

KARAKTERISTIK BAKTERI SALURAN AKAR PADA GIGI YANG MENGALAMI KEGAGALAN PERAWATAN SALURAN AKAR

Juwita Raditya Ningsih¹, Feby Aurelita Jaya Pradana²

¹Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAK

Pendahuluan: Perawatan saluran akar (PSA) terdiri dari tiga tahap (triad endodontik) yaitu *cleaning, shaping, dan filling*, bertujuan mengeradikasi mikroorganisme saluran akar dan mengisinya dengan bahan pengisi sehingga mencegah terjadinya kontaminasi ulang mikroorganisme. PSA dapat mengalami kegagalan akibat prosedur dekontaminasi kurang adekuat maupun reinfeksi saluran akar. Komposisi bakteri saluran akar banyak diteliti dengan berbagai metode dan memberikan hasil bervariasi. Identifikasi bakteri saluran akar yang telah dirawat penting untuk menentukan strategi pemilihan bahan dan metode irigasi maupun medikamen intrakanal sehingga mencegah kegagalan berulang. **Tujuan:** mengidentifikasi bakteri saluran akar gigi pada kegagalan PSA. **Metode:** Systematic review menggunakan metode PCC yaitu P(Population), C(Concept), C(Context). Populasinya ialah bakteri saluran akar gigi pada kegagalan PSA, konsepnya ialah karakteristik bakteri saluran akar gigi pada kegagalan PSA, serta konteksnya yaitu original artikel mengenai kegagalan PSA. Proses pencarian data pada bulan April-Mei 2023 melalui: (1)PubMed, (2)Wiley, (3)ScienceDirect, (4)Dimensions, (5)Taylor&Francis, dan (6)WorldScience, dibatasi tahun 2014-2023. Kata kunci yang digunakan yaitu ("Bacteria"[Mesh]) AND "Root Canals Therapy/adverse effects"[Mesh]. **Hasil:** Sebanyak 318 referensi ditemukan. Sebanyak 5 artikel masuk tinjauan integratif setelah diseleksi menurut duplikasi, relevansi serta kriteria inklusi dan eksklusi. **Kesimpulan:** Bakteri yang paling banyak ditemukan pada kegagalan PSA adalah bakteri anaerob fakultatif Gram positif berbentuk coccus dan bacillus dengan faktor virulensi berupa cytolysin dan pembentukan biofilm.

Kata Kunci: karakteristik bakteri, kegagalan PSA, saluran akar.

ABSTRACT

Introduction: Root canal treatment (RCT) consists of three stages (triad endodontic), namely *cleaning, shaping, and filling*, aimed at eradicating microorganisms in the root canals and filling them with fillers to prevent the re-contamination of microorganisms. RCT can fail either due to inadequate decontamination procedures or root canal reinfection. The composition of the root canal bacteria has been extensively investigated by various methods and yielded various results. Identification of the treated root canal bacteria is important to determine the strategy for selecting

materials and irrigation methods as well as intracanal medicaments to prevent recurrent failures.

Purpose: *to identify root canal bacteria in teeth with RCT failure. Methods:* *Systematic review uses the PCC method, namely P(Population), C(Concept), C(Context). The population is root canal bacteria on the RCT failure, the concept is the characteristics of root canal bacteria on the RCT failure, and the context is the original article regarding RCT failure. Data search process in April-May 2023 through (1)PubMed, (2)Wiley, (3)ScienceDirect, (4)Dimensions, (5)Taylor&Francis, and (6)WorldScience, which is limited to 2014-2023. The keywords used were ("Bacteria"[Mesh]) AND "Root Canal Therapy/side effects"[Mesh]. Results:* *318 references were found. A total of 5 articles were included in integrative reflection after being selected according to duplication, relevance, and fulfillment of inclusion and exclusion criteria. Conclusion:* *The most common bacteria found in cases of RCT failure were gram-positive facultative anaerobic bacteria in the form of cocci and bacillus with a virulence factor such as cytolysin and biofilm formation.*

Keywords: *Bacterial characteristics, RCT failure, root canal.*

PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar (PSA) adalah suatu prosedur perawatan gigi yang dilakukan dengan cara mengambil seluruh jaringan pulpa nekrosis, dan membentuk saluran akar gigi untuk mencegah terjadinya infeksi berulang.¹ PSA terdiri dari tiga tahap (triad endodontik) yaitu *cleaning*, *shaping*, dan *filling*.^{2,3,4} Perawatan ini diindikasikan untuk gigi yang mengalami pulpitis irreversible, nekrosis pulpa, dan penyakit periapikal. Secara umum, kontraindikasi PSA antara lain fraktur akar gigi vertikal, gigi yang sudah tidak dapat direstorasi, terdapat kerusakan jaringan periapikal yang melibatkan lebih dari sepertiga panjang akar gigi, resorpsi tulang alveolar yang melibatkan setengah dari permukaan akar gigi, dan adanya penyakit sistemik pasien seperti diabetes melitus yang tidak terkontrol.⁵

PSA dapat dikatakan berhasil apabila tidak ada rasa sakit atau pembengkakan pada gigi yang dirawat, tidak ada gejala klinis dan gigi dapat kembali berfungsi secara fisiologis,

serta gambaran radiografi di daerah apikal gigi terlihat normal.⁶ Penyebab PSA dapat dikatakan gagal antara lain pembersihan dan pembentukan saluran akar yang tidak sempurna dan obturasi yang tidak hermetis sehingga menyebabkan kurangnya kemampuan dalam menghilangkan mikroorganisme yang ada.⁷ Mikroorganisme yang tersisa pada saluran akar atau yang berkembang pasca obturasi saluran akar merupakan penyebab utama kegagalan PSA.^{8,9} Bakteri anaerob merupakan mikroorganisme yang paling banyak ditemukan pada saluran akar.¹⁰ *E. faecalis* ditemukan sembilan kali lebih banyak pada infeksi pasca PSA dibandingkan infeksi primer.⁷ Di samping itu, beberapa penelitian klinis dengan metode bervariasi menunjukkan temuan lain terkait jenis bakteri yang berkaitan dengan kegagalan PSA.¹¹

Identifikasi bakteri pada saluran akar sangat penting untuk menentukan bahan irigasi maupun medikamen saluran akar yang tepat guna mencegah kegagalan berulang. Bahan

irigasi yang biasa digunakan adalah Sodium hipoklorit 2,5-5,5%, larutan kelator/EDTA 17%, klorheksidin 2%, MTAD, dan Iodine Potassium Iodide (IPI).¹² Beberapa penelitian menunjukkan larutan irigasi saluran akar memiliki efek antimikroba yang baik terhadap bakteri saluran akar gigi.¹³ Bahan medikamen saluran akar yang biasa digunakan antara lain kalsium hidroksida, ChKM, cresophene, dan lain-lain.¹⁴ Medikamen intrakanal dapat mencegah penetrasi bakteri di saluran akar karena memiliki sifat antibakteri yang bertindak sebagai penghalang kimiawi terhadap kebocoran dengan membunuh bakteri.¹⁵

METODE

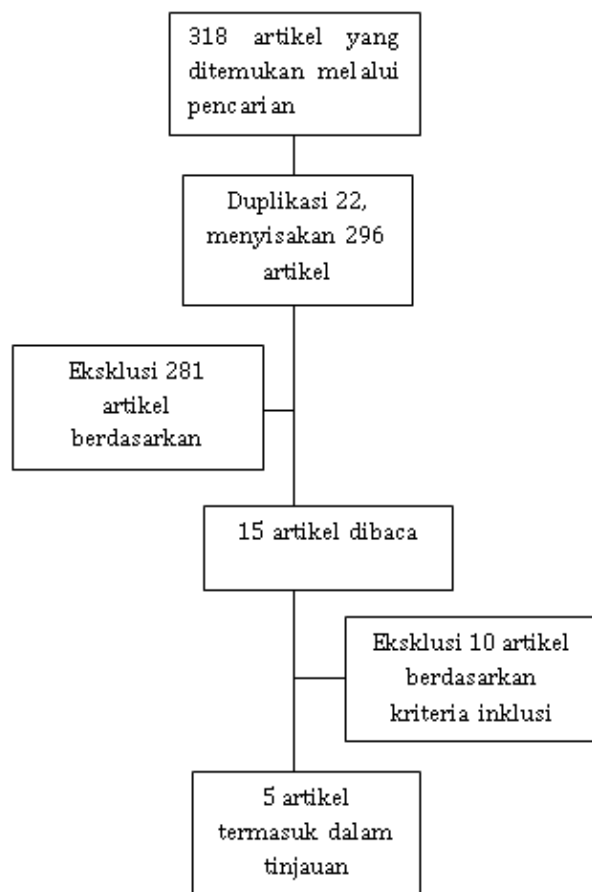
Penelitian ini menggunakan metode *systematic review* dengan proses pencarian data yaitu PCC (*Population, Concept, dan Context*).¹⁶ Populasi dari *systematic review* ini ialah bakteri saluran akar pada gigi yang mengalami kegagalan PSA, konsepnya ialah karakteristik bakteri saluran akar pada gigi yang mengalami kegagalan PSA, sedangkan konteksnya yaitu original artikel mengenai kegagalan PSA. Pencarian awal dilakukan dari bulan April hingga Mei 2023 melalui 6 database searching yaitu: (1) PubMed, (2) Wiley, (3) ScienceDirect, (4) Dimensions, (5) Taylor & Francis, dan (6) World Science, melalui fasilitas e-resources di website Perpustakaan Nasional Republik Indonesia (PNRI). Kata kunci yang digunakan pada proses pencarian adalah ("Bacteria"[Mesh]) AND "Root Canal Therapy/adverse effects"[Mesh]. Kombinasi kata-kata yang digunakan dalam kata kunci ini mengacu pada

MeSH (*Medical Subject Heading*).

Pencarian literatur dibatasi oleh kriteria inklusi berupa tahun terbit 2014-2023, menggunakan bahasa Inggris, tersedia artikel lengkap, dan sesuai dengan topik yang dibahas. Literatur dieliminasi dengan kriteria eksklusi berupa topik yang tidak relevan, dan tidak menyebutkan metode penelitian.

HASIL

Hasil yang ditemukan dalam *database* yang dicari, ditunjukkan oleh *flow chart* pada Gambar 1. Sebanyak 318 referensi yang didapatkan dari 6 *database searching*. Kemudian terdapat 22 artikel yang terduplikasi sehingga menyisakan 296 artikel. Dua ratus sembilan puluh enam artikel ini kemudian disortir berdasarkan judul, abstrak, serta kriteria inklusi dan eksklusi. Akhirnya, 281 artikel dieksklusi karena tidak relevan dengan topik dan didapatkan 5 artikel yang masuk dalam tinjauan integratif (Tabel 1).



Gambar 1. Flow chart penyaringan artikel

Profil Mikroorganisme Saluran Akar Gigi

Mikrobiota adalah kumpulan mikroorganisme yang tumbuh subur dalam suatu ekosistem. Ekosistem rongga mulut menyimpan salah satu mikrobiota terkaya dalam tubuh manusia, yang sejauh ini didominasi oleh bakteri.²² Infeksi saluran akar gigi paling sering terjadi sebagai akibat karies atau trauma, yang menyebabkan komposisi bakteri rongga mulut terdorong ke saluran akar.^{23,24} Infeksi saluran akar dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: 1) infeksi primer disebabkan oleh mikroorganisme yang terlibat dalam invasi awal pulpa dan selanjutnya kolonisasi jaringan nekrotik, 2) infeksi sekunder disebabkan oleh mikroorganisme

yang masuk ke dalam saluran akar secara sekunder akibat intervensi profesional, baik secara iatrogenik selama prosedur operatif, atau melalui restorasi yang mengalami kebocoran mikro, 3) infeksi persisten disebabkan oleh mikroorganisme yang merupakan bagian dari infeksi primer atau sekunder, yang menolak prosedur debridemen kemomekanis dan bertahan dalam lingkungan saluran akar yang dirawat.²⁵ Dikarenakan infeksi sekunder dan infeksi persisten sulit dibedakan secara klinis, maka cenderung dikelompokkan kembali di bawah entitas patologi yang sama.²⁴

Referensi	Metode	Jumlah sampel	Jumlah Bakteri Teridentifikasi	Bakteri terkait Kegagalan PSA
Al-Samahi dkk.	PCR	92	179	<i>E. faecalis</i>
Tandon dkk.	PCR	28	4	<i>Propionibacterium</i> sp. - <i>F. nucleatum</i> - <i>Actinomyces</i> sp. - <i>E. faecalis</i>
Vineet dkk.	CFU, Colony morphology	60	2	- <i>Streptococcus mitis</i> - <i>E. faecalis</i>
Zakaria dkk.	PCR	12	99	- <i>P. gingivalis</i> <i>Propionibacterium acnes</i> - <i>F. nucleatum</i>
Gomes dkk.	Nested-PCR, Colony morphology	50	63	- <i>E. faecalis</i> - <i>G. morbilloorum</i> - <i>Aerococcus viridans</i> - <i>Gemella haemolysans</i> - <i>Staphylococcus lentus</i>

Tabel 1. Deskripsi Simpulan Hasil^{17,18,19,20,21}

Identifikasi Bakteri Saluran Akar Gigi

Komposisi bakteri saluran akar gigi telah banyak diteliti dengan berbagai metode dan memberikan hasil bervariasi. Pengetahuan tentang mikroorganisme saluran akar gigi sebagian besar diteliti dengan metode kultur dan pendekatan molekuler tertutup seperti *fluorescent in situ hybridization (FISH)*, *DNA hybridization checkerboards* atau PCR, dan variasinya.^{26,27} Pendekatan ini memungkinkan

untuk mengidentifikasi jenis bakteri yang muncul berbeda-beda, tergantung pada jenis infeksi saluran akar. Infeksi primer tampak didominasi oleh bakteri anaerobik Gram negatif seperti *Fusobacterium*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Tannerella*, dan *Treponema*.²⁵ Infeksi sekunder/persisten sebagian besar mengandung bakteri anaerobik fakultatif Gram positif termasuk spesies *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Enterococcus*, dan *Propionibacterium* (Tabel 2).

Tantangan dalam Mengeliminasi Bakteri Saluran Akar Gigi

Terdapat dua tantangan utama dalam mengeliminasi bakteri saluran akar gigi, yaitu dari mikrobiologi dan dari anatomi.²⁵ Dari sudut pandang mikrobiologi, gigi yang terinfeksi memiliki biofilm yang padat dan sangat melekat pada dentin, sehingga menyebabkan tantangan dalam mengeliminasi bakteri saluran akar gigi. Biofilm merupakan komunitas yang melekat pada permukaan sel-sel bakteri dan/atau candida yang disatukan dalam matriks yang sangat kohesif, sehingga membuat batasan difusi terhadap antimikroba.²⁸ Oleh karena itu, agen antimikroba yang efektif membunuh sel mikroba, harus dapat larut dan mengeliminasi matriks.²⁹ Sedangkan dari sudut pandang anatomi, terdapat kompleksitas sistem saluran akar gigi, seperti penghubung antar dan intra-kanal/isthmus, lateral dan kanal aksesori, dan delta apikal.²⁵

Strategi Kontemporer Disinfeksi Saluran Akar Gigi

Irigasi Saluran Akar

Irigasi dilakukan untuk membuang kotoran, melumasi saluran akar gigi, dan membantu menghilangkan infeksi saluran akar.²⁵ Natrium hipoklorit adalah bahan irigasi yang paling umum digunakan dalam PSA karena memiliki sifat antimikroba dan dapat melarutkan jaringan nekrotik. Konsentrasi 2,5 hingga 5,5% natrium hipoklorit telah disarankan karena efektif dalam mengurangi komposisi bakteri.³⁰ Namun, menurut penelitian Retamozo dkk.³¹ efektivitas natrium hipoklorit dalam mengeliminasi bakteri *E. faecalis* dengan bentuk biofilm dan planktonik tergantung pada konsentrasi yang digunakan. Konsentrasi yang lebih tinggi dapat memperoleh hasil yang lebih baik. Di sisi lain, konsentrasi tinggi dari natrium hipoklorit, seperti 5 atau 9%, dapat mengakibatkan disintegrasi matriks dentin organik. Konsentrasi tersebut dapat menjadi sangat kaustik ke jaringan apikal, terutama jika diekstrusi keluar foramen apikal.³² Selain konsentrasi, faktor lain juga dapat mempengaruhi efektivitas antimikrobanya, seperti *irigant refreshment*, volume, waktu paparan, aliran, dan tegangan geser.²⁵

Larutan bisbiguanida juga biasa digunakan dalam strategi irigasi, seperti klorheksidin, yaitu disinfektan yang sering digunakan dalam PSA. Klorheksidin dianjurkan sebagai irigasi bilasan akhir karena spektrumnya yang luas terhadap aktivitas antimikroba, substansi, dan kemampuannya

untuk menghambat degradasi kolagen.³³ Namun, beberapa kelemahan dari penggunaannya termasuk ketidakmampuan untuk mendegradasi jaringan organik dan potensi dampak buruk pada kesehatan periapikal, maka penggunaan tunggal tidak disarankan.³⁴ Meskipun kemampuan klorheksidin untuk memberantas *E. faecalis* telah dibuktikan dalam beberapa penelitian, efeknya terbatas pada sel planktonik dan efektivitasnya menurun dengan adanya struktur biofilm matang, yang memungkinkan kekambuhan biofilm.³⁵ Telah disarankan penambahan 0,2% cetrimide, yaitu agen surfaktan kationik, yang mungkin dapat bertindak secara sinergis dengan 2% klorheksidin untuk meningkatkan efektivitas antibakteri dan meningkatkan substantivitas.³⁶

Agen kelator seperti EDTA juga dapat digunakan dalam strategi irigasi untuk melarutkan *smear layer*, menghilangkan debris, dan mengurangi biofilm. Penelitian menunjukkan bahwa ketika EDTA dipadukan dengan natrium hipoklorit dapat meningkatkan efek antibiofilm terhadap bakteri *E. faecalis*.²⁵

Medikamen Intrakanal

Penempatan medikamen intrakanal telah dianjurkan untuk menyediakan pasokan antimikroba, membatasi pertumbuhan bakteri, dan menjadi penghalang untuk rekolonisasi bakteri. Penggunaan berbagai medikamen intrakanal telah disarankan termasuk kalsium hidroksida, iodine potassium iodide, eugenol, formocresol, phenolic compound, dan antibiotik lainnya. Namun, beberapa dari medikamen ini tidak lagi digunakan karena

berpotensi efek mutagenik dan alergi.²⁵

Kalsium hidroksida dipilih menjadi medikamen intrakanal lini pertama untuk kasus nekrotik dengan infeksi menetap.³⁷ Beberapa penelitian telah menunjukkan kemampuannya dalam mengeliminasi bakteri karena sifatnya yang sangat basa, dapat melarutkan jaringan nekrotik, dan memiliki sifat antimikroba. Namun, khasiat kalsium hidroksida juga dipertanyakan, terutama terhadap mikroorganisme infeksi saluran akar yang persisten, seperti *E. faecalis* dan *Candida albicans*.^{38,39} Selain itu, juga menunjukkan kemampuan yang terbatas dalam mendisinfeksi tubulus dentin dan berpotensi melemahkan struktur akar jika digunakan dalam jangka panjang.²⁵

Berdasarkan penelitian, modifikasi kalsium hidroksida dengan kloroheksidin dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas antibakteri.⁴⁰ Di sisi lain, terdapat juga penelitian yang melaporkan bahwa kombinasi kalsium hidroksida dan natrium hipoklorit menunjukkan hasil secara signifikan lebih baik dalam sifat pelarutan jaringan dan antimikroba dibandingkan dengan perpaduan menggunakan saline.^{25, 40}

Seiring perkembangan teknologi, berbagai antibiotik dan kombinasinya juga telah disarankan sebagai medikamen intrakanal alternatif.²⁵ Baru-baru ini, tiga antibiotik pasta (TAP), terdiri dari metronidazole, ciprofloxacin, dan minocycline, telah disarankan untuk disinfeksi pada PSA.⁴¹ Hal ini karena sifat dan kemampuan anti-biofilmnya yang dilaporkan unggul dalam mendisinfeksi

tubulus dentin dibandingkan dengan kalsium hidroksida.^{42,43,44} Namun, sebuah studi *in vitro* melaporkan bahwa TAP hanya efektif terhadap biofilm *E. faecalis* dan tidak pada biofilm bakteri lainnya.³⁹ Selain itu, belum ada bukti yang valid terkait legalitas penggunaannya secara rutin, terutama mengingat risiko yang dapat ditimbulkan yaitu perubahan warna dentin, resistensi antibiotik, dan memiliki potensi merusak *stem cell*.⁴⁵

PEMBAHASAN

Pada penelitian sebelumnya oleh Al- Samahi dkk.¹⁷ melaporkan bahwa bakteri *E. faecalis* merupakan satu-satunya bakteri saluran akar gigi yang mengalami kegagalan PSA dan terdeteksi menggunakan PCR. Bakteri tersebut juga ditemukan pada beberapa penelitian lain

Bakteri	Jenis	Gram	Bentuk
<i>E. faecalis</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	coccus
<i>Propionibacterium sp.</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	bacilus
<i>F. nucleatum</i>	Bakteri anaerob obligat	Gram (-)	bacilus
<i>Actinomyces sp.</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	bacilus
<i>Streptococcus mitis</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	coccus
<i>P. gingivalis</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (-)	bacilus
<i>G. morbillorum</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	coccus
<i>Aerococcus viridans</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	coccus
<i>Gemella haemolysans</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	coccus
<i>Staphylococcus lentus</i>	Bakteri anaerob fakultatif	Gram (+)	coccus

dengan metode CFU, dan *Colony morphology* (Tabel 1). *E. faecalis* memiliki sifat patogen oportunistik yang berhubungan dengan infeksi mulut dan dapat menyebabkan periodontitis marginalis, infeksi saluran akar, dan abses periradikular.¹² *E. faecalis* ditemukan sembilan kali lebih banyak pada infeksi pasca PSA dibandingkan infeksi primer.⁷ *E. faecalis* di dalam saluran akar mampu bertahan hidup selama proses perawatan saluran akar dengan cara masuk ke dalam tubulus dentinalis, membentuk *smear layer* dan mampu berikatan dengan dentinal plug pada apikal gigi.⁴⁹

Berdasarkan banyaknya penelitian yang menunjukkan tingkat prevalensi *E. faecalis* yang tinggi, banyak pendekatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi patologi dan mekanisme resistensi organisme secara signifikan. Di sisi lain, terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa *E. faecalis* bukanlah patogen paling umum yang menyebabkan kegagalan perawatan PSA. Penelitian oleh Zakaria dkk. menunjukkan bahwa bakteri tersebut tidak terdeteksi pada sampel mereka dengan metode PCR.²⁰ Bakteri patogen lain juga terdeteksi dalam penelitian sebelumnya tentang kegagalan PSA. Seperti contoh, penelitian yang dilakukan oleh Tandon dkk.¹⁸ yang menunjukkan bakteri *Propionibacterium acnes* memiliki prevalensi tertinggi patogen yang berhubungan dengan kegagalan PSA. Hal ini didukung oleh adanya penelitian lain yang juga mendeteksi bakteri *Propionibacterium acnes* persisten pasca PSA, menggunakan metode PCR.²⁰ Hal tersebut disusul oleh

Tabel 2. Identifikasi Bakteri pada Kasus Kegagalan PSA^{46,47,48}

keberadaan bakteri *F. nucleatum* pada saluran akar gigi yang mengalami kegagalan PSA, yang ditemukan pada beberapa penelitian.^{18,20} Beberapa penelitian juga mengungkapkan bahwa terdapat bakteri patogen yang dapat menyebabkan kegagalan PSA, seperti *S. mitis*, *Actinomyces sp.*, *P. gingivalis*, *G. morbillorum*, *Aerococcus viridans*, *Gemella haemolysans*, *Staphylococcus lentus*.^{19,20,21} Bakteri dan patogen lainnya juga ditemukan dalam penelitian sebelumnya pada literatur, tetapi dengan tingkat prevalensi yang lebih rendah daripada jenis yang dibahas dalam tinjauan saat ini.^{17,18,19,20,21}

Bakteri-bakteri yang termasuk dalam tinjauan integratif saat ini, memiliki karakteristik berbentuk coccus dan bacillus (Tabel 2), serta memiliki kesamaan faktor virulensi berupa *cytolysin* dan pembentukan biofilm. *Cytolysin* berperan menghambat pertumbuhan bakteri lain.⁴⁸ Hal ini menjelaskan rendahnya jumlah bakteri lain pada infeksi saluran akar yang persisten sehingga bakteri anaerob fakultatif Gram positif merupakan bakteri yang dominan pada saluran akar gigi yang mengalami kegagalan PSA (Tabel 2). Selain itu, bakteri yang ada dalam kavitas rongga mulut menjadi sumber utama pembentukan biofilm dalam saluran akar gigi. Rumitnya anatomi sistem saluran akar gigi menjadi tempat penampungan bakteri. Pembentukan biofilm dalam saluran akar gigi diawali setelah invasi pertama organisme oral planktonik ke dalam kamar pulpa. Pada saat itu, lesi inflamasi bergerak ke arah apeks dan menginvasi organisme planktonik sehingga

mereka dapat menggandakan diri dan terus melekat pada dinding saluran akar.⁵⁰ Hal ini juga menjadi alasan bahwa bakteri anaerob fakultatif lebih banyak dibandingkan bakteri aerob (Tabel 2).

KESIMPULAN

Bakteri yang paling banyak ditemukan pada kasus kegagalan PSA adalah bakteri anaerob fakultatif Gram positif berbentuk coccus dan bacillus dengan faktor virulensi berupa *cytolysin* dan pembentukan biofilm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nisa U, Darjono A. Analisis Minyak Atsiri Serai (*Cymbopogon citratus*) sebagai Alternatif Bahan Irigasi Saluran Akar Gigi dengan Menghambat Pertumbuhan *Enterococcus faecalis*. *Majalah Sultan Agung*. 2011; 49 (124) : 1-10.
2. Widyastuti A, Santosa P. Perawatan Saluran Akar dengan Instrumen Putar dan Restorasi Resin Komposit Penguat Fiber. *Majalah Kedokteran Gigi Klinik*. 2018; 4 (1) : 9-19.
3. Mitchell LD, Mitchell L, McCaul. *Kedokteran Gigi Klinik*. Jakarta: EGC Buku Kedokteran; 2009.
4. Gaarg N, Gaarg A. *Textbook of Endodontics*. India: Jaypee Brothers; 2008.
5. Bachtiar ZA. Perawatan Saluran Akar pada Gigi Permanen Anak dengan Bahan Gutta Percha. *Jurnal PDGI*. 2016; 65 : 60-67.
6. Tarigan R. *Perawatan Pulpa Gigi (Endodonti)*, Edisi 4. Jakarta : EGC; 2012.
7. Ariani NGA, Hadriyanto W. Perawatan Ulang Saluran Akar Insisivus Lateralis Kiri Maksila dengan Medikamen Kalsium Hidroksida-Clorhexidine. *Majalah Kedokteran Gigi*. 2013; 20 (1) : 52-57.
8. Patel B. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery*. Chand (Swiss): Springer International Publishing; 2016.
9. Roda RS, Gettleman BH. *Nonsurgical Retreatment*. Missouri (Amerika Serikat): Mosby Elsevier; 2015.
10. Narayanan LL, Vaishnavi C. *Endodontic Microbiology*. *J Conserv Dent*. 2010; 13 (4) : 233-239.
11. Abdulwahab MA, Almotairi, DM, Aldawish BF, Alluqmani SR, Dajam AA, Alzahrani AA, Alghamdi MS, Almutairi SS, Alzarea, AS, Azzem RA, Ihsan AA, Najem TN. Persistence of Bacteria and its Role in Endodontic Treatment Failure. *International Journal of Community Medicine and Public Health*. 2022; 9 (1) : 432-436.
12. Sofiani E, Mareta DA. Perbedaan Daya Antibakteri antara Klorheksidin Diglukonat 2% dan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava Linn*) Berbagai Konsentrasi (Tinjauan terhadap *Enterococcus Faecalis*). *IDJ*. 2014; 3 (1) : 30-41.
13. Mohammadi Z, Jafarzadehm H, Shalavi S. Antimicrobial Efficacy of Clorhexidine as a Root Canal Irrigant: a Literature Review. *Journal of Oral Science*. 2014; 56 (2) : 99-103.
14. Widyastuti NH. *Penyakit Pulpa dan Periapikal beserta Penatalaksanaannya*. Surakarta : Muhammadiyah University Press; 2017.
15. Permatasari R, Irbahani M. Pemilihan Medikamen Intrakanal pada Perawatan Saluran Akar. *MDERJ*. 2021; 1 (3) : 157-170.

16. Peters MDJ, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB, Guidance for Conducting Systematic Scoping Reviews. *International Journal of Evidence-Based Health care*. 2015; 13 (3) : 141–146.
17. Al-Samahi S, Al-Omari MA. Detection of Bacteria in Endodontic Samples and its Association with Defined Clinical Signs and Symptoms of Endodontic Infection. *Saudi Journal of Oral Sciences*. 2014; 1 (2) : 83-87.
18. Tandon J, Taneja S, Bhalla VK, Jain A. Evaluation of Bacterial Reduction at Various Stages of Endodontic Retreatment After Use of Different Disinfection Regimens: An In Vivo Study. *European Endodontic Journal*. 2022; 7 (3) : 210-216.
19. Vineet RV, Nayak M., Kotigadde S. Assosiation of Endodontic Signs and Symptoms with Root Canal Pathogens: A Clinical Comparative Study. *Saudi Endodontic Journal*. 2016; 6 (2) : 82-86.
20. Zakaria MN, Takeshita T, Shibata Y, Maeda H, Wada N, Akamine A, Yamashita Y. Microbial Community in Persistent Apical Periodontitis: a 16S rRNA Gene Clone Library Analysis. *International Endodontic Journal*. 2014; 48 (8) : 717-728.
21. Gomes BP, Fransisco PA, Godoi EP, Endo MS, Ribeiro MB, Delboni MG, Pecorari V GA. Identification of Culturable and Nonculturable Microorganisms, Lipopolysaccharides, and Lipoteichoic Acids from Root Canals of Teeth with Endodontic Failure. 2021; 47 (7) : 1075-1086.
22. Costalonga M, Herzberg, MC. The Oral Microbiome and the Immunobiology of Periodontal Disease and Caries. *Immunol Lett*. 2014; 162 (2) : 22-38.
23. Hsiou WW, Li KL, Liu Z, Jones C, Fraser-Ligget CM., Fouad AF, Microbial Transformation from Normal Oral Microbiota to Acute Endodontic Infections. *BMC Genomics*. 2012; 13 (345) : 1-15.
24. Zehnder M, Belibasakis GN, On the Dynamics of Root Canal Infections- What We Understand and What We Don't. *Virulence*. 2015; 6 (3) : 216-222.
25. Wong J, Manoil D, Nasman P, Belibasakis GN, Neelakantan P. Microbiologicak Aspects of Root Canal Infections and Disinfection Strategies: An Update Review on the Current Knowledge and Challenges. *Frontiers in Oral Health*. 2021; 2 : 1-19.
26. Fernandes CC, Rechenberg DK, Zehnder M, Belibasakis GN. Identification of Synergistetes in Endodontic Infection, Microbial Pathogenesis. 2014; 73 : 1-6.
27. Zehnder M, Rechenberg DK, Thurnheer T, Luthi-Schaller H, Belibasakis GN. FISHing for Gutta

- Percha Adhered Biofilms in Purulent Post Treatment Apical Periodontitis. *Molecular Oral Microbiology*. 2017; 32 (3) : 226-235.
28. Ali IAA, Cheung BPK, Matinlinna J, Levesque CM, Neelakantan P. Trans-cinnamaldehyde Potently Kills *Enterococcus Faecalis* Biofilm Cells and Prevents Biofilm Recovery. *Microbial Pathogenesis*. 2020; 149 : 1-21.
29. Tawakoli PN, Ragnarsson KT, Rechenberg DK, Mohn D, Zehnder M. Effect of Endodontic Irrigants on Biofilm Matrix Polysaccharides. *International Endodontic Journal*. 2017; 50 : 153-160.
30. Wright PP, Cooper C, Kahler B, Walsh LJ. From an Assessment of Multiple Chelators, Clodronate has Potential for Use in Continuous Chelation. *International Endodontic Journal*. 2020; 46 : 289-294.
31. Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. Minimum Contact Time and Concentration of Sodium Hypochlorite Required to Eliminate *Enterococcus Faecalis*. *Journal Endodontic*. 2010; 36 : 520-523.
32. Wong DT, Cheung GS. Extension of Bactericidal Effect of Sodium Hypochlorite in to Dentinal Tubulus. *Journal Endodontic*. 2014; 40 : 825-829.
33. Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena ME, Pashley D, Tay F. Effect of Dentin Etching and Chlorhexidine Application on Metalloproteinase-mediated Collagen Degradation. *European Journal Oral Science*. 2011; 119 : 79-85.
34. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A Prospective Study of the Factors Affecting Outcomes of Nonsurgical Root Canal Treatment: Part 1 Periapical Health. *International Endodontic Journal*. 2011; 44 : 583-609.
35. Shen Y, Zhao J, De La FC, Wang Z, Hancock REW, Roberts CR. Experimental and Theoretical Investigation of Multispecies Oral Biofilm Resistance to Chlorhexidine Treatment. *Scientific Reports*. 2016; 6 : 1-13.
- Baca P, Mendoza-Llamas ML, Arias-Moliz MT, Gonzales-Rodriguez MP, Ferrer-Luque CM. Residual Effectiveness of Final Irrigation Regimens on *Enterococcus Faecalis*-infected Root Canals. *Journal Endodontic*. 2011; 37 : 1121-1123.
- Galler KM, Krastl G, Simon S, Van GG, Meschi N, Vahedi B. European Society of Endodontology Position Statement: Revitalization Procedures. *International Endodontic Journal*. 2016; 49 : 717-723.
36. Plutzer B, Zilm P, Ratnayake J, Cathro P. Comparative Efficacy of Endodontic Medicaments and Sodium Hypochlorite Against *Enterococcus Faecalis* Biofilm. *Australian Dental Journal*. 2018; 63 : 208-216.

37. Zancan RF, Calefi PHS, Borges MMB, Lopes MRM, De Andrade FB, Vivan RR. Antimicrobial Activity of Intracanal Medications Against both *Enterococcus Faecalis* and *Candida Albicans* Biofilm. Microscopy Research and Technique. 2019; 82 : 494-500. Ghabraei S, Bolhari B, Sabbagh MM, Afshar MS. Comparison of Antimicrobial Effects of Triple Antibiotic Paste and Calcium Hydroxide Mixed with 2% Chlorhexidine as Intracanal Medicaments Against *Enterococcus Faecalis* Biofilm. Journal Dental. 2018; 15 : 151-160.
- American Association of Endodontists. AAE Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. Chicago; 2018. Available online at: https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/ConsiderationsForRegEndo_AsOfApril2018.pdf (accessed May 15, 2023).
38. Sabrah AH, Yassen GH, Gregory RL. Effectiveness of Antibiotic Medicaments Against Biofilm Formation of *Enterococcus Faecalis* and *Porphyromonas Gingivalis*. Journal Endodontic. 2013; 39 : 1385-1389.
39. Moradi EL, Vatanpour M, Aminzadeh N, Mehrvarzfar P, Taheri S. The Comparison of Intracanal Medicaments, Diode Laser and Photodynamic Therapy on Removing the Biofilm of *Enterococcus Faecalis* and *Candida Albicans* in The Root Canal System (*ex vivo* study). Photodiagnosis Photodyn Ther. 2019; 26 : 157-161.
40. Zargar N, Rayat HAM, Sabeti M, Yadegar Z, Akbarzadeh BA, Dianat O. Antimicrobial Efficacy of Clindamycin and Triple Antibiotic Paste as Root Canal Medicaments on Tubular Infection: an *in vitro* study. Australian Endodontic Journal. 2019; 45 : 86-91.
41. Sabrah AH, Yassen GH, Spolnik KJ, Hara AT, Platt JA, Gregory RL. Evaluation of Residual Antibacterial Effect of Human Radicular Dentin Treated with Triple and Double Antibiotic Pastes. Journal Endodontic. 2015; 41 : 1081-1084.
42. Brooks G, Carroll KC, Butel J, Morse S. Jawetz Melnick & Adelbergs Medical Microbiology, Ed 26th. McGraw-Hill Publishing; 2012.
43. Greenwood D, Barer M, Slack R, Irving W. Medical Microbiology, Ed 18th. Elsevier; 2012.
44. Nurdin D, Satari MH. Peranan *Enterococcus Faecalis* terhadap Persistensi Infeksi Saluran Akar. 2011.
45. Hapsalo M. Irrigation in Endodontics. Dent Clin North Am. 2010; 54 (2) : 291-312.
46. Widyarman A. Oral Biofilm, Jakarta : Universitas Trisakti; 2022