

Perbedaan kebersihan sepertiga saluran akar dari debris setelah diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan jarum *side-vent*

Niza Tapiza¹, Irmaleny¹, Anna Muryani^{1*}

¹Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

*Korespondensi: anna.muryani@fkg.unpad.ac.id

Submisi: 13 April 2018; Penerimaan: 23 April 2018; Publikasi online: 30 April 2018

DOI: [10.24198/jkg.v30i1.17932](https://doi.org/10.24198/jkg.v30i1.17932)

ABSTRAK

Pendahuluan: Pembersihan saluran akar merupakan tahapan penting yang mempengaruhi keberhasilan perawatan saluran akar. Irigasi saluran akar menggunakan irigan yang dihantarkan melalui *sprit* dan jarum irigasi. Desain ujung jarum yang digunakan dapat mempengaruhi kebersihan saluran akar yang diirigasi. Bagian sepertiga apikal saluran akar merupakan bagian yang paling sulit untuk dibersihkan, terutama jika irigasi dilakukan dengan menggunakan *sprit* dan jarum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kebersihan sepertiga apikal saluran akar dari debris setelah diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan jarum *side-vent*. **Metode:** Sampel yang digunakan sebanyak 30 gigi insisif sentral rahang atas yang telah diekstraksi. Gigi dibagi dua kelompok untuk diinstrumentasi dengan jarum *protaper* dan diirigasi menggunakan NaOCl 2,5%. Kelompok pertama diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan kelompok kedua diirigasi menggunakan jarum *side-vent*. Kebersihan sepertiga saluran akar diukur melalui skor debris. Skor debris dari masing-masing kelompok kemudian diuji dengan uji t tidak berpasangan. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok yang diirigasi jarum *side-vent* dapat menghasilkan rata-rata skor debris lebih rendah (0,091) dibandingkan kelompok yang diirigasi jarum *bevel* (0,117). Uji statistik terhadap rata-rata skor debris menghasilkan nilai $p > 0,05$ ($p = 0,095$). **Simpulan:** Simpulan penelitian ini adalah tidak terdapat perbedaan signifikan pada kebersihan sepertiga apikal saluran akar dari debris setelah diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan jarum *side-vent*.

Kata kunci: Debris, irigasi saluran akar, jarum *bevel*, jarum *side-vent*.

Differences of the one-third of the root canal cleanliness after irrigation using bevel needles and side-vent needles

ABSTRACT

Introduction: Root canal cleaning is an important part which will determine the success of root canal therapy. Cleaning is done by irrigating root canal with irrigant delivered by syringe and irrigation needle. Needle's tip design can affect the result of root canal cleanliness after irrigation. One-third root canal apical would be the most challenging part to be cleaned, especially if the irrigation was done by syringe and needle. This study was aimed to find out the difference of the one-third root canal apical cleanliness from debris after irrigation using a bevel and a side-vent needle. **Methods:** This study used 30 extracted maxillary central incisors as samples. The teeth were then divided into two groups; each group was instrumented and irrigated with 2.5% NaOCl. The first group was irrigated using a bevel needle and the second group was irrigated using a side-vent needle. The first group was irrigated using a bevel needle and the second group was irrigated using a side-vent needle. The cleanliness of one-third of the root canal was measured through a debris score. Debris scores from each group were then tested by an unpaired t-test. **Result:** Result of this study showed that the group irrigated using a side-vent needle had a lower debris score (0.091) than the group irrigated using a bevel needle (0.117). Statistic test of the debris score mean resulted in $p > 0.05$ ($p = 0.095$). **Conclusion:** In conclusion, there was no significant difference in the one-third root canal apical cleanliness from debris after irrigation using a bevel and a side-vent needle.

Keywords: Bevel needle, debris, root canal irrigation, side-vent needle.

PENDAHULUAN

Keberhasilan perawatan saluran akar bergantung kepada preparasi biomekanis, sterilisasi, dan obturasi.¹ Preparasi biomekanis merupakan tahapan yang utama karena akan mempengaruhi kualitas sterilisasi dan obturasi yang akan dilakukan.² Preparasi biomekanis mencakup prosedur pembentukan dan pembersihan saluran akar. Pembersihan saluran akar dilakukan dengan mengirigasi saluran akar dengan irigan menggunakan spuit dan jarum dengan berbagai macam desain.³ Irigasi merupakan satu-satunya cara untuk membersihkan area yang sulit dicapai oleh instrumentasi mekanik, terutama pada sepertiga apikal saluran akar.⁴

Irgan yang saat ini umum dijadikan pilihan adalah natrium hipoklorit (NaOCl) karena kemampuannya dalam melarutkan jaringan, sifatnya yang bakterisidal, dan harganya yang terjangkau.⁵ Konsentrasi NaOCl yang dipilih untuk prosedur pembersihan saluran akar adalah sebesar 2,5% karena pada konsentrasi tersebut potensi toksisitas NaOCl tidak terlalu tinggi tetapi aksi antimikrobal dan kemampuan melarutkan jaringan masih dapat dilakukan dengan baik.⁶

Irgan dapat bekerja secara efektif jika dapat mencapai seluruh bagian dari saluran akar sehingga pemilihan jarum yang digunakan akan memengaruhi proses irigasi saluran akar.⁷ Jarum yang digunakan untuk irigasi dibedakan berdasarkan terbuka atau tertutupnya ujung jarum dan bentuk bukaan pada jarum tersebut. Jenis jarum yang umum digunakan untuk irigasi saluran akar adalah jarum *bevel*, yaitu jarum ujung terbuka yang memiliki ujung menyudut. Jenis jarum lain yang dapat dijadikan pilihan adalah jarum *side-vent*,

yaitu jarum ujung tertutup dengan bukaan tunggal pada sisi lateral. Jarum *bevel* akan mengeluarkan irigan ujung tertutup dengan bukaan tunggal pada sisi lateral. Jarum *bevel* akan mengeluarkan irigan langsung mengarah pada apeks sedangkan jarum *side-vent* akan mengeluarkan irigan ke arah dinding saluran akar kemudian mengalir ke arah apeks.^{8,9}

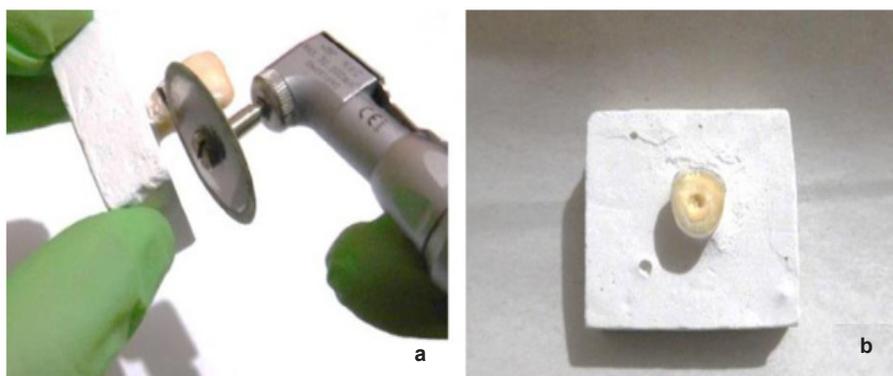
Penelitian Shen *dkk.*¹⁰ menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan kebersihan debris pada sepertiga apikal saluran akar yang diirigasi jarum *bevel* dan jarum *side-vent*. Menurut Boutsoukis *dkk.*¹¹ jarum *side-vent* dapat memberikan kebersihan saluran akar yang lebih baik dari debris yang ditempatkan pada saluran akar dalam bentuk suspensi, sedangkan Abou-Rass dan Piccinino¹² menyatakan bahwa jarum *bevel* dapat membersihkan sepertiga apikal saluran lebih baik dibanding jarum *side-vent*.¹⁰⁻¹²

Berdasarkan hal tersebut di atas, peneliti tertarik untuk meneliti perbedaan kebersihan sepertiga apikal saluran akar dari debris setelah diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan jarum *side-vent*.

METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental semu secara *in-vitro*. Penelitian dilakukan di Bagian Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran dan pemeriksaan sampel dilakukan di Laboratorium Paleontologi Museum Geologi Bandung pada bulan April 2016.

Penelitian menggunakan 30 sampel gigi insisif sentral rahang atas yang telah diekstraksi dan memenuhi kriteria inklusi digunakan dalam penelitian ini. Sampel harus memiliki saluran akar



Gambar 1. (a) Pematangan sampel dengan carborondum disk; (b) Sampel setelah dilakukan pematangan

tunggal, akar lurus dan telah terbentuk sempurna, tidak terdapat resorpsi akar, tidak ada karies pada akar, dan saluran akar mempunyai ukuran sama dengan *file* endodontik nomor 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

Sampel dibagi ke dalam 2 kelompok, yaitu kelompok A dan kelompok B, masing-masing sebanyak 15 gigi. Seluruh sampel pada kedua kelompok ditandai pada panjang 14mm dari ujung apeks dengan menggunakan pulpen permanen. Sampel kemudian ditanam dalam gips plaster hingga terpendam sedalam 13mm dari ujung apeks. Mahkota gigi pada seluruh sampel dipotong dengan *carborondum disk* pada batas pengukuran 14mm dari ujung apeks untuk menstandarisasikan panjang akar seluruh sampel (Gambar 1). Panjang kerja pada sampel diukur dengan menggunakan *file* nomor 10. Seluruh sampel memiliki panjang kerja yang sama, yaitu 12mm.

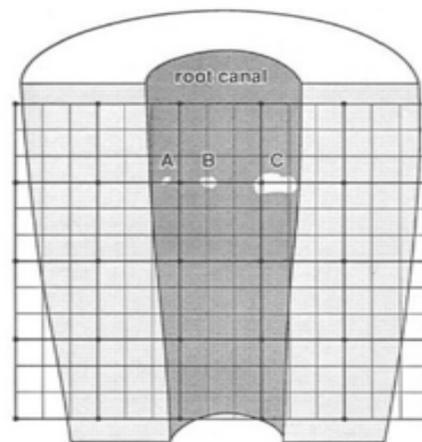
Preparasi saluran akar dilakukan dengan menggunakan teknik *crown down* menggunakan *ProTapper*. Seluruh sampel dipreparasi hingga mencapai ukuran jarum *ProTapper* #F15. Kelompok A diirigasi dengan menggunakan NaOCl 2,5% 3ml menggunakan jarum *bevel* dan kelompok B diirigasi dengan irigan dan volume yang sama menggunakan jarum *side-vent*. Irigasi dengan 3ml NaOCl 2,5% dan rekapitulasi pada masing-masing sampel dilakukan setiap pergantian instrumen. Irigasi akhir dilakukan dengan 18ml NaOCl 2,5% dan saluran akar dikteringkan dengan *paper point*. Akses kavitas saluran akar ditutup dengan *cotton pellet* untuk mencegah debris memasuki saluran akar sebelum pemeriksaan dilakukan.

Sampel yang telah dipreparasi dan diirigasi dikeluarkan dari dalam gips dan dipisahkan berdasarkan kelompok. Pada seluruh sampel kemudian dibuat *groove* di sepertiga saluran akar secara vertikal menggunakan *carborondum disk* pada permukaan labial dan lingual tanpa menembus saluran akar.

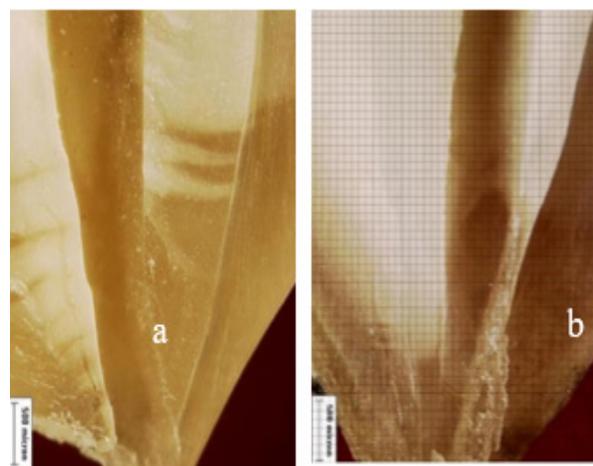
Bagian luar gigi kemudian dibersihkan dari debris dan gigi dibelah dua dengan menggunakan pahat dan palu yang ditempatkan pada *groove* yang telah dibuat. Penampang saluran akar yang terbaik kemudian dilekatkan pada lilin merah untuk memudahkan pemeriksaan dengan mikroskop (Gambar 2). Masing-masing sampel ditandai pada batas sepertiga apikal saluran akar menggunakan pensil dan disimpan dalam plastik individual



Gambar 2. Sampel yang telah dibelah



Gambar 3. Skor debris A= skor 1, B=skor 2, C=skor 3¹³



Gambar 4. (a) penampang sepertiga saluran akar di bawah mikroskop SZX12 dengan perbesaran 16 kali; (b) penampang sepertiga saluran akar setelah diberi kisi-kisi

untuk menghindari kontaminasi hingga dilakukan pemeriksaan di bawah mikroskop. Seluruh gigi diperiksa satu hari setelah proses pembelahan gigi dilakukan. Sampel kemudian dianalisis dengan menggunakan mikroskop stereo SZX12 dengan

pembesaran x16 dan dibuat kisi-kisi menggunakan perangkat lunak *Photoshop* untuk penghitungan skor debris. Titik 0 diletakan pada ujung apikal gigi. Pemeriksaan saluran akar dan perhitungan skor debris dilakukan dengan menggunakan teknik skoring Wu dan Wesselink.¹³

Skor debris pada sepertiga apikal saluran akar yang didapat dimasukan ke dalam 4 kategori, skor 0 jika debris tidak memotong garis horizontal yang diperiksa; skor 1 jika debris memotong garis horizontal tetapi tidak memotong garis vertikal; skor 2 jika debris memotong garis horizontal dan 1 garis vertikal; skor 3 jika debris memotong garis horizontal dan dua garis vertikal (Gambar 3). Semakin tinggi skor debris yang dihasilkan maka semakin buruk kebersihan sepertiga apikal saluran akar pada sampel tersebut.

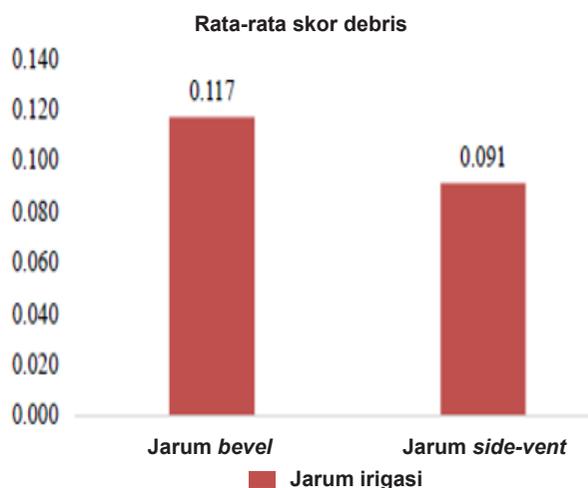
HASIL

Hasil penelitian diperoleh skor debris untuk masing-masing kelompok gigi yang diirigasi oleh jarum *bevel* dan jarum *side-vent*. Sampel gigi seluruhnya dibelah dan diamati di bawah mikroskop stereo untuk melihat debris pada bagian sepertiga apikal saluran akar. (Gambar 4) .

Skor debris didapatkan dengan membagi jumlah debris dalam sepertiga apikal saluran dengan jumlah kisi yang terbentuk pada batas

Tabel 1. Skor debris kelompok gigi yang diirigasi jarum *bevel* dan jarum *side-vent*

Nomor sampel	Jarum <i>bevel</i>	Jarum <i>side-vent</i>
1	0,126	0,084
2	0,171	0,126
3	0,153	0,096
4	0,151	0,184
5	0,240	0,104
6	0,039	0,105
7	0,095	0,086
8	0,134	0,046
9	0,058	0,041
10	0,059	0,105
11	0,051	0,037
12	0,226	0,055
13	0,046	0,096
14	0,044	0,077
15	0,168	0,118
Rata-rata	0,117	0,091



Gambar 5. Diagram batang rata-rata skor debris jarum *bevel* dan jarum *side-vent*

Tabel 2. Hasil uji t tidak berpasangan

Kelompok	Rata-rata	SD	N	t	p-value
Jarum <i>bevel</i>	0,117	0,067	15	1,34	0,095
Jarum <i>side vent</i>	0,091	0,038	15		

sepertiga apikal saluran akar (Tabel 1 dan Gambar 5). Data yang telah diperoleh tersebut kemudian diuji dengan uji statistik Uji t tidak berpasangan dengan taraf signifikansi (α) 0,05 menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel Megastat*. Hasil uji statistik pada Tabel 2.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian membuktikan bahwa hipotesis yang menyatakan tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kebersihan sepertiga apikal saluran akar dari debris setelah diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan jarum *side-vent* (H_0) dapat diterima. Penelitian ini menyatakan hasil yang serupa dengan penelitian yang dilakukan Ghivari dan Kubasad¹⁴ pada 30 gigi kaninus rahang atas yang telah diekstraksi dan diirigasi dengan jarum *bevel* dan jarum *side-vent*. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa pembersihan sepertiga apikal saluran dengan jarum *side-vent* memberikan skor debris yang lebih baik dibanding jarum *bevel* tetapi tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik.¹⁴

Bahuguna dkk¹⁵, juga melakukan penelitian dengan membandingkan kebersihan sepertiga apikal saluran akar yang diirigasi menggunakan

jarum *bevel* dan jarum *side-vent*. Penelitian pada 40 gigi premolar rahang bawah berakar tunggal tersebut menghasilkan data skor debris dan lapisan *smear* pada jarum *side-vent* yang lebih baik dibandingkan jarum *bevel* walaupun tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.¹⁵

Guerreiro-Tanomaru dkk¹⁶, yang melakukan penelitian serupa dengan metode pengamatan radiografi dan *Adobe Photoshop* menyatakan bahwa pembersihan sepertiga apikal saluran akar yang diirigasi menggunakan jarum ujung terbuka dengan bentuk ujung takik dan jarum *side-vent* memberikan persentase kebersihan debris yang serupa.¹⁶

Penelitian Vinotkumar dkk¹⁷, memberikan hasil bahwa jarum *side-vent* lebih efisien dalam menghilangkan bakteri secara mekanis dari saluran akar yang telah diinstrumentasi dibandingkan jarum *bevel*. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan gigi kaninus berakar tunggal dan lurus yang diirigasi menggunakan jarum *side-vent* dan jarum *bevel* yang ditempatkan 1mm dari panjang kerja.¹⁷

Efisiensi irigasi ditentukan oleh pembersihan sisa material nekrotik yang terinfeksi dari saluran akar oleh aksi mekanik dan aksi kimiawi irigan yang digunakan Snjaric dkk.¹⁸ Aksi mekanik mencakup kemampuan melepaskan dan mengeluarkan debris dari saluran akar yang didapatkan melalui irigan yang dialirkan menggunakan jarum irigasi, sedangkan aksi kimiawi didapatkan dari pertukaran irigan yang dihasilkan oleh jarum di dalam saluran akar. Desain jarum irigasi yang digunakan akan memengaruhi secara langsung kedua aspek tersebut.⁸

Aliran irigan yang dihasilkan oleh jarum irigasi akan berbeda sesuai dengan desain jarum yang digunakan. Desain *bevel* pada ujung jarum mengakibatkan bahan irigasi irigan 38 keluar dalam satu arah, sehingga mencegah penggerakan debris ke arah koronal saluran akar. Jarum *side-vent* akan mengeluarkan irigan dari bukaan jarum yang berada di bagian lateral, hal ini memungkinkan terbentuknya turbulensi irigan di dalam saluran akar.¹⁸ Turbulensi merupakan pola aliran tidak beraturan dan kompleks dari fluida yang dianggap menguntungkan dalam irigasi saluran akar karena dapat membantu membawa debris ke arah koronal.^{17,19}

Irigan yang mengalir di dalam saluran akar akan menghasilkan tegangan geser pada dinding

saluran akar. Tegangan geser didefinisikan sebagai gaya (F) yang dibutuhkan untuk menggeser satu lapisan fluida di atas lapisan fluida lainnya dibagi dengan luas area kontak antara dua lapisan fluida (A).

Debris dapat dibantu dilepaskan dari dinding saluran akar dengan adanya tegangan geser yang dibentuk oleh irigan yang dikeluarkan dari jarum.⁸ Hingga saat ini belum dapat dipastikan besar tegangan geser minimal yang dibutuhkan untuk dapat melepaskan debris dentin, sisa jaringan, mikroorganisme, dan biofilm dari dinding saluran akar, tetapi tegangan geser dapat dijadikan gambaran efek mekanis yang dihasilkan oleh irigan.¹¹

Tegangan geser yang dihasilkan pada dinding saluran akar relatif kecil, tetapi dapat ditingkatkan dengan memusatkan aliran irigan ke arah dinding saluran.¹² Jarum *side-vent* dapat melakukan hal tersebut karena posisi bukaan jarum yang berada pada sisi lateral dan menghadap ke dinding saluran akar.²⁰ Tegangan geser pada dinding saluran akar yang dihasilkan oleh jarum *side-vent* dapat mencapai dua kali besar tegangan geser yang dihasilkan jarum *bevel* pada dinding yang berhadapan dengan bukaan jarum.²¹

Kemampuan jarum dalam melepaskan debris tidak dapat memastikan bahwa debris yang dilepaskan tersebut akan terbawa keluar dari dalam saluran akar. Aliran balik irigan dibutuhkan untuk membawa debris tersebut menuju arah koronal dan kemudian keluar dari dalam saluran akar.¹¹ Jarum *side-vent* memiliki keunggulan dalam hal ini dibanding jarum *bevel*.

Desain jarum irigasi juga akan memengaruhi aksi kimiawi irigan yang digunakan. Pertukaran irigan di dalam saluran akar berfungsi untuk mempertahankan konsentrasi tertinggi irigan di dalam saluran akar, sehingga irigan dapat berkerja secara maksimal.

Holliday dan Alani²², menyatakan bahwa jarum *bevel* dengan ukuran *gauge* (diameter jarum) yang sama dengan jarum *side-vent* dapat menghasilkan penetrasi irigan ke apikal yang lebih baik.²² Hal tersebut disebabkan laju aliran irigan yang dihasilkan jarum *bevel* lebih tinggi daripada jarum *side-vent*.¹⁹ Laju aliran tersebut juga akan memengaruhi kemampuan pertukaran irigan di dalam saluran akar sehingga jarum *bevel* dapat melakukan pertukaran irigan yang lebih baik dibandingkan jarum *side-vent*.²¹

Kemampuan pertukaran irigan akan berbanding lurus dengan tekanan yang dihasilkan pada foramen apikal sehingga dalam hal ini risiko ekstrusi irigan ke jaringan periapikal yang dihasilkan oleh irigasi dengan jarum *bevel* juga akan semakin meningkat.²²

Jarum *side-vent* saat ini lebih direkomendasi untuk digunakan dibanding jarum *bevel*, faktor keamanan menjadi salah satu alasan pemilihan jarum *side-vent*.²⁰ Risiko ekstrusi yang dapat diakibatkan oleh jarum *bevel* lebih tinggi karena jarum *bevel* akan mengakibatkan tekanan ke foramen apikal yang lebih besar. Bentuk jarum *bevel* yang tajam juga dianggap lebih berbahaya bagi operator maupun pasien.^{11,18,21}

Kelompok gigi yang diirigasi oleh jarum *bevel* pada penelitian ini kemungkinan mengalami ekstrusi debris dan irigan ke apikal, sehingga saluran akar yang bersih disebabkan terdorongnya debris ke arah apikal saluran akar, bukan ke arah koronal.

Hasil penelitian menunjukkan skor debris pada sepertiga apikal saluran akar yang dihasilkan oleh jarum *bevel* lebih tinggi dibanding jarum *side-vent*. Hal tersebut menandakan bahwa jarum *side-vent* dapat memberikan kebersihan sepertiga apikal saluran akar dari debris yang lebih baik secara klinis dan mikroskopis, meskipun hasil uji statistik menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan penggunaan jarum *bevel* dan *side-vent* dalam membersihkan sepertiga saluran akar dari debris antara penggunaan jarum.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada metode penghitungan skor debris yang kurang maksimal dikarenakan keterbatasan alat. Metode penghitungan secara otomatis ataupun metode lainnya dapat digunakan untuk memaksimalkan ketelitian penghitungan skor debris.

SIMPULAN

Simpulan penelitian adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kebersihan sepertiga apikal saluran akar dari debris setelah diirigasi menggunakan jarum *bevel* dan jarum *side-vent*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Napte B, Srinidhi SR. *Endodontic irrigants*. J Dent Allied Scie 2015;4:25-30.

2. Vijaykumar S, GunaShekhar M, Himagiri S. *In vitro effectiveness of different endodontic irrigants on the reduction of Enterococcus faecalis in root canals*. J Clin Exper Dentis 2010;2:169-72.
3. Verhaagen B, Boutsoukis C, Heijnen GL. *Role of the confinement of a root canal on jet impingement during endodontic irrigation*. Experiment in Fluids 2012;53:1841-53.
4. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. *Irrigation in endodontics*. Brit Dent J 2014;216:299-303.
5. Murray P. *A concise guide to endodontic procedures*. London: Springer Heidelberg New York Dordrecht London. 2015. h. 149-51.
6. Grossman LI. *Grossman's endodontic practice*. 12th ed. New Delhi: Wolters Kluwer Health. 2010. h. 263-70.
7. Gade VJ, Sedani SK, Lokade JS, Belsare LD, Gade JR. *Comparative evaluation of debris removal from root canal wall by using endovac and conventional needle irrigation: an in vitro study*. Contemporary Clinical Dentistry. 2015;4:432-6.
8. Basrani B. *Endodontic irrigation: chemical disinfection of the root canal system*. London: Springer International Publishing Switzerland. 2015. h. 48-53.
9. Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. *Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices*. J Endodontics 2009;35:791-804.
10. Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H dkk. *Three dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles*. J Endod 2010;36(5):884-9.
11. Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, Van der Sluis LWM. *Evaluation of irrigant flow in the root canal using different jarum types by an unsteady computational fluid dynamics model*. J Endod 2010;36:875-9.
12. Abou-Rass M, Piccinino MV. *The effectiveness of four clinical irrigaton methods on the removal of root canal debris*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;54:323-8.
13. Wu MK, Wesselink PR. *Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canal*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995 Apr;79(4):492-6.

14. Ghivari S, Kubasad G. *Root canal debris removal using different irrigating jarums: an SEM study*. Indian J Dent Res 2011;22:659-63.
15. Bahuguna N, Kumar VR, Manan R. *Comparison of efficacy of various root canal irrigation systems in removal of smear layer generated at apical third: an SEM study*. J Conser Dent 2015;8(3):252-6.
16. Guerreiro-Tanomaru JM, Loiola LE, Morgental RD, Leonardo RDT, Tanomaru-Filho DM. *Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals*. Brazil Dent J 2013;24:21-4.
17. Vinotkhumar TS, Kavitha S, Lakshminarayanan L, Gomathi NS, Kumar V. *Influence of irrigating needle-tip designs in removing bacteria inoculated into instrumented root canals measured using single-tube luminometer*. J Endod 2007;33:746-8.
18. Snjaric D, Carija Z, Braut A, Halaji A, Kovacevic M, Kuis D. *Irrigation of human prepared root canal-ex vivo based computational fluid dynamics analysis*. Croat Med J 2012;53:470-9.
19. Young, H.D and Freedman, R.A. 2000. University Physics. California: Addison-Wesley. 2000. h. 444-9.
20. Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I. *The fluid mechanics of root canal irrigation*. Physiological Measurement 2010;31:R49-78.
21. Chen JE, Nurbakhsh B, Layton G, Bussmann M, Kishen A. *Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: a computational fluid dynamic analysis*. Aust Endod J 2014;40:54-60.
22. Holliday R, Alani A. *Traditional and contemporary techniques for optimizing root canal irrigation*. Dent Upd 2014;41:51-61.
23. Curtis TO, Sedgley CM. *Comparison of a continuous ultrasonic irrigation device and conventional needle irrigation in the removal of root canal debris*. J Endod 2012;38:1261-4.
24. Psimma Z, Boutsoukis C, Vasiliadis L, Kastrinakis E. *A new method for real-time quantification of irrigant extrusion during root*. Int Endod J 2013 Jul;46(7):619-31. doi: 10.1111/iej.12036. Epub 2012 Dec 13.