

Efek Kombinasi Antibakteri Ekstrak Etanol *Allium sativum* dan ZnO Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

*Antibacterial Effect of Ethanol Extract *Allium sativum* and ZnO against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli**

Putri Eka Sari^{1*}, Eriawan Rismana², Vlorita Ningsie Br. Sibuea¹

¹Program Studi Sarjana Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan IKIFA, Jakarta 13470, Indonesia

²Pusat Riset Bahan Baku Obat dan Obat Tradisional, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jawa Barat 16911, Indonesia

*corresponding author, Email: putrieka.ikifa@gmail.com

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 20/04/2026

Disetujui : 30/06/2026

Abstract

The growing problem of antibiotic resistance has prompted the search for alternative antibacterial agents from natural sources. Garlic (*Allium sativum* L.) contains organosulfur compounds such as allicin with antibacterial properties, while zinc oxide (ZnO) is known to exert antibacterial activity through membrane damage and reactive oxygen species formation. This study aimed to evaluate the antibacterial activity of 96% ethanol extract of garlic (*Allium sativum* L.) combined with zinc oxide (ZnO) against *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 8739. Extraction was performed using maceration with 96% ethanol, phytochemical screening was conducted to qualitatively detect alkaloids, flavonoids, saponins, phenols, and steroids/triterpenoids, and antibacterial activity was tested using the well diffusion method. Three treatment groups were evaluated: garlic extract alone (2.5%–12.5%), ZnO alone (0.5%–5%), and combinations of 10% garlic extract with ZnO (0.5%–5%). Phytochemical screening yielded positive results for alkaloids, flavonoids, saponins, phenols, and steroids/triterpenoids. Garlic extract alone produced no inhibition zone against *S. aureus* (0,00±0,000 mm) and only weak-categories zones against *E. coli* (±0,963 mm–2,85±3,786 mm). ZnO alone likewise produced only weak-category activity against both bacteria, except at the lowest concentration against *S. aureus*, which produces no inhibition at all. The combination of 10% garlic extract with 5% ZnO increased activity to moderate category, with inhibition zones of 5.95±0.427 mm against *S. aureus* and 6.00±0.050 mm against *E. coli*. This increase in activity category suggests synergistic effect between garlic organosulfur compounds and ZnO. Further studies using nano-scale ZnO and MIC testing are warranted to optimize the antibacterial potential of this combination.

Key Words : antibacterial; *Allium sativum*; zinc oxide; *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli*

Abstrak

Resistensi antibiotik yang terus meningkat mendorong eksplorasi agen antibakteri alternatif dari bahan alam. Bawang putih (*Allium sativum* L.) mengandung senyawa organosulfur seperti allicin yang bersifat antibakteri, sementara seng oksida (ZnO) diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme kerusakan membran sel dan pembentukan spesies oksigen reaktif. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antibakteri ekstrak etanol bawang putih (*Allium sativum* L.) yang dikombinasikan dengan seng oksida (ZnO) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 dan *Escherichia coli* ATCC 8739. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan etanol 96%, dilakukan skrining fitokimia untuk mendeteksi senyawa alkaloid, flavonoid, saponin dan fenol dan steroid/triterpenoid secara kualitatif serta pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumuran. Tiga kelompok perlakuan diuji: ekstrak bawang putih tunggal (2,5%–12,5%), ZnO tunggal (0,5%–5%), dan kombinasi bawang putih 10% dengan ZnO (0,5%–5%). Skrining fitokimia menunjukkan hasil positif terhadap alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, dan steroid/triterpenoid. Ekstrak bawang putih tunggal tidak menghasilkan zona hambat terhadap *S. aureus* (0,00±0,000 mm) dan hanya menghasilkan zona hambat kategori lemah terhadap *E. coli* (rata-rata 1,96±0,963 mm–2,85±3,786 mm). ZnO tunggal juga hanya menghasilkan aktivitas kategori lemah pada kedua bakteri uji, kecuali pada konsentrasi terendah terhadap *S. aureus* yang tidak menghasilkan zona hambat sama sekali. Kombinasi bawang putih 10% dengan ZnO 5% menghasilkan zona hambat 5,95±0,427 mm terhadap *S. aureus* dan 6,00±0,050 mm terhadap *E. coli*, keduanya masuk kategori lemah. Peningkatan aktivitas pada kelompok kombinasi mengindikasikan adanya efek sinergisme antara senyawa organosulfur bawang putih dan ZnO. Diperlukan penelitian lanjutan menggunakan ZnO skala nanopartikel dan pengujian MIC untuk mengoptimalkan potensi kombinasi ini.

Kata kunci : antibakteri; *Allium sativum*; seng oksida; *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Infeksi bakteri masih menjadi salah satu penyebab utama kematian di seluruh dunia. Data dari *Global Burden of Disease* tahun 2019 mencatat bahwa setidaknya 7,7 juta kematian per tahun dikaitkan dengan infeksi bakteri, dengan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* sebagai dua patogen yang paling banyak menyumbang angka kematian tersebut (Ikuta et al., 2022).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif yang erat dikaitkan dengan infeksi kulit, pneumonia, endokarditis, hingga bakteremia, sedangkan *Escherichia coli* adalah bakteri Gram negatif yang pertama kali dideskripsikan oleh Theodor Escherich dan secara normal mendiami saluran pencernaan manusia. Namun, bila pertumbuhannya melampaui batas fisiologis atau berada di luar habitat normalnya, bakteri ini dapat memicu diare, infeksi saluran kemih (ISK), sepsis neonatal, hingga meningitis neonatal, kondisi yang tidak jarang berujung fatal, terutama pada bayi dan anak-anak (Ikuta et al., 2022; Akbar, 2023).

Selama beberapa dekade, antibiotik menjadi andalan utama dalam tata laksana infeksi bakteri. Akan tetapi, penggunaan antibiotik yang tidak tepat dari sisi dosis, durasi maupun indikasi telah mendorong munculnya resistensi antimikroba secara masif. Bakteri yang semula rentan kini mampu bertahan bahkan di hadapan antibiotik lini pertama sekalipun. Fenomena ini bukan lagi sekedar masalah klinis, melainkan telah berkembang menjadi krisis kesehatan global yang mengancam efektivitas sistem sistem pengobatan infeksi secara keseluruhan (Kuswandi, 2019; Rizqoh, 2022). Situasi ini mendorong para peneliti untuk mencari alternatif antibakteri yang tidak hanya efektif tetapi juga aman dan berkelanjutan salah satunya melalui eksplorasi bahan alam.

Bawang putih (*Allium sativum* L.) telah dikenal luas sejak ribuan tahun lalu, baik sebagai bumbu masak maupun tanaman obat tradisional yang berasal dari kawasan Asia Tengah dan wilayah timur laut Iran. Di balik aromanya yang khas, bawang putih menyimpan kekayaan senyawa bioaktif, dan yang paling banyak dikaji aktivitas antimikrobanya adalah I (*diallyl thiosulfinate*). Secara farmakologis, *allicin* bekerja dengan menghambat enzim-enzim yang mengandung gugus sulfhidril yang esensial bagi metabolisme bakteri, sehingga mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif maupun Gram negatif (Borlinghaus et al., 2021; Pudiarifanti and Farizal, 2022).

Sejumlah penelitian telah membuktikan potensi tersebut secara empiris yang melaporkan bahwa ekstrak etanol bawang putih memiliki daya hambat terhadap *Vibrio cholerae* ATCC 14033, *Escherichia coli* ATCC 25922, dan *Bacillus cereus* ATCC 11778, dengan zona hambat optimal pada konsentrasi 60% terhadap *V. cholerae* sebesar 10,53 mm (Azizah, Sandri and Sari, 2022). Sementara itu penelitian lain

menemukan bahwa ekstrak selaput umbi bawang putih mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus* dan *E. coli*, dengan zona hambat terbesar pada konsentrasi 100% dan zona hambat terkecil pada konsentrasi 25% (Marliza, Utami and Ramadhani, 2023). Temuan-temuan ini mempertegas bahwa bawang putih layak dipertimbangkan sebagai agen antibakteri berbasis alam.

Selain bawang putih, seng oksida (ZnO) juga semakin mendapat perhatian dalam penelitian antimikroba. ZnO merupakan material oksida logam yang dikenal karena sifatnya yang biokompatibel, relatif murah, dan mudah disintesis dalam berbagai morfologi. Aktivitas antibakterinya diyakini berjalan melalui beberapa jalur, antara lain pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) yang merusak dinding sel bakteri, peningkatan permeabilitas membran, serta pelepasan ion Zn^{2+} yang bersifat toksik bagi sel mikroba (Gudkov et al., 2021). Nanopartikel ZnO yang disintesis dari ekstrak kulit pisang raja Nangka, yang pada konsentrasi 0,1% menghasilkan zona hambat sebesar 5,65 mm terhadap *Staphylococcus epidermidis* (Apriandini et al., 2022). Dengan demikian, ZnO berpotensi menjadi komponen penguat dalam formulasi antibakteri berbasis bahan alam.

Penelitian Mwachofi et al. (2025) menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO yang disintesis melalui metode sol-gel dan difungsionalisasikan dengan ekstrak metanol *Allium sativum* menghasilkan efek sinergis yang signifikan terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dengan zona hambat kombinasi mencapai 28 mm dan 24 mm secara berurutan, dibandingkan zona hambat ZnO NP tunggal (17 mm dan 15 mm) maupun ekstrak bawang putih tunggal (12 mm dan 14 mm) (Mwachofi et al., 2025). Namun, pendekatan tersebut memerlukan tahapan sintesis nanopartikel serta karakterisasi menggunakan instrumentasi khusus seperti XRD, FTIR, dan UV-Vis spektrofotometri yang kurang aksesibel bagi laboratorium dengan fasilitas terbatas. Sejauh penelusuran penulis, potensi efek sinergis serupa antara ekstrak etanol bawang putih dengan ZnO dalam bentuk konvensional (*bulk*), yang tidak memerlukan tahap sintesis dan karakterisasi nanopartikel, terhadap kedua bakteri tersebut belum dikaji. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol bawang putih dengan ZnO *bulk* terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *E. coli*

MATERI DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi Bawang Putih (*Allium sativum* L.), kultur murni *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 dan *Escherichia coli* ATCC 8739 (IPB

Culture Collection), *Nutrient Broth*, *Nutrient Agar*, Etanol 96%, seng oksida (ZnO), Mc Farland Standard 0.5, Kloramfenikol BPFI 0,1%, DMSO 10%.

Ekstraksi Sampel Bawang Putih

Bawang putih segar dikupas dan dibersihkan hingga diperoleh berat basah sebesar 6 kg. Bahan kemudian dikeringkan menggunakan oven hingga diperoleh simplisia kering. Simplisia kering selanjutnya selanjutnya dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk dan diayak menggunakan ayakan mesh no. 40 untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96% pro analis. Sebanyak 500 gram serbuk simplisia dimasukkan ke dalam toples kaca dan direndam dengan etanol 96% sebanyak 5000 mL (perbandingan 1:10) selama 72 jam pada suhu kamar dengan pengadukan sesekali. Setelah 72 jam, maserat disaring menggunakan kertas saring dan filtrat ditampung kemudian diremaserasi menggunakan 2500 mL etanol 96% selama 48 jam. Seluruh filtrat digabungkan dan dipekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* hingga diperoleh ekstrak kental Rendemen ekstrak dihitung menggunakan rumus: Rendemen (%) = (berat ekstrak kental ÷ berat serbuk simplisia) x 100% (Bani *et al.*, 2023).

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan terhadap ekstrak kental bawang putih untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder yang meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, fenol dan terpenoid (Ridwan and Kaharudin, 2022). Uji alkaloid dilakukan dengan pereaksi Dragendorff, flavonoid dengan etanol 70% dan serbuk MG, saponin dengan air panas dan HCl 2N (terbentuknya busa stabil), fenol dengan FeCl₃ 1%, serta steroid/triterpenoid dengan pereaksi H₂SO₄ pekat; hasil positif ditandai dengan perubahan warna atau endapan spesifik untuk masing-masing golongan senyawa.

Pembuatan Larutan Uji

Larutan uji dibuat dengan melarutkan masing-masing bahan dalam DMSO hingga volume 5 mL. ekstrak etanol bawang putih dibuat dalam 5 konsentrasi dengan menimbang berturut-turut 0,125; 0,25; 0,375; 0,5 dan 0,625 gram untuk konsentrasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10% dan 12,5% (b/v). Seng oksida (ZnO) dibuat dalam 5 konsentrasi dengan menimbang berturut-turut 0,025; 0,075; 0,175; dan 0,25 gram untuk konsentrasi 0,5%; 1,5%; 2,5%; 3,5%; dan 5% (b/v).

Larutan uji kombinasi dibuat dengan mencampurkan ekstrak bawang putih pada konsentrasi tetap 10% (0,5 gram) dengan ZnO pada masing-masing konsentrasi 0,5%; 1,5%; 2,5%; 3,5%; dan 5%, kemudian masing-masing dilarutkan dalam DMSO hingga volume 5 mL (Nurhayati, Yahdiyani and Hidayatulloh, 2020)

Pembuatan Inokulum Bakteri

Bakteri uji *S. aureus* ATCC 6538 dan *E. coli* ATCC 8739 diremajakan pada media Nutrient Agar (NA) miring dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Koloni bakteri basil peremajaan kemudian disuspensikan ke dalam larutan NaCl 0,9% steril dan kekeruhannya disesuaikan hingga setara dengan standar McFarland 0.5 yang setara dengan kepadatan bakteri sekitar 1,5 x 10⁸ CFU/mL.

Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi sumuran. Sebanyak 1 mL suspensi bakteri dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang telah berisi media Nutrient Agar kemudian dihomogenkan lalu dituang ke dalam cawan petri steril. Setelah memadat dilakukan pembuatan sumuran menggunakan *cork borer* steril dengan ukuran 6 mm. Sebanyak 20 µL larutan uji dimasukkan ke dalam masing-masing sumuran. Kontrol positif menggunakan kloramfenikol 0,1% BPFI dan kontrol negatif kontrol negatif menggunakan DMSO 10%. Seluruh cawan Petri Petri kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Perlakuan masing-masing kelompok uji dilakukan sebanyak 3 ulangan.

Pengukuran dan Perhitungan Diameter Zona Hambat

Pengukuran diameter zona hambat yang terbentuk antara ekstrak, seng oksida, kombinasi, kontrol positif kontrol positif maupun kontrol negatif diukur dengan diameter vertikal dan horizontal menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm). Pengukuran diameter zona hambat diukur sebagai berikut (Gambar 1.) (Kipimbob *et al.*, 2019):

Diameter zona hambat dihitung dari tepi ke tepi yang bersebrangan melewati pusat lubang sumuran. Apabila tidak terdapat zona hambat di sekitar lubang sumuran, maka dinyatakan diameter zona hambatnya adalah 0 mm. Diameter zona hambat dapat diukur dengan rumus :

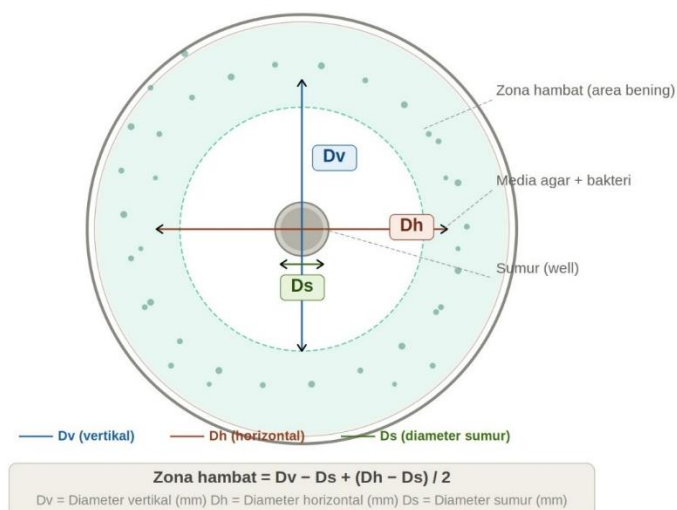
$$\text{Zona hambat} = \frac{(D_v - D_s) + (D_h - d_s)}{2}$$

Keterangan:

D_v = Diameter Vertikal (mm)

D_h = Diameter Horizontal

D_s = Diameter Sumur



Gambar 1. Tata Pengukuran Diameter Zona Hambat

Analisis Data

Data hasil pengukuran diameter zona hambatan dianalisis secara kuantitatif menggunakan uji Saphiro-Wilk untuk menguji normalitas data dan uji Levene untuk menguji homogenitas varian. Apabila data terdistribusi normal dan homogen, analisis dilanjutkan dengan uji One-Way ANOVA, sedangkan apabila asumsi normalitas tidak terpenuhi digunakan uji Kruskal-Wallis sebagai alternatif non-parametrik. Seluruh analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil skrining fitokimia ekstrak etanol 96% bawang putih disajikan pada Tabel 1. Pengujian menunjukkan hasil positif pada seluruh parameter yang diuji, meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, dan steroid/triterpenoid. Ekstrak etanol bawang putih memiliki keberagaman metabolit sekunder (Bhatwalkar *et al.*, 2021; Pudiarifanti and Farizal, 2022). Masing-masing senyawa tersebut diketahui memiliki potensi antibakteri melalui mekanisme yang berbeda-beda yaitu alkaloid dan flavonoid mengganggu sintesis protein dan integritas membran, saponin merusak membran lipid, fenol mendenaturasi protein, sedangkan triterpenoid menghambat biosintesis dinding sel bakteri (Bhatwalkar *et al.*, 2021; Ridwan and Kaharudin, 2022). Meskipun demikian, terdeteksinya senyawa-senyawa ini secara kualitatif tidak serta-merta berbanding lurus dengan aktivitas antibakteri, karena efektivitasnya juga bergantung pada kadar dan bioavailabilitas masing-masing senyawa pada konsentrasi yang diuji.

Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol 96% bawang putih tunggal disajikan pada Tabel 2. terhadap *S. aureus* ATCC 6538, seluruh konsentrasi

(2,5%–12,5%) tidak menghasilkan zona hambatan (0 mm), sementara terhadap *E. coli* ATCC 8739 hanya terbentuk zona hambatan sangat kecil dengan rata-rata 1,96–2,85 mm, seluruhnya masuk kategori aktivitas lemah (Davis and Stout, 1971). Hasil uji ANOVA mengonfirmasi tidak terdapat perbedaan bermakna antar konsentrasi terhadap *E. coli* ($p = 0,990$). Hasil ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa terdapat zona hambatan yang dihasilkan dari ekstrak bawang putih terhadap kedua bakteri tersebut (Pudiarifanti and Farizal, 2022; Marliza, Utami and Ramadhani, 2023). Perbedaan ini kemungkinan berkaitan dengan penggunaan etanol sebagai pelarut yang dapat menghambat aktivitas enzim alliinase, sehingga konversi alliin menjadi *allicin* tidak berlangsung optimal (Borlinghaus *et al.*, 2021). Dengan demikian, kadar *allicin* aktif dalam ekstrak kemungkinan tidak mencukupi untuk menghasilkan efek hambatan yang terdeteksi pada konsentrasi yang diuji.

Hasil uji ZnO tunggal disajikan pada Tabel 3. Rata-rata zona hambatan yang dihasilkan berkisar antara 0,00–2,37 mm terhadap *S. aureus* dan 3,17–4,02 mm terhadap *E. coli*, seluruhnya masuk kategori aktivitas lemah. Uji Welch menunjukkan perbedaan bermakna antar konsentrasi terhadap *E. coli* ($p = 0,006$), meskipun aktivitasnya secara keseluruhan masih sangat rendah. Rendahnya aktivitas ini konsisten dengan pernyataan bahwa ZnO *bulk powder* tidak menunjukkan aktivitas antibakteri yang bermakna, berbeda jauh dengan ZnO nanopartikel yang menghasilkan zona hambatan hingga 29 mm terhadap *E. coli* pada konsentrasi 10 mg/ml (Gudkov *et al.*, 2021). Hal ini terjadi karena ZnO *bulk* memiliki luas permukaan reaktif yang sangat terbatas, sehingga kapasitasnya dalam menghasilkan ROS dan berinteraksi dengan membran sel bakteri menjadi tidak optimal (Haghighi *et al.*, 2020).

Tabel 1. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol 96% Bawang Putih (*Allium sativum* L.)

Jenis Identifikasi	Hasil Skrining Fitokimia	Keterangan Gambar	Keterangan Hasil
Alkaloid		Terbentuknya warna merah bata	Positif (+)
Flavonoid		Terbentuknya warna jingga	Positif (+)
Saponin		Buih sekitar 1-2 cm dalam waktu kurang dari 10 menit, dan tidak hilang setelah penambahan HCL	Positif (+)
Fenol		Terbentuknya warna hijau kehitaman	Positif (+)
Steroid		Terbentuknya warna hijau	Positif (+)

Tabel 2. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Bawang Putih (*Allium sativum* L.)

Simplisia	Bakteri Uji	Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata Zona Hambat (mm)	Kategori
Bawang Putih	<i>S. aureus</i>	2,5%	0	0	0	0	Tidak ada
		5%	0	0	0	0	Tidak ada
		7,5%	0	0	0	0	Tidak ada
		10%	0	0	0	0	Tidak ada
		12,5%	0	0	0	0	Tidak ada
		K(+)	20.4	19.2	20.7	20,10	Sangat kuat
		K(-)	0	0	0	0	Tidak ada
Bawang Putih	<i>E. coli</i>	2,5%	1.05	7.2	0.3	2,85	Lemah
		5%	2.97	1.87	1.05	1,96	Lemah
		7,5%	0	6.05	1.6	2,55	Lemah
		10%	1.75	3.05	1.85	2,22	Lemah
		12,5%	2.55	3.35	1.85	2,58	Lemah
		K(+)	26.58	27.68	26.4	27,15	Sangat kuat
		K(-)	1.25	1.3	1.25	1,27	Tidak ada

Keterangan: Kontrol (+): Kloramfenikol 0,1% BPFI, Kontrol (-): DMSO 10%

Tabel 3. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Seng Oksida (ZnO)

Simplisia	Bakteri Uji	Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata Zona Hambat (mm)	Kategori
Seng Oksida	<i>S. aureus</i>	0,5%	0	0	0	0,00±0,000	Tidak ada
		1,5%	1,8	1,6	1,8	1,73±0,115	Lemah
		2,5%	1,5	2,3	1,3	1,70±0,529	Lemah
		3,5%	1,85	1,95	1,9	1,90±0,050	Lemah
		5%	2,3	2,4	2,4	2,37±0,058	Lemah
		K(+)	18,25	17,32	18,12	17,90±0,504	Kuat
		K(-)	0	0	0	0,00±0,000	Tidak ada
Seng Oksida	<i>E. coli</i>	0,5%	2,05	8,55	1,3	3,97±3,987	Lemah
		1,5%	4,1	3,35	2,05	3,17±1,037	Lemah
		2,5%	0	7,35	2,6	3,32±3,727	Lemah
		3,5%	3,25	4,35	3,35	3,65±0,608	Lemah
		5%	4,05	4,65	3,35	4,02±0,651	Lemah
		K(+)	28,45	28,55	27,27	28,08±0,723	Sangat kuat
		K(-)	0	0	0	0,00±0,000	Tidak ada

Keterangan: Kontrol (+): Kloramfenikol 0,1% BPFI, Kontrol (-): DMSO 10%

Hasil pengujian kombinasi disajikan pada Tabel 4. Terhadap *S. aureus* ATCC 6538, zona hambat meningkat dari 2,67±1,221 mm pada kombinasi 10%+0,5% ZnO hingga 5,95±0,427 mm pada kombinasi 10%+5% ZnO (kategori sedang). Terhadap *E. coli* ATCC 8739, kategori sedang sudah tercapai mulai kombinasi 10%+2,5% ZnO (5,68±0,941 mm) hingga 6,00±0,050 mm pada konsentrasi tertinggi. Uji Kruskal-Wallis mengonfirmasi perbedaan bermakna antar konsentrasi terhadap *E. coli* ($p = 0,033$). Peningkatan aktivitas pada kelompok kombinasi dibandingkan masing-masing komponen tunggal mengindikasikan adanya efek sinergisme, sejalan dengan temuan sebelumnya yang melaporkan sinergisme antara

senyawa organosulfur bawang putih dengan ZnO terhadap *S. aureus* (Bhatwalkar et al., 2021). Secara mekanistik, *allicin* dalam ekstrak bawang putih mengganggu integritas membran sel bakteri sehingga meningkatkan permeabilitasnya, yang pada gilirannya memfasilitasi penetrasi ion Zn^{2+} dari ZnO ke dalam sel secara lebih efektif (Borlinghaus et al., 2021). Meski aktivitas kombinasi tertinggi masih jauh di bawah kontrol positif kloramfenikol (26,78 mm terhadap *S. aureus* dan 24,99 mm terhadap *E. coli*), penelitian ini memberikan bukti awal bahwa kombinasi keduanya berpotensi dikembangkan lebih lanjut, khususnya dengan menggunakan ZnO skala nanopartikel dan optimasi formulasi.

Tabel 4. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol 96% Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dengan Seng Oksida (ZnO)

Simplisia	Bakteri Uji	Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata Zona Hambat (mm)	Kategori
Kombinasi BP & ZnO	<i>S. aureus</i>	10%+0,5%	3.05	1.3	3.65	2,67±1,221	Lemah
		10%+1,5%	4.5	3.45	4.2	4,05±0,541	Lemah
		10%+2,5%	3.6	3.9	4.45	3,98±0,431	Lemah
		10%+3,5%	4.7	3.2	3.65	3,85±0,770	Lemah
		10%+5%	6	6.35	5.5	5,95±0,427	Sedang
		K(+)	27.8	27.4	25.15	26,78±1,429	Sangat Kuat
		K(-)	0	0	0	0,00±0,000	Tidak ada
Kombinasi BP & ZnO	<i>E. coli</i>	10%+0,5%	2.2	1.95	2.2	2,12±0,144	Lemah
		10%+1,5%	4.5	4.7	4.7	4,63±0,115	Lemah
		10%+2,5%	4.6	6.3	6.15	5,68±0,941	Sedang
		10%+3,5%	5.4	5.15	4.9	5,15±0,250	Sedang
		10%+5%	6.05	6	5.95	6,00±0,050	Sedang
		K(+)	25.35	24.58	25.03	24,99±0,387	Sangat kuat
		K(-)	0	0	0	0,00±0,000	Tidak ada

Keterangan: Kontrol (+): Kloramfenikol 0,1% BPFI, Kontrol (-): DMSO 10%

SIMPULAN

Skrining fitokimia ekstrak etanol 96% bawang putih (*Allium sativum* L.) menunjukkan hasil positif terhadap alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, dan steroid/triterpenoid, yang mengonfirmasi keberagaman metabolit sekunder dalam ekstrak. Meskipun demikian, keberagaman senyawa bioaktif tersebut tidak menghasilkan aktivitas antibakteri yang bermakna ketika ekstrak bawang putih maupun seng oksida (ZnO) diuji secara tunggal — aktivitas yang dihasilkan hanya berkisar dari tidak ada hingga lemah terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 dan *Escherichia coli* ATCC 8739. Kombinasi keduanya menunjukkan peningkatan aktivitas yang mengindikasikan adanya efek sinergisme, dengan zona hambat tertinggi pada kombinasi 10% BP + 5% ZnO yang masuk kategori sedang terhadap kedua bakteri uji. Diperlukan penelitian lanjutan menggunakan ZnO skala nanopartikel dan pengujian nilai MIC untuk mengoptimalkan potensi kombinasi ini sebagai kandidat agen antibakteri alternatif.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh STIKES IKIFA. Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada STIKES IKIFA atas dukungan dana penelitian serta kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas kontribusi dan kerja sama yang terjalin dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

Akbar, H., 2023. *Bakteriologi 2*. Bandung: Media Sains Indonesia.

- Apriandini, A., Fajaroh, F., Aliyatulmuna, A. and Ciptawati, E., 2022. The Effect of Extraction Time of Raja Nangka Banana Peel as Capping Agent on the Characteristic and Antibacterial Activity of ZnO Nanoparticles Against *Staphylococcus epidermidis*. *Al-Kimia*, 10(2), pp.151–159.
- Azizah, M., Sandri, R.W. and Sari, E.R., 2022. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Bawang Putih (*Allium sativum* L.) terhadap Bakteri Penyebab Diare *Vibrio Cholera* ATCC 14033, *Bacillus Cereus* ATCC 11778 dan *Escherichia coli* ATCC 25922. *Jurnal Kesehatan Saemakers PERDANA*, 5(2), pp.260–266.
- Bani, A.A., Amin, A., Mun'im, A. and Radji, M., 2023. RASIO NILAI RENDAMEN dan LAMA EKSTRAKSI MASERAT ETANOL DAGING BUAH BURAHOL (*Stelecocharpus burahol*) berdasarkan Cara Preparasi Simplisia. 1(3), pp.176–184.
- Bhatwalkar, S.B., Mondal, R., Krishna, S.B.N., Adam, J.K., Govender, P. and Anupam, R., 2021. Antibacterial Properties of Organosulfur Compounds of Garlic (*Allium sativum*). *Frontiers in Microbiology*, 12, p.613077. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.613077>.
- Borlinghaus, J., Foerster, J., Kappler, U., Antelmann, H., Noll, U. and Gruhlke, M., 2021. Allicin, the Odor of Freshly Crushed Garlic: A Review of Recent Progress in Understanding Allicin's Effects on Cells. *Molecules*, 26(6), p.1505.
- Davis, W.W. and Stout, T.R., 1971. Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I.

- Factors influencing variability and error. *Applied Microbiology*, 22(4), pp.659–665. <https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>.
- Gudkov, S. V., Burmistrov, D.E., Serov, D.A., Rebezov, M.B., Semenova, A.A. and Lisitsyn, A.B., 2021. A Mini Review of Antibacterial Properties of ZnO Nanoparticles. *Frontiers in Physics*, 9, p.641481. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.641481>.
- Haghighi, F., Mohammadi, S.R., Mohammadi, P., Eskandari, M. and Akbari, A., 2020. A Review on Enhancing the Antibacterial Activity of ZnO: Mechanisms and Microscopic Investigation. *Nanoscale Research Letters*, 15, p.190. <https://doi.org/10.1186/s11671-020-03418-6>.
- Ikuta, K.S., Swetschinski, L.R., Robles Aguilar, G., Sharara, F., Mestrovic, T. and Gray, A.P., 2022. Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 400(10369), pp.2221–2248.
- Kipimbob, E., Bara, R., Wowor, P.M. and Posangi, J., 2019. Uji Efek Antibakteri *Chromodoris diana* terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal e-Biomedik*, 7(1).
- Kuswandi, 2019. *Resistensi Antibiotik*. Edisi pertama ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Marliza, H., Utami, R.T. and Ramadhani, F., 2023. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Selaput Umbi Bawang Putih (*Allium sativum*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Ahmar Metastasis Health Journal*, 2(4), pp.207–215.
- Mwachofi, F.N., Mwangi, A., Macharia, C. and Nyamache, A.K., 2025. Antimicrobial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles and *Allium sativum* Extract Against Pathogenic *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* Isolates. *East African Health Research Journal*, [online] 9(2), pp.401–409. <https://doi.org/10.24248/eahrj.v9i2.862>.
- Nurhayati, L.S., Yahdiyani, N. and Hidayatulloh, A., 2020. Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), pp.41–46.
- Pudiarifanti, N. and Farizal, J., 2022. Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bawang Putih Tunggal terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi Higea*, 14(1), p.66.
- Ridwan, R. and Kaharudin, L.O., 2022. Identifikasi Dan Uji Kandungan Metabolit Sekunder Tumbuhan Obat. *Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 7(2), pp.46–56.
- Rizqoh, D.D.S.A., 2022. *Bakteri Filosof*. Edisi Pertama ed. Yogyakarta: DeepPublish.