
Efektivitas Gallic Acid Sebagai Agen Antibakterial: Tinjauan Literatur

Fayza Nurhaliza Yasmine

Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Indonesia

Alamat: Jl. Dr. Ir. Soekarno, Mulyorejo, Kec. Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur 60115

Korespondensi penulis: fayza.nurhaliza.yasmine-2021@fkm.unair.ac.id

Abstract. Gallic Acid (GA) is a polyphenolic compound widely found in plants and has shown potential as a natural antibacterial agent. This literature review aims to assess the effectiveness of gallic acid as an antibacterial based on available experimental studies. The reviewed articles include studies published between 2015 and 2025 that specifically investigated the antibacterial activity of gallic acid against pathogenic bacteria. Various studies have demonstrated that GA, either in its pure form or in combination with other materials such as hydrogels, gold nanoparticles (AuNP-GA), graphene oxide (GO-GA), and natural extracts, exhibits significant antibacterial activity against a wide range of bacteria, including *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and other pathogenic bacteria. GA-based formulations also show additional benefits, such as promoting wound healing, supporting osteogenesis, and even exerting cytotoxic effects on certain cancer cells. Nevertheless, further research is needed to optimize the clinical application of gallic acid by considering both its safety and efficacy.

Keywords: Gallic Acid, Antibacterial Agents, Antibacterial Activity, Antibacterial Mechanism

Abstrak. Gallic Acid (GA) merupakan senyawa polifenol yang banyak ditemukan dalam tumbuhan dan memiliki potensi sebagai agen antibakterial alami. Literatur review ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas gallic acid sebagai antibakterial berdasarkan penelitian eksperimental yang telah dilakukan. Artikel yang ditinjau meliputi studi terbitan tahun 2015-2025 yang secara spesifik meneliti aktivitas antibakterial gallic acid terhadap bakteri patogen. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa GA, baik dalam bentuk murni maupun kombinasi seperti hidrogel, nanopartikel emas (AuNP-GA), graphene oxide (GO-GA), dan ekstrak alami, mampu memberikan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap berbagai jenis bakteri, termasuk *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan bakteri patogen lainnya. Formulasi berbasis GA juga menunjukkan keunggulan lain seperti kemampuan mempercepat penyembuhan luka, mendukung osteogenesis, dan bahkan memberikan efek sitotoksik pada sel kanker tertentu. Meskipun demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk optimalisasi penggunaan gallic acid secara klinis dengan mempertimbangkan keamanan dan efikasi.

Kata kunci: Asam Galat, Agen Antibakterial, Aktivitas Antibakterial, Mekanisme Antibakterial

1. LATAR BELAKANG

Infeksi bakteri merupakan salah satu masalah kesehatan global yang memerlukan perhatian serius. Penyebaran bakteri patogen resisten antibiotik konvensional telah menjadi ancaman besar di dunia medis. Sebagaimana dilaporkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia, resistensi antibiotik telah menjadi salah satu tantangan utama dalam pengelolaan infeksi bakteri yang menyebabkan peningkatan aliran morbiditas dan mortalitas global. Oleh karena itu, untuk mengatasinya, agen antibakteri yang efektif dan aman harus ditemukan sebagai alternatif baru. Salah satu senyawa alami yang menarik perhatian dalam penelitian antibakteri adalah asam galat (gallic acid), yang merupakan senyawa fenolik dengan berbagai aktivitas biologis.

Asam galat merupakan senyawa polifenol yang banyak ditemukan dalam berbagai sumber alami, seperti teh hijau (*Camellia sinensis*), anggur (*Vitis vinifera*), dan tanaman obat lainnya (Choubey, *et al.*, 2015). Senyawa ini dikenal memiliki sifat antioksidan, antiinflamasi,

dan antikanker, serta dilaporkan memiliki potensi sebagai agen antibakteri (Badhani, *et al.*, 2015). Aktivitas antibakteri dari asam galat diyakini berasal dari kemampuannya dalam merusak membran sel bakteri, menghambat enzim esensial, serta menginduksi stres oksidatif dalam sel mikroba (Sánchez-Maldonado, *et al.*, 2011). Namun, efektivitasnya sebagai agen antibakteri masih menjadi perdebatan karena hasil penelitian yang beragam.

Mekanisme antibakteri asam galat melibatkan beberapa proses, termasuk gangguan pada struktur membran sel bakteri yang mengakibatkan kebocoran ion dan makromolekul esensial. Selain itu, asam galat juga diketahui dapat menghambat enzim metabolisme bakteri, seperti DNA *gyrase* dan *topoisomerase*, yang berperan penting dalam replikasi DNA dan kelangsungan hidup bakteri (Ou, *et al.*, 2013). Studi lebih lanjut juga menunjukkan bahwa asam galat dapat meningkatkan produksi spesies oksigen reaktif (ROS), yang menyebabkan stres oksidatif dan akhirnya kematian sel bakteri.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa asam galat memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai bakteri patogen. Studi yang dilakukan oleh Karamac, *et al.* (2010) melaporkan bahwa asam galat mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan mekanisme yang berkaitan dengan peningkatan permeabilitas membran sel. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa asam galat memiliki sinergi dengan antibiotik tertentu, meningkatkan efektivitas pengobatan terhadap bakteri yang resisten terhadap obat (Tagousop, *et al.*, 2018).

Di sisi lain, beberapa penelitian melaporkan bahwa asam galat murni tidak memiliki efek antibakteri yang signifikan, tetapi kombinasi dengan senyawa fenolik lainnya dapat meningkatkan aktivitas antibakterinya (Chung, *et al.*, 1993). Studi terhadap ekstrak tumbuhan yang kaya akan asam galat menunjukkan bahwa aktivitas antibakterinya tidak hanya bergantung pada asam galat saja, tetapi juga pada interaksi dengan senyawa bioaktif lainnya, seperti flavonoid dan tanin (Nohynek *et al.*, 2006). Hal ini menunjukkan bahwa efek antibakteri dari asam galat mungkin lebih efektif dalam bentuk ekstrak alami dibandingkan dalam bentuk senyawa murni.

Keunggulan utama dari asam galat sebagai agen antibakteri adalah sifat alaminya yang relatif aman bagi sel inang serta memiliki bioavailabilitas yang baik. Namun, tantangan utama dalam aplikasinya adalah stabilitas dan efektivitas dalam lingkungan fisiologis. Untuk meningkatkan efektivitas terapeutiknya, beberapa penelitian telah mengeksplorasi berbagai strategi, seperti enkapsulasi asam galat dalam nanopartikel atau kombinasi dengan antibiotik konvensional untuk meningkatkan spektrum aktivitasnya (Sardella, *et al.*, 2021).

Selain sebagai agen antibakteri, asam galat juga memiliki potensi dalam pengobatan infeksi yang melibatkan biofilm bakteri. Biofilm merupakan agregat mikroorganisme yang tertanam dalam matriks ekstraseluler, yang membuatnya lebih resisten terhadap antibiotik konvensional. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa asam galat dapat mengganggu pembentukan biofilm serta menghambat ekspresi gen yang terkait dengan virulensi bakteri (Zhou, *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa asam galat memiliki potensi yang lebih luas dalam pengendalian infeksi bakteri, baik dalam bentuk planktonik maupun biofilm.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, kajian literatur ini bertujuan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan membandingkan temuan terkait efektivitas asam galat sebagai agen antibakteri. Kajian ini akan mengeksplorasi mekanisme kerja, dan spektrum aktivitas antibakteri. Dengan meninjau berbagai studi yang tersedia, diharapkan kajian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai potensi asam galat sebagai agen antibakteri serta implikasi terapinya di masa depan.

2. KAJIAN TEORITIS

Gallic Acid (GA) atau asam galat adalah senyawa fenolik alami yang ditemukan dalam berbagai tumbuhan dan telah dikenal memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi efektivitas GA terhadap berbagai bakteri patogen, termasuk strain yang resisten terhadap berbagai obat.

GA memiliki aktivitas bakterisidal terhadap *Escherichia coli*. GA bekerja dengan merusak membran sel bakteri dan menghambat pembentukan biofilm, yang merupakan faktor penting dalam resistensi bakteri (Barcelo, *et al.*, 2014). Penelitian oleh Flores-Maldonado, *et al.* (2024) menemukan bahwa GA dan metil galat efektif melawan bakteri non-fermentasi seperti *Stenotrophomonas maltophilia*, *Achromobacter xylosoxidans*, dan *Burkholderia cenocepacia*. Kedua senyawa ini tidak hanya menghambat pertumbuhan bakteri, tetapi juga mengurangi aktivitas metabolik dan pembentukan biofilm, serta meningkatkan kelangsungan hidup larva yang terinfeksi bakteri dalam model *in vivo*.

Selain itu, kombinasi GA dan karvakrol mampu memberantas biofilm matang dari *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. Kombinasi ini meningkatkan efek antibakteri dibandingkan penggunaan individu, menunjukkan potensi terapi kombinasi dalam mengatasi infeksi biofilm yang sulit diobati (Gobin *et al.*, 2022).

Penelitian-penelitian tersebut menegaskan bahwa asam galat memiliki potensi besar sebagai agen antibakteri, baik secara individu maupun dalam kombinasi dengan senyawa lain.

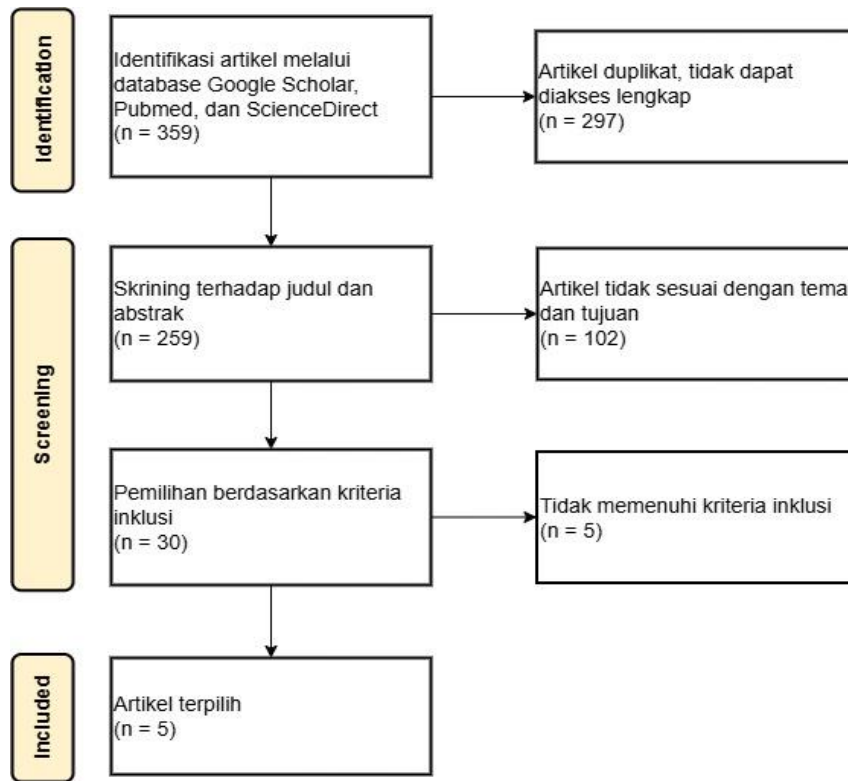
Aktivitasnya meliputi penghambatan pertumbuhan bakteri, perusakan membran sel, penghambatan pembentukan biofilm, dan peningkatan efektivitas antibiotik konvensional.

3. METODE PENELITIAN

Tinjauan literatur ini dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan artikel penelitian eksperimental yang relevan dari berbagai database jurnal online seperti PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi "gallic acid", "agen antibacterial", "antibacterial activity", "antibacterial mechanism", dan kombinasi dari kata kunci tersebut. Artikel yang diseleksi adalah artikel penelitian eksperimental yang diterbitkan dalam rentang tahun 2015-2025 dan secara khusus meneliti aktivitas antibakterial *gallic acid* terhadap bakteri patogen.

Analisis dilakukan secara deskriptif dengan menggabungkan dan menafsirkan hasil dari berbagai penelitian. Proses seleksi artikel diawali dengan penelusuran literatur menggunakan kata kunci yang telah ditentukan. Artikel yang ditemukan kemudian diskrining berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai relevansinya dengan topik penelitian. Artikel yang lolos skrining awal selanjutnya dibaca secara lengkap untuk memastikan bahwa artikel tersebut memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi meliputi jenis artikel (penelitian eksperimental), rentang tahun publikasi, dan fokus penelitian pada aktivitas antibakterial *gallic acid* terhadap bakteri patogen.

Setelah proses seleksi selesai, data yang relevan dari artikel terpilih diekstraksi dan dikompilasi dalam format yang terstruktur. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan dan mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian. Proses ini memungkinkan identifikasi pola, kesamaan, dan perbedaan dalam hasil penelitian, serta membantu menarik kesimpulan yang komprehensif tentang aktivitas antibakterial *gallic acid* dan mekanisme kerjanya. Proses seleksi artikel dapat dilihat pada Gambar 1.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Aktivitas Antibakterial *Gallic Acid* terhadap Berbagai Bakteri

No.	Desain Penelitian	Metode	Dosis	Durasi	Hasil	Referensi
1	Studi eksperimental in vitro dan in vivo Sampel: enam belas ekor tikus	Penelitian ini mengembangkan hidrogel komposit berbasis CS-GA, HA-ALD, dan PDA@HAP melalui reaksi Schiff-base, dikarakterisasi dengan FTIR, UV-vis, NMR, SEM, XRD, dan uji rheometer. Uji in vitro dan in vivo menunjukkan biokompatibilitas dan kemampuan osteogenik menggunakan sel BMSC dan model defek kranial tikus. Selain itu, nanopartikel hNF disintesis dari asam galat dan ion Cu(II)/Zn(II), dikarakterisasi (SEM, EDX, XRD, FTIR), lalu diuji aktivitas antimikroba (MIC, MBC/MFC) dan sitotoksitasnya pada sel A549 dan MCF7.	PDA@HP Trishydrochloride buffer 90 ml, ethanol 10 ml, HAP: 2 g, dopamin hidroklorida 1 mg/ml HA-ALD Asam hialuronat (HA) 1 g, air (H₂O) 100 ml, sodium periodat (NaIO₄) 1 g, etilen glikol 3 ml CS-GA Kitosan (CS) 1 wt% dalam larutan HCl 5 M, air 50 ml, GA, EDC (N-(3-Dimethylaminopropyl)-N'-ethylcarbodiimide hydrochloride), NHS (N-Hidroksisuksinimida) CGH/PDA@HAP Hydrogel	21 hari	- Hidrogel CGH/PDA@HAP memiliki kemampuan penyembuhan diri, dapat diinjeksi, dan memiliki stabilitas struktur yang baik. - Hidrogel mendukung adhesi, proliferasi, dan diferensiasi osteogenik sel BMSCs, dengan peningkatan aktivitas ALP, mineralisasi matriks, dan ekspresi gen osteogenesis - Meningkatkan pembentukan tulang baru pada model defek kranial tikus, ditunjukkan dengan nilai BV/TV lebih tinggi dan penurunan Tb.Sp. - Modifikasi dengan asam galat efektif melawan <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>, mengurangi risiko infeksi pada luka.	(Pang, <i>et al.</i> , 2023)

			HA-ALD 1 wt% dalam larutan CS-GA 2 wt%, PDA@HAP 1 wt% dalam larutan HA-ALD 5 wt%			
2	Studi eksperimental laboratorium secara in vitro	Sintesis hNF: Pencampuran larutan asam galat dengan ion Cu(II) atau Zn(II) dalam buffer pH 7,4, diikuti inkubasi, sentrifugasi, dan pengeringan. Karakterisasi: SEM, EDX, pemetaan elemen, XRD, dan FTIR. Uji antimikroba: MIC dan MBC/MFC dengan metode mikrodilusi. Uji sitotoksitas: Assay MTT pada sel A549 dan MCF7 dengan berbagai konsentrasi hNF	Sintesis Gallic Acid–Cu hNFs CuSO₄·5H₂O (Tembaga(II) sulfat pentahidrat) 120 mM, PBS (pH 7,4) 8 mL dengan konsentrasi 10 mM, asam galat 0,02 mg/mL Sintesis Gallic Acid–Zn hNFs Zn(CH₃COO)₂·2H₂O (Seng(II) asetat dihidrat) 18,3 mM, asam galat: 16 mg, phosphate buffer (pH 7,4) 20 mL	4 hari	- Sintesis hNF: Gallic acid–Cu(II) dan Gallic acid–Zn(II) berhasil disintesis dengan morfologi menyerupai bunga. - Karakterisasi: EDX dan XRD mengonfirmasi pembentukan nanokristal Cu₃(PO₄)₂·3H₂O dan Zn₃(PO₄)₂·4H₂O. - Uji Antimikroba: hNFs menunjukkan inhibisi tinggi, terutama terhadap <i>S. aureus</i> (Gram-positif). - Uji Sitotoksitas (MTT): hNFs berbasis Cu(II): Aktivitas antikanker kuat, menyebabkan 65–67% kematian sel. hNFs berbasis Zn(II): Inhibisi lebih rendah dibandingkan Cu(II).	(Yilmaz, 2024)
3	Studi eksperimental laboratorium secara in vitro	Preparasi Sampel: Daun zaitun & biji arugula dibersihkan, dikeringkan (50°C, 48 jam), dan dihaluskan. Difiltrasi menggunakan Buckner funnel & kertas saring Whatman No. 1. Disimpan pada 40°C untuk menjaga sifat antibakteri. Uji Aktivitas Antibakteri: Kultur bakteri menggunakan Mueller-Hinton Agar, uji difusi cakram dengan ekstrak dalam metanol mumi Uji Fitokimia: Deteksi tannin, steroid, saponin, alkaloid, terpen, sterol tak jenuh, dan flavonoid. untuk dikaitkan dengan aktivitas antibakteri. Analisis Data: Tiga ulangan, dianalisis dengan one-way ANOVA ($p < 0.05$).	Daun zaitun dan biji arugula <250 µm, ekstrak metanol daun zaitun dan biji arugula 500-2000 µg/ml	5 hari	- Nilai MIC dan MBC menunjukkan bahwa untuk <i>S. aureus</i>, ekstrak arugula memiliki MIC lebih rendah (70 µg/mL) dibandingkan ekstrak zaitun (90 µg/mL), sedangkan gallic acid (standar) menunjukkan nilai MIC terendah (30 µg/mL). Untuk <i>Bacillus cereus</i>, nilai MIC juga lebih rendah pada ekstrak arugula dibandingkan ekstrak zaitun, meskipun nilai MBC cenderung tinggi untuk kedua ekstrak bila dibandingkan dengan gallic acid. - Kedua ekstrak memiliki potensi antibakteri yang signifikan, dengan ekstrak biji arugula menunjukkan aktivitas yang lebih baik terhadap <i>S. aureus</i>.	(Salih, et al., 2025)
4	Studi eksperimental laboratorium secara in vitro	Sintesis AuNP–GA dilakukan dengan mencampurkan GA dalam konsentrasi	Konsentrasi GA: 10 mM, 30 mM, dan 50 mM	14 hari	AuNP–GA memiliki aktivitas antibakteri tinggi, dengan MIC lebih rendah (30–50 mM) dibanding GA murni terhadap <i>P.</i>	(Rattana, et al., 2016)

		berbeda dengan larutan AuNP komersial pada kondisi pH 7.5, yang kemudian diaduk selama 4 jam pada 50°C. Aktivitas antibakteri dievaluasi menggunakan metode difusi sumur pada media agar (Mueller-Hinton agar). Mekanisme kerja dikaji dengan SEM untuk mengamati kerusakan membran bakteri dan FTIR microspectroscopy yang dilanjutkan dengan analisis PCA			shigelloides dan <i>S. flexneri</i> B. • SEM menunjukkan kerusakan membran bakteri setelah perlakuan dengan AuNP-GA. • FTIR + PCA mengindikasikan gangguan besar pada lipid, protein, dan asam nukleat, menunjukkan disrupsi struktur dan integritas membran sel. • Konjugasi GA dengan AuNP meningkatkan efektivitas antibakteri melalui gangguan komposisi membran bakteri.	
5	Studi eksperimental laboratorium secara in vitro	Metode Hummers yang dimodifikasi digunakan untuk sintesis GO; GA ditambahkan ke dalam GO pada kondisi pH tertentu untuk menghasilkan GAGO. Untuk menunjukkan efisiensi pemuatan dan kapasitas pemuatan GA, SEM digunakan untuk menunjukkan morfologi dan ketebalan struktur, spektroskopi Raman untuk memverifikasi perubahan struktur, dan FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang menunjukkan interaksi antara GO dan GA. Menggunakan teknik disk difusi pada media agar terhadap MRSA, aktivitas antibakteri dinilai dengan mengukur zona inhibisi pada berbagai konsentrasi nanoformulasi.	GA 0.25 g yang dilarutkan dalam 50 mL air destilasi	3 hari	Hasil menunjukkan bahwa GAGO dapat disintesis dengan baik dengan konsistensi batch, memiliki efisiensi pemuatan sekitar 76%, dan kapasitas pemuatan GA sebesar 0,942 g/g. Secara morfologis, GAGO tampak seperti film tipis yang sangat berbeda dari GO murni. Uji antibakteri menunjukkan bahwa nanoformulasi GAGO meningkatkan aktivitas antibakteri GA, dengan konsentrasi yang lebih rendah (sekurang-kurangnya 300 g/mL) menghasilkan zona inhibisi. Temuan ini menyoroti potensi GAGO sebagai agen antibakteri alternatif untuk melawan bakteri resisten.	(Shamsi a, et al., 2018)

Penelitian terkait potensi antibakteri dan antimikroba dari *Gallic Acid* (GA) pada berbagai formulasi dan metode pengembangan menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Salah satu penelitian oleh Pang et al. (2023) membuktikan bahwa formulasi hidrogel CS-GA yang dimodifikasi dengan PDA@HAP memiliki sifat injeksi yang baik, kemampuan penyembuhan diri, stabilitas yang tinggi, serta mendukung osteogenesis pada model in vivo. Selain itu, hidrogel ini menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, menunjukkan bahwa senyawa GA mampu meningkatkan efektivitas material biomaterial dalam penyembuhan luka. Temuan ini

mendukung potensi GA sebagai agen antibakteri yang tidak hanya efektif tetapi juga aman untuk aplikasi biomaterial.

Penelitian yang dilakukan oleh Yilmaz (2024) menunjukkan bahwa nanoflower berbasis GA-Cu(II) dan GA-Zn(II) (hNFs) memiliki bentuk morfologi khas yang berperan dalam aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Selain itu, senyawa GA-Cu(II) menunjukkan efek sitotoksik yang lebih kuat terhadap sel kanker (A549 dan MCF7) dibandingkan GA-Zn(II), memberikan potensi ganda sebagai antibakteri sekaligus antikanker. Hasil ini menunjukkan bahwa gallic acid dalam bentuk nanoflower berpotensi dikembangkan sebagai agen terapi multifungsi yang efektif dalam mengatasi infeksi dan kanker sekaligus.

Selain itu, ekstrak dari daun zaitun dan biji arugula yang mengandung gallic acid (Salih et al., 2025) menunjukkan aktivitas antibakteri yang cukup baik. Meskipun aktivitasnya lebih rendah dibandingkan *gallic acid* murni, namun hasilnya tetap signifikan terhadap *S. aureus*. Hal ini memberikan gambaran bahwa kombinasi gallic acid dari sumber alami dapat dimanfaatkan sebagai agen antibakteri alternatif. Temuan ini mendukung pemanfaatan *gallic acid* dari sumber alami sebagai alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan dibandingkan antibakteri sintetis.

Penelitian oleh Rattanata et al. (2016) yang menggabungkan *gallic acid* dengan nanopartikel emas (AuNP-GA) menunjukkan bahwa modifikasi ini mampu meningkatkan aktivitas antibakteri secara signifikan. Hasil FTIR dan SEM menunjukkan bahwa AuNP-GA mampu merusak membran bakteri melalui gangguan pada lipid, protein, dan DNA, khususnya terhadap bakteri *Plesiomonas shigelloides* dan *Shigella flexneri*. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi GA dengan nanopartikel emas dapat menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan efikasi antibakteri melalui mekanisme sinergis.

Selain itu, Shamsia et al. (2018) juga melaporkan bahwa kombinasi *graphene oxide* dengan *gallic acid* (GO-GA) mampu menghasilkan zona hambat yang signifikan terhadap MRSA (*Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*). Formulasi GO-GA menunjukkan efisiensi pemuatan gallic acid yang tinggi serta mampu memberikan aktivitas antibakteri meskipun pada konsentrasi yang rendah. Temuan ini mendukung potensi kombinasi *gallic acid* dengan material nanoteknologi sebagai solusi alternatif dalam menghadapi bakteri resisten antibiotik.

Secara keseluruhan, hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *gallic acid*, baik dalam bentuk senyawa tunggal maupun dalam kombinasi dengan material lain seperti nanopartikel emas, *graphene oxide*, maupun dalam bentuk ekstrak alami, memiliki potensi yang besar sebagai agen antibakteri yang efektif. Penelitian-penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang

kuat untuk pengembangan formulasi terapeutik berbasis *gallic acid* sebagai antibakteri, biomaterial, dan bahkan antikanker di masa mendatang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Gallic acid (GA) memiliki potensi yang sangat baik sebagai agen antibakteri, baik dalam bentuk senyawa murni maupun dalam kombinasi dengan material lain. Berbagai formulasi, seperti hidrogel CS-GA, nanoflower GA-Cu(II) dan GA-Zn(II), ekstrak alami yang mengandung GA, kombinasi dengan nanopartikel emas (AuNP-GA), serta graphene oxide (GO-GA) menunjukkan kemampuan antibakteri yang signifikan terhadap berbagai jenis bakteri, termasuk *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Plesiomonas shigelloides*, *Shigella flexneri*, dan bahkan bakteri resisten seperti MRSA. Selain aktivitas antibakteri, gallic acid juga menunjukkan potensi tambahan seperti efek sitotoksik terhadap sel kanker, kemampuan mempercepat osteogenesis, serta meningkatkan efikasi biomaterial dalam penyembuhan luka. Formulasi berbasis GA memberikan alternatif yang menjanjikan untuk pengembangan terapi antibakteri modern, termasuk sebagai biomaterial, bahan suplemen, atau bahkan terapi ganda antibakteri-antitumor. Hasil penelitian ini mendukung *gallic acid* untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai kandidat agen antibakteri dan biomaterial yang aman dan efektif.

DAFTAR REFERENSI

- Badhani, B., Sharma, N., & Kakkar, R. (2015). Gallic acid: a versatile antioxidant with promising therapeutic and industrial applications. *RSC Advances*, 5(35), 27540-27557.
- Barceló, J. M., Guieb, M., Ventura, A., Nacino, A., Pinasen, H., Viernes, L., Yodong, T., Estrada, B. L., Valdez, D., & Binwag, T. (2014). Antibacterial, Prooxidative and Genotoxic Activities of Gallic Acid and its Copper and Iron Complexes against *Escherichia coli*. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 2(6), 44–56.
- Choubey, S., Varughese, L. R., Kumar, V., & Beniwal, V. (2015). Medicinal importance of gallic acid and its ester derivatives: a patent review. *Pharmaceutical Patent Analyst*, 4(4), 305-315.
- Chung, K. T., Wong, T. Y., Wei, C. I., Huang, Y. W., & Lin, Y. (1993). Tannins and human health: a review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(6), 371-390.
- Flores-Maldonado O, Dávila-Aviña J, González GM, Becerril-García MA, Ríos-López AL. Antibacterial activity of gallic acid and methyl gallate against emerging non-fermenting bacilli. *Folia Microbiol (Praha)*, 70(1):127-135.
- Gobin M, Proust R, Lack S, Duciel L, Des Courtils C, Pauthe E, Gand A, Seyer D. A Combination of the Natural Molecules Gallic Acid and Carvacrol Eradicates *P. aeruginosa* and *S. aureus* Mature Biofilms. *Int J Mol Sci*, 27;23(13):7118.

- Karamac, M., Kosinska, A., & Pegg, R. B. (2010). Content of gallic acid in selected plant extracts and its contribution to the total antioxidant capacity measured by the ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay. *CyTA - Journal of Food*, 8(3), 195-202.
- Nohynek, L. J., et al. (2006). Berry phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens. *Nutrition and Cancer*, 54(1), 18-32.
- Ou, M., et al. (2013). Antibacterial mechanisms of gallic acid and its derivatives. *Biochemical Pharmacology*, 85(2), 188-195.
- Pang, Y., Guan, L., Zhu, Y., Niu, R., Zhu, S., & Lin, Q. (2023). Gallic acid-grafted chitosan antibacterial hydrogel incorporated with polydopamine-modified hydroxyapatite for enhancing bone healing. *Front. Bioeng. Biotechnol*, 11:1162202. doi: 10.3389/fbioe.2023.1162202
- Rattanata, N., Klaynongsruang, S., Leelayuwat, C., Limpai boon, T., Lulitanond, A., Boonsiri, P., Chio-Srichan, S., Soontaranon, S., Rugmai, S., & Daduang, J. (2016) Gallic acid conjugated with gold nanoparticles: antibacterial activity and mechanism of action on foodborne pathogens. *International Journal of Nanomedicine*, 3347-3356, <https://doi.org/10.2147/IJN.S109795>
- Salih, T. A., Malik, S. N., Al-Gorany, S. M., Jameel, E. S. (2025). Olive (*Olea Europaea*) Leaf and *Arugula* (*Eruca Sativa*) Seed Extracts Have Antibacterial Properties. *Matrix Science Pharma*, 9(1): 01-03. <http://doi.org/10.26480/msp.01.2025.01.03>
- Sánchez-Maldonado, A.F., Schieber, A. and Gänzle, M.G. (2011), Structure–function relationships of the antibacterial activity of phenolic acids and their metabolism by lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 111: 1176-1184. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05141.x>
- Sardella, R., et al. (2021). Nanotechnology-based strategies to enhance the antimicrobial activity of gallic acid. *International Journal of Nanomedicine*, 16, 3555-3570.
- Shamsia, S., Eliasa, N., Sarchiob, S. N. E., Yasin, F. M. (2018). Gallic Acid Loaded Graphene Oxide Based Nanoformulation (GAGO) as Potential Anti-bacterial Agent against *Staphylococcus aureus*. *Materials Today: Proceedings* 5, S160–S165.
- Tagousop CN, Tamokou JD, Kengne IC, Ngnokam D, Voutquenne-Nazabadioko L. Antimicrobial activities of saponins from *Melanthera elliptica* and their synergistic effects with antibiotics against pathogenic phenotypes. *Chem Cent J*. 2018 Sep 20;12(1):97.
- WHO. (2020). Antibiotic resistance: a global threat. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>
- Xu, C., Gao, S., Yang, Y., Li, X., & Wang, S. (2018). Antibacterial activities and mechanism of gallic acid against *Listeria monocytogenes*. *Food Science and Technology Research*, 24(5), 905-910.
- Yilmaz, B. S. (2024). Antimicrobial and Anticancer Activity of Gallic Acid–Cu(II) Hybrid Nanoflowers and Gallic Acid–Zn(II) Hybrid Nanoflowers. *Journal of Inorganic and*

Organometallic Polymers and Materials, 34:5329–5341.
<https://doi.org/10.1007/s10904-024-03169-2>

Zhou, Y., et al. (2020). Gallic acid inhibits biofilm formation and virulence factor expression in pathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*, 143, 104135