup>4</sup>

Sejak dahulu ion perak (*nano silver*) telah dikenal sebagai bahan material yang efektif untuk membunuh bakteri. Akhir-akhir ini ion perak sering digunakan untuk membunuh bakteri dan diaplikasikan untuk keperluan medis seperti penyembuhan luka bakar, sterilisasi alat medis, maupun untuk keperluan medis dalam bidang kedokteran gigi.<sup>5</sup> Air ion perak merupakan salah satu produk nanomaterial yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kandungan peraknya mampu memberikan efek toksik terhadap bakteri, virus dan jamur. Perkembangan ion perak sangat pesat karena memiliki berbagai macam fungsi dan merupakan salah satu terobosan baru di bidang nanoteknologi.<sup>6</sup> Ion perak dapat diabsorpsi oleh tubuh manusia dan terakumulasi pada hati, paru, dan otak dengan kerusakan minimal atau bahkan tanpa adanya kerusakan pada organ-organ tersebut. Di dalam tubuh, ion perak akan diekskresi di dalam usus dan dikeluarkan bersama dengan feses dan urin.<sup>5</sup>

Salah satu penelitian mengemukakan bahwa ion perak dapat menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* dengan membentuk zona hambat pada bakteri tersebut.<sup>7</sup> Penelitian lainnya menyatakan bahwa ion perak dapat menurunkan jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* dan merupakan bahan yang sangat efektif dalam menurunkan jumlah bakteri patogen.<sup>8</sup> Mekanisme ion perak sebagai bahan anti bakteri yaitu dengan berinteraksi dengan sulfhidril group (*thiol group*) yang berperan penting dalam aktivitas enzimatik bakteri.<sup>9</sup> Dengan demikian, ion perak juga dapat digunakan sebagai alternatif untuk menurunkan jumlah bakteri penyebab karies gigi.

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, maka penulis tertarik melakukan penelitian lanjut mengenai efektivitas air ion perak (*nano silver water*) sebagai bahan anti bakteri dalam mencegah penurunan derajat keasaman (pH) yang berperan penting dalam terjadinya karies gigi.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini ialah eksperimental laboratorik (*in vitro*), dengan *posttest control group design*. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Surabaya. Populasi yang digunakan ialah isolasi bakteri *Streptococcus mutans* *stereotype C* rantai UA 159 yang telah didivitek oleh Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya. Teknik pengambilan sampel menggunakan rumus Federer yaitu  $(k - 1) (r - 1) \geq 15$ . Berdasarkan rumus tersebut, sampel dibagi menjadi delapan kelompok perlakuan, yaitu enam kelompok konsentrasi (2,5 ppm, 5 ppm, 7,5 ppm, 10 ppm, 12,5 ppm, 15 ppm) dan dua kelompok kontrol (air ion perak 0 ppm dan akuades). Air ion perak dengan berbagai konsentrasi didapatkan dari pengenceran yang dilakukan pada air ion perak yang dijual di pasaran dengan konsentrasi 15

ppm. Kultur *S. mutans* diperoleh dari bakteri *S. mutans* yang telah didivitek oleh Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya diambil satu oase dimasukkan pada media *brain heart infusion broth* (BHIB) diinkubasi pada suasana anaerob, pada suhu 37°C selama ±24 jam. Kepadatan *S. mutans* dihitung menggunakan spektrofotometer panjang gelombang 570 nm, menggunakan standar Mc Farland 0,5 ( $1,5 \times 10^8$  CFU/ml). Kemudian dibuat tabung sediaan sebagai kelompok perlakuan dan kontrol. Pada kelompok perlakuan, masing-masing tabung kelompok perlakuan diisi air ion perak yang dikemas dalam wadah plastik sebanyak 5 ml dengan besaran sesuai dengan kelompoknya (2,5 ppm, 5 ppm, 7,5 ppm, 10 ppm, 12,5 ppm, dan 15 ppm), 0 ppm air ion perak sebagai kontrol negatif, serta kelompok yang hanya berisi akuades saja. Pada masing-masing tabung tersebut ditambahkan 5 ml BHIB dan 1 ml bakteri *S. mutans*. Kecuali pada kelompok yang hanya berisi akuades tidak diisi air ion perak maupun *S. mutans* dengan tujuan untuk memastikan bahwa kondisi lingkungan laboratorium tidak terkontaminasi. Seluruh sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam suasana anaerob, kemudian dilakukan pengukuran pH menggunakan pH meter. Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan uji Mann-Whitney.

## HASIL PENELITIAN

Hasil inkubasi sampel baik perlakuan maupun kontrol dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan pH meter. Tabel 1 memperlihatkan data derajat keasaman masing-masing kelompok. Rerata derajat keasaman (pH) pada kelompok 1, 2, 3, dan 4 tidak banyak berbeda, secara berturut 4,81, 4,807, 4,832, dan 4,840. Peningkatan nilai rerata pH terlihat nyata pada kelompok 5 (5,670) dan kelompok 6 (6,772). Nilai rerata pH pada kelompok 7 ialah 4,737, dan kelompok 8 ialah 6,897. Hasil rerata pengukuran derajat keasaman (pH), menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ion perak yang diberikan, maka semakin tinggi pula nilai derajat keasaman (pH) yang dihasilkan. Nilai derajat keasaman (pH) kelompok perlakuan yang mendekati nilai derajat keasaman (pH) kelompok kontrol akuades ialah kelompok 6 (ion perak 15 ppm).

**Tabel 1.** Hasil uji derajat keasaman (pH)

No	Kelompok	Sampel	Hasil	
			pH	Rerata pH
1	Kelompok 1 (ion perak 2,5 ppm)	1	4,92	4,810
2		2	4,83	
3		3	4,72	
4		4	4,77	
5	Kelompok 2 (ion perak 5 ppm)	1	4,82	4,807
6		2	4,76	
7		3	4,89	
8		4	4,76	
9	Kelompok 3 (ion perak 7,5 ppm)	1	4,85	4,832
10		2	4,82	
11		3	4,75	
12		4	4,91	
13	Kelompok 4 (ion perak 10 ppm)	1	4,80	4,840
14		2	4,75	
15		3	4,83	
16		4	4,98	
17	Kelompok 5 (ion perak 12,5 ppm)	1	5,28	5,670
18		2	5,55	
19		3	6,02	
20		4	5,83	
21	Kelompok 6 (ion perak 15 ppm)	1	6,73	6,772
22		2	6,71	
23		3	6,87	
24		4	6,78	

25	Kelompok 7 (kontrol negatif, <i>S.mutans</i> )	1	4,73	4,737
26		2	4,62	
27		3	4,81	
28		4	4,79	
29	Kelompok 8 (kontrol lingkungan, akuades)	1	6,95	6,897
30		2	6,91	
31		3	6,85	
32		4	6,88	

Hasil uji normalitas dan homogenitas dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan uji signifikansi. Hasil uji normalitas mendapatkan pada setiap kelompok nilai  $p > 0,05$ . Hal itu menunjukkan bahwa data setiap kelompok berdistribusi normal. Namun hasil uji homogenitas, mendapatkan nilai  $p = 0,001$  ( $p < 0,05$ ), yang berarti bahwa data tersebut tidak homogen. Karena data berdistribusi normal namun tidak homogen, maka untuk mengetahui perbedaan tiap kelompok, maka dilakukan uji statistik Mann-Whitney.

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna pada kelompok 5 (12,5 ppm), dan kelompok 6 (15 ppm) dibandingkan dengan kelompok 1 (2,5 ppm), kelompok 2 (5 ppm), kelompok 3 (7,5 ppm), kelompok 4 (10 ppm), serta kelompok 7 (kontrol negatif) menunjukkan nilai  $p < 0,05$ . Kelompok kontrol negatif yaitu kelompok 7 (*S. mutans*) dibandingkan dengan kelompok lainnya yaitu kelompok 1 (2,5 ppm), kelompok 2 (5 ppm), kelompok 3 (7,5 ppm) serta kelompok 4 (10 ppm) menunjukkan nilai  $p > 0,05$  yang artinya tidak terdapat perbedaan bermakna. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa efek peningkatan derajat keasaman (pH) yang bermakna terlihat pada pemberian ion perak sebanyak 12,5 ppm dan 15 ppm.

**Tabel 2.** Hasil uji Mann-Whitney terhadap pH antar kelompok

No	n	Kelompok	pH rerata ± SD	Uji Signifikansi (p) antar kelompok							
				Kel 1 2,5 ppm	Kel 2 5 ppm	Kel 3 7,5 ppm	Kel 4 10 ppm	Kel 5 12,5 ppm	Kel 6 15 ppm	Kel 7 Kontrol <i>S. mutans</i>	Kel 8 akuades
1	4	Kel 1 (2,5 ppm)	4,810 ±0,086	-	0,773	0,773	0,663	0,021*	0,021*	0,386	0,021*
2	4	Kel 2 (5 ppm)	4,807 ±0,061	0,773	-	0,661	0,772	0,020*	0,020*	0,245	0,020*
3	4	Kel 3 (7,5 ppm)	4,832 ±0,066	0,773	0,661	-	0,885	0,021*	0,021*	0,083	0,021
4	4	Kel 4 (10 ppm)	4,840 ±0,098	0,663	0,772	0,885	-	0,021*	0,021*	0,149	0,021
5	4	Kel 5 (12,5ppm)	5,670 ±0,324	0,021*	0,020*	0,021*	0,021*	-	0,021*	0,021*	0,021
6	4	Kel 6 (15 ppm)	6,772 ±0,071	0,021*	0,020*	0,021*	0,021*	0,021*	-	0,021*	0,043*
7	4	Kel 7 ( <i>S. mutans</i> )	4,737 ±0,085	0,386	0,245	0,083	0,149	0,021*	0,021*	-	0,021
8	4	Kel 8 (Akuades)	6,897 ±0,042	0,021*	0,020*	0,021*	0,021*	0,021*	0,043*	0,021*	-

\*  $p < 0,05$  terdapat perbedaan bermakna; Kel, kelompok

## BAHASAN

Air ion perak ( $Ag^+$ ) secara empiris sudah lama digunakan sebagai bahan yang dapat membunuh dan mencegah pertumbuhan bakteri. Bahan tersebut efektif untuk penyembuhan luka bakar, *severe chronic osteomyelitis*, *urinary track infection*, dan *venous catheter infection*.<sup>5</sup> Ion perak yang diaplikasikan dalam bentuk nanopartikel digunakan dalam berbagai macam aplikasi biologis seperti pengobatan anti bakteri, anti jamur, dan antivirus.<sup>3</sup> Ion perak juga dapat dimanfaatkan secara luas baik di bidang kosmetik, tekstil, pencitraan radiografi, bahkan sebagai anti tumor dan *water treatment*.<sup>10</sup> Di bidang kedokteran gigi ion perak juga dimanfaatkan

dalam pencegahan karies dan pengobatan pada radang gusi.<sup>5</sup> Juga disebutkan bahwa ion perak di bidang kedokteran gigi digunakan dalam merawat penyakit periodontal, menghilangkan bau mulut, gingivitis, juga sebagai bahan tambahan dalam pembuatan resin komposit, *silver diamide fluoride* (SDF), *adhesive system*, bahan pengisi saluran akar dan peralatan implan.<sup>11</sup>

Air ion perak adalah partikel perak terkecil yang terpisah di dalam air dengan ukuran nanometer. Agar perak dapat bekerja efektif melawan infeksi, maka ukuran perak harus lebih kecil dari virus dan bakteri patogen. Manfaat lain dengan ukuran nano dari partikel ion perak ialah kemampuannya untuk menembus banyak ruang yang ada di dalam jaringan tubuh untuk menyalurkan partikel perak.<sup>12</sup>

Kebanyakan bentuk perak berupa nano partikel. Ukuran nanopartikel ialah antara 5-50 nm. Karena ukuran nanopartikel yang kecil, maka total permukaan area yang berkontak langsung dengan perak ialah maksimal, sehingga hasilnya akan efektif. Beberapa literatur menyebutkan bahwa ukuran dan bentuk nano partikel perak memiliki interaksi secara khusus dengan bakteri maupun virus. Ukuran ion perak akan memengaruhi proses penetrasinya ke dalam sel bakteri. Semakin kecil ukuran ion perak maka akan semakin besar efek antibakterinya. Semakin kecil ukuran nanopartikel, maka luas permukaan kontakannya dengan bakteri ataupun jamur akan semakin besar, sehingga dapat meningkatkan sifat antibakteri dan antijamurnya.<sup>13</sup>

Kemampuan antibakteri dari ion perak antara lain disebabkan kemampuannya merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel dan menghambat sintesis sel mikroba. Ion perak memiliki aktivitas antibakteri karena memiliki luas permukaan besar yang memungkinkannya melakukan kontak yang baik dengan mikroorganisme. Kontak diawali dengan ion perak mendekati pada membran sel bakteri kemudian berpenetrasi ke dalam bakteri. Karena ukurannya yang sangat kecil maka dengan mudah dapat masuk melalui celah dinding sel bakteri.<sup>12</sup> Selanjutnya ion perak melakukan difusi dan menyerang *deoxyribonucleic acid* (DNA) dengan cara berikatan bersama gugus thiol sulfhidril dalam enzim seperti *nicotinamide adenine dinucleotide hydrogenase* (NADH) dan mengganggu rantai pernafasan bakteri yang menghasilkan *reactive oxygen species* (ROS) yang dapat menyebabkan stres oksidatif dan mengakibatkan kerusakan sel. Thiol group sangat penting dan bertanggung jawab terhadap aktivitas enzimatik. Pada penelitian yang lain disebutkan bahwa ion perak yang masuk melalui celah membran sel kemudian menyerang DNA, mengganggu proses sintesis menyebabkan gangguan replikasi pada saat sintesis DNA, sehingga merusak DNA dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri.<sup>14</sup>

Pada proses karies, bakteri *S. mutans* mampu menghasilkan asam laktat melalui proses glikolisis. Asam laktat memiliki sifat asam dan dapat menyebabkan demineralisasi gigi. Semakin banyak asam laktat yang diproduksi, maka tingkat keasaman (pH) semakin menurun bahkan mencapai pH=4<sup>15</sup>. Pada pemberian ion perak, kemampuan bakteri *S. mutans* untuk menghasilkan asam dapat dihentikan dengan menghambat dan membunuh bakteri *S. mutans*. Dengan demikian, asam yang seharusnya dapat dihasilkan oleh bakteri *S. mutans* dapat diturunkan, sehingga tingkat keasaman (pH) dapat meningkat. Pernyataan tersebut sejalan dengan Mirhashemi et al<sup>16</sup> yang melakukan penelitian *in vitro* berupa evaluasi antibakteri partikel ion perak yang digunakan pada komposit di orto cekat. Hasil yang didapat ialah penurunan jumlah koloni bakteri *S. mutans* pada komposit yang mengandung ion perak. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini, dimana tingkat keasaman (pH) semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ion perak. Semakin tinggi konsentrasi ion perak yang diberikan maka semakin sedikit jumlah bakteri *S. mutans* yang mampu tumbuh, yang akan berdampak pada peningkatan tingkat keasaman (pH). Dalam hal ini, tingkat keasaman (pH) yang paling rendah didapatkan pada kelompok kontrol yaitu ion perak 0 ppm, dan pH tertinggi didapatkan pada pemberian ion perak 15 ppm.

## SIMPULAN

Ion perak efektif sebagai bahan antibakteri dalam menghambat dan membunuh bakteri

*Streptococcus mutans* serta dapat meningkatkan tingkat keasaman (pH). Konsentrasi minimal dari ion perak dalam menghambat penurunan pH ialah 12,5 ppm.

Diperlukan penelitian lanjutan yaitu uji in vitro untuk mengetahui efektifitas ion perak sebagai bahan antibakteri terutama di bidang kedokteran gigi.

### Konflik Kepentingan

Tidak terdapat konflik kepentingan dalam studi ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Marthinu LM, Bidjuni M. Penyakit karies gigi pada personil Derasemen Gegana Satuan Brimob Polda Sulawesi Utara tahun 2019. *Jurnal Ilmiah Gigi dan Mulut*. 2020;3(2):58-64. Doi: <https://doi.org/10.47718/jgm.v3i2.1436>
2. Darmayanti R, Irawan E, Iklima N, Anggriani P, Handayani N. Hubungan perilaku menggosok gigi dengan kejadian karies gigi pada anak kelas V SDN 045 Pasir Kaliki. *Jurnal Keperawatan BSI*. 2019;6(2):80-86.
3. Wulandari, Widodo, Hatta I. Hubungan antara jumlah koloni bakteri *Streptococcus mutans* saliva dengan indeks karies (DMF-T). *Dentin*. 2022;6(3):173-80. Doi: <https://doi.org/10.20527/dentin.v6i3.6826>
4. Chismirina S, Sungkar S, Andayani R, Rezeki S, Darmawi. Existence of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* in oral cavity as main cariogenic bacteria of dental caries. *Advance in Health Science Research*. 2019;32:90-2. Doi: 10.2991/ahsr.k.210201.020
5. Zhang J, Wang F, Yalamarty SSK, Filipzack N, Jin Y, Li X. Nano silver-induced toxicity and associated mechanisms. *International Journal Nanomedicine*. 2022;17:1851-64. Doi: 10.2147/IJN.S355131
6. Husyaerry MA, Pertiwi ASP. Efektivitas partikel nano dalam pencegahan karies. *Journal of Indonesian Dental Association*. 2018;1(1):111-3. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/233902069.pdf>
7. Yanestria SM, Mudji EH, Rosita E, Rahmaniar RP. Anti bakteri nano silver terhadap bakteri *Escherichia coli* yang diisolasi dari susu sapi mastitis. *Jurnal Ilmiah Filia Cendekia*. 2020;5(2):65-70. Doi: 10.32503/fillia.v5i2.1178
8. Damayanti NE, Taufikurohmah T. Pemanfaatan nano silver sebagai antibakteri dalam formulasi whitening cream terhadap *Staphylococcus aureus*. *UNESA Journal of Chemistry*. 2019;8(2):53-61. Doi: <https://doi.org/10.26740/ujc.v8n2.p%25p>
9. Feng QL, Wu J, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. A mechanistic study of the antibacterial effect of the silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *J Biomed Mater Res*. 2000; 52(4):662-8. Doi: 10.1002/1097-4636(20001215)52:4<662::aid-jbm10>3.0.co;2-3
10. Ahmadi S. The importance of silver nanoparticles in human life. *J Adv Appl Nanobio-Tech*. 2000;1(1):23-7. Available from: [http://doi.org/10.47277/AANBT/1\(1\)27](http://doi.org/10.47277/AANBT/1(1)27)
11. Mallineni SK, Sakhamuri S, Kotha SL, Alasmari ARGM, Aljefri GH, Almotawah FN, et al. Silver nanoparticles in dental applications: a descriptive review. *Bioengineering*. 2023;10(3):327. Doi: <https://doi.org/10.3390/bioengineering10030327>
12. Hendrawan ZN. Formulasi dan uji aktivitas antibakteri gel nanosilver terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* secara in vitro [Skripsi]. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang; 2018.
13. Panyala NR, Pena-Mendez EM, Havel J. Silver or silver nanoparticles: a hazardous threat to the environment and human health. *Journal of Applied Biomedicine*. 2008;6(3):117-29. Doi: 10.32725/jab.2008.015
14. Liu J, Sonshine DA, Shervani S, Hurt RH. Controlled release of biologically active silver from nanosilver surfaces. *ACS Nano*. 2011;4(11):6903-13. Doi: 10.1021/nm102272n
15. Zebua FCS, Wilvia, Nababan I, Erawati S. Pengaruh berkumur larutan prebiotik terhadap peningkatan pH saliva pada anak-anak. *Prima Journal of Oral and Dental Sciences*, 2019;2(2):36-9. Doi: <https://doi.org/10.34012/primajods.v2i2.711>
16. Mirhashemi A, Bahador A, Sodagar A, Pourhajibagher M, Amiri A, Gholamrezayi E. Evaluation of antimicrobial properties of nano silver particles used in orthodontics fixed retainer composites: an experimental in-vitro study. *J Dent Rest Dent Clin Dent Prospects*. 2021;15(2):87-93. Doi: 10.34172/joddd.2021.015