

# Perbedaan kebocoran mikro antara pengisian saluran akar teknik *single cone* menggunakan sealer berbahan dasar *zinc oxide eugenol* dan *epoxy resin*

Mirza Aryanto<sup>1\*</sup>, Stanny Linda Paath<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Prof Dr Moestopo (B),  
Indonesia

\*Korespondensi: [mirza.a@dsn.moestopo.ac.id](mailto:mirza.a@dsn.moestopo.ac.id)

Submisi: 12 April 2020; Penerimaan: 21 Agustus 2020; Publikasi online: 31 Agustus 2020  
DOI: [10.24198/jkg.v32i2.26939](https://doi.org/10.24198/jkg.v32i2.26939)

## ABSTRAK

**Pendahuluan:** Kebocoran apikal dianggap sebagai penyebab umum kegagalan endodontik. Kebocoran dapat terjadi antara sealer dan gutaperca. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kebocoran mikro pada saluran akar dengan teknik pengisian *single cone* menggunakan dua sealer berbeda, sealer berbahan dasar *zinc oxide eugenol* dan sealer berbahan dasar *epoxy resin*. **Metode:** Jenis penelitian adalah analitik dengan desain eksperimental laboratorium. Obyek penelitian ini menggunakan 32 premolar rahang bawah. Objek dibagi secara acak menjadi 2 kelompok masing-masing terdiri dari 16 gigi. Kelompok I adalah pengisian saluran akar dengan sealer berbahan dasar *zinc oksida eugenol* dan kelompok II adalah pengisian saluran akar dengan sealer berbasis *epoxy resin*. Seluruh permukaan akar dilapisi dengan dua lapis cat kuku kecuali apikal 1 mm dan direndam dengan larutan metilen biru 2% selama 1 minggu pada suhu 37°C. Penetrasi warna larutan biru metilen merupakan indikator kebocoran apikal. Data penetrasi zat warna ke dalam saluran akar dianalisis menggunakan uji statistik *chi-square*. **Hasil:** Kelompok sealer berbahan dasar *epoxy resin* memiliki kebocoran apikal yang lebih rendah dibandingkan dengan perolehan saluran akar dengan sealer berbahan dasar *zinc oxide-eugenol* diuji dengan ( $p < 0,05$ ). **Simpulan:** Kelompok sealer berbahan dasar *epoxy resin* memiliki kemampuan penutupan lebih baik dari sealer berbahan dasar *zinc oxide eugenol*.

**Kata kunci:** Kebocoran apikal, *zinc oxide eugenol sealer*, *epoxy resin-based sealer*.

**The difference of microleakage in the root canal filling with single cone technique using a zinc oxide eugenol sealer and epoxy resin-based sealer**

## ABSTRACT

**Introduction:** Apical leakage is considered to be a common cause of endodontic failure. Leaks can occur between the sealer and gutta-percha. This study was aimed to analyse the difference of microleakage in the root canal filling with single cone technique using two different sealers, a zinc oxide eugenol sealer and epoxy resin-based sealer. **Methods:** The research was analytical with an experimental laboratory design. The object of this study was 32 mandibular premolars. Objects were randomly divided into two groups, each consisted of 16 teeth. Group I was filled with a zinc oxide eugenol sealer and group II was filled with an epoxy resin-based sealer. The entire root surface was coated with two coats of nail polish except for 1 mm apical and immersed in the 2% methylene blue solution for one week at 37°C. The colour penetration of the methylene blue solution was an indicator of apical leakage. The colour penetration data were analysed using the chi-square test. **Results:** The epoxy resin-based sealer group had lower apical leakage compared to the zinc oxide eugenol-based sealer ( $p < 0.05$ ). **Conclusion:** The epoxy resin-based sealer has better sealing ability than the zinc oxide eugenol-based sealer.

**Keywords:** Apical leakage, *zinc oxide eugenol sealer*, *epoxy resin-based sealer*.

## PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar merupakan salah satu perawatan yang dilakukan dengan cara mengambil seluruh jaringan pulpa yang terinfeksi dari kamar pulpa dan saluran akar, kemudian saluran akar dibersihkan, dibentuk dan diisi oleh bahan pengisi saluran akar agar tidak terjadi infeksi lebih lanjut.<sup>1,2</sup> Tahapan perawatan saluran akar menurut tritunggal endodontik adalah preparasi akses, preparasi saluran akar yang meliputi sterilisasi serta infeksi, dan pengisian saluran akar.<sup>3</sup>

Faktor keberhasilan perawatan saluran akar dipengaruhi oleh preparasi saluran akar dan pengisian saluran akar yang hermetis.<sup>1</sup> Bahan pengisi saluran akar terdiri dari dua macam yaitu bahan inti berupa *gutta-percha* dan *sealer*. *Sealer* memiliki peran penting sebagai pengisi ruang antara *sealer* dan bahan pengisi inti pada dinding saluran akar yang menghasilkan penutupan sistem saluran akar kedap cairan atau hermetis. Keadaan ini diperlukan untuk mencegah adanya kebocoran saluran akar yang dapat menimbulkan kontaminasi bakteri sehingga menyebabkan kegagalan perawatan saluran akar.<sup>4,5</sup>

Penyebab umum kegagalan perawatan saluran akar adalah pengisian saluran akar yang tidak hermetis. Kebocoran dapat terjadi pada apikal saluran akar dan dinding saluran akar. *Sealer* saluran akar yang mudah terlarut dapat mengakibatkan terbentuknya celah antara bahan pengisi dan dinding saluran akar.<sup>4</sup>

Beberapa macam bahan *sealer* saluran akar menurut Grossman's adalah yang berbahan dasar zinc oxide eugenol, epoxy resin, kalsium hidroksida, ionomer kaca. Kriteria *sealer* ideal menurut Grossman: mudah ditempatkan dalam saluran akar, *low shrinkage*, bakteriostatik, radioopak, tidak menyebabkan perubahan warna gigi, tidak mengiritasi jaringan periapikal, mudah dikeluarkan bila perlu perawatan ulang.<sup>3</sup>

Secara umum ada berbagai macam teknik pengisian saluran akar yang menggunakan *gutta-percha*. Teknik *single cone* merupakan teknik pengisian saluran akar dengan cara menambahkan satu buah *gutta-percha* ke dalam saluran akar menggunakan instrumen yang telah dipanaskan<sup>2,5</sup>.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kumar<sup>6</sup> yang membandingkan antara *sealer* berbahan dasar epoxy resin dan ZOE menunjukkan

tingkat kebocoran yang lebih rendah pada *sealer* berbahan dasar epoxy resin. Hal ini sesuai dengan penelitian Garg dkk<sup>7</sup> yang menyatakan bahwa *sealer* berbahan dasar epoxy resin memiliki kemampuan penutupan (*sealing*) yang lebih baik dibandingkan Metapex dan Zinc oxide eugenol. Penelitian Shetty<sup>8</sup> menunjukkan hal yang berbeda, yaitu kebocoran mikro paling rendah terjadi pada *sealer* berbahan dasar ZOE dibandingkan dengan *sealer* berbahan dasar epoxy resin. Hal ini sesuai dengan penelitian Munirah<sup>9</sup> yang menyatakan bahwa kekurangan dari *sealer* berbahan dasar epoxy resin yaitu mengalami pengerasan yang dapat menyebabkan terbentuknya celah pada pengisian saluran akar.<sup>8,9</sup>

Berbagai macam *sealer* saluran akar tersedia secara komersil. *Sealer* berbahan dasar zinc oxide eugenol dan epoxy resin dimasukkan dalam penelitian ini, karena merupakan jenis yang paling umum digunakan saat ini.<sup>9</sup> Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kebocoran mikro pada saluran akar dengan teknik pengisian *single cone* menggunakan dua *sealer* berbeda, *sealer* berbahan dasar zinc oxide eugenol dan *sealer* berbahan dasar epoxy resin.

## METODE

Jenis penelitian merupakan analitik dengan desain penelitian eksperimental laboratorium. Penelitian dilakukan di Lab Konservasi Gigi FKG UPDM(B) pada Januari 2020. Sampel pada penelitian ini adalah 32 gigi premolar rahang bawah sesuai dengan rumus Federer.

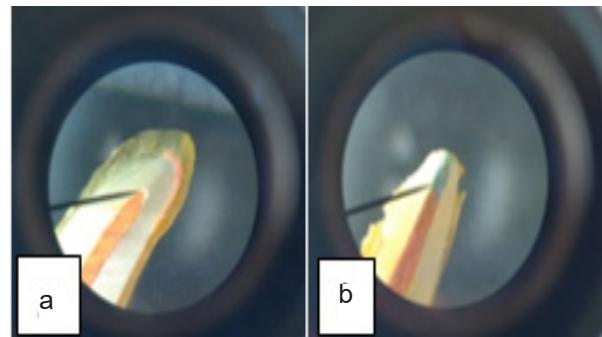
Sampel dipilih secara random dengan perlakuan yang sama. Sampel dilakukan teknik pengisian yang sama, yaitu teknik pengisian *single cone*, namun dengan menggunakan 2 kelompok *sealer* yang berbeda, yaitu *sealer* berbahan dasar zinc oxide eugenol dan *sealer* berbahan dasar epoxy resin.

Bahan serta alat pada penelitian ini adalah: NaCl 0,9, NaOCl 2,5%, EDTA cair, *paper point*, *Gutta-percha point*, *Sealer ZOE*, *Sealer Epoxy resin (AH plus)*, SIK, cat kuku transparan, larutan biru metilen 2%, Larutan Asam nitrat 5, Alkohol 70, 96%, Bur intan bulat dan silindris, file NiTi rotary ProTaper Gold (Sx, S1, S2, F1, F2 dan F3), file K stainless steel no. 10, 15, 20 (Maillefer, Dentsply), Endomotor, jangka sorong, wadah perendam

sampel, inkubator 37°C, cakram karborundum, mikroskop cahaya dengan pembesaran 40 kali.

Semua sampel direndam dalam larutan NaCl 0.9%. Sampel dibagi menjadi 2 kelompok yaitu teknik *single cone* dengan sealer ZOE dan sealer berbahan dasar *epoxy resin*. Masing-masing kelompok terdiri dari 16 gigi. Tiap kelompok dilakukan preparasi akses menggunakan bur akses kavitas bundar, kemudian dilanjutkan dengan dilakukan preparasi dengan teknik *crown down* menggunakan instrumen *rotary Protaper Gold*. Panjang kerja ditentukan 1 mm lebih pendek dari foramen apeks. Setiap pergantian alat diirigasi dengan NaOCl 2,5% sebanyak 2 ml. Saluran akar diirigasi dengan larutan EDTA 17% dan didiamkan selama 1 menit. Saluran akar yang telah dipreparasi dan diirigasi, dikeringkan dengan *paper point* dan diaplikasikan *sealer* berbahan dasar *epoxy resin* dan *sealer ZOE* dengan lentulo yang digerakkan ke arah dinding saluran akar searah dengan jarum jam. Saluran akar diisi dengan hanya menggunakan *guttapercha point/Master Apical Cone (MAC)* yang dimasukkan ke dalam saluran akar.

Kavitas ditutup tumpatan semen ionomer kaca setelah selesai dilakukan pengisian. Semua sampel diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dalam inkubator guna menunggu *sealer* serta tumpatan mengeras. Sampel dikeringkan dengan semprotan udara, kemudian dipersiapkan untuk evaluasi kebocoran mikro dengan cara melapisi seluruh permukaan gigi dan akar dengan cat kuku transparan, sebanyak 2 lapis, kecuali 1 mm dari ujung apeks. Kemudian semua kelompok sampel direndam dalam larutan *methylene blue* 2% sebanyak 15 ml selama 7 hari. Sampel dilakukan proses dekalsifikasi dengan cara merendam sampel pada asam nitrat 5% selama 24 jam. Sampel dibilas dengan air mengalir, kemudian dilanjutkan dengan dehidrasi, yaitu perendaman sampel dalam etanol 70 dan 96%, masing-masing selama 24 jam. Sampel gigi kemudian dibilas di bawah air mengalir. Gigi kemudian dibelah menggunakan cakram karborundum sampai terbelah menjadi dua, dilanjutkan dengan evaluasi terhadap pengisian saluran akar berdasarkan penetrasi dari larutan biru metilen 2% pada dinding kavitas gigi premolar dan diukur dengan skor 0 (tidak terdapat kebocoran mikro) dan skor 1 (terdapat kebocoran mikro). Prosedur pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya.



Gambar 1. Skor kriteria kebocoran mikro: a. Skor 0; b. Skor 1

Data penetrasi zat warna ke dalam saluran akar dianalisis menggunakan uji statistik untuk mengetahui perbedaan pada kedua kelompok sampel yang diberikan perlakuan. Uji statistik yang digunakan adalah uji statistik nonparametrik dengan disajikan dalam bentuk program statistik berbasis komputer. Analisa statistik dilakukan dengan uji nonparametrik *Chi-Square* untuk menguji perbedaan kemaknaan pada semua kelompok dengan batas kemaknaan ( $p$ ) = 0,05.

## HASIL

Penelitian ini menganalisis kebocoran mikro pada pengisian saluran akar teknik *single cone* menggunakan *sealer* *epoxy resin* dan *zinc oxide eugenol*. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya. Hasil kebocoran mikro dievaluasi dengan skor 0 (tidak terdapat kebocoran mikro) dan 1 (terdapat kebocoran mikro). Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap 32 sampel gigi (masing-masing kelompok 16 sampel), maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Distribusi skor kebocoran mikro kedua kelompok dalam bentuk tabel

Kelompok Uji	Skor kebocoran mikro		Total Sampel (n)
	teknik <i>single Cone</i>	0	
Sealer berbahan dasar <i>epoxy resin</i>	6	10	16
Sealer Zinc Oxide Eugenol	3	13	16
Jumlah	9	23	32

Tabel 1 di atas, dari total 32 sampel terdapat 23 sampel yang mengalami kebocoran mikro dan 9 sampel yang tidak mengalami kebocoran mikro. Terlihat bahwa kelompok uji pengisian saluran akar

dengan teknik *single cone* dengan sealer berbahan dasar epoxy resin terdapat 10 sampel yang mengalami kebocoran mikro (skor 1) dan 6 sampel yang tidak mengalami kebocoran mikro (skor 0). Kelompok uji pengisian saluran akar dengan teknik *single cone* dengan sealer *zinc oxide eugenol* terdapat 13 sampel yang mengalami kebocoran mikro (skor 1) dan 3 sampel yang tidak mengalami kebocoran mikro (skor 0).

Tabel 2. Hasil uji non-parametrik Chi Square Test

	Kebocoran	Jenis Sealer
Chi-Square	6,125 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>
df	1	1
Asymp.	,013	1,000
Sig.		

Keterangan: a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 16,0.

Tabel 2 menunjukkan ringkasan hasil uji non-parametrik *Chi Square Test* didapatkan terdapat perbedaan kebocoran pada kedua kelompok sampel dengan diperoleh nilai  $p = 0,013$ . Signifikansi uji statistik ini di bawah dari 0,05 ( $p < 0,05$ ) yang artinya terdapat perbedaan signifikan tingkat kebocoran pada pengisian saluran akar dengan teknik *single cone* dengan sealer berbahan dasar epoxy resin.

## PEMBAHASAN

Sampel gigi yang digunakan pada penelitian ini adalah gigi premolar pertama rahang bawah untuk mempermudah pengujian karena memiliki akar tunggal dan lurus, sehingga memungkinkan keseragaman sampel. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 32 gigi dengan jumlah sampel per kelompok sebanyak 16 gigi sesuai dengan rumus Federer.<sup>10</sup>

Penelitian ini dilakukan pada area sepertiga apeks yang merupakan area paling sulit dibersihkan, dipreparasi dan diisi karena mempunyai anatomi sistem saluran akar yang sangat kompleks yaitu banyak terdapatnya saluran akar tambahan (aksesoris) dan saluran akar lateral yang dapat mempersulit perawatan saluran akar.<sup>2</sup> Kualitas kerapatan pengisian saluran akar diperlukan untuk mencegah kebocoran, karena akan menyebabkan kegagalan perawatan.<sup>5,8</sup> Teknik pengisian saluran akar yang dibandingkan pada

penelitian ini adalah menggunakan *guttapercha* padat, yaitu teknik *single cone*. Teknik *single cone* merupakan teknik pengisian saluran akar dengan menggunakan satu *guttapercha* utama tanpa menggunakan *guttapercha* tambahan ke dalam saluran akar dengan ukuran sesuai dengan diameter preparasinya (*master apical cone*).<sup>11-13</sup> Keuntungan teknik ini adalah waktu penggerajannya lebih cepat dibandingkan dengan teknik kondensasi lateral, prediktabilitasnya, penggunaan yang mudah, pengisian dapat diperbaiki dengan mudah dan penempatan material yang terkontrol. Menurut beberapa penelitian, teknik *single cone* memberikan pengisian saluran akar yang tidak adekuat pada saluran akar oval. Teknik *single cone* memungkinkan penggunaan kon *guttapercha* yang diruncingkan sesuai dengan bentuk akhir saluran akar. Berbagai macam penelitian eksperimental yang berbeda telah digunakan untuk menilai efektifitas teknik pengisian saluran akar menurut mikro-CT tiga dimensi, semua teknik pengisian saluran akar mengalami kegagalan yaitu tidak ada yang mampu sepenuhnya mengisi ruang saluran akar.<sup>11,14,15</sup>

Kebocoran pada apeks dapat puladisebabkan oleh beberapa faktor, yaitu: bentuk foramen apeks gigi premolar, kehalusan dinding saluran akar dan aplikasi sealer dengan menggunakan jarum lentulo sehingga menempelnya sealer pada dinding saluran akar tidak bisa dikendalikan.<sup>16</sup> Faktor lain yang mempengaruhi kebocoran apeks saluran akar antara lain preparasi saluran akar, bahan pengisi saluran akar dan teknik pengisian saluran akar.<sup>17</sup>

Bahan pengisi saluran akar yang dibandingkan pada penelitian ini yaitu menggunakan sealer *epoxy resin* dan sealer *zinc oxide eugenol* dengan teknik *single cone*. Sealer berbahan dasar epoxy resin telah banyak digunakan karena karakteristiknya yang disukai seperti bersifat adhesif terhadap struktur gigi, mempunyai waktu kerja yang cukup lama, *flow* baik, penggunaanya mudah, mudah dibersihkan dan mempunyai kerapatan yang baik.<sup>2</sup> Sealer AH Plus yang mengandung *silicone oil* dapat mempengaruhi kemampuan kerapatan penutupan apeks saluran akar yang lebih baik daripada Apexit setelah satu tahun karena mampu meningkatkan biokompatibilitas dari sealer. *Silicone oil* bisa berfungsi sebagai bahan penutup kerapatan yang

baik. *Sealer* saluran akar AH Plus berbahan dasar *epoxy resin* merupakan generasi kedua dari AH-26 yang dibuat dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas dari AH-26, dengan senyawa kimia organik bisphenol epoxy resin yang merupakan bahan perekat yang baik dan berikatan kuat dengan *guttapercha* dan dinding saluran akar.<sup>8,9</sup>

Berdasarkan penelitian Munirah<sup>11</sup> menyatakan bahwa kekurangan dari *sealer* berbahan dasar *epoxy resin* yaitu mengalami pengerasan yang dapat menyebabkan terbentuknya celah pada pengisian saluran akar. Celah tersebut menyebabkan terjadinya kebocoran mikro di daerah apeks.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hammad dkk<sup>18</sup> kebocoran pengisian saluran akar dengan *sealer* *epoxy resin* juga dapat disebabkan kerena tidak seragamnya distribusi *sealer* dan penetrasi *sealer* ke tubulus dentin.<sup>18</sup> Distribusi *sealer* dan penetrasi ke tubulus dentin pada daerah sepertiga apeks akan berkurang pada kondisi dinding saluran akar yang lembap.<sup>19-20</sup>

Hasil pengujian ini sesuai dengan pendapat Tyagi<sup>17</sup> yang menyatakan bahwa perbedaan bahan dasar dari *sealer* dapat mempengaruhi sifat adhesif yang dapat menutup rapat antara bahan material pengisi saluran akar dengan dentin saluran akar. Apabila bahan *sealer* tersebut dapat memelihara serta menciptakan penutupan apikal, lateral dan koronal maka efek penutupan yang baik pada sistem saluran akar terpenuhi.<sup>17</sup>

*Sealer zinc oxide eugenol* memiliki beberapa keuntungan seperti kemampuan resorpsi bila terjadi ekstrusi, waktu pengerasan yang lama dan kemampuan antimikroba yang baik. Kekurangan dari *sealer* berbasis *zinc oxide eugenol* menunjukkan penyusutan pada saat pengerasan. Penyusutan yang dapat terjadi ini dapat menjadi penyebab penting kebocoran yang lebih besar.<sup>1,3,11</sup> Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa 13 sampel pada kelompok *sealer zinc oxide eugenol* mengalami kebocoran mikro. Kemungkinan hal ini berkaitan dengan kelemahan *sealer zinc oxide eugenol* yang dapat mengalami perubahan volume dan pengerasan (*shrinkage*).<sup>16,21</sup> Menurut Grossman mengenai sifat-sifat fisik *sealer* (misalnya *flow*, pengaturan waktu, dan penyusutan) mengatakan bahwa kemampuan *sealing ability* mungkin terkait dengan sifat-sifat fisik tersebut, dan bahwa manipulasi bahan selama

atau setelah pengisian dapat mempengaruhi kemampuan untuk menghasilkan keadaan kedap yang baik. Kemampuan *sealer* untuk mengikat struktur gigi sangat penting.<sup>22-24</sup>

## SIMPULAN

Terdapat perbedaan kebocoran mikro pada obturasi saluran akar dengan teknik *single cone* dengan *sealer* berbahan dasar *epoxy resin* dan *sealer* berbahan dasar *zinc oxide eugenol*. Kelompok *sealer* berbahan dasar *epoxy resin* memiliki tingkat kebocoran mikro di sepertiga apeks lebih rendah dari kelompok *sealer* berbahan dasar *zinc oxide eugenol*. Kelompok *sealer* berbahan dasar *epoxy resin* memiliki kemampuan penutupan lebih baik dari *sealer* berbahan dasar *zinc oxide eugenol*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Siqueira JF, Rôcas IN, Ricucci D. Microbial and nonmicrobial etiologies of endodontic diseases. Dalam: Ingle JI, Rotstein I. Endodontics 7<sup>th</sup> ed. Raleigh, North Carolina: PMPH-USA Ltd. 2019. h. 85-109
2. Brady E, Durack C. Preparasi saluran akar. Dalam: Petel S, Barnes JJ (Editor). Prinsip endodontik 2<sup>nd</sup> ed (The Principles of Endodontics 2<sup>nd</sup> ed). Stanny Linda Paath, Ratih Widyasari (Penerjemah), Mirza Aryanto (Penyunting Terjemahan). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC. 2016. h. 63-90.
3. Chandra BS, Krishna VG. Grossman's endodontic practice 13<sup>th</sup> ed. New Delhi: Wolters Kluwer Health. 2014. h. 178-200.
4. Al-Haddad, Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: A review. Int J Biomater; Hindawi Pub. Co.2016. h. 1-10.
5. Schmaltz G, Preben H. Root filling materials. Dalam: Bergenholz G, Bindslev PH, Reit C (Editor). Textbook of endodontontology 2<sup>nd</sup> ed. West Sussex, United Kingdom: Wiley-Blackwell. 2013. h. 193-219.
6. Kumar RV, Shruthi C. Evaluation of the sealing ability of resin cement used as a root canal sealer: An in vitro study. J Conserv Dent. 2012;15(3):247-7. DOI: [10.4103/0972-0707.97958](https://doi.org/10.4103/0972-0707.97958)
7. Garg N, Garg A, Kang RS, Mann JS,

- Manchanda SK, Ahuja B. A comparison of apical seal produced by zinc oxide eugenol, metapex, ketac endo and AH plus root canal sealers. *Endodontontology* 2014;26(2):252-8
8. Shetty V, Hegde P, Chauhan RS, Chaurasia VR, Sharma AM, Taranath M. A spectro photometric comparative evaluation of apical sealing abiity of three different sealers; calcium hydroxide based, resin based and zinc oxide eugenol based sealers. *J Int Oral Health* 2014; 7(2):25-7.
9. Munirah, Trilaksana AC, Nugroho JJ. Apical Sealing of Epoxy Epoxy resin-Based and Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealers. *Dentofasial*. 2014;13(3):170-5.
10. Silva PF, Coelho E, Alves NCC, Silva SA, Pereira FC, Albuquerque DS. Canal transportation and centering ability of reciproc blue, waveone gold and protaper next in simulated curved canals. *Irani Endodo J* 2018;13(4):498-502. DOI: [10.22037/iej.v13i4.21790](https://doi.org/10.22037/iej.v13i4.21790)
11. Pereira AC, Nishiyama CK, Pinto LDE. Single-cone obturation technique: A literature review. *RSBO*. 2012;9(4):442-7.
12. Wesselink P. Root Filling Technique. Dalam: Bergenholz G, Bindslev PH, Reit C (Editor). *Textbook of Endodontontology* 2<sup>nd</sup> ed. West Sussex, United Kingdom: Wiley-Blackwell. 2013. h. 219-31.
13. Durack C, Brady E. Pengisian Saluran Akar. Dalam: Petel S, Barnes JJ (Editor). *Prinsip Endodontik* 2<sup>nd</sup> ed (The Principles of Endodontics 2<sup>nd</sup> ed). Stanny Linda Paath, Ratih Widyasari (Penerjemah), Mirza Aryanto (Penyunting Terjemahan). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC. 2016. h. 98-113.
14. Robberecht L, Colard T, Claisse-Crinquette A. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system—an in vitro study. *J Oral Sci* 2012;54:99–104. DOI: [10.2334/josnusd.54.99](https://doi.org/10.2334/josnusd.54.99)
15. Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J* 2014;47:1177-84. DOI: [10.1111/iej.12269](https://doi.org/10.1111/iej.12269)
16. Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, et al. Quality of root fillings performed with two root filling techniques: an in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand*. 2013;71:689–96.
17. Tyagi S, Mishra P, Tyagi P. Evolution of root canal sealers: An insight story. *Europ J Gener Dentis* 2013;2(3):199-218. DOI: [10.3109/00016357.2012.715192](https://doi.org/10.3109/00016357.2012.715192)
18. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: A three – dimensional in vitro study. *J Endod* 2009;35:541-4. DOI: [10.1016/j.joen.2008.12.021](https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.12.021)
19. Peng L, Ye L, Hong T, Xuendong Z, Goodini M. Outcome of Root Canal Obturation by Warm Gutta-percha Versus Cold Lateral Condensation: A Meta-Analysis. *J Endod* 2007;33:106-9. DOI: [10.1016/j.joen.2006.09.010](https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.09.010)
20. Elnaghy AM, Elsaka SE. Mechanical properties of protaper gold nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2016;49(11):1073–78. DOI: [10.1111/iej.12557](https://doi.org/10.1111/iej.12557).
21. Wolf M, Kupper K, Reimann S, Frentzen M. 3D Analyses of Interface Voids in Root Canals Filled with Different Sealer Materials in Combination With Warm Gutta-percha Tehnique. *Clin Oral Investig* 2014;18:155-61. DOI: [10.1007/s00784-013-0970-y](https://doi.org/10.1007/s00784-013-0970-y)
22. Naseri M, Kangarloo A, Khavid A, Goodini M. Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iran Endod J* 2013;8:89–93. DOI: [10.22037/iej.v8i3.3642](https://doi.org/10.22037/iej.v8i3.3642)
23. Amlani H, Hegde V. Microleakage: apical seal vs coronal seal. *World J Dent* 2013;4(2):113-6. DOI: [10.5005/jp-journals-10015-1215](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10015-1215)
24. Mandke L. Importance of coronal seal: Preventing coronal leakage in endodontics. *J Res Dent*. 2016;4:71-5. DOI: [10.4103/2321-4619.188224](https://doi.org/10.4103/2321-4619.188224)