

**PERBANDINGAN SITOTOKSISITAS ANTARA  
CALCIUM SILICATE DAN EPOXY RESIN-  
BASED SEALER PADA PERAWATAN  
SALURAN AKAR  
(*Systematic Review*)**

**SKRIPSI**



**Oleh:**

**Hana Zakiyyah Suarsyaf**

**04031282025048**

**BAGIAN KEDOKTERAN GIGI DAN MULUT  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2024**

**PERBANDINGAN SITOTOKSISITAS ANTARA  
CALCIUM SILICATE DAN EPOXY RESIN-  
BASED SEALER PADA PERAWATAN  
SALURAN AKAR  
(*Systematic Review*)**

**Diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh Gelar  
Sarjana Kedokteran Gigi Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**Hana Zakiyyah Suarsyaf**

**04031282025048**

**BAGIAN KEDOKTERAN GIGI DAN MULUT  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Skripsi yang berjudul:

**PERBANDINGAN SITOTOKSISITAS ANTARA  
*CALCIUM SILICATE* DAN *EPOXY RESIN-  
BASED SEALER* PADA PERAWATAN  
SALURAN AKAR  
(*Systematic Review*)**

Diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh Gelar  
Sarjana Kedokteran Gigi Universitas Sriwijaya

Palembang, Agustus 2024

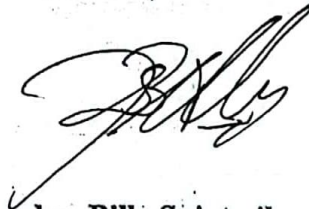
Menyetujui,

Pembimbing I



**drg. Rinda Yulianti, Sp. KG**  
NIP. 197607122006042008

Pembimbing II



**drg. Billy Sujatmiko, Sp.KG**  
NIP. 198310082014121001

# HALAMAN PENGESAHAN

## SKRIPSI

### PERBANDINGAN SITOTOKSISITAS ANTARA CALCIUM SILICATE DAN EPOXY RESIN- BASED SEALER PADA PERAWATAN SALURAN AKAR (*Systematic Review*)

Disusun oleh:  
Hana Zakiyyah Suarsyaf  
04031282025048

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Tim Penguji  
Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut  
Tanggal 7 Agustus 2024  
Yang terdiri dari:

Pembimbing 1



drg. Rinda Yulianti, Sp.KG  
NIP. 197607122006042008

Pembimbing 2



drg. Billy Sujatmiko, Sp.KG  
NIP. 198310082014121001

Penguji 1

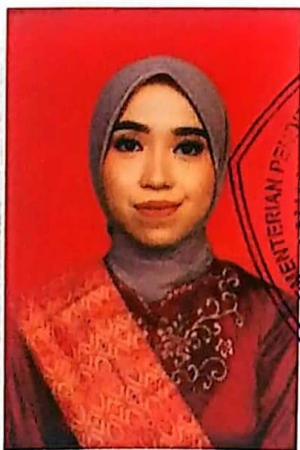


drg. Listia Eka Merdekawati, Sp.KG  
NIP. 198408172009032006

Penguji 2



drg. Martha Mozartha, M.Si  
NIP. 198104052012122003



Mengetahui,  
Ketua Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut  
Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya

drg. Siti Rusdiana Puspa Dewi, M.Kes  
NIP. 198012022006042002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan

1. Karya tulis saya, skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (S.KG), baik di Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Isi pada karya tulis ini terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pelaksanaan prosedur penelitian yang dilakukan dalam proses pembuatan karya tulis ini adalah sesuai dengan prosedur penelitian yang tercantum.
5. Hasil penelitian yang dicantumkan pada karya tulis adalah benar hasil yang didapatkan pada saat penelitian, bukan hasil rekayasa.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Hana Zakiyyah Suarsyaf

NIM. 04031282025048

## HALAMAN PERSEMBAHAN

وَعَسَىٰ أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ وَعَسَىٰ أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ  
لَّكُمْ ۗ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

But perhaps you hate a thing and it is good for you; and  
perhaps you love a thing and it is bad for you.

And Allah Knows, while you know not.

(Quran 2:216)

**Skripsi ini dipersembahkan untuk:**

Mama, Papa, Aa, A Ison, Teh Ica, A Abi,  
Haidar dan keluarga besar penulis

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Sitotoksitas antara *Calcium Silicate* dan *Epoxy Resin-Based Sealer* pada Perawatan Saluran Akar (*Systematic Review*)”, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Kedokteran Gigi pada Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. drg. Siti Rusdiana Puspa Dewi, M.Kes selaku Ketua Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya yang telah memberikan dukungan.
3. drg. Rinda Yulianti, Sp.KG sebagai dosen pembimbing skripsi pertama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, saran, serta motivasi pada penulis dari awal penulisan hingga tersusunnya skripsi ini.
4. drg. Billy Sujatmiko, Sp.KG sebagai dosen pembimbing skripsi kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, saran, serta motivasi pada penulis dari awal penulisan hingga tersusunnya skripsi ini.
5. drg. Listia Eka Merdekawati, Sp.KG dan drg. Martha Mozartha, M.Si selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan ilmu, masukan serta saran terhadap skripsi ini.
6. drg. Sri Wahyuningsih Rais, M.Kes, Sp.Pros selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memotivasi dan memberikan dukungan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
7. Staf dosen Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu serta bimbingan selama proses pendidikan bagi penulis.
8. Seluruh staf tata usaha di Bagian Kedokteran Gigi dan Mulut Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bantuan dalam mengurus berkas-berkas dan menyediakan sarana pendukung yang dibutuhkan selama proses pendidikan dan penyelesaian skripsi.
9. Mama, Papa, Aa, A Ison, Teh Ica, A Abi, Haidar, keluarga besar dan keponakan tersayang yang telah mendukung, mendoakan serta menjadi motivasi penulis untuk bertahan di perkuliahan.
10. Umi dan Abi yang telah memberikan doa, dukungan, bantuan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

11. Teman-teman, “Siksa OSCE” Aisyah Sendrawati, Darma Tsari Faizah, dan Wina Wiguna yang telah banyak membantu, mendoakan, memberi semangat dan menghibur penulis dalam menempuh pendidikan dan menulis skripsi ini.
12. Teman-teman SMA penulis, terutama Serla Gantina yang selalu memberi doa dan dukungan serta senantiasa menjadi pendengar yang baik bagi penulis.
13. Intan, Shakila, Adinda, Hukma, Eka, dan teman-teman penulis lainnya yang telah memberikan bantuan, semangat dan doa yang terbaik bagi penulis selama perkuliahan.
14. Teman-teman, “KKN Tanpa Sinyal” yang telah menghibur, mendukung dan mendoakan penulis.
15. Teman-teman angkatan 2020 “Sieradontia” yang telah menemani penulis selama menyelesaikan kuliah.
16. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyusunan skripsi ini yang namanya belum bisa disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dari semua pihak yang sudah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Akhir kata saya ucapkan terimakasih banyak. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Palembang, Agustus 2024  
Penulis,



Hana Zakiiyah Suarsyaf  
NIM. 04031282025048



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1. Tujuan umum.....	4
1.3.2. Tujuan khusus .....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1. Manfaat teoritis .....	4
1.4.2. Manfaat praktis .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Perawatan Saluran Akar .....	5
2.2. Obturasi Saluran Akar .....	6
2.3. <i>Root Canal Sealer</i> .....	7
2.3.1. <i>Epoxy Resin-Based Sealer</i> .....	8
2.3.2. <i>Calcium Silicate-Based Sealer</i> .....	10
2.4. Sitotoksitas.....	12
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1. Jenis Penelitian .....	17
3.2. Waktu Penelitian .....	17
3.3. Variabel Penelitian .....	17
3.3.1. Jenis Jurnal.....	17

3.3.2. Populasi.....	17
3.3.3. Intervensi .....	17
3.3.4. Hasil.....	17
3.3.5. Lokasi Penelitian.....	18
3.3.6. Pertanyaan Penelitian.....	18
3.4. Kerangka Analisis .....	18
3.5. Strategi Pencarian Data .....	18
3.6. Rencana Penilaian Bias .....	19
3.7. Rencana Ekstraksi Data.....	20
3.8. Rencana Sintesis Data .....	20
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1. Hasil.....	21
4.2. Pembahasan .....	31
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>36</b>
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi .....	18
Tabel 2. Strategi pencarian data .....	19
Tabel 3. Penilaian bias .....	20
Tabel 4. Ekstraksi data .....	20
Tabel 5. Hasil ekstraksi data .....	23
Tabel 6. Hasil penilaian sitotoksitas <i>calcium silicate-based sealer</i> .....	30
Tabel 7. Hasil penilaian sitotoksitas <i>epoxy resin-based sealer</i> .....	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Triad endodontik dalam perawatan saluran akar .....	5
Gambar 2. AH Plus <i>epoxy resin sealer</i> .....	9
Gambar 3. <i>Calcium silicate-based sealer</i> : (a) BioRoot RCS. (b) TotalFill BC Sealer. (c) EndoSequence BC Sealer. (d) MTA Fillapex. (e) EndoSeal MTA .....	11
Gambar 4. Reduksi MTT ke formazan .....	14
Gambar 5. Diagram alur PRISMA.....	21

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Protokol penelitian tinjauan pustaka sistematis menurut PROSPERO...42	
Lampiran 2. Hasil penilaian bias .....44	
Lampiran 3. Riwayat pencarian literatur.....45	
Lampiran 4. Lembar bimbingan.....50	

**PERBANDINGAN SITOTOKSISITAS ANTARA  
CALCIUM SILICATE DAN EPOXY RESIN-  
BASED SEALER PADA PERAWATAN  
SALURAN AKAR  
(Systematic Review)**

Hana Zakiiyah Suarsyaf  
Program Studi Kedokteran Gigi  
Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya

**Abstrak**

**Latar belakang:** *Epoxy resin-based sealer* merupakan *gold standard sealer* karena sifat fisiknya yang baik. Namun, *epoxy resin sealer* memiliki kemungkinan terjadinya sitotoksitas yang dapat menghambat proses penyembuhan jaringan periapikal. *Calcium silicate-based sealer* merupakan alternatif sealer karena sifatnya yang lebih biokompatibel. **Tujuan:** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan sitotoksitas antara *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer* pada perawatan saluran akar. **Metode:** Penelitian dilakukan menggunakan *database PubMed, Google Scholar, dan Science Direct* selama 5 tahun terakhir dihitung sejak 2019-2024. Jurnal yang digunakan sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi kemudian dilakukan analisis bias dan dirangkum untuk mengetahui sitotoksitas *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer*. **Hasil:** Penelitian ini berhasil menyintesis 19 jurnal *in vitro* dengan hasil bias rendah pada 16 jurnal dan 3 jurnal dengan bias sedang. Secara umum, *calcium silicate-based sealer* memiliki sitotoksitas yang lebih rendah dibanding *epoxy resin-based sealer* dengan keterangan bahwa komposisi, kondisi serta waktu paparan material memainkan peran penting dalam sifat biologis *sealer*. **Kesimpulan:** *Calcium silicate-based sealer* menunjukkan sitotoksitas yang lebih rendah dibandingkan *epoxy resin-based sealer*.

**Kata kunci:** *Calcium silicate, epoxy resin, sitotoksitas, biokompatibilitas*

**COMPARISON OF CYTOTOXICITY BETWEEN  
CALCIUM SILICATE AND EPOXY RESIN-  
BASED SEALER IN ROOT CANAL  
TREATMENT  
(Systematic Review)**

Hana Zakiiyah Suarsyaf  
Department of Dentistry  
Faculty of Medicine of Sriwijaya University

**Abstract**

**Background:** Epoxy resin-based sealer is the gold standard sealer because of its good physical properties. However, epoxy resin sealer has the potential for cytotoxicity which can inhibit the healing process of periapical tissue. Calcium silicate-based sealer is an alternative sealer because of its more biocompatible properties. **Objectives:** This study aimed to compare cytotoxicity between calcium silicate and epoxy resin-based sealers in root canal treatment. **Method:** The study used PubMed, Google Scholar, and Science Direct databases for the last 5 years calculated from 2019-2024. The journals used were by the inclusion and exclusion criteria, then bias analysis was carried out and summarized to determine the cytotoxicity of calcium silicate and epoxy resin-based sealer. **Result:** This study successfully synthesized 19 in vitro journals with low bias results in 16 journals and 3 journals with moderate bias. In general, calcium silicate-based sealers have lower cytotoxicity than epoxy resin-based sealers with the explanation that the composition, conditions, and exposure time of the material play an important role in the biological properties of the sealer. **Conclusion:** Calcium silicate-based sealers exhibit lower cytotoxicity than epoxy resin-based sealers.

**Keyword:** Calcium silicate, epoxy resin, cytotoxicity, biocompatibility

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perawatan saluran akar merupakan bentuk perawatan gigi yang bertujuan memperbaiki dan memelihara gigi agar gigi yang rusak dapat diterima jaringan sekitarnya secara biologis.<sup>1</sup> Tahapan perawatan saluran akar dimulai dari preparasi akses kavitas, preparasi biomekanis, dan pengisian saluran akar atau obturasi.<sup>2</sup> Menurut penelitian Ingle dan Beveridge, sebanyak 58% dari kegagalan perawatan endodontik disebabkan oleh obturasi yang tidak sempurna.<sup>3</sup> Tujuan dari obturasi pada saluran akar adalah untuk mencapai *fluid-tight seal* yang dapat mencegah rekontaminasi intrakanal.<sup>4</sup> Bahan obturasi terdiri dari penggunaan bahan pengisi solid (gutta-percha) bersama dengan *root canal sealer*.<sup>3</sup> *Root canal sealer* memiliki fungsi yang lebih penting dalam mencapai *fluid-tight seal* dibanding bahan pengisi solid. Bahan pengisi solid berperan mengisi ruang saluran akar dan menjadi sarana bagi *sealer* untuk menutup sempurna saluran akar.<sup>5</sup>

Syarat ideal dari *root canal sealer* antara lain, menutup saluran akar dengan baik, menghasilkan adhesi yang cukup, radiopak, tidak memberi warna pada gigi, dimensi yang stabil, mudah dicampurkan serta dimasukkan ke dalam saluran akar, mudah dikeluarkan dari saluran akar jika diperlukan, tidak larut dalam cairan jaringan, bakterisidal atau setidaknya tidak mendorong pertumbuhan bakteri, tidak mengiritasi jaringan periapikal, dan *setting time* yang lama untuk mendapatkan waktu kerja yang cukup.<sup>3</sup> *Root canal sealer* harus memiliki sifat biokompatibel karena *sealer* berdekatan dengan jaringan periapikal dan dapat mempengaruhi



perbaikannya.<sup>6</sup> *Sealer* diharapkan tidak menyebabkan kerusakan jaringan atau kematian sel. Tiap *sealer* memiliki kelebihan masing-masing, tetapi saat ini belum ada *sealer* yang dapat memenuhi seluruh syarat ideal dari *sealer*.<sup>5</sup> Beberapa jenis *sealer* yang sering digunakan adalah *zinc oxide eugenol*, *epoxy resin*, dan *calcium silicate*.<sup>3,4</sup>

*Epoxy resin-based sealer* dianggap sebagai *gold standard* karena sifat fisiknya yang baik. Resistensi terhadap resorpsi dan stabilitas dimensi merupakan sifat fisik yang dimiliki *epoxy resin-based sealer*.<sup>6,7</sup> Kekurangan yang masih terdapat pada *epoxy resin-based sealer* adalah kemungkinan terjadinya sitotoksitas.<sup>7</sup> Toksin pada *sealer* dapat mengganggu proses penyembuhan periapikal dengan menghambat kemampuan proliferasi dari sel periradikular.<sup>8</sup> *Resin-based sealer* menunjukkan derajat sitotoksitas hingga *setting* sempurna, terutama dalam 24 jam pertama.<sup>9</sup> *Epoxy resin* yang terkandung dalam *sealer* ini bersifat mutagen dan dapat menyebabkan kerusakan rantai DNA seluler. Kombinasi pelepasan komponen *epoxy resin* dan formaldehida merupakan penyebab sitotoksitas pada *sealer*.<sup>10</sup> AH 26, AH Plus, Adseal, Acroseal serta MM seal merupakan beberapa merk komersial dari *epoxy resin-based sealer* yang telah tersedia.<sup>11</sup> Alternatif *sealer* untuk mengatasi masalah sitotoksitas yang dimiliki *epoxy resin-based sealer* adalah *calcium silicate-based sealer*.<sup>10</sup>

*Calcium silicate-based sealer* saat ini sedang banyak digunakan dalam praktik endodontik karena sifatnya yang biokompatibel.<sup>12</sup> Studi yang dilakukan Dioguardi *et al.* (2021) menemukan bahwa *calcium silicate sealer* menunjukkan sifat biologis dan mekanik yang sebanding dengan *epoxy resin sealer*.<sup>13</sup> *Calcium*

*silicate sealer* memiliki sifat bioaktif yang dapat menstimulasi pembentukan jaringan keras pada tulang dan ligamen periodontal. Hasil penelitian menegaskan potensi *calcium silicate sealer* sebagai alternatif yang menjanjikan dalam perawatan saluran akar.<sup>13,14</sup> EndoSequence BC, CeraSeal, iRoot Sp, Total Fill BC dan Endoseal MTA merupakan beberapa jenis *calcium silicate sealer* yang tersedia saat ini.<sup>11</sup>

Penelitian *in vivo* yang dilakukan Malta *et al.* (2022), AH Plus menunjukkan toksisitas lebih tinggi dengan nilai LC<sub>50</sub> rendah (59.95 µg/mL), sedangkan Bio-C dan Endosequence BC menunjukkan toksisitas yang rendah dengan nilai LC<sub>50</sub> tinggi (>200 µg/mL). Toksisitas yang rendah dari Bio-C dan EndoSequence BC hampir serupa karena keduanya memiliki komposisi kimia yang mirip, yaitu *calcium silicate base*.<sup>15</sup> Berbeda kesimpulan dengan penelitian sebelumnya, Adiguzel *et al.* (2019) menemukan nilai toksisitas yang berbeda diantara sesama bahan *calcium silicate sealer*. Theracal LC memiliki nilai viabilitas yang rendah (28.3%) dibanding *calcium silicate sealer* lain, yaitu Biodentine, dengan nilai viabilitas yang tinggi (97.1%) pada 24 jam pertama. Penyebab perbedaan tersebut adalah komposisi bahan yang berbeda pada tiap *calcium silicate sealer*. Efek toksik pada Theracal LC terjadi karena kandungan *Portland cement*, sedangkan Biodentine tidak memiliki kandungan tersebut.<sup>16</sup>

Terdapat banyak formulasi berbeda dari *calcium silicate sealer* yang telah dipasarkan secara komersial saat ini.<sup>17</sup> Penelitian dan studi klinis lebih lanjut diperlukan karena beberapa produk yang telah dipasarkan masih dalam tahap awal pengembangan.<sup>18</sup> Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk meninjau

penelitian mengenai “Perbandingan Sitotoksitas antara *Calcium Silicate* dan *Epoxy Resin-Based Sealer* pada Perawatan Saluran Akar”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Bagaimana perbandingan sitotoksitas antara *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer* pada perawatan saluran akar.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

### **1.3.1. Tujuan umum**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan sitotoksitas antara *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer* pada perawatan saluran akar.

### **1.3.2. Tujuan khusus**

- a. Untuk mengetahui penyebab sitotoksitas pada *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer*
- b. Untuk mengetahui efek sitotoksitas *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer* terhadap proses penyembuhan jaringan periapikal.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

### **1.4.1. Manfaat teoritis**

Sebagai referensi tambahan mengenai sitotoksitas antara *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer* pada perawatan saluran akar.

### **1.4.2. Manfaat praktis**

Sebagai informasi untuk dokter gigi mengenai sitotoksitas antara *calcium silicate* dan *epoxy resin-based sealer* pada perawatan saluran akar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Giri, P. Hubungan antara ketepatan pengisian saluran akar dengan keberhasilan perawatan saluran akar. *Medicina*. 2017, 51(1):1-9.
2. Garg N, Garg A. Textbook of endodontics. Fourth edition. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2019.
3. Grossman LI. Grossman's endodontic practice. 14th edition. Gopikrishna V, editor. Gurgaon: Wolters Kluwer Health; 2021.
4. Jin HR, Jang YE, Kim Y. Comparison of obturation quality between calcium silicate-based sealers and resin-based sealers for endodontic re-treatment. *Materials*. 2021;15(1):72.
5. Walton RE, Torabinejad M. Endodontics: principles and practice. 4th ed. St. Louis, Mo: Saunders/Elsevier; 2009.
6. Chopra V, Davis G, Baysan A. Clinical and radiographic outcome of non-surgical endodontic treatment using calcium silicate-based versus resin-based sealers—a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *JFB*. 2022;13(2):38.
7. Song M, Park MG, Kwak SW, Kim RH, Ha JH, Kim HC. Pilot evaluation of sealer-based root canal obturation using epoxy-resin-based and calcium-silicate-based sealers: a randomized clinical trial. *Materials*. 2022;15(15):5146.
8. Ashraf H, Najafi F, Heidari S, Yadegary Z, Zadsirjan S. Cytotoxicity of two experimental epoxy resin-based sealers. 2018;13(2).
9. Eren SK. Do resin-based root canal sealers cause more postoperative pain than other sealers? A systematic review of clinical studies and meta-analysis. *Quintessence International*. 2022;53(6):472–83.
10. Jung S, Sielker S, Hanisch MR, Libricht V, Schäfer E, Dammaschke T. Cytotoxic effects of four different root canal sealers on human osteoblasts. Lin CP, editor. *PLoS ONE*. 2018;13(3).
11. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703–20.
12. Drumond JPSC, Maeda W, Nascimento WM, Campos DDL, Prado MC, de Jesus-Soares A, et al. Comparison of postobturation pain experience after apical extrusion of calcium silicate- and resin-based root canal sealers. *Journal of Endodontics*. 2021;47(8):1278–84.
13. Dioguardi M, Quarta C, Sovereto D, Troiano G, Zhurakivska K, Bizzoca M, et al. Calcium Silicate Cements vs. Epoxy Resin Based Cements: Narrative Review. *Oral*. 2021;1(1):23–35.
14. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019;107(4):421–36.
15. Malta CP, Barcelos RCS, Segat HJ, Burger ME, Bier CAS, Morgental RD. Toxicity of bioceramic and resinous endodontic sealers using an alternative animal model: *Artemia salina*. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2022;25(2):185.

16. Adıgüzel M, Ahmetoğlu F, Ünverdi Eldeniz A, Tekin MG, Göğebakan B. Comparison of cytotoxic effects of calcium silicate-based materials on human pulp fibroblasts. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2019;13(4):241–6.
17. Souza Eilers V, Weissheimer T, Hashizume LN, Pereira JR, Barcelos SÓ G, Abreu Da Rosa R, et al. Are calcium silicate sealers less cytotoxic and genotoxic than epoxy resin sealers? A systematic review of in vitro studies. *J Res Dent*. 2023;11(2):1–19.
18. Lim M, Jung C, Shin DH, Cho Y bum, Song M. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restor Dent Endod*. 2020;45(3):e35.
19. Chong BS. *Harty's endodontics in clinical practice*. 7th edition. Elsevier; 2017.
20. Cohen S, Hargreaves KM. *Cohen's Pathways of The Pulp*. 12th edition. Mosby Elsevier; 2020.
21. Camilleri J, editor. *Endodontic materials in clinical practice*. First edition. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 2021.
22. Rotstein I, Ingle JI, editors. *Ingle's endodontics 7*. 50th anniversary edition. 7th edition. Raleigh, North Carolina: PMPH USA; 2019.
23. Athanassiadis B, George GA, Abbott PV, Wash LJ. A review of the effects of formaldehyde release from endodontic materials. *Int Endodontic J*. 2015;48(9):829–38.
24. Gorduysus O. Cytotoxicity of two epoxy resin based root canal sealers using the 51Cr-release method. *JDHODT*. 2014;1(4).
25. Shashirekha G, Jena A, Pattanaik S, Rath J. Assessment of pain and dissolution of apically extruded sealers and their effect on the periradicular tissues. *J Conserv Dent*. 2018;21(5):546–50.
26. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*. 2017;2017:1–8.
27. Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Lozano A, Forner L, et al. Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *Int Endodontic J*. 2017;50(9):875–84.
28. Aminoshariae A, Primus C, Kulild JC. Tricalcium silicate cement sealers. *The Journal of the American Dental Association*. 2022;153(8):750–60.
29. Schmalz G, Arenholt-Bindslev D. *Biocompatibility of dental materials*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009.
30. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillip's science of dental materials* 12th edition. Elsevier Health Sciences; 2012.
31. Shelton R. *Biocompatibility of dental biomaterials*. Woodhead Publishing; 2017.
32. Friedrich O, Gilbert DF, editors. *Cell viability assays: methods and protocols*. New York, NY: Springer US; 2023.
33. Ghasemi M, Turnbull T, Sebastian S, Kempson I. The MTT assay: utility, limitations, pitfalls, and interpretation in bulk and single-cell analysis. *IJMS*. 2021;22(23):12827.

34. Kamiloglu S, Sari G, Ozdal T, Capanoglu E. Guidelines for cell viability assays. *Food Frontiers*. 2020;1(3):332–49.
35. Cannella V, Altomare R, Chiamonte G, Di Bella S, Mira F, Russotto L, et al. Cytotoxicity Evaluation of Endodontic Pins on L929 Cell Line. *BioMed Research International*. 2019;2019:1–5.
36. Kovrlija I, Menshikh K, Abreu H, Cochis A, Rimondini L, Marsan O, et al. Challenging applicability of ISO 10993-5 for calcium phosphate biomaterials evaluation: Towards more accurate in vitro cytotoxicity assessment. *Biomaterials Advances*. 2024.
37. Adan A, Kiraz Y, Baran Y. Cell Proliferation and Cytotoxicity Assays. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 2016;17(14).
38. Pintor AVB, Queiroz LD, Barcelos R, Primo LSG, Maia LC, Alves GG. MTT versus other cell viability assays to evaluate the biocompatibility of root canal filling materials: a systematic review. *Int Endodontic J*. 2020;53(10):1348–73.
39. Silva EJNL, Rover G, Belladonna FG, De-Deus G, Da Silveira Teixeira C, Da Silva Fidalgo TK. Impact of contracted endodontic cavities on fracture resistance of endodontically treated teeth: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Invest*. 2018;22(1):109–18.
40. Seo DG, Lee D, Kim YM, Song D, Kim SY. Biocompatibility and Mineralization Activity of Three Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers Compared to Conventional Resin-Based Sealer in Human Dental Pulp Stem Cells. *Materials (Basel)*. 2019;12(15):2482.
41. Sanz JL, López-García S, García-Bernal D, Rodríguez-Lozano FJ, Forner L, Lozano A, et al. Comparative bioactivity and immunomodulatory potential of the new Bioroot Flow and AH Plus Bioceramic sealer: An in vitro study on hPDLSCs. *Clin Oral Investig*. 2024;28(3):195.
42. López-García S, Pecci-Lloret MR, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A, Llena C, et al. Comparative cytocompatibility and mineralization potential of Bio-C Sealer and TotalFill BC Sealer. *Materials*. 2019;12(19):3087.
43. Omaia M, Shaker M. Comparative Study of the Cytotoxic Effect of Epoxy Resin and Calcium Silicate Based Sealers (An In-Vitro study). *Egyptian Dental Journal*. 2023;69(3):2427–36.
44. Sanz JL, López-García S, Rodríguez-Lozano FJ, Melo M, Lozano A, Llena C, et al. Cytocompatibility and bioactive potential of AH Plus Bioceramic Sealer: An *in vitro* study. *Int Endodontic J*. 2022;55(10):1066–80.
45. Gaudin A, Tolar M, Peters OA. Cytokine Production and Cytotoxicity of Calcium Silicate-based Sealers in 2- and 3-dimensional Cell Culture Models. *Journal of Endodontics*. 2020;46(6):818–26.
46. Radwanski M, Rozpedek-Kaminska W, Galita G, Siwecka N, Sokolowski J, Majsterek I, et al. Cytotoxicity and genotoxicity of bioceramic root canal sealers compared to conventional resin-based sealer. *Sci Rep*. 2024;14(1):4124.
47. Erdogan H, Yildirim S, Cobankara FK. Cytotoxicity and genotoxicity of salicylate- and calcium silicate-based root canal sealers on primer human periodontal ligament fibroblasts. *Aust Endodontic J*. 2021;47(3):645–53.

48. Shokrzadeh M, Motafeghi FS, Lotfizadeh A, Ghorbani M, Haddadi Kohsar A. Cytotoxicity and Mineralization Activity of Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers Compared to Conventional Resin-Based Sealer in Human Gingival Fibroblast Cells. *Int J Dent*. 2023;2023.
49. Hoshyari N, Mesgarani A, Shokrzadeh Lamuki M, Motafeghi F, Mousavi SJ, Vaghar Mousavi M. Cytotoxicity of Two Calcium Silicate-Based Sealers and AH Plus Resin-Based Sealer for Human Gingival Fibroblasts. 2022.
50. Saber S, Raafat S, Elashiry M, El-Banna A, Schäfer E. Effect of different sealers on the cytocompatibility and osteogenic potential of human periodontal ligament stem cells: An in vitro study. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(6).
51. Sebastian S, El-Sayed W, Adtani P, Zaarour RF, Nandakumar A, Elemam RF, et al. Evaluation of the antibacterial and cytotoxic properties of TotalFill and NeoSEALER flo bioceramic sealers. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2024;27(5):491–7.
52. Só BB, Martins MD, Só MVR, Weissheimer T, Marques MM, Moreira MS. Genotoxicity and cytotoxicity comparison of calcium silicate-based and resin-based sealers on human periodontal ligament stem cells. *European Endodontic Journal*. 2022;7(2):129.
53. Noites R, Tavares I, Cardoso M, Carreira IM, Bartolomeu M, Duarte AS, et al. Human Gingival Fibroblasts Response to Different Endodontic Sealers: An In Vitro Study. *Applied Sciences*. 2023;13(19):10976.
54. Sheela S, Nassar M, AlGhalban FM, Gorduysus MO. In Vitro Cytotoxicity and Mineralization Potential of an Endodontic Bioceramic Material. *Eur J Dent*. 2023;17(2):548–55.
55. Sanz JL, López-García S, Lozano A, Pecci-Lloret MP, Llana C, Guerrero-Gironés J, et al. Microstructural composition, ion release, and bioactive potential of new premixed calcium silicate-based endodontic sealers indicated for warm vertical compaction technique. *Clin Oral Invest*. 2020;25(3):1451–62.
56. Souza LCD, Neves GST, Kirkpatrick T, Letra A, Silva R. Physicochemical and Biological Properties of AH Plus Bioceramic. *Journal of Endodontics*. 2023;49(1):69–76.
57. Kwak SW, Koo J, Song M, Jang IH, Gambarini G, Kim HC. Physicochemical Properties and Biocompatibility of Various Bioceramic Root Canal Sealers: In Vitro Study. *Journal of Endodontics*. 2023;49(7):871–9.
58. Park M, Kim I, Kim HJ, Kwak SW, Kim H. Physicochemical properties and cytocompatibility of newly developed calcium silicate-based sealers. *Aust Endodontic J*. 2021;47(3):512–9.
59. Ricucci D, Rôças IN, Alves FRF, Loghin S, Siqueira JF. Apically Extruded Sealers: Fate and Influence on Treatment Outcome. *Journal of Endodontics*. 2016;42(2):243–9.
60. Kim M, Hayashi M, Yu B, Lee TK, Kim RH, Jo D won. Cytotoxicity and Genotoxicity of Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers before and after Setting Procedures. *Life*. 2022;12(6):847.

61. Celik FS, Cora T, Yigin AK. Investigation of genotoxic and cytotoxic effects of acrylamide in HEK293 cell line. *JCPCR*. 2018;9(5).
62. Almeida MM, Rodrigues CT, Matos AA, Carvalho KKT, Silva EJNL, Duarte MAH, et al. Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill BC Sealer. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(11):e1058–65.
63. Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrocola G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(10):e1189–94.
64. Silva EJNL, Ferreira CM, Pinto KP, Barbosa AFA, Colaço MV, Sassone LM. Influence of variations in the environmental pH on the solubility and water sorption of a calcium silicate-based root canal sealer. *Int Endodontic J*. 2021;54(8):1394–402.