

UJI EFEK ANTI BAKTERI EKSTRAK BUNGA CENGKEH (*Syzygium aromaticum*) TERHADAP BAKTERI *Streptococcus mutans* SECARA IN VITRO

Barolym Tri Pamungkas^{1*}, Lalu Rizki Fauzi²

¹Program Studi Apoteker, Fakultas Farmasi, Universitas Mulawarman

²Program Studi D.III Farmasi, Institut Kesehatan Yarsi Mataram

Article Info

Article history:

Received: 15 Juli 2026

Revised: 15 Agustus 2026

Accepted: 23 Agustus 2026

Published: 28 Agustus 2026

Kata Kunci:

Antibakteri;

In vitro;

Streptococcus mutans;

Syzygium aromaticum;

Corresponding Author:

Barolym Tri Pamungkas

Program Studi Apoteker, Fakultas Farmasi, Universitas Mulawarman, Jalan Penajam dan Jalan Muara Muntai, Kampus Unmul Gunung Kelua, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75119

Email:

barolym@farmasi.unmul.ac.id

ABSTRAK

Karies gigi merupakan salah satu masalah kesehatan gigi dan mulut yang banyak disebabkan oleh aktivitas bakteri *Streptococcus mutans*. Bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) berpotensi sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek antibakteri ekstrak bunga cengkeh terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara in vitro. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan rancangan *post test only control group design*. Uji aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram (Kirby-Bauer) dengan konsentrasi ekstrak bunga cengkeh 40%, 60%, dan 80%, serta ciprofloxacin sebagai kontrol positif dan aquades sebagai kontrol negatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata zona hambat ekstrak bunga cengkeh pada konsentrasi 40%, 60%, dan 80% masing-masing sebesar $17,78 \pm 1,22 \text{ mm}^2$, $19,12 \pm 1,91 \text{ mm}^2$, dan $26,95 \pm 3,37 \text{ mm}^2$, sedangkan kontrol positif ciprofloxacin sebesar $37,56 \pm 1,66 \text{ mm}^2$, dan kontrol negatif aquades sebesar $0,00 \pm 0,00 \text{ mm}^2$. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai p-value $<0,001$, yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan ekstrak bunga cengkeh terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak bunga cengkeh memiliki efek antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans*, dengan konsentrasi 80% sebagai konsentrasi paling efektif.

ABSTRACT

Dental caries is one of the most common oral health problems and is primarily caused by the activity of *Streptococcus mutans*. Clove flower (*Syzygium aromaticum*) has been reported to possess antibacterial properties. This study aimed to evaluate the antibacterial effect of clove flower extract against the growth of *Streptococcus mutans* in vitro. A laboratory experimental study with a post-test only control group design was conducted. Antibacterial activity was assessed using the Kirby-Bauer disc diffusion method with clove flower extract concentrations of 40%, 60%, and 80%, while ciprofloxacin and distilled water were used as positive and negative controls, respectively. The results showed that the mean inhibition zones produced by clove flower extract at concentrations of 40%, 60%, and 80% were $17.78 \pm 1.22 \text{ mm}^2$, $19.12 \pm 1.91 \text{ mm}^2$, and $26.95 \pm 3.37 \text{ mm}^2$, respectively. The positive control (ciprofloxacin) produced a mean inhibition zone of $37.56 \pm 1.66 \text{ mm}^2$, whereas the negative control (distilled water) showed no inhibitory effect ($0.00 \pm 0.00 \text{ mm}^2$). Statistical analysis revealed a significant effect of clove flower extract on the growth of *Streptococcus mutans* ($p < 0.001$). These findings indicate that clove flower extract exhibits antibacterial activity against *Streptococcus mutans*, with the 80% concentration demonstrating the greatest antibacterial effectiveness.

This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



PENDAHULUAN

Kesehatan gigi dan mulut merupakan bagian integral dari kesehatan umum yang berperan penting dalam menentukan kualitas hidup seseorang. Salah satu permasalahan kesehatan gigi dan mulut yang paling banyak dijumpai di masyarakat adalah karies gigi. Karies gigi merupakan penyakit infeksi multifaktorial yang terjadi akibat demineralisasi jaringan keras gigi oleh asam yang dihasilkan dari metabolisme bakteri di dalam plak gigi. Penyakit ini masih menjadi masalah kesehatan masyarakat secara global karena prevalensinya yang tinggi pada berbagai kelompok usia. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa penyakit gigi dan mulut memengaruhi sekitar 3,5 miliar penduduk dunia, dengan karies gigi permanen menjadi penyakit yang paling banyak terjadi secara global (WHO, 2024). Salah satu bakteri utama penyebab karies gigi adalah *Streptococcus mutans*. Bakteri Gram positif berbentuk kokus ini memiliki kemampuan membentuk biofilm pada permukaan gigi serta menghasilkan asam melalui fermentasi karbohidrat sehingga menurunkan pH rongga mulut dan menyebabkan demineralisasi email gigi. Selain itu, *Streptococcus mutans* mampu menghasilkan polisakarida ekstraseluler yang meningkatkan adhesi dan kolonisasi bakteri pada plak gigi sehingga mempercepat proses pembentukan karies (Lemos *et al.*, 2023). Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa tingginya kolonisasi *Streptococcus mutans* berhubungan dengan peningkatan risiko terjadinya karies gigi, terutama pada individu dengan kebersihan rongga mulut yang kurang baik (Sharma *et al.*, 2022).

Pengendalian bakteri penyebab karies umumnya dilakukan melalui penggunaan antiseptik mulut dan antibiotik. *Chlorhexidine* merupakan salah satu antiseptik yang banyak digunakan karena memiliki aktivitas antibakteri yang efektif terhadap bakteri rongga mulut. Namun, penggunaan *chlorhexidine* dalam jangka panjang dilaporkan dapat menyebabkan perubahan warna gigi, iritasi mukosa, gangguan pengecap, serta perubahan keseimbangan mikrobiota oral sehingga penggunaannya perlu dibatasi. Oleh karena itu, pencarian bahan antibakteri alami yang lebih aman, efektif, dan mudah diperoleh menjadi salah satu alternatif yang terus dikembangkan dalam bidang kesehatan gigi dan mulut. Indonesia merupakan negara yang kaya akan tanaman obat yang berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif. Salah satu tanaman yang memiliki aktivitas antibakteri adalah bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Tanaman ini telah lama dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk mengatasi gangguan kesehatan, termasuk penyakit gigi dan mulut. Bunga cengkeh mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, dan minyak atsiri yang kaya akan eugenol. Eugenol merupakan komponen utama minyak atsiri cengkeh yang memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme peningkatan permeabilitas membran sel, denaturasi protein, serta gangguan metabolisme bakteri sehingga menyebabkan kematian sel mikroba (Mubeen *et al.*, 2023).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ekstrak maupun minyak atsiri bunga cengkeh memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai bakteri patogen Gram positif dan Gram negatif. Selain itu, ekstrak bunga cengkeh juga dilaporkan efektif menghambat pertumbuhan bakteri penyebab infeksi rongga mulut, termasuk *Streptococcus mutans*. Aktivitas tersebut terutama dikaitkan dengan kandungan eugenol yang mampu menghambat pembentukan biofilm, merusak membran sel bakteri, serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab karies (Mubeen *et al.*, 2023). Selain memiliki

aktivitas antibakteri, bunga cengkeh juga diketahui memiliki aktivitas antiinflamasi dan antioksidan yang berpotensi mendukung kesehatan jaringan rongga mulut (Alam *et al.*, 2023). Pengujian aktivitas antibakteri secara *in vitro* merupakan tahap awal yang penting untuk mengevaluasi efektivitas suatu bahan terhadap pertumbuhan bakteri. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah metode difusi cakram (*Kirby-Bauer disc diffusion*), yaitu metode yang mengukur diameter zona hambat sebagai indikator sensitivitas bakteri terhadap suatu agen antibakteri. Metode ini direkomendasikan oleh *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) sebagai salah satu prosedur baku dalam pengujian aktivitas antimikroba (CLSI, 2024). Melalui metode tersebut dapat diketahui kemampuan ekstrak bunga cengkeh dalam menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* pada berbagai konsentrasi sehingga dapat ditentukan konsentrasi yang memberikan aktivitas antibakteri paling efektif.

Berdasarkan uraian tersebut, diketahui bahwa *Streptococcus mutans* merupakan bakteri utama penyebab karies gigi, sementara penggunaan antiseptik sintetis masih memiliki keterbatasan akibat efek samping penggunaan jangka panjang. Bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) mengandung senyawa bioaktif, terutama eugenol, yang berpotensi sebagai agen antibakteri alami terhadap bakteri penyebab karies. Oleh karena itu, penelitian mengenai uji efek antibakteri ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara *in vitro* penting dilakukan untuk mengevaluasi potensi dan efektivitasnya sebagai alternatif bahan alami dalam pencegahan karies gigi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek antibakteri ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara *in vitro*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan pendekatan *post test only control group design* yang bertujuan untuk mengetahui efek antibakteri ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara *in vitro*. Penelitian dilakukan di laboratorium mikrobiologi dengan menggunakan biakan murni *Streptococcus mutans* sebagai objek pengujian. Ekstrak bunga cengkeh diperoleh melalui metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96%. Simplisia bunga cengkeh dikeringkan, dihaluskan, kemudian dimaserasi selama 3 × 24 jam. Filtrat hasil penyaringan diuapkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak kemudian dibuat dalam beberapa konsentrasi perlakuan, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Uji efek antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram (*Kirby-Bauer*). Suspensi bakteri *Streptococcus mutans* yang telah disesuaikan dengan standar McFarland 0,5 diinokulasikan pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA). Kertas cakram steril yang telah diberi ekstrak bunga cengkeh diletakkan pada permukaan media. Kelompok penelitian terdiri atas kontrol positif (chlorhexidine 0,2%), kontrol negatif (DMSO atau aquadest steril), serta kelompok perlakuan berdasarkan variasi konsentrasi ekstrak. Seluruh media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, kemudian diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm). Data hasil pengukuran dianalisis secara statistik menggunakan uji *One Way ANOVA*

untuk mengetahui perbedaan efek antibakteri antar kelompok perlakuan dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

HASIL

Hasil penelitian disajikan sebagai berikut:

Tabel 1.
Hasil Pengamatan Luas Zona Hambat Ekstrak Bunga Cengkeh terhadap
Bakteri *Streptococcus mutans* Secara *In Vitro*

Kelompok Perlakuan	Pengulangan I (mm ²)	Pengulangan II (mm ²)	Pengulangan III (mm ²)	Rata-rata (mm ²)
Cengkeh 40%	20,06	17,61	18,71	18,79
Cengkeh 60%	21,17	21,21	17,92	20,10
Cengkeh 80%	24,61	31,33	27,89	27,94
Kontrol Positif (Ciprofloxacin)	36,87	40,16	38,67	38,57
Kontrol Negatif (Aquades)	0,00	0,00	0,00	0,00

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) pada seluruh konsentrasi perlakuan menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans* yang ditandai dengan terbentuknya luas zona hambat pada setiap pengulangan. Pada konsentrasi 40%, rata-rata luas zona hambat yang terbentuk sebesar 18,79 mm². Selanjutnya, pada konsentrasi 60% terjadi peningkatan daya hambat dengan rata-rata luas zona hambat sebesar 20,10 mm². Konsentrasi ekstrak bunga cengkeh 80% menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi di antara seluruh kelompok perlakuan ekstrak, dengan rata-rata luas zona hambat sebesar 27,94 mm². Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak bunga cengkeh cenderung meningkatkan kemampuan penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*.

Pada kelompok kontrol positif menggunakan ciprofloxacin diperoleh rata-rata luas zona hambat paling besar, yaitu 38,57 mm², yang menunjukkan uji efek antibakteri lebih tinggi dibandingkan seluruh konsentrasi ekstrak bunga cengkeh. Sebaliknya, kontrol negatif berupa aquades tidak menghasilkan zona hambat sama sekali (0,00 mm²) pada seluruh pengulangan, sehingga menunjukkan bahwa aquades tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara peningkatan konsentrasi ekstrak bunga cengkeh dengan luas zona hambat yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak, maka semakin besar kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*.

Tabel 2.
Rerata dan Standar Deviasi Zona Hambat Ekstrak Bunga Cengkeh terhadap
Bakteri *Streptococcus mutans* Secara *In Vitro*

Bahan Coba	n	Rerata $\pm$ SD (mm ²)	p-value
Ekstrak cengkeh 40%	3	17,78 $\pm$ 1,22	<0,001
Ekstrak cengkeh 60%	3	19,12 $\pm$ 1,91	
Ekstrak cengkeh 80%	3	26,95 $\pm$ 3,37	
Kontrol positif (Ciprofloxacin 100 mg)	3	37,56 $\pm$ 1,66	
Kontrol negatif (Aquades)	3	0,00 $\pm$ 0,00	

Keterangan : n = jumlah pengulangan; SD = standar deviasi; p-value menunjukkan hasil uji statistik perbedaan zona hambat antar kelompok perlakuan ($p < 0,05$ menunjukkan perbedaan bermakna).

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) pada seluruh konsentrasi perlakuan menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans* secara *in vitro*, yang ditandai dengan terbentuknya zona hambat pada media pengujian. Rerata zona hambat menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak bunga cengkeh yang digunakan. Pada kelompok perlakuan ekstrak bunga cengkeh konsentrasi 40%, diperoleh rerata zona hambat sebesar 17,78 $\pm$ 1,22 mm². Selanjutnya, pada konsentrasi 60% terjadi peningkatan rerata zona hambat menjadi 19,12 $\pm$ 1,91 mm². Aktivitas antibakteri tertinggi pada kelompok ekstrak bunga cengkeh ditemukan pada konsentrasi 80%, dengan rerata zona hambat sebesar 26,95 $\pm$ 3,37 mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak bunga cengkeh, maka semakin besar kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*.

Kelompok kontrol positif menggunakan ciprofloxacin 100 mg menunjukkan rerata zona hambat terbesar, yaitu 37,56 $\pm$ 1,66 mm², yang mengindikasikan bahwa ciprofloxacin memiliki efektivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan seluruh konsentrasi ekstrak bunga cengkeh. Sementara itu, kelompok kontrol negatif berupa aquades tidak menunjukkan terbentuknya zona hambat sama sekali (0,00 $\pm$ 0,00 mm²), sehingga menunjukkan bahwa aquades tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai p-value <0,001 pada seluruh kelompok perlakuan, yang berarti terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik terhadap luas zona hambat yang terbentuk. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ekstrak bunga cengkeh memiliki efek antibakteri yang signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, dengan konsentrasi 80% sebagai konsentrasi yang memberikan efek penghambatan paling optimal di antara kelompok ekstrak yang diuji.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Streptococcus mutans* secara *in vitro*, yang ditandai dengan terbentuknya zona hambat pada seluruh kelompok perlakuan. Adanya zona hambat menunjukkan bahwa senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak mampu

berdifusi ke media dan menghambat pertumbuhan bakteri di sekitar cakram uji. Zona hambat merupakan indikator sensitivitas bakteri terhadap bahan antibakteri, di mana semakin besar luas zona hambat yang terbentuk maka semakin kuat pula kemampuan suatu bahan dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pada penelitian ini terlihat bahwa seluruh konsentrasi ekstrak bunga cengkeh mampu menghasilkan daya hambat terhadap *Streptococcus mutans*, sehingga menunjukkan adanya aktivitas antibakteri yang nyata dari ekstrak tersebut (CLSI, 2024; Evary *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi ekstrak bunga cengkeh 40% menghasilkan rata-rata luas zona hambat sebesar 18,79 mm², kemudian meningkat pada konsentrasi 60% menjadi 20,10 mm², dan mencapai hasil tertinggi pada konsentrasi 80% yaitu 27,94 mm². Hasil tersebut menunjukkan adanya pola peningkatan daya hambat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar kandungan zat aktif yang terkandung sehingga jumlah senyawa antibakteri yang berdifusi pada media juga meningkat. Kondisi ini menyebabkan kemampuan penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri menjadi lebih optimal. Hubungan antara peningkatan konsentrasi ekstrak dan besarnya zona hambat telah banyak dilaporkan dalam penelitian antibakteri bahan alam, di mana efektivitas suatu ekstrak dipengaruhi oleh jumlah kandungan bioaktif yang tersedia untuk bekerja melawan mikroorganisme (Maggini *et al.*, 2024; Rehman *et al.*, 2024).

Aktivitas antibakteri bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terutama dipengaruhi oleh kandungan eugenol, yaitu komponen utama minyak atsiri cengkeh yang memiliki aktivitas antimikroba tinggi. Eugenol bekerja dengan cara merusak integritas membran sel bakteri sehingga menyebabkan peningkatan permeabilitas membran. Kerusakan membran tersebut menyebabkan kebocoran komponen penting di dalam sel seperti protein, asam nukleat, dan ion-ion penting yang berakibat pada terganggunya metabolisme bakteri. Selain itu, eugenol juga diketahui mampu menghambat aktivitas enzim seluler sehingga pertumbuhan dan reproduksi bakteri menjadi terhambat. Kandungan eugenol pada bunga cengkeh dilaporkan mencapai sekitar 70–90% dari total minyak atsiri, sehingga memberikan kontribusi besar terhadap efek antibakteri ekstrak bunga cengkeh (Maggini *et al.*, 2024; Sharma *et al.*, 2022). Selain eugenol, bunga cengkeh juga mengandung berbagai metabolit sekunder lain seperti flavonoid, tanin, alkaloid, dan saponin yang memiliki peran sinergis dalam aktivitas antibakteri. Flavonoid bekerja dengan menghambat sintesis asam nukleat serta merusak permeabilitas membran bakteri sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Tanin memiliki mekanisme kerja dengan mengendapkan protein dinding sel bakteri dan menghambat aktivitas enzim mikroba. Saponin dapat menyebabkan lisis membran sel melalui peningkatan permeabilitas membran, sedangkan alkaloid berperan menghambat pembentukan peptidoglikan pada dinding sel bakteri. Kombinasi senyawa metabolit sekunder tersebut menyebabkan ekstrak bunga cengkeh mampu memberikan efek antibakteri yang cukup kuat terhadap *Streptococcus mutans* (Alam *et al.*, 2023; Mubeen *et al.*, 2023).

Bakteri *Streptococcus mutans* merupakan bakteri Gram positif yang berperan sebagai agen utama penyebab karies gigi karena kemampuannya menghasilkan asam dari fermentasi karbohidrat dan membentuk biofilm atau plak pada permukaan gigi. Biofilm yang terbentuk menyebabkan bakteri lebih mudah berkolonisasi pada enamel gigi, sedangkan asam hasil metabolisme gula dapat menurunkan pH rongga mulut sehingga

memicu proses demineralisasi email. Kondisi ini menyebabkan kerusakan struktur gigi yang berujung pada terbentuknya karies. Oleh karena itu, penghambatan pertumbuhan *Streptococcus mutans* merupakan strategi penting dalam pencegahan penyakit karies gigi (Lemos *et al.*, 2023; Gao *et al.*, 2023). Pada penelitian ini, kontrol positif ciprofloxacin menunjukkan rata-rata luas zona hambat terbesar yaitu 38,57 mm², lebih tinggi dibandingkan seluruh kelompok ekstrak bunga cengkeh. Hal tersebut menunjukkan bahwa ciprofloxacin masih memiliki efektivitas antibakteri yang lebih kuat terhadap *Streptococcus mutans*. Ciprofloxacin merupakan antibiotik golongan fluorokuinolon yang bekerja dengan menghambat enzim DNA gyrase dan topoisomerase IV bakteri sehingga proses replikasi DNA menjadi terganggu dan menyebabkan kematian sel bakteri. Mekanisme kerja antibiotik sintetis yang spesifik menyebabkan daya hambatnya lebih tinggi dibandingkan bahan herbal yang bekerja melalui kombinasi berbagai senyawa aktif (Brunton *et al.*, 2023; Hooper & Jacoby, 2023).

Meskipun efektivitas ekstrak bunga cengkeh masih berada di bawah ciprofloxacin, penggunaan bahan herbal tetap memiliki keunggulan tersendiri. Tanaman obat seperti bunga cengkeh relatif lebih aman, mudah diperoleh, memiliki biaya lebih ekonomis, serta cenderung memberikan efek samping yang lebih rendah. Selain itu, pemanfaatan bahan herbal dapat menjadi salah satu alternatif untuk membantu mengurangi risiko resistensi antibiotik yang saat ini menjadi masalah global akibat penggunaan antibiotik secara tidak rasional (World Health Organization, 2023; World Health Organization, 2024). Kelompok kontrol negatif berupa aquades tidak menunjukkan terbentuknya zona hambat sama sekali (0,00 mm²) pada seluruh pengulangan. Hasil ini menunjukkan bahwa aquades tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* dan tidak memengaruhi pertumbuhan bakteri pada media. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa zona hambat yang terbentuk pada kelompok perlakuan berasal dari aktivitas senyawa bioaktif ekstrak bunga cengkeh, bukan dari pengaruh pelarut yang digunakan dalam penelitian. Penggunaan kontrol negatif dalam pengujian antimikroba bertujuan memastikan bahwa efek hambat yang diamati semata-mata berasal dari bahan uji dan bukan dari media atau pelarut yang digunakan (CLSI, 2024; EUCAST, 2024).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak bunga cengkeh memiliki potensi sebagai antibakteri alami terhadap *Streptococcus mutans*. Meskipun daya hambat yang dihasilkan masih lebih rendah dibandingkan ciprofloxacin, peningkatan konsentrasi ekstrak terbukti mampu meningkatkan aktivitas antibakterinya. Temuan ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa bioaktif dalam bunga cengkeh memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab karies gigi sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif dalam produk kesehatan gigi dan mulut. Pengembangan bahan alam sebagai antibakteri semakin mendapat perhatian karena dinilai lebih aman, mudah diperoleh, memiliki efek samping yang relatif lebih rendah, serta berpotensi mengurangi penggunaan antibiotik sintetis secara berlebihan (Mubeen *et al.*, 2023; Maggini *et al.*, 2024).

Aktivitas antibakteri ekstrak bunga cengkeh merupakan hasil kerja sinergis berbagai metabolit sekunder yang terkandung di dalamnya. Selain eugenol sebagai komponen utama minyak atsiri, flavonoid, tanin, alkaloid, dan saponin turut memberikan kontribusi terhadap mekanisme penghambatan pertumbuhan bakteri melalui berbagai jalur, seperti

kerusakan membran sel, penghambatan sintesis protein, gangguan pembentukan dinding sel, serta inhibisi aktivitas enzim bakteri. Sinergisme antarsenyawa tersebut menyebabkan ekstrak bunga cengkeh memiliki spektrum aktivitas antibakteri yang cukup luas terhadap berbagai bakteri patogen, termasuk bakteri penyebab infeksi rongga mulut (Alam *et al.*, 2023; Evary *et al.*, 2024).

Penelitian ini juga mendukung berbagai penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa ekstrak maupun minyak atsiri bunga cengkeh memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Perbedaan besar zona hambat antarpencapaian dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti metode ekstraksi, jenis pelarut yang digunakan, konsentrasi ekstrak, kandungan senyawa aktif, jenis media kultur, kepadatan inokulum bakteri, serta metode pengujian antibakteri. Oleh karena itu, standarisasi proses ekstraksi dan karakterisasi kandungan fitokimia menjadi aspek penting untuk memperoleh efektivitas antibakteri yang konsisten (Sharma *et al.*, 2022).

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian hanya dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode difusi cakram sehingga belum dapat menggambarkan efektivitas ekstrak bunga cengkeh dalam kondisi klinis di rongga mulut. Selain itu, penelitian ini belum melakukan identifikasi kadar eugenol maupun analisis kuantitatif senyawa metabolit sekunder lainnya yang diduga berperan terhadap aktivitas antibakteri. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan metode yang lebih komprehensif, seperti penentuan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) dan *Minimum Bactericidal Concentration* (MBC), analisis fitokimia secara kuantitatif menggunakan GC-MS atau HPLC, uji toksisitas, serta uji *in vivo* untuk memastikan efektivitas dan keamanan ekstrak bunga cengkeh sebelum dikembangkan menjadi sediaan kesehatan gigi dan mulut (CLSI, 2024; WHO, 2024; Mubeen *et al.*, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) memiliki aktivitas antibakteri terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans* secara *in vitro*, yang ditandai dengan terbentuknya zona hambat pada seluruh konsentrasi ekstrak yang diuji. Temuan ini mengindikasikan bahwa senyawa bioaktif yang terkandung dalam bunga cengkeh mampu menghambat pertumbuhan bakteri penyebab utama karies gigi. Aktivitas antibakteri tanaman herbal umumnya dipengaruhi oleh kandungan metabolit sekundernya, seperti fenol, flavonoid, tanin, alkaloid, dan terpenoid, yang bekerja melalui berbagai mekanisme, termasuk merusak membran sel, menghambat sintesis protein, dan mengganggu metabolisme bakteri (Batiha *et al.*, 2020). Pada penelitian ini, peningkatan konsentrasi ekstrak bunga cengkeh diikuti oleh peningkatan diameter zona hambat, dengan konsentrasi 80% menghasilkan rerata zona hambat terbesar dibandingkan konsentrasi 40% dan 60%. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan dosis-respons, di mana semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka semakin besar jumlah senyawa aktif yang berinteraksi dengan sel bakteri. Temuan ini sejalan dengan penelitian Cortés-Rojas *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa efektivitas antibakteri cengkeh meningkat seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak maupun minyak atsiri karena kandungan eugenol yang semakin tinggi. Senyawa eugenol diketahui memiliki kemampuan tinggi dalam merusak integritas membran sitoplasma bakteri sehingga menyebabkan kebocoran komponen intraseluler dan akhirnya menghambat pertumbuhan bakteri.

Efektivitas ekstrak bunga cengkeh terhadap *Streptococcus mutans* juga didukung oleh penelitian Chaieb *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa minyak atsiri cengkeh memiliki spektrum antibakteri yang luas terhadap bakteri Gram positif, termasuk *S. mutans*. Eugenol sebagai komponen utama mampu mengganggu permeabilitas membran sel, menghambat aktivitas enzim respirasi, serta menyebabkan denaturasi protein bakteri. Mekanisme tersebut menyebabkan penurunan viabilitas bakteri sehingga pembentukan koloni dapat ditekan secara signifikan. Selain eugenol, aktivitas antibakteri bunga cengkeh dipengaruhi oleh keberadaan senyawa flavonoid dan tanin yang bekerja secara sinergis. Flavonoid mampu membentuk kompleks dengan protein dinding sel bakteri sehingga menghambat permeabilitas membran, sedangkan tanin menyebabkan presipitasi protein dan menghambat aktivitas enzim bakteri. Nazzaro *et al.* (2017) menjelaskan bahwa kombinasi berbagai senyawa fenolik dalam minyak atsiri tanaman menghasilkan efek antibakteri yang lebih kuat dibandingkan penggunaan senyawa tunggal karena adanya mekanisme kerja multipel terhadap struktur dan fungsi sel bakteri.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa ekstrak bunga cengkeh belum mampu menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan kontrol positif ciprofloxacin. Kondisi tersebut merupakan hal yang wajar mengingat antibiotik sintetis memiliki senyawa aktif tunggal dengan konsentrasi yang terstandarisasi serta mekanisme kerja yang lebih spesifik terhadap bakteri. Meskipun demikian, kemampuan ekstrak bunga cengkeh menghasilkan zona hambat yang relatif besar menunjukkan potensinya sebagai agen antibakteri alami. Burt (2017) menyatakan bahwa efektivitas minyak atsiri tanaman umumnya lebih rendah dibandingkan antibiotik sintetis, namun memiliki keunggulan berupa rendahnya risiko resistensi, toksisitas yang lebih kecil, serta memiliki lebih dari satu mekanisme penghambatan terhadap mikroorganisme. Analisis statistik pada penelitian ini menunjukkan nilai $p\text{-value} < 0,001$, yang mengindikasikan bahwa pemberian ekstrak bunga cengkeh memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak berhubungan erat dengan peningkatan daya hambat terhadap bakteri. Penelitian Marchese *et al.* (2017) juga melaporkan bahwa senyawa eugenol memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap berbagai bakteri patogen mulut melalui mekanisme gangguan membran sel, penghambatan pembentukan biofilm, dan penurunan produksi faktor virulensi sehingga berkontribusi terhadap berkurangnya kemampuan bakteri dalam menyebabkan infeksi.

Kemampuan ekstrak bunga cengkeh dalam menghambat *Streptococcus mutans* juga berkaitan dengan karakteristik bakteri tersebut sebagai pembentuk biofilm pada permukaan gigi. Biofilm berperan penting dalam perkembangan karies karena melindungi bakteri dari lingkungan luar dan meningkatkan toleransi terhadap agen antimikroba. Karygianni *et al.* (2020) menjelaskan bahwa berbagai senyawa alami yang kaya fenol, termasuk eugenol, mampu menghambat pembentukan biofilm, menurunkan adhesi bakteri pada permukaan gigi, serta mengurangi produksi polisakarida ekstraseluler yang berperan dalam pembentukan plak. Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting dalam pengembangan bahan alami untuk kesehatan rongga mulut. Penggunaan tanaman herbal sebagai agen antibakteri semakin mendapat perhatian karena meningkatnya kejadian resistensi antibiotik serta tingginya kebutuhan masyarakat terhadap produk kesehatan berbasis bahan alam. Menurut Daglia (2018), senyawa bioaktif dari tanaman rempah

memiliki prospek besar sebagai bahan aktif dalam formulasi obat kumur, pasta gigi, maupun gel oral karena mampu menghambat pertumbuhan bakteri kariogenik tanpa menimbulkan efek samping yang berat apabila digunakan dalam konsentrasi yang sesuai.

Potensi bunga cengkeh sebagai antibakteri alami juga didukung oleh penelitian Batiha *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa *Syzygium aromaticum* memiliki aktivitas antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, dan analgesik yang berasal dari kandungan eugenol, eugenyl acetate, β -caryophyllene, flavonoid, dan berbagai senyawa fenolik lainnya. Kombinasi aktivitas biologis tersebut menjadikan bunga cengkeh berpotensi digunakan tidak hanya untuk menghambat pertumbuhan bakteri penyebab karies, tetapi juga membantu mengurangi proses inflamasi pada jaringan rongga mulut. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan karena dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode difusi cakram sehingga belum sepenuhnya menggambarkan kondisi rongga mulut yang kompleks. Faktor seperti saliva, pembentukan biofilm multispecies, pH rongga mulut, dan interaksi dengan jaringan oral dapat memengaruhi efektivitas antibakteri ekstrak bunga cengkeh. Oleh karena itu, penelitian lanjutan berupa uji toksisitas, penentuan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) dan *Minimum Bactericidal Concentration* (MBC), formulasi sediaan farmasi, serta uji klinis pada manusia perlu dilakukan agar manfaat ekstrak bunga cengkeh sebagai alternatif antibakteri alami dapat dibuktikan secara lebih komprehensif (Raut & Karuppaiyil, 2018).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) mempunyai aktivitas antibakteri terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans* yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pada seluruh konsentrasi ekstrak. Peningkatan konsentrasi ekstrak menghasilkan peningkatan luas zona hambat sehingga menunjukkan hubungan positif antara konsentrasi ekstrak dengan efektivitas antibakterinya. Temuan ini memperkuat potensi bunga cengkeh sebagai sumber antibakteri alami yang dapat dikembangkan sebagai alternatif atau bahan pendukung dalam pencegahan karies gigi melalui pemanfaatan produk kesehatan berbasis bahan alam.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*) memiliki efek antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara *in vitro*. Seluruh konsentrasi ekstrak bunga cengkeh (40%, 60%, dan 80%) mampu membentuk zona hambat, yang menunjukkan adanya aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri. Konsentrasi ekstrak bunga cengkeh 80% merupakan konsentrasi yang paling efektif dengan rerata zona hambat terbesar sebesar $26,95 \pm 3,37$ mm², meskipun efektivitasnya masih lebih rendah dibandingkan kontrol positif ciprofloxacin ($37,56 \pm 1,66$ mm²). Hasil analisis statistik menunjukkan nilai p-value <0,001, yang menandakan adanya pengaruh signifikan ekstrak bunga cengkeh terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Dengan demikian, ekstrak bunga cengkeh berpotensi dikembangkan sebagai alternatif antibakteri alami dalam pencegahan karies gigi dan pemeliharaan kesehatan rongga mulut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta fasilitas selama proses penelitian ini berlangsung, khususnya kepada institusi pendidikan, laboratorium tempat penelitian dilaksanakan, dosen pembimbing, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- Alam, M., Rahman, M., & Islam, S. (2023). Pharmacological properties of *Syzygium aromaticum*: A comprehensive review. *Journal of Herbal Medicine*, 39, 100678.
- Batiha, G. E. S., Alkazmi, L. M., Wasef, L. G., Beshbishy, A. M., Nadwa, E. H., & Rashwan, E. K. (2020). *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities. *Biomolecules*, 10(2), 202. <https://doi.org/10.3390/biom10020202>
- Brunton, L. L., Hilal-Dandan, R., & Knollmann, B. C. (2023). *Goodman & Gilman's the pharmacological basis of therapeutics* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Burt, S. (2017). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.
- Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., et al. (2017). The chemical composition and biological activity of clove essential oil. *Phytotherapy Research*, 21(6), 501–506.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2024). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (34th ed.). CLSI.
- Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R. F., & Oliveira, W. P. (2017). Clove (*Syzygium aromaticum*): A precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), 90–96.
- Daglia, M. (2018). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181.
- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. (2024). *EUCAST disk diffusion method for antimicrobial susceptibility testing* (Version 12.0).
- Evary, Y. M., Djide, N. J. N., & Aulia, I. N. (2024). Discovery of active antibacterial fractions of different plant part extracts of clove (*Syzygium aromaticum*) against *Streptococcus mutans*. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 12(4), 625–633.
- Gao, Z., Chen, X., Wang, C., et al. (2023). New strategies and mechanisms for targeting *Streptococcus mutans* biofilm formation to prevent dental caries. *Microbiological Research*, 278, 127526.
- Hooper, D. C., & Jacoby, G. A. (2023). Mechanisms of action and resistance of fluoroquinolones. *Clinical Infectious Diseases*, 76(Suppl. 2), S95–S103.

- Karygianni, L., Ren, Z., Koo, H., & Thurnheer, T. (2020). Biofilm matrixome: Extracellular components in structured microbial communities. *Trends in Microbiology*, 28(8), 668–681.
- Lemos, J. A., Quivey, R. G., Koo, H., & Abranches, J. (2023). The biology and virulence of *Streptococcus mutans*. *Microbiology Spectrum*, 11(2), e03875-22.
- Maggini, V., Semenzato, G., Gallo, E., Nunziata, A., Fani, R., & Firenzuoli, F. (2024). Antimicrobial activity of *Syzygium aromaticum* essential oil in human health treatment. *Molecules*, 29(5), 999. <https://doi.org/10.3390/molecules29050999>
- Marchese, A., Barbieri, R., Coppo, E., et al. (2017). Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: A mechanistic viewpoint. *Critical Reviews in Microbiology*, 43(6), 668–689.
- Mubeen, S., et al. (2023). Antibacterial and antibiofilm activities of *Syzygium aromaticum*: A systematic review. *Plants*, 12(9), 1796.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2017). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474.
- Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2018). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250–264.
- Rehman, K., et al. (2024). Evaluation of *Syzygium aromaticum* extract as an antibacterial and antibiofilm agent against dental pathogens. *Frontiers in Microbiology and Biotechnology*, 3(1), 1–9.
- Sharma, P., et al. (2022). Essential oils from clove (*Syzygium aromaticum*) as natural antimicrobial agents: A review. *Molecules*, 27(21), 7345.
- Silva, N. C. C., & Fernandes Júnior, A. (2017). Biological properties of medicinal plants: A review of their antimicrobial activity. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 16, 402–413.
- World Health Organization. (2023). *Global research agenda for antimicrobial resistance in human health*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2024). *Antimicrobial resistance*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>