

Laporan Penelitian

Uji efektivitas antibakteri ekstrak biji buah delima (*punica granatum*) terhadap pertumbuhan bakteri *streptococcus mutans*: studi eksperimental

Edrizal^{1*} Astrigea Nungki Indraswari²
Yenita Alamsyah¹, Kornialia²

¹Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia

²Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia

*Korespondensi
burhanedrizal@gmail.com

Submisi: 02 April 2026

Revisi: 27 Mei 2026

Penerimaan: 27 Juni 2026;

Publikasi Online: 30 Juni 2026

DOI: [10.24198/pjdrs.v10i2.69689](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v10i2.69689)

ABSTRAK

Pendahuluan: Karies gigi masih menjadi salah satu masalah kesehatan gigi dan mulut yang prevalensinya tinggi, dengan *Streptococcus mutans* sebagai salah satu bakteri utama yang berperan dalam proses terjadinya karies. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya upaya pencegahan dan pengendalian pertumbuhan bakteri penyebab karies melalui bahan antibakteri yang efektif dan aman. Penggunaan bahan alami menjadi salah satu alternatif yang perlu dikembangkan karena berpotensi mengandung senyawa bioaktif dengan aktivitas antibakteri. Biji buah delima (*Punica granatum*) diketahui mengandung berbagai senyawa fitokimia yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri, namun pemanfaatannya sebagai antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*, khususnya ekstrak yang diperoleh melalui metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE), masih perlu dibuktikan secara eksperimental. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh bukti ilmiah mengenai potensi ekstrak biji buah delima sebagai alternatif bahan antibakteri alami dalam upaya mendukung pencegahan karies gigi. This study aimed to evaluate the antibacterial effectiveness of pomegranate seed (*Punica granatum*) extract obtained using the Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) method against the growth of *Streptococcus mutans*. **Metode:** *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium *in vitro* dengan desain *pre test-post test control group* untuk penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan *post test only control group* untuk Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM), menggunakan konsentrasi ekstrak 10%, 15%, dan 20%, *fluoride* sebagai kontrol positif, serta DMSO sebagai kontrol negatif. **Hasil:** Ekstrak biji delima konsentrasi 20% mampu menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* berdasarkan penurunan nilai absorbansi sebelum dan sesudah inkubasi, Meskipun Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) tidak ditemukan pada rentang konsentrasi yang diuji, hasil penelitian tetap menunjukkan adanya efektivitas antibakteri ekstrak biji buah delima terhadap *Streptococcus mutans*. **Simpulan:** Ekstrak biji buah delima (*Punica granatum*) hasil metode UAE memiliki efektivitas antibakteri dalam menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*, dengan konsentrasi 20% sebagai konsentrasi paling efektif.

KATA KUNCI: karies gigi, biji delima, *streptococcus mutans*, antibakteri.

Antibacterial effectiveness test of pomegranate (*punica granatum*) seed extract against the growth of *streptococcus mutans* bacteria: study experimental

ABSTRACT

Introduction: Dental caries remains a prevalent oral health problem, with *Streptococcus mutans* recognized as one of the primary bacteria involved in its development. This situation highlights the importance of preventing and controlling the growth of caries-causing bacteria using safe and effective antibacterial agents. The use of natural substances represents a promising alternative that warrants further investigation, given their potential to contain bioactive compounds with antibacterial activity. Pomegranate (*Punica granatum*) seeds are known to contain various phytochemicals capable of inhibiting bacterial growth; however, their antibacterial efficacy against *Streptococcus mutans*, specifically using extracts obtained through Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE) requires experimental validation. Therefore, this study was conducted to provide scientific evidence regarding the potential of pomegranate seed extract as a natural antibacterial agent for supporting dental caries prevention. This study aimed to evaluate the antibacterial effectiveness of pomegranate seed (*Punica granatum*) extract obtained using UAE against the growth of *Streptococcus mutans*. **Methods:** This study was an *in vitro* laboratory experiment using a pretest-posttest control group design to determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and a posttest-only control group design to determine the Minimum Bactericidal Concentration (MBC). The extract was tested at concentrations of 10%, 15%, and 20%, with fluoride as a positive control and DMSO as a negative control. **Results:** The results showed that a 20% concentration of pomegranate seed extract was able to inhibit the growth of *Streptococcus mutans*. However, MBC was not identified within the tested concentration range. These findings indicate that pomegranate seed extract demonstrated antibacterial activity against *Streptococcus mutans*. **Conclusion:** Pomegranate seed (*Punica granatum*) extract obtained through the UAE method demonstrates antibacterial effectiveness in inhibiting the growth of *Streptococcus mutans*, with a 20% concentration identified as the most effective among the concentrations tested.

KEY WORDS: dental caries, pomegranate seed, *streptococcus mutans*, antibacterial

PENDAHULUAN

Menurut laporan WHO tahun 2022 mengenai kondisi kesehatan gigi dan mulut global, diperkirakan sekitar 3,5 miliar orang di dunia, atau hampir separuh dari total populasi, mengalami masalah kesehatan gigi dan mulut.¹ Menurut data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, Sekitar 57,6% penduduk Indonesia tercatat mengalami berbagai masalah kesehatan gigi, dan salah satu kondisi yang paling umum adalah karies.² Menurut SKI 2023, sekitar 56,9% penduduk Indonesia usia ≥ 3 tahun mengalami masalah kesehatan gigi dan mulut dalam setahun terakhir.³

Karies gigi terjadi akibat aktivitas mikroorganisme patogen yang terdapat dalam rongga mulut, terutama bakteri, yang memanfaatkan karbohidrat dari sisa makanan yang tertinggal di permukaan gigi. Karbohidrat tersebut difermentasi oleh bakteri menjadi asam organik yang kemudian menciptakan lingkungan asam pada permukaan gigi. Lingkungan asam inilah yang mendorong terjadinya proses demineralisasi email gigi.⁴ Demineralisasi email dapat ditandai dengan munculnya perubahan warna berupa *white spot*, terutama pada pasien yang menjalani perawatan ortodontik cekat.⁵ Perubahan tersebut terjadi akibat aktivitas asam yang dihasilkan oleh bakteri kariogenik dalam biofilm (plak) yang melekat pada permukaan gigi. Tanpa penanganan yang tepat, lesi awal dapat berkembang menjadi karies.⁶

Perawatan ortodonti merupakan cabang kedokteran gigi yang berperan dalam mengoreksi maloklusi serta meningkatkan fungsi dan estetika. Keberhasilan perawatan sangat dipengaruhi oleh kebersihan rongga mulut yang terjaga dengan baik. Penggunaan alat ortodontik cekat dapat memengaruhi kondisi rongga mulut karena memicu penumpukan plak dan meningkatkan risiko terbentuknya *white spot lesions*.⁵ Akumulasi plak juga berkaitan dengan perubahan lingkungan mikroba rongga mulut, termasuk peningkatan bakteri kariogenik seperti *Streptococcus mutans*.⁷

Bakteri *Streptococcus mutans* merupakan salah satu bakteri kariogenik yang berperan penting dalam proses terjadinya karies. Bakteri ini bersifat asidogenik karena mampu menghasilkan asam dan asidurik karena mampu bertahan pada kondisi pH rendah. Kemampuannya menghasilkan polisakarida ekstraseluler berperan dalam perlekatan bakteri dan pembentukan biofilm pada permukaan gigi. Akumulasi asam organik dalam biofilm dapat menyebabkan demineralisasi struktur gigi dan berkontribusi terhadap perkembangan lesi karies.⁷

Upaya pencegahan primer terhadap akumulasi bakteri penyebab karies meliputi edukasi mengenai kesehatan gigi, menjaga kebersihan dan kesehatan rongga mulut, pemeriksaan gigi secara rutin, serta penggunaan fluoride. Fluoride efektif mencegah karies dengan menghambat metabolisme bakteri plak dan mengubah hidroksiapatit menjadi fluorapatit yang lebih tahan asam, sehingga mengurangi demineralisasi dan meningkatkan remineralisasi gigi.⁷ Meski bermanfaat, penggunaannya dapat menimbulkan iritasi, perubahan warna gingiva, serta pewarnaan kecokelatan atau kehitaman pada gigi berlubang akibat penetrasi ion perak.⁸

Salah satu alternatif yang bisa dikembangkan adalah pemanfaatan obat herbal. Penggunaan bahan-bahan alami dalam pengobatan dianggap lebih aman dibandingkan obat modern karena cenderung memiliki efek samping yang lebih ringan apabila digunakan dengan cara yang benar.⁸ Delima (*Punica granatum*) termasuk dalam famili *Punicaceae*, dikenal memiliki peran penting dalam praktik pengobatan tradisional. Hampir seluruh bagian tanaman ini seperti kulit buah, biji, bunga, daun, hingga akar telah dimanfaatkan karena khasiatnya. Secara khusus, biji delima mengandung berbagai senyawa bioaktif dan fitokimia yang memberikan nilai farmakologis tinggi.⁹

Berbagai studi telah menemukan bahwa biji delima kaya akan flavonoid, asam fenolik, serta senyawa penting lainnya seperti asam lemak, protein, dan fitosterol. Selain itu, komponen seperti sterol, skualena, karotenoid, dan vitamin E juga terkandung dalam biji delima, yang menjadikannya sebagai sumber potensial dalam pengembangan produk kesehatan berbasis herbal.¹⁰

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) untuk memperoleh ekstrak biji delima (*Punica granatum*) yang selanjutnya dievaluasi aktivitas antibakterinya terhadap *Streptococcus mutans*. Pendekatan ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan metode ekstraksi konvensional pada biji delima, serta dari penelitian UAE pada delima yang menggunakan bagian tanaman lain

seperti bunga. Proses ekstraksi yang melibatkan suhu tinggi atau berlangsung dalam waktu lama juga berisiko merusak senyawa aktif tertentu, karena beberapa kandungan bioaktif bersifat mudah terurai dalam kondisi tersebut, sehingga efektivitasnya dapat menurun secara signifikan.¹¹

Proses ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan tumbuhan terus dikembangkan untuk memperoleh hasil optimum dengan efisiensi tinggi. Peningkatan efisiensi ini meliputi aspek rendemen, waktu, biaya, dan tenaga yang digunakan. Salah satu inovasi yang kini banyak dimanfaatkan adalah metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE). Teknik ini memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mempercepat pelepasan senyawa aktif dari jaringan tanaman. Prinsip utama teknik ini adalah kavitasi akustik, yaitu terbentuknya gelembung mikro yang pecah dan menghasilkan tekanan serta suhu tinggi dalam skala mikroskopis.¹²

Tekanan tersebut merusak dinding sel tanaman sehingga senyawa intraseluler mudah larut ke dalam pelarut. Proses ini mempercepat perpindahan massa dan membuat ekstraksi lebih singkat dibandingkan metode konvensional. UAE juga mampu menghasilkan rendemen ekstrak lebih tinggi dengan penggunaan energi dan pelarut yang lebih hemat. Karakteristik ini menjadikannya metode ramah lingkungan.¹³ Efektivitas UAE sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti intensitas gelombang, suhu operasi, dan jenis pelarut.¹⁴ Pengaturan kombinasi parameter yang tepat akan meningkatkan kualitas serta jumlah ekstrak yang dihasilkan. Keunggulan ini membuat UAE semakin banyak diterapkan dalam penelitian pangan dan farmasi. Dengan berbagai kelebihanannya, UAE dinilai sebagai salah satu teknik ekstraksi modern yang efisien.¹⁵

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak biji delima (*Punica granatum*) terhadap *Streptococcus mutans* secara *in vitro* menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE). Penelitian ini menggunakan tiga variasi konsentrasi ekstrak, yaitu 10%, 15%, dan 20%. Variasi konsentrasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak pada beberapa tingkat konsentrasi dan membandingkan aktivitas antibakterinya terhadap *Streptococcus mutans*. Tujuan penelitian mengetahui efektivitas antibakteri ekstrak biji buah delima (*Punica granatum*) yang diperoleh melalui metode *Ultrasonic Assisted Extraction* terhadap *Streptococcus mutans*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium secara *in vitro* dengan rancangan *pretest-posttest control group design* untuk pengujian Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan *posttest-only control group design* untuk pengujian Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM). Penelitian dilaksanakan pada November–Desember 2025 di Laboratorium LLDIKTI Wilayah X. Bahan penelitian berupa 20 kg buah delima merah (*Punica granatum*) segar. Buah delima kemudian dibersihkan dan bijinya dipisahkan dari kulit buah serta aril (daging buah yang menyelimuti biji), sehingga bahan yang digunakan untuk ekstraksi adalah biji delima yang telah dibersihkan dari aril.

Biji tersebut selanjutnya dipersiapkan untuk proses ekstraksi menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dengan pelarut etanol 96%. Proses UAE dilakukan dengan mengekstraksi bahan menggunakan bantuan gelombang ultrasonik untuk membantu pelepasan senyawa bioaktif dari biji ke dalam pelarut. Setelah proses ekstraksi selesai, hasil ekstraksi disaring dan filtrat diproses hingga diperoleh ekstrak yang kemudian dibuat menjadi konsentrasi 10%, 15%, dan 20%. Bakteri yang digunakan adalah *Streptococcus mutans* ATCC 25175 yang diperoleh dari Laboratorium LLDIKTI Wilayah X, Padang, Sumatera Barat.

Pengujian KHM dilakukan untuk mengetahui konsentrasi terendah ekstrak yang mampu menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Pada pengujian ini, perubahan pertumbuhan bakteri diamati berdasarkan nilai absorbansi sebelum dan sesudah inkubasi. Nilai absorbansi masing-masing kelompok perlakuan diukur sebelum inkubasi dan setelah inkubasi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang yang ditetapkan dalam prosedur penelitian. Perubahan nilai absorbansi tersebut digunakan sebagai parameter untuk menilai penghambatan pertumbuhan bakteri; nilai absorbansi yang lebih rendah setelah inkubasi menunjukkan pertumbuhan bakteri yang lebih rendah dibandingkan kondisi sebelum inkubasi.

Selanjutnya, pengujian KBM dilakukan untuk mengetahui konsentrasi terendah ekstrak yang mampu membunuh bakteri. Sampel dari masing-masing kelompok setelah pengujian

dan inkubasi ditanam pada media agar, kemudian diinkubasi dan diamati pertumbuhan koloninya. Jumlah koloni *Streptococcus mutans* yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/ml. Konsentrasi yang tidak menunjukkan pertumbuhan koloni bakteri ditetapkan sebagai KBM.

Dengan demikian, nilai absorbansi digunakan sebagai parameter pada pengujian KHM, sedangkan penentuan KBM dilakukan berdasarkan pertumbuhan dan jumlah koloni bakteri pada media agar, sehingga pengukuran absorbansi tidak digunakan untuk menentukan KBM. Penelitian ini terdiri atas lima kelompok, yaitu P1 (ekstrak biji delima 10%), P2 (ekstrak biji delima 15%), P3 (ekstrak biji delima 20%), K (+) sebagai kontrol positif, dan K (-) sebagai kontrol negatif, dengan lima sampel pada setiap kelompok sehingga total sampel sebanyak 25 sampel.

Analisis dilakukan menggunakan aplikasi SPSS. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro-Wilk*, sedangkan uji homogenitas menggunakan *Levene Test*. Data KHM berupa nilai absorbansi sebelum dan sesudah inkubasi. Apabila data berdistribusi normal, analisis dilakukan menggunakan *paired t-test*, sedangkan apabila data tidak berdistribusi normal digunakan uji *Wilcoxon*. Data KBM berupa jumlah koloni bakteri dalam CFU/ml. Apabila data berdistribusi normal, analisis dilakukan menggunakan *One Way ANOVA*, sedangkan apabila data tidak memenuhi asumsi normalitas digunakan uji *Kruskal-Wallis*.

HASIL

Berikut disajikan hasil penelitian tentang efektivitas antibakteri ekstrak biji buah delima (*Punica granatum*) yang diperoleh melalui metode *Ultrasonic Assisted Extraction* terhadap *Streptococcus mutans* yang terdiri dari rerata nilai absorbansi sebelum dan sesudah inkubasi pada masing-masing kelompok serta pengujian hipotesa.

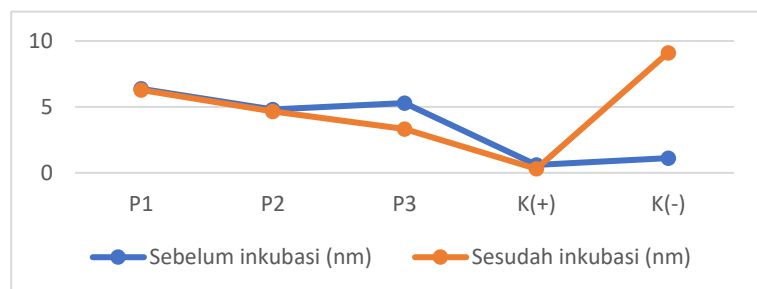
Tabel 1. Rerata nilai absorbansi sebelum dan sesudah inkubasi pada pengujian khm ekstrak biji delima (*punicagranatum*) terhadap *streptococcus mutans*

Kelompok Perlakuan	Rerata nilai absorbansi		Keterangan
	Sebelum inkubasi (nm)	Sesudah inkubasi (nm)	
P1	6.374	6,293	Turun
P2	4.797	4.667	Turun
P3	5.289	3.317	Turun
K (+)	0.601	0.304	Turun
K (-)	1.118	9.112	Naik

Keterangan: A = Sebelum inkubasi; B = Sesudah inkubasi; P1 = Ekstrak Biji buah Delima 10%; P2 =Ekstrak Biji buah Delima 15%; P3 = Ekstrak Biji buah Delima 20; K (+) = Kontrol Positif; K (-) = Kontrol Negatif.

Tabel 1 menunjukkan rerata nilai absorbansi pada P1 yaitu kelompok perlakuan ekstrak biji buah Delima10% P2 yaitu kelompok perlakuan ekstrak biji buah Delima 15% dan P3 kelompok perlakuan ekstrak biji buah Delima 20% terjadi penurunan nilai absorbansi setelah inkubasi. Turunnya nilai absrobansi menunjukan rendahnya pertumbuhan bakteri. Turunnya nilai absrobansi menandakan bahwa pertumbuhan bakteri terhambat.

Hasil tabel 1 nilai kontrol positif terjadi penurunan nilai absorbansi yang menandakan bahwa kontrol positif pada penelitian ini mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan memiliki sifat antibakteri. Pada kontrol negatif, terjadi peningkatan nilai absorbansi setelah proses inkubasi, yang menunjukan bahwa pertumbuhan bakteri meningkat.



Gambar 1. Grafik kelompok perlakuan sebelum dan sesudah inkubasi

Grafik di atas menunjukkan perbandingan nilai absorbansi sebelum dan sesudah

inkubasi pada lima kelompok perlakuan. Kelompok kontrol negatif menunjukkan peningkatan nilai absorbansi setelah inkubasi, yang mengindikasikan adanya pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Sebaliknya, kelompok perlakuan P1, P2, P3, dan kontrol positif menunjukkan penurunan nilai absorbansi setelah inkubasi. Penurunan nilai absorbansi tersebut menunjukkan adanya penghambatan terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans* setelah pemberian ekstrak biji delima pada masing-masing konsentrasi.

Tabel 2. Jumlah koloni *streptococcus mutans* pada berbagai konsentrasi ekstrak biji buah delima (*punica granatum*)

Kelompok Perlakuan	Jumlah koloni bakteri (CFU/ml)					Rerata (CFU/ml)
	1	2	3	4	5	
P1	215	248	237	255	218	234.6
P2	196	184	198	189	176	188.6
P3	134	150	165	150	123	144.4
K (+)	0	0	0	0	0	0
K (-)	345	335	460	457	453	410

Keterangan: P1 = Ekstrak Biji buah Delima 10%; P2 = Ekstrak Biji buah Delima 15%; P3 = Ekstrak Biji buah Delima 20%; K (+) = Kontrol Positif; K (-) = Kontrol Negatif.

Tabel 2 menunjukkan hasil pada kelompok perlakuan P1 yaitu ekstrak biji buah Delima konsentrasi 10% ditemukan rerata koloni bakteri yang tumbuh sebanyak 234,6 CFU/ml. Pada kelompok P2 yaitu konsentrasi 15% didapatkan rata rata koloni bakteri yang tumbuh sebanyak 188,6 CFU/ml. Pada kelompok P3 yaitu konsentrasi biji Buah Delima 20% didapatkan rerata koloni bakteri yang tumbuh sebanyak 144.4 CFU/ml. Pada kelompok kontrol positif tidak ditemukan koloni bakteri pada cawan petri. Pada kelompok kontrol negatif ditemukan rerata koloni bakteri yang tumbuh sebanyak 410 CFU/ml. Variasi konsentrasi 10%, 15% dan 20% masih menunjukkan adanya koloni bakteri yang tumbuh pada cawan petri, artinya variasi konsentrasi ekstrak biji buah Delima 10%, 15%, 20% belum mampu membunuh secara total bakteri *Streptococcus mutans*.

Tabel 3. Uji normalitas data KHM

Kelompok Perlakuan	Sig Shapiro-Wilk
P1 Sebelum	0.051
P1 Sesudah	0.289
P2 Sebelum	0.754
P2 Sesudah	0.111
P3 Sebelum	0.304
P3 Sesudah	0.788
K+ Sebelum	0.234
K+ Sesudah	0.968
K- Sebelum	0.835
K- Sesudah	0.378

Keterangan: P1 = Ekstrak Biji buah Delima 10%; P2 = Ekstrak Biji buah Delima 15%; P3 = Ekstrak Biji buah Delima 20%; K (+) = Kontrol Positif; K (-) = Kontrol Negatif.

Tabel 3 menunjukan hasil uji normalitas pada kelompok sebelum inkubasi dan kelompok sesudah inkubasi menghasilkan signifikansi $> 0,05$. Hal ini menyatakan bahwa data berdistribusi normal. Uji parametrik dilakukan karena data berdistribusi normal, dan data berpasangan dengan uji *paired sample t-test* untuk melihat efektivitas antibakteri Ekstrak Biji Buah Delima (*Punica granatum*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans* terhadap konsentrasi hambat minimum (KHM).

Tabel 4. Uji paired sample t-test KHM

Kelompok Perlakuan	Sig
P1 Sebelum	0,730
P1 Sesudah	
P2 Sebelum	0,517
P2 Sesudah	
P3 Sebelum	0,000
P3 Sesudah	
K+ Sebelum	0,000
K+ Sesudah	
K- Sebelum	0,000
K- Sesudah	

P1 = Ekstrak Biji buah Delima 10%; P2 = Ekstrak Biji buah Delima 15%; P3 = Ekstrak Biji buah Delima 20%; K (+) = Kontrol Positif; K (-) = Kontrol Negatif.

Kelompok P1 dan P2 sebelum dan sesudah inkubasi diperoleh nilai sig >0,05 sehingga H_a ditolak dan H_o diterima.

Tabel 5. Uji Normalitas Data KBM

Kelompok Perlakuan	Sig Shapiro-Wilk
P1	0,451
P2	0,734
P3	0,799
K (+)	0,0,0
K (-)	0,023

P1 = Ekstrak Biji buah Delima 10%; P2 = Ekstrak Biji buah Delima 15%; P3 = Ekstrak Biji buah Delima 20%; K (+) = Kontrol Positif; K (-) = Kontrol Negatif.

Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil uji normalitas data menggunakan uji Shapiro–Wilk pada kelompok perlakuan P1, P2, dan P3 memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Pada kelompok kontrol negatif (K-) diperoleh nilai signifikansi kurang dari 0,05 yang menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal. Sementara itu, uji normalitas pada kelompok kontrol positif (K+) tidak dapat dilakukan karena seluruh data hasil pengamatan bernilai konstan (0), sehingga tidak memenuhi asumsi uji normalitas Shapiro–Wilk.

Tabel 6. Hasil Uji Kruskal Wallis KBM

Kruskal Wallis	23,265
Signifikansi	0,000

Tabel 6 menunjukkan hasil uji Kruskal-Wallis dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada jumlah koloni *Streptococcus mutans* antar kelompok perlakuan. Dengan demikian, terdapat perbedaan aktivitas antibakteri ekstrak biji delima (*Punica granatum*) yang diekstraksi menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans* pada kelompok yang diuji.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 1, diperoleh gambaran bahwa rerata nilai absorbansi pada kelompok perlakuan ekstrak biji buah delima, yaitu P1 (konsentrasi 10%), P2 (konsentrasi 15%), dan P3 (konsentrasi 20%), mengalami penurunan setelah dilakukan proses inkubasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen bioaktif dalam *P. granatum* mempunyai kemampuan menghambat bahkan membunuh bakteri kariogenik secara *in vitro*. Temuan tersebut didukung penelitian Ferrazano *et al* yang melaporkan bahwa ekstrak hidroalkoholik buah delima mampu menghambat pertumbuhan *S. mutans*. Ekstrak kulit delima menunjukkan nilai MIC sebesar 10 µg/µl dan MBC sebesar 15 µg/µl, sedangkan ekstrak jus delima memiliki MIC 25 µg/µl dan MBC 40 µg/µl terhadap *S. mutans*.¹⁶ Penurunan nilai absorbansi ini menunjukkan adanya penurunan kekeruhan media, yang secara tidak langsung mencerminkan berkurangnya jumlah sel bakteri yang tumbuh. Dengan demikian, dapat diinterpretasikan bahwa ekstrak biji buah delima memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri, di mana semakin rendah nilai absorbansi, semakin kecil pertumbuhan bakteri yang terjadi.¹⁶

Penurunan nilai absorbansi pada tabel 1 perlakuan menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan *Streptococcus mutans* setelah pemberian ekstrak biji delima. Temuan penelitian ini juga didukung oleh penelitian mengenai aktivitas antimikroba berbagai bagian buah delima. Rummun *et al.* menunjukkan bahwa berbagai bagian *P. granatum* memiliki aktivitas terhadap *S. mutans*, meskipun tingkat aktivitasnya berbeda berdasarkan bagian tanaman yang digunakan. Pada penelitian tersebut, ekstrak kulit menghasilkan zona hambat terhadap *S. mutans* sebesar $19,75 \pm 0,50$ mm, sedangkan bagian tanaman lainnya juga menunjukkan aktivitas antibakteri. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *P. granatum* mengandung komponen bioaktif yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri oral, tetapi aktivitas antibakterinya dapat berbeda tergantung bagian tanaman dan metode ekstraksi yang digunakan.¹⁷

Aktivitas antibakteri tersebut dapat dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktif yang terdapat pada biji delima, antara lain flavonoid, tanin, senyawa fenolik, dan alkaloid. Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme, seperti mengganggu integritas dan permeabilitas membran sel bakteri, menyebabkan perubahan struktur sel, serta menghambat aktivitas enzim dan proses metabolisme yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri.¹⁸

Tabel 1 didapatkan Perbandingan antar kelompok perlakuan, terlihat bahwa penurunan nilai absorbansi paling nyata terjadi pada P3 dengan konsentrasi ekstrak biji buah delima 20%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak berbanding lurus dengan peningkatan daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri.¹⁹ Semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin banyak pula senyawa aktif yang tersedia untuk berinteraksi dengan sel bakteri, sehingga efek antibakteri yang dihasilkan menjadi lebih kuat. Temuan ini sejalan dengan prinsip farmakologi dan mikrobiologi, bahwa efek suatu bahan antibakteri umumnya dipengaruhi oleh dosis atau konsentrasi yang digunakan.¹³

Tabel 1 hasil pada kelompok kontrol positif menunjukkan adanya penurunan nilai absorbansi setelah inkubasi. Sejalan dengan penelitian Zhang et al, 2023 yang menggunakan klorheksidin sebagai kontrol positif dalam pengujian antibakteri terhadap *S. mutans*. Penelitian mengenai aktivitas antibakteri shikimic acid terhadap *S. mutans* menggunakan klorheksidin 0,2% sebagai kontrol positif dan menilai penghambatan pertumbuhan berdasarkan perubahan absorbansi dibandingkan dengan kontrol negatif.²⁰

Hal ini menandakan bahwa kontrol positif yang digunakan dalam penelitian ini efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan memiliki sifat antibakteri yang jelas. Penurunan absorbansi pada kontrol positif berfungsi sebagai pembanding untuk memastikan bahwa metode penelitian yang digunakan sudah tepat dan mampu mendeteksi adanya aktivitas antibakteri. Dengan demikian, hasil yang diperoleh pada kelompok perlakuan ekstrak biji buah delima dapat dianggap valid dan dapat dibandingkan secara ilmiah dengan kontrol positif.

Temuan pada tabel 1 pada kelompok kontrol negatif terjadi peningkatan nilai absorbansi setelah proses inkubasi. Sejalan dengan penelitian Suominen et al tahun 2022 yang mengamati pertumbuhan *Escherichia coli* melalui pengukuran OD600 secara berkala juga menunjukkan bahwa nilai optical density pada kontrol mengalami perubahan selama proses inkubasi sebagai gambaran dinamika pertumbuhan bakteri.²¹

Peningkatan ini menunjukkan bahwa bakteri mengalami pertumbuhan yang optimal tanpa adanya pengaruh zat antibakteri. Kontrol negatif tidak mengandung senyawa aktif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga bakteri dapat berkembang biak secara normal selama masa inkubasi. Hasil ini memperkuat interpretasi bahwa penurunan nilai absorbansi pada kelompok perlakuan dan kontrol positif benar-benar disebabkan oleh adanya aktivitas antibakteri, bukan oleh faktor lain seperti kondisi media atau prosedur inkubasi.

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 4, terlihat adanya perbedaan jumlah koloni bakteri *Streptococcus mutans* pada masing-masing kelompok perlakuan setelah pemberian ekstrak biji buah delima (*Punica granatum*) dengan variasi konsentrasi 10%, 15%, dan 20%, serta pada kelompok kontrol. Rerata jumlah koloni bakteri menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak, yaitu sebesar 234,6 CFU/ml pada konsentrasi 10%, 188,6 CFU/ml pada konsentrasi 15%, dan 144,4 CFU/ml pada konsentrasi 20%, dibandingkan dengan kontrol negatif sebesar 410 CFU/ml. Sejalan dengan penelitian Hajjipatahi et al, 2025 yang menunjukkan bahwa ekstrak hidroalkoholik *Punica granatum* mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *S. mutans*. Pada penelitian tersebut, *S. mutans* merupakan salah satu mikroorganisme yang paling sensitif terhadap ekstrak *P. granatum*, dengan nilai MIC dan MBC sebesar 3,9 mg/mL. Temuan tersebut memperkuat bahwa senyawa bioaktif dalam tanaman delima dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang berperan dalam proses karies.²²

Penurunan jumlah koloni ini menunjukkan adanya aktivitas antibakteri ekstrak biji buah delima dengan pola dosis-respons, di mana konsentrasi 20% merupakan yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* pada penelitian ini. Meskipun belum mampu mengeliminasi bakteri secara total, hasil tersebut mengindikasikan bahwa ekstrak biji buah delima yang diekstraksi menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* memiliki efektivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*.

Tabel 4 hasil nilai absorbansi sebelum inkubasi dan sesudah inkubasi Berdasarkan hasil analisis statistik yang disajikan nilai signifikansi sebesar 0,000. Nilai ini lebih kecil dari batas signifikansi yang ditetapkan yaitu $\alpha = 0,05$, sehingga secara statistik menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima. Hasil tersebut juga didukung oleh penelitian Hajifattahi et al. yang mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak hidroalkoholik *P. granatum* terhadap beberapa mikroorganisme rongga mulut. Penelitian tersebut menemukan bahwa *S. mutans* merupakan salah satu bakteri yang sensitif terhadap ekstrak *P. granatum*, dengan nilai MIC sebesar 3,9 mg/mL dan MBC sebesar 3,9 mg/m. Hasil ini memperkuat bahwa senyawa bioaktif yang terdapat dalam tanaman delima dapat memberikan efek penghambatan terhadap *S. mutans*. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa Ekstrak Biji Buah Delima (*Punica granatum*) yang diekstraksi menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* memiliki efektivitas antibakteri terhadap konsentrasi hambat minimum (KHM) bakteri *Streptococcus mutans*.²²

Efektivitas antibakteri ekstrak biji buah delima tidak terlepas dari kandungan fitokimia yang dimilikinya, seperti polifenol, flavonoid, tanin, alkaloid, dan senyawa fenolik lainnya. Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme, antara lain dengan merusak integritas dinding dan membran sel bakteri, mengendapkan protein sel, menghambat aktivitas enzim metabolik, serta mengganggu sintesis asam nukleat bakteri.¹⁵ Pada *Streptococcus mutans*, yang merupakan bakteri Gram positif dengan dinding sel tebal kaya peptidoglikan, senyawa fenolik dan tanin dapat berikatan dengan protein dinding sel sehingga menyebabkan peningkatan permeabilitas membran dan akhirnya lisis sel bakteri.²³

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 2, terlihat adanya perbedaan jumlah koloni bakteri *Streptococcus mutans* yang tumbuh pada masing-masing kelompok perlakuan setelah diberikan ekstrak biji buah delima dengan variasi konsentrasi 10%, 15%, dan 20%, serta pada kelompok kontrol positif dan kontrol negatif. Ferrazzano et al. (2017) juga memperlihatkan aktivitas antibakteri produk *P. granatum* terhadap *S. mutans* ATCC 25175. Ekstrak kulit buah delima menunjukkan aktivitas penghambatan dengan nilai MIC sebesar 10 µg/µL dan MBC sebesar 25 µg/µL. Penelitian tersebut memperkuat bahwa bagian buah delima mengandung komponen yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri kariogenik, meskipun bagian tanaman yang digunakan berbeda dengan penelitian ini. Temuan ini memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi aktivitas antibakteri ekstrak biji buah delima terhadap *Streptococcus mutans*.¹⁶

Hasil tabel 2 kelompok perlakuan P1 dengan konsentrasi ekstrak biji buah delima 10%, ditemukan rerata jumlah koloni bakteri yang tumbuh sebesar 234,6 CFU/ml. Penelitian Hajifattahi et al. (2016) juga memperlihatkan bahwa ekstrak hidroalkohol *Punica granatum* mempunyai aktivitas terhadap beberapa bakteri rongga mulut, termasuk *Streptococcus mutans*. Penelitian tersebut mendapatkan bahwa *S. mutans* merupakan salah satu bakteri yang paling sensitif terhadap ekstrak *P. granatum*, dengan nilai MIC dan MBC sebesar 3,9 mg/mL. Hasil ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi terendah yang digunakan dalam penelitian, ekstrak biji buah delima telah mampu menurunkan pertumbuhan bakteri dibandingkan dengan kelompok kontrol negatif yang menunjukkan rerata jumlah koloni bakteri sebesar 410 CFU/ml. Penurunan jumlah koloni ini mengindikasikan adanya aktivitas antibakteri, meskipun daya hambat yang dihasilkan masih tergolong relatif lemah dan belum optimal dalam menekan pertumbuhan *Streptococcus mutans* secara signifikan.²²

Hasil tabel 2 kelompok P2 dengan konsentrasi ekstrak 15%, rerata jumlah koloni bakteri yang tumbuh menurun menjadi 188,6 CFU/ml. Penelitian Cheng et al juga memperkuat hasil tersebut. Ekstrak hidroalkoholik kulit buah delima terbukti mampu menghambat pertumbuhan *S. mutans* dengan nilai MIC 10 µg/µL dan MBC 15 µg/µL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen bioaktif *Punica granatum* memiliki kemampuan menghambat sekaligus membunuh bakteri kariogenik. Penurunan jumlah koloni ini menunjukkan adanya hubungan antara peningkatan konsentrasi ekstrak biji buah delima dengan peningkatan efek antibakteri. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar kandungan senyawa aktif yang berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri.²⁴

Hasil tabel 2 kelompok P3 dengan konsentrasi ekstrak biji buah delima 20%, ditemukan rerata jumlah koloni bakteri yang tumbuh paling rendah dibandingkan kelompok perlakuan lainnya, yaitu sebesar 144,4 CFU/ml. Temuan penelitian ini juga didukung oleh Das, Panigrahi, dan Panda yang meneliti aktivitas antibakteri ekstrak metanol biji *P. granatum*

terhadap *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae*. Penelitian tersebut tidak hanya menunjukkan adanya aktivitas antibakteri, tetapi juga melaporkan bahwa jumlah koloni bakteri dalam satuan CFU/ml mengalami penurunan secara dose-dependent setelah diberikan ekstrak biji delima. Hasil tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian ini karena konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan yang lebih besar dalam menekan pertumbuhan bakteri.²⁵ Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi 20% merupakan konsentrasi yang paling efektif dalam menurunkan jumlah koloni *Streptococcus mutans* di antara variasi konsentrasi yang diuji. Penurunan jumlah koloni yang semakin besar seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak Biji buah Delima menunjukkan adanya efek dosis-respon, di mana peningkatan dosis bahan aktif berbanding lurus dengan peningkatan daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak biji buah delima (*Punica granatum* L.) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*, yang ditunjukkan oleh adanya penurunan jumlah koloni bakteri seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa berbagai bagian tanaman delima memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. mutans*. Ferrazzano *et al.* melaporkan bahwa ekstrak kulit dan jus delima mampu menghambat pertumbuhan *S. mutans*, dengan ekstrak kulit menunjukkan nilai MIC sebesar 10 µg/µL dan MBC sebesar 15 µg/µL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa senyawa bioaktif dalam *P. granatum* mempunyai kemampuan menghambat bahkan membunuh bakteri kariogenik secara *in vitro*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak dapat meningkatkan kemampuan penghambatan terhadap pertumbuhan *S. mutans*. Aktivitas antibakteri pada tanaman delima juga telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya, meskipun menggunakan bagian tanaman dan bakteri uji yang berbeda.¹⁶

Pemilihan biji buah delima sebagai bahan penelitian perlu dibedakan secara jelas dari bagian berdaging yang mengelilingi biji. Secara botani, bagian berdaging tersebut bukan merupakan aril sejati, sedangkan biji merupakan bagian reproduktif yang terdapat di dalam buah.²⁶ Kejelasan identifikasi bagian tanaman penting karena perbedaan bagian tanaman yang digunakan dapat memengaruhi komposisi senyawa bioaktif dan aktivitas biologis ekstrak yang dihasilkan.²⁷

Penelitian ini, proses ekstraksi biji buah delima dilakukan menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE). Metode ekstraksi merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi jumlah dan karakteristik senyawa bioaktif yang diperoleh dari bahan tanaman. Penggunaan gelombang ultrasonik dapat membantu proses ekstraksi senyawa bioaktif dari matriks tanaman melalui efek kavitasi, sehingga UAE banyak digunakan sebagai metode ekstraksi senyawa bioaktif dari berbagai bahan tanaman.²⁸ Penelitian Siol *et al.* juga menunjukkan bahwa UAE dapat digunakan untuk memperoleh minyak dari biji buah delima dan menghasilkan karakteristik ekstrak yang berbeda dibandingkan metode ekstraksi konvensional.²⁶

Berdasarkan tabel 6 konsentrasi 10%, 15%, dan 20% menunjukkan adanya aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan *S. mutans*, dengan jumlah koloni berturut-turut sebesar 234,6 CFU/mL, 188,6 CFU/mL, dan 144,4 CFU/mL. Jumlah koloni tersebut lebih rendah dibandingkan kontrol negatif yang menghasilkan 410 CFU/mL. Penelitian Zornitzki *et al* tahun 2026 menunjukkan bahwa ekstrak kulit delima dan jus delima mampu menghambat pertumbuhan *S. mutans* secara *dose-dependent* pada konsentrasi yang diuji. Artinya, peningkatan konsentrasi bahan uji berkaitan dengan peningkatan penghambatan pertumbuhan bakteri. Meskipun penelitian tersebut menggunakan kulit dan jus delima, bukan biji, hasilnya memberikan dukungan biologis terhadap pola konsentrasi-respons yang ditemukan pada penelitian ini.²⁹

Penilaian aktivitas antibakteri secara *in vitro* dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, termasuk metode difusi dan metode dilusi. Metode dilusi dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi hambat minimum atau *minimum inhibitory concentration* (MIC/KHM) serta konsentrasi bunuh minimum atau *minimum bactericidal concentration* (MBC/KBM). KHM merupakan konsentrasi terendah suatu bahan antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang diuji, sedangkan KBM merupakan konsentrasi terendah yang mampu menghasilkan efek bakterisidal terhadap mikroorganisme tersebut.³⁰ Oleh karena itu, hasil penelitian yang menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan tanpa eliminasi bakteri secara keseluruhan lebih tepat diinterpretasikan

sebagai aktivitas antibakteri yang bersifat menghambat pertumbuhan atau bakteriostatik pada rentang konsentrasi yang diuji.

Hasil penelitian ini juga dapat dibandingkan dengan penelitian mengenai aktivitas antibakteri bahan alam terhadap bakteri yang berkaitan dengan rongga mulut. Metode *agar well diffusion* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antimikroba suatu bahan dengan mengamati terbentuknya zona hambat pada media agar. Penelitian mengenai berbagai ekstrak tanaman juga menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri dapat dipengaruhi oleh jenis tanaman, bagian tanaman yang digunakan, jenis pelarut, metode ekstraksi, konsentrasi ekstrak, serta karakteristik mikroorganisme yang diuji.^{22,31-34} Dengan demikian, perbedaan hasil antara penelitian ini dan penelitian terdahulu dapat terjadi akibat adanya perbedaan karakteristik bahan dan metode pengujian.²⁷

Hasil penelitian ini secara khusus sejalan dengan penelitian Nahvi *et al.* yang menunjukkan bahwa ekstrak biji buah delima memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri kariogenik, termasuk *S. mutans* dan *Lactobacillus acidophilus*. Penelitian tersebut juga mengevaluasi nilai MIC dan MBC ekstrak biji delima serta aktivitasnya ketika dikombinasikan dengan *MI fluoride varnish*. Temuan tersebut memperkuat hasil penelitian ini bahwa biji buah delima memiliki potensi sebagai sumber bahan alami yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri kariogenik, khususnya *S. mutans*. Meskipun demikian, hasil penelitian ini tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan penelitian Nahvi *et al.* karena terdapat perbedaan metode ekstraksi, pelarut, konsentrasi ekstrak, metode pengujian, serta kondisi penelitian.²⁸

Berdasarkan keseluruhan hasil tersebut, aktivitas antibakteri ekstrak biji buah delima pada penelitian ini belum dapat dikatakan bersifat bakterisidal pada konsentrasi 10%, 15%, dan 20% karena bakteri masih dapat tumbuh pada seluruh konsentrasi yang diuji. Konsentrasi 20% menunjukkan aktivitas penghambatan yang paling besar dibandingkan konsentrasi 10% dan 15%, tetapi belum menunjukkan kemampuan membunuh bakteri secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan rentang konsentrasi yang lebih tinggi untuk menentukan konsentrasi yang mampu menghasilkan efek bakterisidal serta menentukan nilai KBM secara lebih pasti.

Konsentrasi 10%, 15%, dan 20% belum mampu mengeliminasi bakteri secara total sehingga belum menunjukkan efek bakterisidal. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi konsentrasi yang lebih tinggi, membandingkan metode ekstraksi yang berbeda, mengidentifikasi senyawa aktif yang berperan dalam aktivitas antibakteri, serta mengevaluasi kemungkinan kombinasi ekstrak biji buah delima dengan bahan antikariogenik lain untuk memperoleh efek antibakteri yang lebih optimal.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Pertama, penelitian dilakukan secara *in vitro* sehingga hasil yang diperoleh hanya menggambarkan aktivitas antibakteri ekstrak biji buah delima (*Punica granatum* L.) terhadap *Streptococcus mutans* dalam kondisi laboratorium dan belum dapat secara langsung menggambarkan efektivitasnya apabila diaplikasikan pada rongga mulut manusia. Kedua, penelitian hanya menggunakan *Streptococcus mutans* sebagai bakteri uji, sedangkan karies gigi merupakan proses yang melibatkan berbagai mikroorganisme, sehingga hasil penelitian belum menggambarkan aktivitas ekstrak terhadap keseluruhan mikroorganisme yang berhubungan dengan karies.

SIMPULAN

Aktivitas antibakteri ekstrak biji delima (*Punica granatum* L.) yang diperoleh melalui metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*, dapat disimpulkan bahwa ekstrak biji delima memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. Aktivitas tersebut ditunjukkan dengan diperolehnya Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) pada konsentrasi 20%, yang menunjukkan kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) tidak ditemukan pada rentang konsentrasi yang diuji, sehingga ekstrak biji delima pada konsentrasi tersebut belum menunjukkan efek bakterisidal.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak biji delima berpotensi dikembangkan sebagai bahan antibakteri alami dalam upaya menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*, khususnya sebagai salah satu kandidat bahan pendukung dalam

pencegahan karies gigi. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi konsentrasi yang lebih tinggi, mengidentifikasi senyawa aktif yang berperan dalam aktivitas antibakteri, serta mengembangkan formulasi yang sesuai sehingga potensi ekstrak biji delima sebagai bahan antibakteri di bidang kedokteran gigi dapat dikaji lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih: Tidak ada

Kontribusi Penulis: E dan A.N.I.; metodologi: E dan A.N.I.; validasi: E, Y.A., dan K.; analisis formal: A.N.I.; investigasi: A.N.I.; sumber daya: E; kurasi data: A.N.I.; penulisan—penyusunan draf awal: A.N.I.; penulisan—tinjauan dan penyuntingan: E, Y.A., dan K.; visualisasi: A.N.I.; supervisi: E; administrasi proyek: A.N.I. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.”

Pendanaan: Penelitian ini tidak mendapatkan dana dari siapapun.

Persetujuan Etik: Penelitian ini telah melalui proses persetujuan dengan Nomor No.A.064/KEPKFKGUNBRAH/XI/2025

Pernyataan Persetujuan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan izin oleh semua peneliti melalui email korespondensi dengan memperhatikan etika dalam penelitian.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Survei kesehatan Indonesia (Ski). Survei Kesehatan Indonesia 2023 (SKI). Kemenkes. 2023;235.
2. Mazurel D, Brandt BW, Boomsma M, Crielaard W, Lagerweij M, Exterkate RAM, Deng DM. Streptococcus mutans and Caries: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Dent Res. 2025;104(6):594-603. <https://doi.org/10.1177/00220345241303880>.
3. Satrio R, Ashar F, Az-zahra S, Nur D, Sari I, Ichsyani M, et al. Isolasi dan karakterisasi bakteri kariogenik pada pasien yang terdiagnosis pulpitis : penelitian observasional Isolation and characterization of cariogenic bacteria in patients diagnosed with pulpitis : observational study. 2023;35(April):63–72.
4. Roy R, Tiwari M, Donelli G, Tiwari V. Strategies for combating bacterial biofilms : A focus on anti-biofilm agents and their mechanisms of action. 2018;5594. <https://doi.org/10.1080/21505594.2017.1313372>
5. Patano A, Malcangi G, Sardano R, Mastrodonato A, Garofoli G, Mancini A, et al. White Spots: Prevention in Orthodontics—Systematic Review of the Literature. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(8):5608. <https://doi.org/10.3390/ijerph20085608>.
6. Spatafora G, Li Y, He X, Cowan A, Tanner ACR. The Evolving Microbiome of Dental Caries. Microorganisms. 2024;12(1):121. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010121>.
7. Nurin F, Tri B. Pemberian topical application fluor untuk initial caries pada pasien anak. J Oral Heal Care. 2020;8(2):95–107.
8. Yasmin U, Dwi RS, Aldina R. Topical Application Of Fluor In Preventing Dental Caries In Children. J Kes Gigi dan Mulut. 2024;6(1):96–104. <https://doi.org/10.36086/jkqm.v6i1.2183>
9. Kshirsagar KR, Pathak SS, Patil SM. Pomegranate (Punica granatum L): A Fruitful Fountain of Remedial Potential Methodology. 2023;15(9):1–8. <https://doi.org/10.7759/cureus.45677>
10. Farmasetika M, Farmasi PS, Farmasi F, Padjadjaran U. Obat Tradisional : Antara Khasiat dan Efek Sampingnya. 2017;2(5):2003–6.
11. Wang J, Sun M, Yu J, Wang J, Cui Q. Pomegranate seeds: a comprehensive review of traditional uses, chemical composition, and pharmacological properties. Front Pharmacol. 2024;15(July):1–17. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1401826>.
12. Ahmed S, Alsharif KF, Aschner M, Alzahrani KJ, Akkol EK, Türkcanoglu EG, Khan H. A deep dive into herbal extraction: Techniques, trends, and technological advancements. S Afr J Bot. 2026 Jan;188:9-37. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.11.005>.
13. oreen S, Hashmi B, Aja PM, Atoki AV. Phytochemicals and pharmacology of pomegranate (Punica granatum L.): nutraceutical benefits and industrial applications: a review. Front Nutr. 2025;12:1528897. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1528897>.
14. Lavoro A, Falzone L, Gattuso G, Salemi R, Cultrera G, Leone G, et al. Pomegranate: A promising avenue against the most common chronic diseases and their associated risk factors (Review). Int J Funct Nutr. 2021;2(2):1–12. <https://doi.org/10.3892/ijfn.2021.16>
15. Marrone G, Basilicata M, Di Lauro M, Vita C, Masci C, Klinger FG, Cornali K, Maddaloni G, Bollero P, De Lorenzo A, et al. Healthy Effects of Pomegranate (Punica granatum L.) in Internal Medicine and Dentistry. Applied Sciences. 2024; 14(4):1570. <https://doi.org/10.3390/app14041570>
16. Ferrazzano GF, Scioscia E, Sateriale D, Pastore G, Colicchio R, Pagliuca C, Cantile T, Alcidi B, Coda M, Ingenito A, Scaglione E, Cicatiello AG, Volpe MG, Di Stasio M, Salvatore P, Pagliarulo C. In Vitro Antibacterial Activity of Pomegranate Juice and Peel Extracts on Cariogenic Bacteria. Biomed Res Int. 2017;2017:2152749. <https://doi.org/10.1155/2017/2152749>.
17. Rummun N, Somanah J, Ramsaha S, Bahorun T, Neergheen-Bhujun VS. Bioactivity of Nonedible Parts of Punica granatum L.: A Potential Source of Functional Ingredients. Int J Food Sci. 2013;2013:602312. <https://doi.org/10.1155/2013/602312>.
18. Montefusco A, Durante M, Migoni D, De Caroli M, Ilahy R, Pék Z, et al. Analysis of the phytochemical composition of pomegranate fruit juices, peels and kernels: A comparative study on four cultivars grown in Southern Italy. Plants. 2021;10(11):1–23. <https://doi.org/10.3390/plants10112521>
19. Activity A, For T, Propionibacterium AB, Rahayuni S, Mas A, Putra J. Karakterisasi Minyak Atsiri Biji Buah Delima (Punica granatum L .) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat (Propionibacterium acnes) Characterization of Pomegranate Seed Essential Oil (Punica granatum L .) and. 2019;4(2):12–22.
20. Zhang Z, Yang Y, Sun Q, Zeng W, Li Y. Inhibition of Biofilm Formation and Virulence Factors of Cariogenic Oral Pathogen Streptococcus mutans by Shikimic Acid. Microbiol Spectr. 2022;10(4):e0119922. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01199-22>.
21. Suominen EN, Putus T, Atosuo J. Heliyon Investigating the short- and long-term effects of antibacterial agents using a real-time assay based on bioluminescent E. coli-lux. Heliyon. 2020;6(May):e04232. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04232>
22. Hajjattahi F, Moravej-Salehi E, Taheri M, Mahboubi A, Kamalinejad M. Antibacterial Effect of Hydroalcoholic Extract of Punica granatum Linn. Petal on Common Oral Microorganisms. Int J Biomater. 2016;2016:8098943. <https://doi.org/10.1155/2016/8098943>.
23. nahvi A, Goli H R, Davoodi A, Jafari A, Hosseinnataj A, Golkar F et al. Comparison of the Antimicrobial Effect of Pomegranate Seed Extract with MI Fluoride Varnish and Their Synergistic Effects against Cariogenic Bacteria (Streptococcus mutans and Lactobacillus acidophilus)-an in-Vitro Study. J Mazandaran Univ Med Sci 2023; 33 (2) :139-150
24. Cheng RR, Contessoto VG, Lieberman Aiden E, Wolynes PG, Di Pierro M, Onuchic JN. Exploring chromosomal structural heterogeneity across multiple cell lines. Elife. 2020;9:e60312. <https://doi.org/10.7554/eLife.60312>.
25. Das S, Panigrahi S, Panda P. Antiurobacterial Activity of Punica granatum L. Seed Extract. 2018;22(2):1–12.

- <https://doi.org/10.9734/EJMP/2018/38980>
26. Siol M, Piasecka I, Mańko-Jurkowska D, Górka A, Bryś J. Optimization and Impact of Ultrasound-Assisted Extraction on Pomegranate Seed Oil Quality: A Comparative Study of Bioactive Potential and Oxidation Parameters. *Molecules*. 2025; 30(8):1837. <https://doi.org/10.3390/molecules30081837>
 27. Adiputri A, Aulia E, Afani F, Matematika F, Alam P, Padang UN. Efek Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Delima (*Punica granatum* L .) terhadap *Escherichia coli*. 2025;02(02):56–61. <https://doi.org/10.62330/bioteach.v2i02.172>
 28. Melgarejo P, Martínez-Nicolás JJ, Núñez-Gómez D, Almansa MS, Legua P. Accurate Botanical Nomenclature: Pomegranate and the 'Aril' Misconception. *Foods*. 2024; 13(2):201. <https://doi.org/10.3390/foods13020201>
 29. Zornitzki K, Bar DZ, Shmerling A, Blumer S, Berenstein G. The effect of fruit extracts containing phenolic compounds on the survivability of *Streptococcus mutans*: an in vitro study. *Eur Arch Paediatr Dent* 2026;27(3):877–85. <https://doi.org/10.1007/s40368-025-01156-w>
 30. Owuama CI. Determination of minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) using a novel dilution tube method. 2017;11(23):977–80. <https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8545>