

AKTIVITAS ANTIBAKTERI BAWANG HITAM TERHADAP PATOGEN PANGAN: TINJAUAN LITERATUR

Antibacterial Activity of Black Garlic against Foodborne Pathogens: A Review

M. Farras Abiyyuddin*, Fathika Fitrania, Mirriyadhil Jannah

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia

*email: abiy@unej.ac.id

ABSTRAK

Penyakit bawaan pangan telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat global, yang salah satunya disebabkan oleh konsumsi pangan terkontaminasi bakteri patogen. Upaya penanggulangan kontaminasi ini dapat dilakukan dengan penggunaan agen antibakteri yang berasal dari sumber alami. Bawang hitam merupakan hasil pemeraman bawang putih yang diketahui memiliki berbagai efek biologis, termasuk aktivitas antibakteri. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa bawang hitam menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap berbagai bakteri patogen pangan, seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., dan *Pseudomonas aeruginosa*. Tinjauan ini bertujuan menganalisis aktivitas antibakteri bawang hitam terhadap patogen pangan. Metode penyusunan tinjauan mengikuti tahapan PRISMA. Pencarian literatur dilakukan menggunakan basis data Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect, dengan kata kunci "black garlic", "antimicrobial", "antibacterial", dan "foodborne pathogens", hingga didapatkan 16 literatur yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil analisis menunjukkan bahwa bawang hitam memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif. Temuan ini memperkuat potensi bawang hitam sebagai antibakteri alami terhadap patogen pangan.

Kata kunci: Antibakteri, Antimikroba alami, Bawang hitam, Patogen pangan

ABSTRACT

Foodborne diseases have become a serious global public health threat, one of which is caused by the consumption of food contaminated by pathogenic bacteria. Efforts to control such contamination can be carried out through the use of antibacterial agents derived from natural sources. Black garlic, a aged product of fresh garlic, is known to possess various biological effects, including antibacterial activity. Several studies have reported that black garlic exhibits antibacterial activity against various foodborne pathogenic bacteria, such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., and *Pseudomonas aeruginosa*. This review aims to analyze the antibacterial activity of black garlic against foodborne pathogens. The review methodology followed the PRISMA-study. Literature searches were conducted using Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect databases, with the keywords "black garlic", "antimicrobial", "antibacterial", and "foodborne pathogens", yielding 16 articles that met the inclusion criteria. The findings indicate that black garlic demonstrates antibacterial activity against both Gram-positive and Gram-negative bacteria. These results underscore the potential of black garlic as a natural antibacterial agent for controlling foodborne pathogens.

Keyword: Antibacterial, Black garlic, Foodborne pathogens, Natural antimicrobial.

PENDAHULUAN

Penyakit bawaan pangan (*foodborne diseases*) merupakan salah satu isu krusial dalam kesehatan masyarakat global. Berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO), diperkirakan 1 dari 10 orang berpotensi mengalami keracunan makanan setiap tahunnya, dengan angka kematian mencapai 420.000 kasus (WHO, 2025). Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) juga melaporkan terdapat 806 kasus keracunan makanan dan minuman yang terjadi di Indonesia sepanjang 2024 (BPOM, 2025). Salah satu penyebab utama keracunan makanan adalah adanya kontaminasi oleh bakteri patogen pangan, seperti *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., dan *Staphylococcus aureus* (Bintsis, 2017). Keberadaan bakteri patogen tidak hanya membahayakan kesehatan, namun juga berdampak pada penurunan mutu dan keamanan produk pangan (Zhao *et al.*, 2017). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri patogen pangan adalah dengan penggunaan senyawa antibakteri.

Senyawa antibakteri telah banyak diaplikasikan dalam industri pangan guna menghambat maupun membunuh bakteri patogen. Penggunaan senyawa antibakteri sintesis memiliki risiko terhadap potensi resistensi antibakteri dan efek toksik jika dikonsumsi dalam jangka panjang atau dosis berlebih (Febrianti *et al.*, 2022). Alternatif lain

yang berkembang saat ini adalah penggunaan senyawa antibakteri yang berasal dari sumber alami. Pengembangan agen antibakteri dari sumber alami dinilai lebih aman dan dapat diterima oleh konsumen dalam sistem produksi pangan. Salah satu sumber alami yang dapat dimanfaatkan sebagai agen antibakteri adalah produk hortikultura, termasuk dengan memanfaatkan potensi produk olahan bawang putih (*Allium sativum* L.), yaitu bawang hitam (*black garlic*).

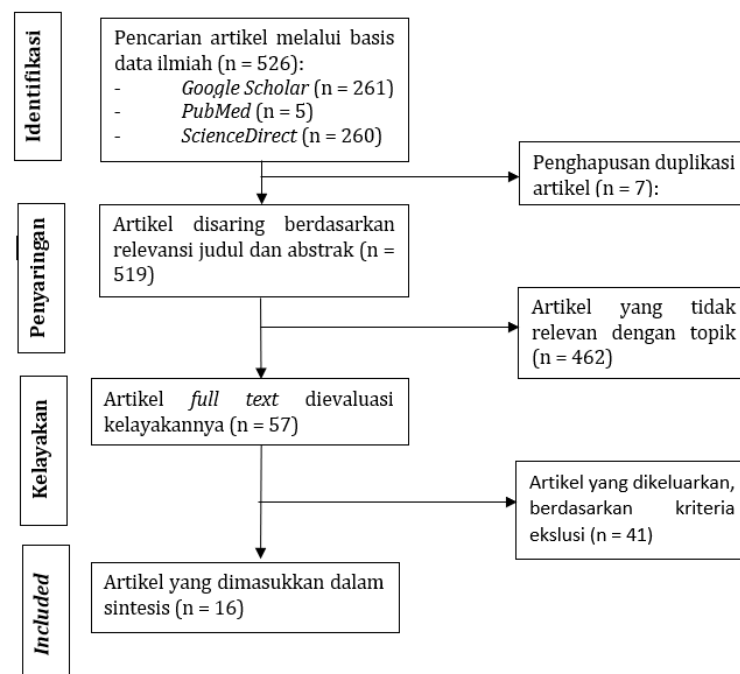
Bawang hitam diperoleh melalui proses pemeraman bawang putih pada suhu dan kelembaban terkendali dalam jangka waktu tertentu, yang menghasilkan perubahan fisik, kimia, dan sensori secara signifikan. Salah satu perubahan utama yang terjadi adalah degradasi senyawa *allicin* yang bersifat labil terhadap panas, dan terbentuknya senyawa organosulfur terlarut air seperti *S-allylcysteine* (SAC) (Bae *et al.*, 2012). *Allicin* diketahui memiliki berbagai efek farmakologis, termasuk sebagai antibakteri, sementara SAC pada bawang hitam juga dilaporkan memiliki aktivitas biologis serupa (Abiyyuddin *et al.*, 2025; Masyitah & Abubakar, 2023). Proses pemeraman juga menyebabkan meningkatnya kandungan polifenol, flavonoid, dan berbagai komponen asam amino yang berpotensi mendukung aktivitas biologis bawang hitam, termasuk sifat antibakterinya (Choi *et al.*, 2014).

Potensi bawang hitam sebagai agen antibakteri terhadap berbagai bakteri patogen pangan telah banyak dilaporkan, baik terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif. Meskipun demikian, kajian ilmiah yang secara sistematis merangkum, membandingkan, dan menganalisis data dari berbagai penelitian terkait potensi bawang hitam sebagai agen antibakteri alami terhadap bakteri patogen pangan masih terbatas. Oleh karena itu, tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif aktivitas antibakteri bawang hitam terhadap bakteri patogen pangan berdasarkan hasil penelitian yang telah dipublikasikan dalam sepuluh tahun terakhir (2016-2025). Tinjauan ini juga bertujuan

mengevaluasi efektivitas dan keterbatasan penggunaan bawang hitam sebagai agen antibakteri alami, serta mengidentifikasi arah riset mendatang dalam pengembangan aplikasi bawang hitam dalam industri pangan.

METODOLOGI PENELITIAN

Tinjauan literatur dilakukan dengan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk mengkaji potensi bawang hitam sebagai agen antibakteri alami terhadap patogen pangan. Proses pemilihan artikel dilakukan secara bertahap dan sistematis berdasarkan *Preferred Reporterd Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram pemilihan artikel berdasarkan PRISMA

Tahapan analisis meliputi identifikasi, penyaringan, analisis kelayakan, dan sintesis artikel. Literatur diperoleh dari basis data ilmiah *Google Scholar*, *PubMed*, dan *ScienceDirect*. Penelusuran dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci seperti "*black garlic*", "*antimicrobial*", "*antibacterial*", dan "*foodborne pathogens*". Artikel yang ditinjau berasal dari jurnal ilmiah nasional maupun internasional dengan rentang publikasi tahun 2016-2025. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel asli (*original research*) dan *full-text access*; (2) membahas aktivitas antibakteri bawang hitam terhadap bakteri patogen pangan; (3) menggunakan bahasa Inggris atau Indonesia. Adapun kriteria eksklusi mencakup: (1) artikel ulasan (*review*) dan tidak *full-text access*; (2) tidak melibatkan uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen pangan; dan (3) tidak relevan dengan tujuan tinjauan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Produksi dan Karakteristik Bawang Hitam

Bawang hitam merupakan produk hasil pemeraman (*aging*) bawang putih segar pada suhu dan kelembaban terkendali selama periode tertentu. Beberapa literatur menyebutkan bawang hitam sebagai produk fermentasi bawang putih, meskipun prosesnya tidak melibatkan mikroorganisme secara aktif. Pemeraman bawang putih menjadi bawang hitam dilakukan tanpa penambahan bahan kimia ataupun aditif, sehingga perubahan yang terjadi merupakan hasil reaksi kimia alami, seperti reaksi *Maillard*, karamelisasi, dan oksidasi senyawa fenol (Zhang *et al.*, 2015). Proses ini memicu transformasi komponen bioaktif, termasuk konversi *allicin* menjadi SAC, disertai perubahan warna, aroma, dan tekstur (Bae *et al.*, 2012). Bawang hitam memiliki karakteristik fisik berwarna hitam, memiliki aroma dan rasa khas asam-manis, serta tekstur lebih lunak dan lengket dibandingkan bawang putih segar (Kimura *et al.*, 2017).

Tabel 1. Variasi Suhu, Waktu, dan Kelembaban dalam Proses Produksi Bawang Hitam

Suhu (°C)	Waktu (hari)	Kelembaban (%)	Referensi
70	30	90	(Abiyyuddin <i>et al.</i> , 2025)
75	12	80	(Addazii <i>et al.</i> , 2025)
70–80	8–9	80–90	(Sadaf <i>et al.</i> , 2025)
65 dan 84	24 dan 50	70 dan 85	(Sasmaz <i>et al.</i> , 2025)
65 dan 80	8 dan 12	90	(Linhares <i>et al.</i> , 2024)
70	14–35	90	(Corbaci, 2022)
60–75	35–42	70–72	(Hue <i>et al.</i> , 2022)
70–80	40	-	(Komala <i>et al.</i> , 2022)
70	5–40	85	(Chang & Jang, 2021)
65–80	21	70–80	(Ningtias <i>et al.</i> , 2020)

Keterangan: - (tidak disebutkan)

Berbagai studi menunjukkan adanya variasi parameter produksi, terutama pada suhu, waktu pemeraman, dan kelembaban relatif seperti yang disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, mayoritas penelitian memproduksi bawang hitam menggunakan suhu 60–84 °C, waktu pemeraman 8–50 hari, dan kelembaban relatif 70–90%. Studi yang membandingkan pengaruh suhu dan waktu pemeraman terhadap konsentrasi senyawa bawang hitam dilakukan oleh Chang & Jang (2021) dan Hue *et al.* (2022). Studi yang dilakukan Chang & Jang (2021) menunjukkan peningkatan konsentrasi total fenol seiring dengan lama waktu pemeraman. Pemeraman hari ke-5 menghasilkan total fenol 5,98 mg GAE/mL dan meningkat secara signifikan hingga 16,96 mg GAE/mL di hari ke-35. Studi yang dilakukan Hue *et al.* (2022) melaporkan peningkatan kadar flavonoid seiring dengan semakin tinggi suhu pemeraman. Pemeraman dengan suhu 60 °C menghasilkan flavonoid 5,42 mg GAE/g dan meningkat hingga 10,64 mg GAE/g pada suhu 70 °C. Hasil tersebut menegaskan bahwa variasi suhu dan waktu pemeraman tidak hanya memengaruhi sifat fisik, namun juga menentukan konsentrasi senyawa bioaktif, yang diduga berkontribusi terhadap potensi antibakteri bawang hitam.

Aktivitas Antibakteri Bawang Hitam

Berbagai studi menunjukkan bahwa bawang hitam memiliki aktivitas antibakteri

terhadap berbagai bakteri patogen pangan. Hasil tinjauan dari 16 literatur memperlihatkan bahwa bawang hitam mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram-positif dan Gram-negatif, dengan efektivitas yang bervariasi (Tabel 2). Analisis aktivitas antibakteri bawang hitam umumnya diuji dalam bentuk ekstrak, sedangkan lainnya dalam bentuk fraksi, kapsul, minyak atsiri, dan serbuk dengan konsentrasi tertentu. Patogen pangan yang diuji mencakup bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif, seperti *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella enterica*, dan *Salmonella Typhimurium*. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram, dilusi, atau kombinasi keduanya untuk mengukur zona hambat, nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC), dan *Minimum Bactericidal Concentration* (MBC).

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri bawang hitam bervariasi secara signifikan, yang dipengaruhi oleh jenis sediaan, pelarut ekstraksi, jenis bakteri uji, serta metode uji. Ekstrak dengan pelarut air umumnya menghasilkan aktivitas antibakteri dalam kategori sedang terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif, dengan nilai MIC berkisar 0,015-100 mg/mL dan zona hambat 10,19–12,50 mm pada beberapa bakteri uji (Cinar *et al.*, 2022; Sadaf *et al.*,

2025). Adapun nilai MBC yang tinggi pada sebagian besar bakteri uji, yaitu >800 mg/mL, mengindikasikan bahwa efek yang dihasilkan cenderung bakteriostatik dibandingkan bakterisidal. Perbedaan efektivitas juga terlihat antar spesies bakteri. Studi Abiyyuddin *et al.* (2025) melaporkan zona hambat 11,96 mm pada *S. Typhimurium*, sedangkan Addazii *et al.* (2025) tidak menunjukkan adanya aktivitas terhadap *E. coli*. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk fraksi ekstrak dapat memberikan efektivitas lebih tinggi dibandingkan suspensi utuh. Ekstraksi merupakan proses pemisahan senyawa bioaktif sehingga memungkinkan senyawa

yang terlarut lebih terfokus (Syamsul *et al.*, 2020). Meski demikian, tidak semua penelitian menemukan aktivitas positif. Studi yang dilakukan Serrano *et al.* (2020) melaporkan bahwa ekstrak air bawang hitam tidak menunjukkan efek antibakteri terhadap bakteri uji yang digunakan. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan sumber bahan, yaitu penggunaan bawang hitam komersial oleh Serrano *et al.* (2020) yang tidak disebutkan informasi terkait varietas awal bawang putih, maupun suhu dan waktu pemeraman. Faktor tersebut berpengaruh terhadap konsentrasi dan stabilitas senyawa bioaktif yang dihasilkan.

Tabel 2. Aktivitas Antibakteri Bawang Hitam terhadap Bakteri Patogen Pangan

NO	JENIS	BAKTERI UJI	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)	ZONA HAMBAT (mm)	REFERENSI
1	Fraksi air	<i>S. Typhimurium</i>	-	-	11,96	(Abiyyuddin <i>et al.</i> , 2025)
2	Suspensi air	<i>E. coli</i>	t.s	-	-	(Addazii <i>et al.</i> , 2025)
3	Ekstrak metanol	<i>E. coli</i>	-	-	0,6-1,3	(Roy <i>et al.</i> , 2025)
4	Ekstrak air	<i>S. aureus</i> ,	0,015-0,025	-	-	(Sadaf <i>et al.</i> , 2025)
		<i>E. coli</i>	0,015-0,025	-	-	
5	Ekstrak etanol 80%	<i>S. aureus</i> ,	31,25	-	11,73	(Sasmaz <i>et al.</i> , 2025)
		<i>E. coli</i>	62,5	-	8,12	
6	<i>Essential oil</i>	<i>S. aureus</i> ,	2,0	2,0	-	(Linhares <i>et al.</i> , 2024)
		<i>E. coli</i> ,	>2,0	>2,0	-	
		<i>P. aeruginosa</i>	0,125	0,125	-	
7	Ekstrak air	<i>B. cereus</i> ,	50-100	>800	10,19	(Cinar <i>et al.</i> , 2022)
		<i>E. faecalis</i> ,	50-100	800->800	11,87	
		<i>L. monocytogenes</i> ,	50-100	800->800	11,41	
		<i>S. aureus</i> ,	100	400-800	12,22	
		<i>E. coli</i> ,	100	>800	t.s	
		<i>S. enteritidis</i> ,	100	200->800	12,50	
		<i>S. Typhimurium</i>	50-100	>800	t.s	
	Kapsul (400 mg/mL)	<i>B. cereus</i> ,	100-200	>400	t.s	
		<i>E. faecalis</i> ,	100	>400	t.s	
		<i>L. monocytogenes</i> ,	100-200	>400	t.s	
		<i>S. aureus</i> ,	100	>400	t.s	
		<i>E. coli</i> ,	100	>400	t.s	

		<i>S. enteritidis</i> ,	200	400->400	t.s	
		<i>S. Typhimurium</i>	100	>400	t.s	
8	Ekstrak etanol	<i>E. faecalis</i> ,	t.s	-	-	(Hue et al., 2022)
		<i>S. aureus</i> ,	0,064-0,256	-	-	
		<i>B. cereus</i> ,	0,128-0,256	-	-	
		<i>E. coli</i> ,	0,032-0,064	-	-	
		<i>P. aeruginosa</i> ,	0,128-0,256	-	-	
		<i>S. enterica</i>	t.s	-	-	
9	Ekstrak etanol	<i>E. coli</i>	-	-	4,61-5,80	(Komala et al., 2022)
10	Serbuk	<i>Salmonella ssp.</i>	-	-	10,28-14,56	(Widhowati et al., 2022)
11	Ekstrak alkohol 34%	<i>B. subtilis</i> ,	0,2-0,8	0,4-0,8	13,33-23,00	(Chang & Jang, 2021)
		<i>E. coli</i> ,	1,0-2,0	2,0	8,67-9,33	
		<i>P. aeruginosa</i> ,	0,4-2,0	0,8-2,0	8,33-12,67	
		<i>S. aureus</i>	0,2-1,0	0,4-1,0	11,33-23,33	
12	Ekstrak air	<i>E. coli</i> ,	-	-	0	(Serrano et al., 2020)
		<i>S. aureus</i> ,	-	-	0	
		<i>L. monocytogenes</i>	-	-	0	
13	Ekstrak metanol	<i>E. faecalis</i> ,	6,25	>100	-	(Botas et al., 2019)
		<i>L. monocytogenes</i> ,	12,5	>100	-	
		MSSA,	3,125	100	-	
		MRSA,	3,125	50	-	
		<i>E. coli</i> ,	25	50	-	
		<i>P. aeruginosa</i>	50	100	-	
14	Minyak atsiri	<i>S. aureus</i> ,	-	-	13,5	(Pujiastuti & Palupi, 2018)
		<i>E. coli</i>	-	-	13,16	
15	Ekstrak etanol 30%	<i>E. faecalis</i> ,	t.s	25->50	-	(Vlachojannis et al., 2018)
		MRSA,	t.s	25	-	
		<i>S. aureus</i>	t.s	25	-	
16	Ekstrak air	<i>Salmonella</i> ,	-	-	0,31-1,13	(Ngan et al., 2017)
		<i>L. monocytogenes</i>	-	-	0,89-9,59	

Keterangan: t.s (tidak terdeteksi); - (tidak diujikan)

Ekstrak dengan pelarut etanol menunjukkan hasil yang cukup luas dalam aktivitas antibakteri bawang hitam. Ekstrak etanol 80% menunjukkan zona hambat yang relatif baik terhadap *S. aureus* dan *E. coli*, yaitu masing-masing 11,73 mm dan 8,12 mm, dengan nilai MIC masing-masing 31,25 mg/mL dan 62,5 µg/mL (Sasmaz et al., 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi etanol tinggi cenderung mampu melarutkan senyawa bioaktif yang efektif terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif. Vlachojannis et al. (2018) yang

menggunakan pelarut etanol 30% tidak menghasilkan nilai MIC namun memiliki nilai MBC 25->50 mg/mL terhadap bakteri uji yang menunjukkan potensi bakterisidal. Adapun studi Hue et al. (2022) dan Komala et al. (2022) yang tidak menyebutkan spesifik konsentrasi etanol menghasilkan aktivitas antibakteri yang juga bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi pelarut, jenis bakteri uji, dan metode pengujian berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri.

Ekstrak metanol menunjukkan efektivitas antibakteri yang beragam terhadap bakteri patogen pangan. Roy *et al.* (2025) melaporkan zona hambat terhadap *E.coli* sebesar 0,6-1,3 mm yang mengindikasikan kemampuan antibakteri tergolong lemah. Sementara itu, Botas *et al.* (2019) menunjukkan bahwa ekstrak metanol mampu menghambat *E. faecalis* (6,25 mg/mL), *L monocytogenes* (12,5 mg/mL), MSSA dan MRSA (3,125 mg/mL) dengan MIC tergolong rendah, sementara *E. coli* dan *P. aeruginosa* membutuhkan konsentrasi yang lebih tinggi, dan nilai MBC >100 yang mengindikasikan sifat bakteristatik lebih dominan daripada bakterisidal. Adapun ekstrak alkohol 34% diuji oleh Chang & Jang (2021) memperlihatkan aktivitas antibakteri yang konsisten terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif. Nilai MIC terendah tercatat pada *B. subtilis* (0,2-0,8 mg/mL) dan *S. aureus* (0,2-1,0 mg/mL), diikuti *P. aeruginosa* (0,4-2,0 mg/mL) dan *E. coli* (1,0-2,0 mg/mL). Nilai MBC berkisar 0,4-2,0 mg/mL untuk semua bakteri uji, menunjukkan adanya potensi bakterisidal pada konsentrasi relatif rendah. Zona hambat yang dicapai berkisar antar 8,33-23,33 mm dengan *B. subtilis* dan *S. aureus* memiliki zona hambat terbesar, mengindikasikan sensitivitas lebih tinggi dibandingkan bakteri Gram-negatif.

Berdasarkan jenis bakteri uji, berbagai studi menunjukkan bahwa bakteri Gram-positif umumnya memiliki sensitivitas

lebih tinggi terhadap aktivitas antibakteri bawang hitam dibandingkan bakteri Gram-negatif. Aktivitas antibakteri pada *S. aureus*, *B. subtilis*, dan *L monocytogenes* terdeteksi pada berbagai pelarut polar (Botas *et al.*, 2019; Chang & Jang, 2021; Cinar *et al.*, 2022), sedangkan bakteri Gram-negatif seperti *E. coli* dan *P. aeruginosa* sering kali memerlukan konsentrasi lebih tinggi untuk menunjukkan penghambatan (Hue *et al.*, 2022; Linhares *et al.*, 2024). Hal ini dapat disebabkan karena struktur dinding sel bakteri Gram-negatif yang lebih kompleks dibandingkan bakteri Gram-positif. Bakteri Gram-negatif memiliki lapisan luar lipopolisakarida (LPS) yang bersifat hidrofobik pada struktur dinding sel, yang berfungsi sebagai penghalang difusi terhadap senyawa antibakteri, terutama yang bersifat polar (Afifah *et al.*, 2024). Sementara itu, dinding sel Gram-positif lebih sederhana dan berpori memungkinkan penetrasi senyawa aktif lebih mudah.

Selain dengan ekstrak, pengujian antibakteri juga dilakukan dengan sediaan minyak atsiri, kapsul, dan serbuk dalam konsentrasi tertentu. Minyak atsiri menunjukkan MIC yang relatif tinggi terhadap *S. aureus* dan *E. coli*, sementara *P. aeruginosa* lebih rendah (Linhares *et al.*, 2024). Uji dengan bentuk kapsul menghasilkan MIC 100-200 mg/mL untuk berbagai bakteri, serta MBC >400 mg/mL, menunjukkan aktivitas bakterisidal relatif

lemah. Bentuk serbuk menghasilkan zona hambat terhadap *Salmonella* sebesar 10,28-14,56 mm, yang tergolong sedang bila dibandingkan dengan standar zona hambat. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum bawang hitam dalam bentuk ekstrak lebih kuat dan konsisten. Keragaman hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jenis sediaan, pelarut yang digunakan, metode pengujian dan kondisi pemeraman bawang mempengaruhi efektivitas bawang hitam sebagai agen antibakteri.

Senyawa Bioaktif Bawang Hitam

Kandungan senyawa bioaktif bawang hitam sangat dipengaruhi oleh kondisi selama proses pemeraman, terutama suhu, kelembaban, dan lama proses pemeraman. Selama proses pemeraman terjadi reaksi Maillard dan degradasi enzimatis yang mempengaruhi kandungan senyawa bioaktif yang dihasilkan. Suhu tinggi selama waktu tertentu menyebabkan senyawa *allicin* pada bawang putih segar terdegradasi dan terbentuk senyawa SAC dan *S-allylmercaptocysteine* (SAMC) (Bae *et al.*, 2012). Senyawa ini memiliki kelarutan tinggi dalam air, stabil pada suhu tinggi, dan dilaporkan memiliki berbagai aktivitas biologis (Rais *et al.*, 2023). Studi oleh Abiyyuddin *et al.* (2025) melaporkan bahwa SAC dan SAMC merupakan senyawa yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri bawang hitam yang teridentifikasi melalui analisis HPLC berbasis sidik jari dan kemometrik. SAC dan

SAMC merupakan senyawa organosulfur turunan yang paling utama dalam bawang putih segar. Selain SAC dan SAMC, senyawa organosulfur lainnya yang juga terdeteksi di bawang hitam adalah *dimethyl disulfide*, *diallyl sulfide*, *dimethyl trisulfide*, dan senyawa lainnya (Yang *et al.*, 2019). Secara umum, senyawa organosulfur berperan sebagai antibakteri melalui reaksi dengan gugus sulfidril (-SH) pada enzim yang digunakan dalam metabolisme bakteri. Interaksi antara senyawa organosulfur dan gugus sulfidril pada bakteri menyebabkan perubahan struktural dan fungsional enzim sehingga menghambat aktivitas bakteri (Bhatwalkar *et al.*, 2021).

Bawang hitam juga memiliki kadar senyawa fenolik, total polifenol, dan flavonoid yang meningkat selama proses pemeraman (Choi *et al.*, 2014; Hue *et al.*, 2022). Senyawa ini diduga berkontribusi terhadap aktivitas biologis bawang hitam, termasuk dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen pangan. Senyawa fenolik memiliki kemampuan merusak membran sel bakteri melalui interaksi hidrofobik dengan fosfolipid, meningkatkan permeabilitas membran, dan menyebabkan kebocoran komponen intraseluler. Aktivitas ini sering bersinergi dengan senyawa organosulfur sehingga menguatkan efek antibakteri secara keseluruhan. Bawang hitam juga mengandung senyawa flavonoid dan alkaloid. Flavonoid memiliki aktivitas antibakteri

dengan menghambat sintesis asam nukleat, menghambat metabolisme energi, memblokir pembentukan biofilm bakteri patogen, dan melibatkan perubahan permeabilitas membran (Xie *et al.*, 2014). Alkaloid memiliki mekanisme antibakteri dengan mengganggu transpor membran, menghambat jalur metabolisme energi, dan memodifikasi struktur kimia sel (Yan *et al.*, 2021). Senyawa ini juga dilaporkan berperan sebagai antioksidan, yang dapat memicu stres oksidatif pada sel bakteri, sehingga melemahkan sistem pertahanan sel.

Secara umum, sinergi antara organosulfur, fenolik, flavonoid, dan alkaloid pada bawang hitam menciptakan efek antibakteri yang mencakup kerusakan membran, inaktivasi enzim, gangguan sintesis DNA pada sel bakteri. Sinergi berbagai senyawa ini diyakini menjadi faktor utama konsistensi potensi antibakteri bawang hitam terhadap berbagai patogen pangan, meskipun antar studi menunjukkan variasi terhadap efektivitas yang dihasilkan.

Keterbatasan dan Arah Riset Mendatang

Analisis terhadap literatur menunjukkan sejumlah keterbatasan pada penelitian terkait aktivitas antibakteri bawang hitam. Variasi kondisi pemeraman, perbedaan metode dan pelarut ekstraksi, serta kondisi pengujian yang berbeda menyulitkan perbandingan hasil secara langsung. Sebagian besar penelitian masih terbatas pada pengujian *in vitro*, sehingga efektivitas bawang hitam

dalam aplikasi di produk pangan belum sepenuhnya dipahami. Penelitian mendatang diperlukan untuk mengevaluasi kestabilan, efektivitas, serta keamanan ekstrak bawang hitam pada berbagai kondisi penyimpanan dan pemrosesan pangan. Studi toksikologi, optimalisasi formulasi, serta pendekatan sinergistik dengan senyawa antibakteri alami juga direkomendasikan untuk mendukung pengembangan produk yang aplikatif dan aman secara komersial. Pendekatan molekuler untuk memahami mekanisme kerja spesifik senyawa seperti SAC dan SAMC akan memperkuat dasar ilmiah pemanfaatan bawang hitam di bidang pangan.

KESIMPULAN

Tinjauan ini menegaskan bahwa bawang hitam memiliki potensi kuat sebagai agen antibakteri terhadap bakteri patogen pangan. Proses pemeraman bawang putih pada suhu dan kelembaban terkontrol memicu perubahan fisikokimia yang signifikan, termasuk peningkatan kadar senyawa bioaktif, seperti SAC, SAMC, dan senyawa fenolik, yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri bawang hitam. Bawang hitam terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif, meskipun tingkat efektivitas dipengaruhi oleh metode ekstraksi, konsentrasi, dan kondisi pemeraman. Temuan ini memperkuat prospek pemanfaatan bawang hitam sebagai bahan

alami dalam pengembangan sistem pengawet pangan yang lebih aman dan berkelanjutan. Namun, evaluasi lebih lanjut dalam skala aplikasi secara langsung diperlukan untuk memahami efektivitas dan keamanan pada produk pangan. Penelitian lanjutan yang mencakup uji toksisitas, studi stabilitas selama penyimpanan, serta eksplorasi sinergi dengan senyawa antibakteri alami lainnya direkomendasikan guna memaksimalkan potensi aplikasi bawang hitam sebagai agen antibakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abiyyuddin, M. F., Rahayu, W. P., Yuliana, N. D., Anggraeni, R., Setiawan, A. A., Marwanta, E., & Marasabessy, A. (2025). Identification of Antibacterial Compounds in Black Garlic against *Salmonella typhimurium* using HPLC-Fingerprinting and Chemometrics. *Molekul*, 20(1), 63–72. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2025.20.1.11378>
- Addazii, D., Cevoli, C., Casciano, F., Ferioli, F., Gallina Toschi, T., Gianotti, A., & Nissen, L. (2025). Footprint of Domestic Processing on Safety and Functional Properties of Italian Black Garlic. *Foods*, 14(15), 2595. <https://doi.org/10.3390/foods14152595>
- Bae, S. E., Cho, S. Y., Won, Y. D., Lee, S. H., & Park, H. J. (2012). A comparative study of the different analytical methods for analysis of S-allyl cysteine in black garlic by HPLC. *LWT*, 46(2), 532–535. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.013>
- Bhatwalkar, S. B., Mondal, R., Krishna, S. B. N., Adam, J. K., Govender, P., & Anupam, R. (2021). Antibacterial Properties of Organosulfur Compounds of Garlic (*Allium sativum*). In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.613077>
- Bintsis, T. (2017). Foodborne pathogens. In *AIMS Microbiology* (Vol. 3, Issue 3, pp. 529–563). AIMS Press. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.3.529>
- Botas, J., Fernandes, Â., Barros, L., Alves, M. J., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). A Comparative Study of Black and White *Allium sativum* L.: Nutritional composition and bioactive properties. *Molecules*, 24(11). <https://doi.org/10.3390/molecules24112194>
- BPOM. (2025). *Analisis Data Kasus Keracunan Obat dan Makanan Tahun 2024*. <https://pusakom.pom.go.id/riset-kajian/detail/analisis-data-kasus-keracunan-obat-dan-makanan-tahun-2024>
- Chang, T.-C., & Jang, H.-D. (2021). Optimization of Aging Time for Improved Antioxidant Activity and Bacteriostatic Capacity of Fresh and Black Garlic. *Appl. Sci*, 2021, 2377. <https://doi.org/10.3390/app>
- Choi, I. S., Cha, H. S., & Lee, Y. S. (2014). Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Molecules*, 19(10), 16811–16823. <https://doi.org/10.3390/molecules191016811>
- Cinar, A., Altuntas, S., Demircan, H., Dundar, A. N., Taner, G., & Oral, R. A.

- (2022). Encapsulated black garlic: Comparison with black garlic extract in terms of physicochemical properties, biological activities, production efficiency and storage stability. *Food Bioscience*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101979>
- Çorbacı, C. (2022). Chemical and Physicochemical Contents and Bioactivity of Black Garlic. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 880–891. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1170225>
- Febrianti, F., Widyasanti, A., & Nurhasanah, S. (2022). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) terhadap Bakteri Patogen. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), 234. <https://doi.org/10.20961/alchemy.18.2.52508.234-241>
- Hue, C. T., Tan, L. Q., Van Hung, H., Le, Q. T. N., Nguyen, T. H., Huong, N. T. L., Ha, N. M., & Trinh, D. K. (2022). Assessment of the physicochemical properties and biological activity of Vietnamese single-bulb black garlic. *Food Bioscience*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101866>
- Kimura, S., Tung, Y. C., Pan, M. H., Su, N. W., Lai, Y. J., & Cheng, K. C. (2017). Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. In *Journal of Food and Drug Analysis* (Vol. 25, Issue 1, pp. 62–70). Elsevier Taiwan LLC. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.003>
- Komala, O., Dwi Antini, P., & Utami, N. F. (2022). Perbandingan Daya Hambat Dari Ekstrak Dan Hasil Fermentasi Bawang Putih (*Allium sativum*) terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Ekologia : Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup*, 22(2), 94–103. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/ekologia>
- Linhares, K. S. C., Souza, R. A. C., Morais, V. H. de, Santos, E. N. F., Martins, C. H. G., Brentini, M., Aquino, F. J. T. de, Morais, S. A. L. de, Cunha, L. C. S., & Jardim, F. B. B. (2024). Volatile constituents, physicochemical properties and antibacterial activity of black and fresh garlic (*Allium sativum* L.). *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(11), e7711. <https://doi.org/10.55905/oelv22n11-090>
- Masyitah, & Abubakar, A. (2023). Kadar Protein, Susut Masak dan Organoleptik Rendang Khas-Pidie yang Diberi Penambahan Bawang Putih (*Allium Sativum*) pada Konsentrasi yang Berbeda. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, 3(2), 111–124. <https://doi.org/10.33830/fsj.v3i2.5172.2023>
- Ngan, N., Giang, M., & Tu, N. (2017). Biological Activities of Black Garlic Fermented with *Lactobacillus plantarum* PN05 and Some Kinds of Black Garlic Presenting Inside Vietnam. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(4), 672–678. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.4.99>
- Ningtias, R. I., Setyowati, D. I., Tri, A., Handayani, W. (2020). Efektivitas Ekstrak Black Garlic dalam Menghambat Pertumbuhan *Candida albicans* e-Journal Pustaka Kesehatan (Vol. 8, Issue 3).
- Pujiastuti, D., & Palupi, C. (2018). Perbandingan Efektivitas Antibakteri

- Minyak Atsiri Bawang Putih (*Allium Sativum*) dan Black Garlic terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan Metode Kirby-Bauer. *Journal of Pharmaceutical Science and Medical Research (PHARMED)*, 1(2), 17–21. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/pharmed>
- Roy, S., Hussain, F., & Mazumder, N. (2025). Understanding the potential of Black garlic as an antibacterial agent by quantifying volume scattering function. *Discover Applied Sciences*, 7(4). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06634-w>
- Sadaf, M., Das, A., Das, S., Saha, S., Kuotsu, K., & Bhattacharjee, P. (2025). Development and Application of a Novel 'Green' Antibacterial Black Garlic (*Allium sativum*)-Based Nanogel in Epidermal Wound-Healing. *Food Technology and Biotechnology*, 63(2). <https://doi.org/10.17113/ftb.63.02.25.8873>
- Sasmaz, H. K., Ilgaz, C., Kadiroglu, P., Erkin, O. C., Selli, S., & Kelebek, H. (2025). Comparative phytochemical analysis and bioactive potential of white and black garlic. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03843-6>
- Serrano, H. D. A., Mariezcurrena-Berasain, M. A., Del Carmen Gutiérrez Castillo, A., Carranza, B. V., Pliego, A. B., Rojas, M. T., Anele, U. Y., Salem, A. Z. M., & Rivas-Caceres, R. R. (2020). Antimicrobial resistance of three common molecularly identified pathogenic bacteria to *Allium* aqueous extracts. *Microbial Pathogenesis*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104028>
- Syamsul, E. S., Ajrina Amanda, N., Lestari, D., & Samarinda, S. (2020.). Perbandingan Ekstrak Lamur *Aquilaria Malaccensis* dengan Metode Maserasi dan Refluks (Vol. 2, Issue 2).
- Vlachojannis, C., Chrubasik-Hausmann, S., Hellwig, E., Vach, K., & Al-Ahmad, A. (2018). Activity of preparations from *Spilanthes oleracea*, propolis, *Nigella sativa*, and black garlic on different microorganisms involved in oral diseases and on total human salivary bacteria: A pilot study. *Phytotherapy Research*, 32(10), 1992–2001. <https://doi.org/10.1002/ptr.6129>
- World Health Organization. (2025). *Foodborne Diseases Estimates*. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/who-estimates-of-the-global-burden-of-foodborne-diseases>
- Widhowati, D., Mudji, E. H., Prakoso, Y. A., & Aulia, Q. (2022). Sensitivitas black garlic terhadap pertumbuhan *Salmonella* sp. *VITEK: Bidang Kedokteran Hewan*, 12(2), 16–22. <https://doi.org/10.30742/jv.v12i2.117>
- Yang, P., Song, H., Wang, L., & Jing, H. (2019). Characterization of Key Aroma-Active Compounds in Black Garlic by Sensory-Directed Flavor Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(28), 7926–7934. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03269>
- Zhang, Z., Lei, M., Liu, R., Gao, Y., Xu, M., & Zhang, M. (2015). Evaluation of Alliin, Saccharide Contents and Antioxidant Activities of Black Garlic during Thermal Processing. *Journal*

of Food Biochemistry, 39(1), 39–47.
<https://doi.org/10.1111/jfbc.12102>

Zhao, X., Zhao, F., Wang, J., & Zhong, N.
(2017). Biofilm formation and control

strategies of foodborne pathogens: Food
safety perspectives. In *RSC Advances* (Vol.
7, Issue 58, pp. 36670–36683). Royal Society
of Chemistry.
<https://doi.org/10.1039/c7ra02497e>