

UJI EFEKTIVITAS INFUSA BAWANG PUTIH (*Allium sativum*) TERHADAP *Staphylococcus aureus* ISOLAT KLINIS DARI ULKUS DIABETIK DENGAN METODE DILUSI

Cleary Al Mirah Efendi¹, Suliati², Dwi Krihariyani³

Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya^{1,2,3}

e-mail: clearytask@gmail.com¹, suli_ati@poltekkes-surabaya.ac.id²,
dwikrihariyani@poltekkes-surabaya.ac.id³

Diterima: 21/8/2026; Direvisi: 30/8/2026; Diterbitkan: 1/9/2026

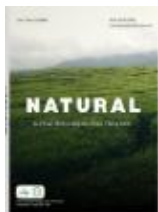
ABSTRAK

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen yang dapat ditemukan pada ulkus diabetik dan berisiko menghambat proses penyembuhan luka. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional dapat meningkatkan risiko resistensi bakteri sehingga diperlukan eksplorasi bahan alam sebagai alternatif antibakteri. Penelitian ini bertujuan menganalisis aktivitas antibakteri infusa bawang putih (*Allium sativum*) terhadap *S. aureus* isolat klinis dari ulkus diabetik berdasarkan jumlah koloni bakteri. Infusa dibuat dalam konsentrasi 50%, 65%, 80%, dan 95%, dengan empat kali pengulangan pada setiap kelompok. Pengujian dilakukan menggunakan metode dilusi cair yang dilanjutkan dengan penanaman pada media padat dan penghitungan koloni. Data dianalisis menggunakan uji Shapiro-Wilk, Levene, dan One-Way ANOVA pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan bermakna jumlah koloni antar kelompok konsentrasi ($p < 0,05$), dengan jumlah koloni yang semakin rendah seiring peningkatan konsentrasi infusa dan penghambatan tertinggi ditemukan pada konsentrasi 95%. Temuan ini menunjukkan bahwa infusa bawang putih memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* isolat klinis ulkus diabetik dan menunjukkan potensi sebagai kandidat antibakteri berbasis bahan alam, khususnya pada konsentrasi 95%.

Kata Kunci: *Allium Sativum*, Aktivitas Antibakteri, Dilusi Cair, Infusa Bawang Putih, *Staphylococcus Aureus*, Ulkus Diabetik.

ABSTRACT

Staphylococcus aureus is a pathogenic bacterium that can be found in diabetic ulcers and may impede the wound-healing process. Inappropriate use of antibiotics can increase the risk of bacterial resistance, highlighting the need to explore natural substances as alternative antibacterial agents. This study aimed to analyze the antibacterial activity of garlic infusion (*Allium sativum*) against clinical isolates of *S. aureus* from diabetic ulcers based on bacterial colony counts. The infusion was prepared at concentrations of 50%, 65%, 80%, and 95%, with four replicates for each treatment group. Antibacterial activity was evaluated using a broth dilution method, followed by inoculation onto solid media and colony counting. Data were analyzed using the Shapiro–Wilk test, Levene’s test, and One-Way ANOVA at a 5% significance level. The results showed a significant difference in bacterial colony counts among the concentration groups ($p < 0.05$), with colony counts decreasing as the infusion concentration increased and the highest inhibitory activity observed at the 95% concentration. These findings indicate that garlic infusion exhibits antibacterial activity against clinical isolates of *S. aureus*.



from diabetic ulcers and shows potential as a natural-based antibacterial candidate, particularly at a concentration of 95%.

Keywords: *Allium Sativum*, *Antibacterial Activity*, *Broth Dilution*, *Diabetic Ulcer*, *Garlic Infusion*, *Staphylococcus Aureus*.

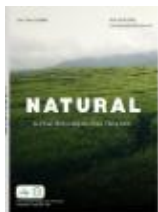
PENDAHULUAN

Diabetes melitus merupakan penyakit metabolik kronis yang dapat menimbulkan berbagai komplikasi, salah satunya adalah ulkus kaki diabetik yang berpotensi mengalami infeksi dan menghambat proses penyembuhan. Infeksi pada ulkus kaki diabetik merupakan kondisi klinis yang memerlukan perhatian karena dapat melibatkan beragam mikroorganisme dengan karakteristik dan tingkat virulensi yang berbeda. Oleh karena itu, identifikasi mikroorganisme penyebab dan penentuan terapi antimikroba yang sesuai menjadi bagian penting dalam pengelolaan infeksi kaki terkait diabetes (Senneville et al., 2024). Di antara berbagai bakteri yang dapat ditemukan, *Staphylococcus aureus* merupakan salah satu patogen yang sering dilaporkan pada infeksi kaki terkait diabetes, termasuk pada pasien yang menjalani perawatan di rumah sakit (Morton & Coghill, 2024). Temuan dari kajian sistematis juga menunjukkan bahwa *S. aureus* merupakan salah satu bakteri yang banyak ditemukan pada ulkus kaki diabetik, meskipun prevalensi dan komposisi mikroba dapat bervariasi menurut wilayah dan karakteristik pasien (Makeri et al., 2023; Sultana et al., 2023).

Keberadaan *S. aureus* pada ulkus kaki diabetik menjadi semakin penting karena bakteri tersebut memiliki berbagai faktor virulensi yang dapat mendukung kolonisasi, persistensi, dan perkembangan infeksi. Kajian sistematis mengenai *S. aureus* pada infeksi kaki diabetik menunjukkan adanya berbagai faktor virulensi yang berperan dalam kemampuan bakteri beradaptasi dan mempertahankan infeksi (Shahrokh et al., 2024). Selain persoalan virulensi, penggunaan antibiotik yang tidak tepat dapat memberikan tekanan selektif yang berkontribusi terhadap peningkatan resistensi antimikroba. Sejumlah penelitian pada pasien ulkus kaki diabetik menunjukkan adanya bakteri dengan pola resistensi terhadap berbagai kelompok antibiotik, termasuk ditemukannya *S. aureus* yang memiliki karakteristik resistensi tertentu (Baral et al., 2024; Khan et al., 2023). Meta-analisis juga menunjukkan bahwa keberadaan bakteri multidrug-resistant pada ulkus kaki diabetik merupakan persoalan yang perlu diperhatikan dalam pengendalian infeksi (Yang et al., 2024). Kondisi tersebut memperkuat kebutuhan untuk mengeksplorasi kandidat antibakteri lain melalui pengujian laboratorium yang terukur sebagai tahap awal pengembangan alternatif pengendalian bakteri.

Salah satu sumber bahan alam yang berpotensi dikembangkan sebagai kandidat antibakteri adalah bawang putih (*Allium sativum*). Tanaman ini mengandung berbagai senyawa bioaktif, terutama kelompok senyawa organosulfur, yang telah banyak dikaji berkaitan dengan aktivitas antimikrobanya. Allicin merupakan salah satu senyawa penting yang terbentuk ketika jaringan bawang putih mengalami kerusakan dan diketahui memiliki aktivitas terhadap berbagai mikroorganisme (Bhatwalkar et al., 2021; Borlinghaus et al., 2021). Aktivitas antibakteri allicin berkaitan dengan sifatnya yang reaktif terhadap gugus tiol atau sulfhidril pada protein, sehingga dapat mengganggu fungsi protein dan proses seluler bakteri (Borlinghaus et al., 2021). Selain allicin, bawang putih mengandung senyawa organosulfur lainnya yang juga dapat berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri dan berpotensi memberikan efek terhadap bakteri yang memiliki karakteristik resistensi tertentu (Bhatwalkar et al., 2021; Magryś et al., 2021). Dasar tersebut menjadikan *A. sativum* relevan untuk diteliti lebih lanjut





sebagai sumber bahan alam yang berpotensi memberikan aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen, termasuk *S. aureus*.

Bukti eksperimental sebelumnya mendukung adanya aktivitas antibakteri bawang putih terhadap *S. aureus*. Penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus*, sedangkan penelitian lain menunjukkan potensi *A. sativum* terhadap bakteri yang memiliki resistensi terhadap antibiotik (Abidullah et al., 2021; Magrys et al., 2021). Penelitian mengenai ekstrak kasar *A. sativum* juga melaporkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap metisilin (Indira et al., 2024). Namun, hasil penelitian berbasis ekstrak tidak dapat secara langsung digunakan untuk menggambarkan aktivitas infusa karena metode pengolahan, pelarut, suhu, waktu kontak, dan karakteristik senyawa yang terlarut dapat berbeda. Perbedaan metode tersebut berpotensi memengaruhi komponen bioaktif yang tersedia dalam bahan uji dan pada akhirnya dapat memengaruhi respons antibakteri yang diamati. Dengan demikian, temuan mengenai ekstrak bawang putih lebih tepat diposisikan sebagai dasar pembandingan sekaligus landasan untuk menguji bentuk sediaan lain, termasuk infusa, terhadap *S. aureus*.

Meskipun aktivitas antibakteri bawang putih terhadap *S. aureus* telah dilaporkan, bukti yang secara khusus menguji infusa *A. sativum* terhadap isolat klinis *S. aureus* yang berasal dari ulkus diabetik dengan pendekatan dilusi masih perlu diperluas. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini lebih banyak mengevaluasi ekstrak atau senyawa organosulfur dan menggunakan pendekatan pengujian aktivitas antibakteri yang berbeda (Bhatwalkar et al., 2021; Abidullah et al., 2021; Indira et al., 2024). Penggunaan infusa memberikan karakteristik bahan uji yang berbeda dari ekstrak berbasis pelarut tertentu, sehingga aktivitas antibakterinya perlu diamati secara khusus dan tidak diasumsikan sama dengan hasil pengujian ekstrak. Selain itu, penggunaan isolat klinis dari ulkus diabetik memberikan konteks biologis yang lebih spesifik dibandingkan penggunaan strain bakteri yang tidak berasal dari sumber luka tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan kombinasi bentuk infusa, sumber isolat klinis, metode dilusi, dan variasi konsentrasi sebagai aspek yang perlu dikaji untuk memperoleh bukti eksperimental yang lebih spesifik mengenai respons *S. aureus*.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis aktivitas antibakteri infusa bawang putih (*Allium sativum*) terhadap *S. aureus* isolat klinis yang berasal dari ulkus diabetik melalui pengamatan pertumbuhan bakteri pada beberapa konsentrasi infusa. Konsentrasi 50%, 65%, 80%, dan 95% digunakan untuk mengamati kecenderungan perubahan pertumbuhan bakteri seiring dengan peningkatan konsentrasi bahan uji, dengan pengulangan pada setiap kelompok perlakuan. Pendekatan tersebut diarahkan untuk memperoleh informasi *in vitro* mengenai respons pertumbuhan *S. aureus* terhadap infusa bawang putih pada tingkat konsentrasi yang berbeda. Hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk menyimpulkan efektivitas klinis infusa pada pasien ulkus diabetik, melainkan sebagai bukti awal aktivitas antibakteri dalam kondisi laboratorium. Temuan penelitian diharapkan dapat memperkaya bukti eksperimental mengenai pemanfaatan *A. sativum* sebagai kandidat antibakteri berbasis bahan alam dan menjadi landasan bagi penelitian berikutnya yang berkaitan dengan optimasi konsentrasi, standarisasi bahan, keamanan, formulasi, serta pengujian aktivitas antibakteri pada model yang lebih kompleks.

METODE PENELITIAN

Infusa bawang putih (*Allium sativum*) menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* isolat klinis yang berasal dari ulkus diabetik berdasarkan hasil pengujian secara *in vitro*. Peningkatan konsentrasi infusa berkaitan dengan semakin rendahnya jumlah koloni bakteri, yang menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan aktivitas penghambatan pada konsentrasi yang lebih tinggi. Konsentrasi 95% menunjukkan aktivitas penghambatan tertinggi dibandingkan konsentrasi perlakuan lainnya berdasarkan hasil pengamatan jumlah koloni. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa konsentrasi infusa yang lebih tinggi memberikan aktivitas antibakteri yang lebih besar pada kondisi pengujian yang dilakukan.

Hasil penelitian ini memberikan indikasi bahwa infusa *A. sativum* dapat dipertimbangkan sebagai kandidat antibakteri berbasis bahan alam, khususnya terhadap *S. aureus* pada kondisi *in vitro*. Namun, temuan ini belum dapat digunakan untuk menyimpulkan efektivitas klinis atau penerapan langsung sebagai terapi pada ulkus diabetik. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk menguji keamanan, menentukan formulasi dan konsentrasi yang optimal, serta memvalidasi aktivitas antibakteri melalui pengujian lanjutan sebelum diarahkan pada pengembangan sediaan antibakteri. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar awal bagi pengembangan dan pengujian lebih lanjut terhadap pemanfaatan *A. sativum* sebagai kandidat bahan antibakteri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* perlu ditinjau untuk melihat kecenderungan respons bakteri setelah diberikan perlakuan. Pengukuran jumlah koloni digunakan sebagai salah satu indikator untuk menggambarkan perubahan pertumbuhan bakteri pada masing-masing kelompok pengujian. Perbedaan nilai yang diperoleh antarkelompok dapat memberikan gambaran awal mengenai respons bakteri terhadap perlakuan yang diberikan. Data tersebut selanjutnya menjadi dasar untuk melihat pola perubahan pertumbuhan bakteri dan mendukung analisis statistik pada tahap berikutnya.

Tabel 1. Jumlah Koloni *Staphylococcus aureus* setelah Pemberian Infusa

Kelompok	Rata-Rata Jumlah Koloni (CFU/mL)
Kontrol positif (ciprofloxacin)	0
Kontrol negatif (akuades steril)	$5,64 \times 10^7$
Infusa 50%	$3,19 \times 10^7$
Infusa 65%	$1,24 \times 10^7$
Infusa 80%	$9,57 \times 10^6$
Infusa 95%	$3,92 \times 10^6$

Berdasarkan data pada tabel 1, terlihat adanya pola perubahan jumlah koloni yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan aktivitas antibakteri infusa. Perbandingan antarkelompok menunjukkan bahwa respons pertumbuhan bakteri tidak bersifat seragam, sehingga peningkatan konsentrasi perlakuan perlu dikaji bersama dengan hasil analisis statistik. Temuan tersebut memberikan indikasi bahwa konsentrasi perlakuan berkaitan dengan perubahan pertumbuhan *S. aureus* pada kondisi pengujian. Namun, pola deskriptif tersebut belum dapat digunakan untuk menyimpulkan adanya perbedaan yang bermakna tanpa mempertimbangkan hasil uji statistik.

Uji normalitas dilakukan untuk memastikan bahwa data jumlah koloni pada setiap kelompok konsentrasi memenuhi asumsi distribusi normal sebelum dilanjutkan ke analisis statistik parametrik. Pengujian normalitas dalam penelitian ini menggunakan metode Shapiro-Wilk yang sesuai diterapkan pada jumlah sampel yang relatif kecil. Dasar pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan nilai *p-value* dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk pada masing-masing kelompok perlakuan disajikan pada Tabel 2 sebagai dasar untuk menentukan kelayakan analisis statistik selanjutnya.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Konsentrasi	<i>p-value</i>	Keterangan
50%	0,452	Normal
65%	0,885	Normal
80%	0,923	Normal
95%	0,620	Normal

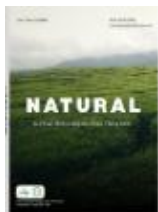
Berdasarkan Tabel 2, seluruh kelompok perlakuan menunjukkan distribusi data yang memenuhi asumsi normalitas karena nilai *p-value* berada di atas taraf signifikansi 0,05. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa data tidak mengalami penyimpangan distribusi yang bermakna secara statistik. Terpenuhinya asumsi normalitas memberikan dasar untuk melanjutkan pengujian terhadap asumsi statistik lainnya sebelum dilakukan analisis perbedaan antar kelompok. Dengan demikian, hasil yang ditampilkan pada Tabel 2 mendukung penggunaan pendekatan parametrik dalam tahap analisis berikutnya, sesuai dengan pemenuhan asumsi yang diperlukan.

Uji One-Way ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* secara keseluruhan di antara kelompok perlakuan. Analisis ini dilakukan setelah asumsi normalitas terpenuhi, sehingga pendekatan parametrik dapat digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antarkelompok. Apabila hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan, analisis dilanjutkan dengan uji *post hoc* Tukey HSD untuk mengidentifikasi pasangan kelompok yang memiliki perbedaan secara statistik. Hasil analisis One-Way ANOVA dan uji lanjut Tukey HSD disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil One-Way ANOVA dan Tukey HSD

Analisis	Perbandingan	<i>p-value</i>	Keterangan
One-Way ANOVA	Seluruh kelompok	<0,001	Bermakna
Tukey HSD	50% vs 65%	<0,001	Bermakna
Tukey HSD	50% vs 80%	<0,001	Bermakna
Tukey HSD	50% vs 95%	<0,001	Bermakna
Tukey HSD	65% vs 80%	0,849	Tidak bermakna
Tukey HSD	65% vs 95%	0,127	Tidak bermakna
Tukey HSD	80% vs 95%	0,412	Tidak bermakna

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa variasi perlakuan berkaitan dengan perbedaan jumlah koloni *S. aureus* secara keseluruhan. Analisis lanjutan diperlukan karena hasil pengujian secara keseluruhan belum menjelaskan kelompok mana yang



secara spesifik memiliki perbedaan. Uji Tukey HSD memperlihatkan adanya pola bahwa perbedaan statistik terutama ditemukan pada perbandingan yang melibatkan konsentrasi terendah. Sementara itu, beberapa perbandingan pada konsentrasi yang lebih tinggi tidak menunjukkan perbedaan statistik, sehingga peningkatan konsentrasi tidak selalu diikuti oleh perbedaan yang bermakna pada setiap pasangan kelompok.

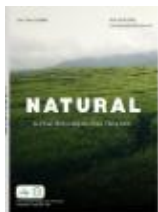
PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian infusa bawang putih berkaitan dengan penurunan pertumbuhan *Staphylococcus aureus* isolat klinis yang berasal dari ulkus diabetik dibandingkan dengan kontrol negatif. Secara deskriptif, jumlah koloni cenderung lebih rendah pada kelompok dengan konsentrasi infusa yang lebih tinggi, dengan nilai terendah pada konsentrasi 95%. Pola tersebut sejalan dengan penelitian Pagaya et al. (2021) yang melaporkan adanya aktivitas antimikroba bawang putih terhadap pertumbuhan *S. aureus*, serta penelitian Ssemwanga et al. (2022) yang menunjukkan aktivitas antibakteri *A. sativum* terhadap beberapa bakteri, termasuk *S. aureus*. Namun, hasil penelitian ini perlu ditafsirkan berdasarkan analisis statistik karena perbedaan antara konsentrasi 65%, 80%, dan 95% tidak menunjukkan signifikansi. Dengan demikian, kecenderungan penurunan jumlah koloni pada peningkatan konsentrasi belum dapat diartikan sebagai peningkatan aktivitas antibakteri yang konsisten pada setiap tingkat konsentrasi.

Aktivitas yang diamati dapat dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktif bawang putih, khususnya kelompok senyawa organosulfur yang berperan dalam aktivitas antimikroba. Allicin merupakan salah satu senyawa penting yang terbentuk setelah jaringan bawang putih mengalami kerusakan dan dapat berinteraksi dengan komponen sel mikroba. Tao et al. (2023) menunjukkan bahwa allicin memiliki aktivitas antibakteri dan dapat memengaruhi proses biologis mikroorganisme melalui mekanisme yang melibatkan interaksi dengan komponen seluler. Selain senyawa organosulfur, aktivitas antibakteri bawang putih juga dapat berkaitan dengan keberadaan berbagai kelompok metabolit sekunder lainnya. Kristiananda et al. (2022) melaporkan bahwa bawang putih memiliki aktivitas antibakteri yang berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktifnya, sehingga efek yang diamati dalam penelitian ini lebih tepat dipandang sebagai kemungkinan hasil kerja beberapa komponen secara bersamaan, bukan hanya akibat allicin. Interpretasi tersebut juga membantu menjelaskan bahwa variasi kandungan senyawa aktif dapat memengaruhi besarnya respons antibakteri pada konsentrasi dan bentuk sediaan yang berbeda.

Temuan penelitian ini juga memiliki kesesuaian dengan penelitian sebelumnya mengenai kemampuan bawang putih dalam menghambat pertumbuhan *S. aureus*. Pagaya et al. (2021) melaporkan adanya potensi antimikroba bawang putih terhadap *S. aureus*, sedangkan Sulfianti et al. (2023) juga menemukan aktivitas antibakteri ekstrak bawang putih terhadap bakteri tersebut. Meskipun demikian, perbandingan langsung berdasarkan besarnya aktivitas perlu dilakukan secara hati-hati karena penelitian terdahulu menggunakan bentuk ekstrak dan parameter pengukuran yang tidak sepenuhnya sama dengan penelitian ini. Penelitian ini menggunakan infusa berbasis air dengan pengukuran pertumbuhan melalui jumlah koloni, sedangkan penelitian lain dapat menggunakan ekstrak dengan pelarut berbeda dan metode difusi. Perbedaan tersebut dapat memengaruhi senyawa yang berhasil diekstraksi sekaligus parameter yang digunakan untuk menilai aktivitas antibakteri, sehingga kesamaan hasil lebih



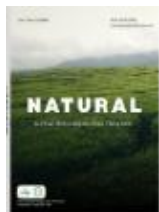


tepat dipahami sebagai dukungan terhadap adanya potensi antibakteri *A. sativum*, bukan sebagai kesetaraan kekuatan antibakteri antarpelelitian.

Perbedaan bentuk dan pelarut sediaan menjadi aspek penting dalam memahami variasi hasil penelitian bawang putih. Ssemwanga et al. (2022) menunjukkan bahwa *A. sativum* dalam bentuk ekstrak memiliki aktivitas terhadap bakteri uji, sementara Juninda et al. (2023) melaporkan aktivitas antibakteri fraksi etil asetat bawang putih terhadap *S. aureus* dan *Escherichia coli*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik bahan uji dapat berperan dalam menentukan komponen bioaktif yang tersedia untuk berinteraksi dengan bakteri. Oleh karena itu, aktivitas infusa pada penelitian ini tidak dapat secara langsung disamakan dengan aktivitas ekstrak atau fraksi yang diperoleh menggunakan pelarut organik. Penggunaan air sebagai pelarut memberikan karakteristik sediaan yang berbeda, sehingga hasil penelitian ini dapat dipandang sebagai informasi tambahan mengenai potensi antibakteri bawang putih dalam bentuk sediaan yang relatif sederhana. Perbedaan tersebut sekaligus menjadi alasan bahwa penelitian lanjutan dengan karakterisasi senyawa dan perbandingan beberapa metode ekstraksi diperlukan untuk menjelaskan hubungan antara komponen yang terekstraksi dan aktivitas antibakterinya.

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara konsentrasi 50% dengan konsentrasi 65%, 80%, dan 95%, sedangkan perbedaan di antara konsentrasi 65%, 80%, dan 95% tidak bermakna. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pada rentang awal memberikan perubahan pertumbuhan bakteri yang lebih jelas dibandingkan kontrol, tetapi penambahan konsentrasi setelah 65% belum menghasilkan perbedaan yang cukup besar untuk dinyatakan signifikan pada kondisi penelitian ini. Oleh sebab itu, jumlah koloni paling rendah pada konsentrasi 95% secara deskriptif tidak dapat dijadikan dasar untuk menyatakan bahwa konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi paling efektif. Interpretasi semacam ini penting karena penilaian aktivitas antibakteri perlu mempertimbangkan ukuran perubahan, variasi antarulangan, dan hasil pengujian inferensial secara bersamaan. Kadeřábková et al. (2024) menjelaskan bahwa pengujian berbasis minimum inhibitory concentration (MIC) memiliki prosedur dan titik akhir tertentu yang perlu diperhatikan dalam interpretasi aktivitas antimikroba, sehingga hasil kuantitatif tidak cukup ditafsirkan hanya berdasarkan nilai terendah yang diamati.

Interpretasi mengenai KHM dan KBM dalam penelitian ini juga perlu ditempatkan sesuai dengan metode pengujian yang digunakan. KHM/MIC pada prinsipnya berkaitan dengan konsentrasi terendah yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme berdasarkan kriteria titik akhir yang telah ditetapkan, sedangkan kemampuan membunuh bakteri memerlukan evaluasi lanjutan melalui parameter yang sesuai. Roy dan Gupta (2022) menunjukkan pentingnya pendekatan dilusi dalam penentuan MIC dan memperlihatkan bahwa metode serta indikator pembacaan dapat memengaruhi identifikasi titik akhir pengujian. Oleh karena itu, jika penetapan konsentrasi 50% dalam penelitian ini hanya didasarkan pada penurunan jumlah koloni dibandingkan kontrol negatif dan belum menggunakan kriteria titik akhir MIC yang ditentukan sebelumnya, istilah yang lebih tepat adalah “konsentrasi terendah yang menunjukkan penghambatan pertumbuhan dalam rentang perlakuan”, bukan KHM definitif. Tidak ditemukannya KBM juga tidak cukup untuk secara definitif mengategorikan aktivitas sebagai bakteriostatik tanpa rancangan pengujian khusus untuk membedakan efek penghambatan dan pembunuhan bakteri. Bellerose et al. (2021) menunjukkan bahwa ketepatan pembacaan sistem broth microdilution dapat memengaruhi pelaporan hasil kepekaan, sehingga standardisasi prosedur dan pembacaan menjadi aspek penting dalam interpretasi. Secara



keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti awal *in vitro* mengenai aktivitas infusa *A. sativum* terhadap *S. aureus* isolat klinis dari ulkus diabetik, tetapi belum dapat digunakan untuk menyimpulkan efektivitas klinis. Penelitian selanjutnya dapat memperluas jumlah isolat, variasi konsentrasi, standardisasi titik akhir KHM dan KBM, serta karakterisasi senyawa aktif untuk memperoleh pemahaman yang lebih kuat mengenai aktivitas antibakteri infusa bawang putih.

KESIMPULAN

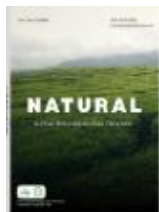
Infusa bawang putih (*Allium sativum*) menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* isolat klinis yang berasal dari ulkus diabetik berdasarkan hasil pengujian secara *in vitro*. Peningkatan konsentrasi infusa berkaitan dengan semakin rendahnya jumlah koloni bakteri, yang menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan aktivitas penghambatan pada konsentrasi yang lebih tinggi. Konsentrasi 95% menunjukkan aktivitas penghambatan tertinggi dibandingkan konsentrasi perlakuan lainnya berdasarkan hasil pengamatan jumlah koloni. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa konsentrasi infusa yang lebih tinggi memberikan aktivitas antibakteri yang lebih besar pada kondisi pengujian yang dilakukan.

Hasil penelitian ini memberikan indikasi bahwa infusa *A. sativum* dapat dipertimbangkan sebagai kandidat antibakteri berbasis bahan alam, khususnya terhadap *S. aureus* pada kondisi *in vitro*. Namun, temuan ini belum dapat digunakan untuk menyimpulkan efektivitas klinis atau penerapan langsung sebagai terapi pada ulkus diabetik. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk menguji keamanan, menentukan formulasi dan konsentrasi yang optimal, serta memvalidasi aktivitas antibakteri melalui pengujian lanjutan sebelum diarahkan pada pengembangan sediaan antibakteri. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar awal bagi pengembangan dan pengujian lebih lanjut terhadap pemanfaatan *A. sativum* sebagai kandidat bahan antibakteri.

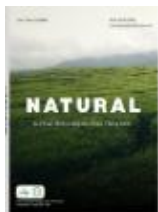
DAFTAR PUSTAKA

- Abidullah, M., Jadhav, P., Sujana, S. S., Shrimanikandan, A. G., Reddy, C. R., & Wasan, R. K. (2021). Potential antibacterial efficacy of garlic extract on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Klebsiella pneumoniae*: an *in vitro* study. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 13(Suppl 1), S590. [10.4103/jpbs.JPBS_681_20](https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_681_20)
- Baral, P., Afnan, N., Ahmad Zahra, M., Akter, B., Rabia Prapti, S., Muazzam Hossan, M., & Haque, F. K. M. (2024). Bacteriological analysis and antibiotic resistance in patients with diabetic foot ulcers in Dhaka. *PLoS One*, 19(5), e0301767. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301767>
- Bellerose, M. M., et al. (2021). Manual Reading of Sensititre Broth Microdilution System Panels Improves Accuracy of Susceptibility Reporting for Polymyxin Antibiotics. [10.1128/JCM.00332-21](https://doi.org/10.1128/JCM.00332-21)
- 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*). *Frontiers in microbiology*, 12, 613077. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.613077>
- Borlinghaus, J., Foerster, J., Kappler, U., Antelmann, H., Noll, U., Gruhlke, M. C., & Slusarenko, A. J. (2021). Allicin, the odor of freshly crushed garlic: A review of recent progress in understanding allicin's effects on cells. *Molecules*, 26(6), 1505. <https://doi.org/10.3390/molecules26061505>
- Juninda, L., Dewi, L. M., Sintowati, R., & Bestari, R. S. (2023). Antibacterial Effects of Garlic Ethyl Acetate Fraction (*Allium Sativum* L.) on the Growth Of Bacteria *Staphylococcus*





- aureus and Escherichia coli. *MAGNA MEDIKA Berkala Ilmiah Kedokteran dan Kesehatan*, 10(2), 163-169. <https://doi.org/10.26714/magnamed.10.2.2023.163-169>
- Kadeřábková, N., Mahmood, A. J., & Mavridou, D. A. (2024). Antibiotic susceptibility testing using minimum inhibitory concentration (MIC) assays. *npj Antimicrobials and Resistance*, 2(1), 37. <https://doi.org/10.1038/s44259-024-00051-6>
- Khan, D., Zeb, M., Khattak, S. K., Shah, A. A., Abdullah, M., & Bilal, M. (2023). Molecular characterization and antibiotic susceptibility pattern of bacterial strains isolated from diabetic foot ulcers. *Endocrine and Metabolic Science*, 12, 100136. <https://doi.org/10.1016/j.endmts.2023.100136>
- Kristiananda, D., Allo, J. L., Widayahma, V. A., Lusiana, L., Noverita, J. M., Riswanto, F. D. O., & Setyaningsih, D. (2022). Aktivitas bawang Putih (*Allium sativum* L.) sebagai agen antibakteri. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*, 19(1), 46-53. <https://doi.org/10.31942/jiffk.v19i1.6683>
- Magryś, A., Olender, A., & Tchórzewska, D. (2021). Antibacterial properties of *Allium sativum* L. against the most emerging multidrug-resistant bacteria and its synergy with antibiotics. *Archives of microbiology*, 203(5), 2257-2268. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02248-z>
- Makeri, D., Odoki, M., Eilu, E., & Agwu, E. (2023). Update on prevalence and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* isolated from diabetic foot ulcers in Africa: a systematic review and meta-analysis. *Bulletin of the National Research Centre*, 47(1), 145. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01119-5>
- Morton, K. E., & Coghill, S. H. (2024). *Staphylococcus aureus* is the predominant pathogen in hospitalised patients with diabetes-related foot infections: an Australian perspective. *Antibiotics*, 13(7), 594. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13070594>
- Owais, D., Al-Groom, R. M., AlRamadneh, T. N., Alsawalha, L., Khan, M. S. A., Yousef, O. H., & Burjaq, S. Z. (2024). Antibiotic susceptibility and biofilm forming ability of *Staphylococcus aureus* isolated from Jordanian patients with diabetic foot ulcer. *Iranian Journal of Microbiology*, 16(4), 450. [10.18502/ijm.v16i4.16303](https://doi.org/10.18502/ijm.v16i4.16303)
- Pagaya, J., Lysay, C. P., & Seumahu, C. A. (2021). Antimicrobial potential of garlic fresh (*Allium sativum* L.) and lakor onion (*Allium ascalonicum* L.) on the growth of *Staphylococcus aureus*. <https://doi.org/10.30598/rumphiusv3i2p030-033>
- Roy, R. D., & Gupta, S. D. (2022). A novel method for early detection of MIC value—Broth dilution using indicator solution versus agar dilution: an original article. *Journal of Research in Clinical Medicine*, 10(1), 27-27. [10.34172/jrcm.2022.027](https://doi.org/10.34172/jrcm.2022.027)
- Senneville, É., Albalawi, Z., Van Asten, S. A., Abbas, Z. G., Allison, G., Aragón-Sánchez, J., ... & Peters, E. J. (2024). IWGDF/IDSA guidelines on the diagnosis and treatment of diabetes-related foot infections (IWGDF/IDSA 2023). *Diabetes/metabolism research and reviews*, 40(3), e3687. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3687>
- Shahrokh, S., Tabatabaee, A., Yazdi, M., & Siavash, M. (2024). Proportion of toxin and non-toxin virulence factors of *Staphylococcus aureus* isolates from diabetic foot infection: a systematic review and meta-analysis. *BMC microbiology*, 24(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-03142-y>
- Sorlózano-Puerto, A., Figueroa-Vega, Y., Martín-Valenzuela, P., de la Torre-Ramírez, J. M., Baños, A., & Gutiérrez-Fernández, J. (2026). Allium-Derived Compounds Against Multidrug-Resistant Bacteria: Antibacterial Activity and Synergistic Effects. *ChemMedChem*, 21(8), e202501034. <https://doi.org/10.1002/cmdc.202501034>



- Ssemwanga, E., Mulungi, P. N., Tumusiime, J., Dhihume, W., Arinaitwe, B., Rugera, S. P., & Omara, D. (2022). In-vitro Antibacterial Activity of *Allium sativum* on Common Food Poisoning Bacteria. <https://nru.uncst.go.ug/handle/123456789/7340>
- Sulfianti, S., Mangarengi, Y., & Idrus, H. H. (2023). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum*) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus*. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 3(11), 870-879. <https://doi.org/10.33096/fmj.v3i11.416>
- Sultana, R., Ahmed, I., Saima, S., Salam, M. T., & Sultana, S. (2023). Diabetic foot ulcer-a systematic review on relevant microbial etiology and antibiotic resistance in Asian countries. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 17(6), 102783. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2023.102783>
- Tao, Z., Geng, D., Tao, J., Wang, J., Liu, S., Wang, Q., ... & Wang, R. (2023). Synergistic antibacterial effect and mechanism of allicin and an *Enterobacter cloacae* bacteriophage. *Microbiology spectrum*, 11(1), e03155-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.03155-22>
- Yang, S., Hu, L., Zhao, Y., Meng, G., Xu, S., & Han, R. (2024). Prevalence of multidrug-resistant bacterial infections in diabetic foot ulcers: A meta-analysis. *International Wound Journal*, 21(4), e14864. <https://doi.org/10.1111/iwj.14864>