

UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) TERHADAP PERTUMBUHAN *Staphylococcus aureus*

Sri Nur Insani¹, Fatimah^{2*}, Asdinar³

^{1,2,3}DIII Teknologi Laboratorium Medik, Stikes Panrita Husada Bulukumba,
Indonesia

Corresponding Author: Nama penulis imadzakwan02@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*), *Staphylococcus aureus*, antibakteri.

Received : 17, Agustus 2025

Revised : 20, Agustus 2025

Accepted: 23, Agustus 2025

©2022The Author(s): This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ABSTRAK

Lidah buaya (*Aloe vera*) mengandung senyawa antibakteri seperti tanin dan saponin yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri patogen. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram-positif yang sering menjadi penyebab infeksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak *Aloe vera* dalam menghambat pertumbuhan *S. aureus* menggunakan metode sumuran dalam uji laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak dengan konsentrasi 100% menghasilkan zona hambat terbesar (9,3 mm), diikuti konsentrasi 80% (8,6 mm), 60% (7,8 mm), 40% (7,6 mm), dan 20% (6,8 mm), dengan kontrol positif sebesar 6,8 mm. Kesimpulannya, ekstrak *Aloe vera* efektif menghambat pertumbuhan *S. aureus* dengan aktivitas sedang (zona hambat >5 mm) pada seluruh konsentrasi yang diuji.

PENDAHULUAN

Tanaman obat telah digunakan secara turun-temurun dalam pengobatan tradisional di berbagai belahan dunia. Salah satu tanaman yang paling dikenal adalah *Aloe vera*, atau yang lebih umum disebut lidah buaya, yang telah lama dimanfaatkan untuk pengobatan luka, peradangan, dan gangguan kulit lainnya. Pemanfaatan *Aloe vera* sebagai agen antibakteri semakin mendapat perhatian seiring meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik sintetis. Studi terbaru menunjukkan bahwa senyawa aktif dalam *Aloe vera* seperti antrakuinon, saponin, dan tanin memiliki aktivitas antibakteri yang nyata terhadap berbagai patogen, termasuk *Staphylococcus aureus* (Tiwari et al., 2025).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram-positif berbentuk kokus yang sering terlibat dalam berbagai infeksi, mulai dari infeksi kulit ringan hingga penyakit sistemik yang mengancam jiwa. Bakteri ini juga dikenal karena kemampuannya membentuk biofilm dan menunjukkan resistensi terhadap antibiotik, terutama dalam bentuk *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) (Ragab et al., 2025). Dengan meningkatnya prevalensi strain resisten, pencarian alternatif terapeutik dari sumber alam menjadi sangat penting, terutama yang berasal dari tanaman yang mudah diakses dan memiliki toksisitas rendah.

Penelitian mengenai potensi antimikroba dari tanaman semakin berkembang dalam dekade terakhir. *Aloe vera* menjadi salah satu kandidat utama karena kandungannya yang kompleks dan multifungsional. Beberapa senyawa dalam gel *Aloe vera* terbukti mampu merusak dinding sel bakteri dan mengganggu proses metabolisme mikrobial (León-Campos et al., 2025). Efek antimikroba dari ekstrak *Aloe vera* juga telah diteliti dalam berbagai bentuk sediaan, mulai dari gel topikal hingga nanopartikel dan hidrokoloid, menunjukkan variasi efektivitas tergantung metode ekstraksi dan konsentrasi (Dhanvandhini & Sakthi Priya, 2025).

Perdebatan masih berlangsung mengenai efektivitas aktual *Aloe vera* sebagai agen antibakteri murni tanpa sinergi dengan senyawa lain. Beberapa peneliti melaporkan bahwa aktivitas antibakteri *Aloe vera* bersifat sedang dan lebih efektif jika dikombinasikan dengan nanopartikel logam seperti perak atau seng (Hadap et al., 2025). Namun, penelitian lain menyatakan bahwa dengan konsentrasi tinggi dan metode ekstraksi yang optimal, *Aloe vera* mampu menunjukkan zona hambat yang signifikan terhadap pertumbuhan *S. aureus* (Marfori & Rapiz, 2025). Hal ini menimbulkan kebutuhan akan studi lanjutan yang menguji efektivitas monokomponen *Aloe vera* secara in vitro.

Tantangan utama dalam membuktikan potensi antibakteri dari bahan alamiah seperti *Aloe vera* adalah standardisasi metode ekstraksi dan uji aktivitasnya. Sebagian besar studi sebelumnya masih terbatas pada model laboratorium sederhana tanpa memperhitungkan faktor-faktor seperti kestabilan senyawa bioaktif dan reaksi terhadap berbagai jenis galur bakteri (Upadhyay & Andiappan, 2025). Oleh karena itu, riset-riset yang dirancang dengan pendekatan eksperimental ketat sangat

dibutuhkan untuk memperkuat klaim ilmiah mengenai efektivitas tanaman obat dalam dunia klinis.

Dalam konteks Indonesia dan negara berkembang lainnya, penggunaan tanaman seperti *Aloe vera* sangat relevan karena ketersediaannya yang melimpah dan biaya produksi yang rendah. Penelitian terhadap tanaman lokal yang memiliki potensi antibakteri tidak hanya memberikan solusi praktis untuk masalah resistensi antibiotik, tetapi juga mendukung pengembangan obat herbal berbasis bukti. Relevansi praktis ini menambah nilai penting dari penelitian mengenai aktivitas antibakteri ekstrak lidah buaya terhadap *S. aureus* dalam skala laboratorium maupun klinis.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengukur daya hambat suatu zat terhadap mikroba adalah metode sumuran. Metode ini memungkinkan pengamatan langsung terhadap zona hambat yang terbentuk di sekitar sumuran yang berisi ekstrak uji. Penggunaan metode ini telah menjadi standar dalam banyak penelitian fitofarmaka karena kesederhanaannya serta kemampuannya memberikan data kuantitatif awal sebelum pengujian lanjutan seperti *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) (Vakkanti et al., 2025). Evaluasi zona hambat terhadap *S. aureus* melalui metode ini sangat sesuai untuk menguji efektivitas ekstrak *Aloe vera* dalam bentuk larutan murni.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan mendesak akan solusi terapi antimikroba alternatif yang bersifat alami, aman, dan terjangkau. Fenomena meningkatnya resistensi bakteri patogen, khususnya *S. aureus*, telah menjadi masalah kesehatan global yang mendorong peneliti untuk mengeksplorasi kembali kekayaan hayati sebagai sumber pengobatan. Studi ini tidak hanya memperkuat bukti ilmiah yang ada, tetapi juga membuka jalan bagi pengembangan sediaan antibakteri berbasis tanaman dengan pendekatan ilmiah yang lebih solid dan terstandarisasi (Enabulele et al., 2025).

Kontribusi dari penelitian ini terletak pada verifikasi empiris terhadap kemampuan antibakteri ekstrak *Aloe vera* murni terhadap *Staphylococcus aureus* dengan pendekatan kuantitatif berbasis zona hambat. Penelitian ini menambahkan data spesifik mengenai variasi efektivitas berdasarkan konsentrasi, sekaligus membandingkannya dengan kontrol positif sebagai acuan standar. Dengan demikian, studi ini dapat menjadi referensi awal untuk pengembangan formulasi fitofarmaka yang lebih efisien dan berbasis bukti (Tapubhai & Gupta, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara kuantitatif efektivitas ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode sumuran dalam lingkungan laboratorium. Penelitian ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan penting mengenai potensi aktual antibakteri dari ekstrak tanaman ini, serta menjadi dasar bagi pengembangan riset lanjutan yang lebih kompleks dan aplikatif dalam konteks kesehatan masyarakat.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan desain observasi laboratorium yang bertujuan mengamati daya hambat ekstrak daun lidah buaya (*Aloe vera*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Terapan Analisis Kesehatan STIKES Panrita Husada Bulukumba pada bulan Mei 2025. Desain ini dipilih untuk memungkinkan evaluasi terukur terhadap pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak *Aloe vera* secara in vitro menggunakan metode difusi sumuran pada media padat.

Bahan utama yang digunakan meliputi kultur murni *Staphylococcus aureus*, etanol 96%, daun lidah buaya segar, aquades steril, media Mueller-Hinton Agar (MHA), alkohol 70%, aluminium foil, kertas saring, kapas steril, kain kasa, kertas payung, antibiotik Ampisilin sebagai kontrol positif, NaCl fisiologis 0,9%, serta larutan ekstrak jahe sebagai bahan tambahan pengujian. Semua bahan diperoleh dari sumber yang terverifikasi dan disimpan sesuai standar penyimpanan bahan laboratorium mikrobiologi.

Ekstrak *Aloe vera* diperoleh melalui proses dua tahap: maserasi dan destilasi. Daun lidah buaya dicuci bersih, dikupas, dan dihancurkan, kemudian direndam dalam etanol 96% selama 72 jam. Filtrat hasil maserasi kemudian disuling menggunakan alat destilasi untuk memperoleh ekstrak murni. Seluruh proses dilakukan di fasilitas laboratorium kampus dengan prosedur standar operasional yang terdokumentasi. Ekstrak kemudian diencerkan ke dalam lima variasi konsentrasi: 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dengan volume tetap 5 mL per konsentrasi, menggunakan rumus pengenceran serial berbasis volume.

Peremajaan bakteri dilakukan dengan menanam *S. aureus* pada media Nutrient Agar (NA) miring menggunakan jarum ose steril dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Untuk pembuatan suspensi uji, satu ose kultur bakteri diremajakan disuspensikan ke dalam 5 mL NaCl 0,9% dalam tabung reaksi, dihomogenkan, dan diinkubasi ulang selama 24 jam agar mencapai fase eksponensial pertumbuhan bakteri.

Metode pengujian menggunakan teknik difusi sumuran (*well diffusion method*). Media MHA yang telah disterilisasi dituangkan ke dalam cawan petri steril sebanyak 20 mL per cawan dan dibiarkan memadat. Suspensi bakteri diambil menggunakan kapas steril (cotton bud) dan diusapkan merata pada permukaan MHA. Sumuran dibuat pada media padat menggunakan alat penusuk steril. Setiap sumur diberi label sesuai konsentrasi ekstrak yang akan diuji, serta dua kontrol: kontrol negatif (aquades steril) dan kontrol positif (Ampisilin 10 µg/mL).

Sebanyak 5 mL ekstrak pada masing-masing konsentrasi diteteskan ke dalam sumur yang telah dibuat. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali untuk memastikan reproduktibilitas data. Cawan petri ditutup dan dibungkus dengan kertas HVS untuk mencegah kontaminasi cahaya, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada

suhu 37°C. Zona hambat yang terbentuk di sekitar sumur diamati dan diukur menggunakan penggaris digital presisi 0,1 mm.

Analisis data dilakukan dengan mencatat diameter zona hambat (dalam mm) dari masing-masing konsentrasi dan mengklasifikasikannya berdasarkan kategori daya hambat: tidak ada (<5 mm), sedang (5–10 mm), kuat (10–20 mm), dan sangat kuat (>20 mm) sesuai dengan standar interpretasi klinis yang disesuaikan dari CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2022). Data dirata-ratakan dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel deskriptif. Pengolahan statistik lanjutan tidak dilakukan karena tujuan utama penelitian adalah eksploratif dan deskriptif.

Tidak ada hewan atau subjek manusia yang dilibatkan dalam studi ini, sehingga tidak diperlukan persetujuan etik dari lembaga etik kesehatan. Namun, seluruh prosedur telah ditinjau oleh komite laboratorium internal kampus untuk memastikan keamanan kerja dan validitas eksperimental.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi STIKES Panrita Husada Bulukumba pada tanggal 9–17 Juli 2021. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui daya hambat ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* melalui metode sumuran. Penelitian ini menggunakan lima variasi konsentrasi ekstrak, yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, serta dua kontrol, yaitu kontrol positif berupa ampicilin dan kontrol negatif berupa aquadest steril. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali untuk memastikan konsistensi hasil.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ekstrak lidah buaya dengan konsentrasi tertinggi (100%) memberikan zona hambat terbesar terhadap pertumbuhan *S. aureus* yaitu sebesar 9,8 mm. Konsentrasi 80% menghasilkan zona hambat 8,6 mm, konsentrasi 60% sebesar 7,8 mm, konsentrasi 40% sebesar 7,6 mm, dan konsentrasi 20% serta kontrol positif masing-masing sebesar 6,8 mm. Sementara itu, kontrol negatif (aquadest) tidak menunjukkan pembentukan zona hambat. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan positif antara peningkatan konsentrasi ekstrak dan luasnya zona hambat yang terbentuk.

Tabel. 1 berikut menyajikan ringkasan hasil uji daya hambat ekstrak lidah buaya terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk pada masing-masing perlakuan:

Tabel 1. Diameter Zona Hambat Ekstrak Lidah Buaya terhadap *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi Ekstrak Lidah Buaya	Diameter Zona Hambat (mm)	Kategori Efektivitas
20%	6,8	Sedang
40%	7,6	Sedang

60%	7,8	Sedang
80%	8,6	Sedang
100%	9,8	Sedang
Kontrol Positif (Ampisilin)	6,8	Sedang
Kontrol Negatif (Aquades steril)	0,0	Tidak ada

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa seluruh konsentrasi ekstrak lidah buaya yang diuji memberikan efek antibakteri dengan kategori sedang (zona hambat 5–10 mm). Sementara itu, kontrol negatif tidak memberikan efek penghambatan, yang menguatkan bahwa aquades steril tidak memiliki aktivitas antibakteri. Sebaliknya, ekstrak lidah buaya pada konsentrasi 100% menunjukkan daya hambat paling tinggi di antara perlakuan lainnya, meskipun masih tergolong sedang menurut klasifikasi zona hambat..

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki efektivitas dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, dengan seluruh variasi konsentrasi yang diuji menghasilkan zona hambat dalam kategori sedang. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, yang mengindikasikan adanya hubungan langsung antara dosis dan aktivitas antibakteri. Hal ini memperkuat pemahaman bahwa senyawa aktif dalam lidah buaya, seperti antrakuinon, saponin, flavonoid, dan tanin, mampu mengganggu integritas membran sel bakteri serta menghambat fungsi enzim-enzim penting dalam proses metabolisme mikroba. Aktivitas antibakteri ini menunjukkan bahwa lidah buaya dapat digunakan sebagai agen antimikroba alami, meskipun efektivitasnya masih tergolong sedang jika dibandingkan dengan antibiotik standar.

Penemuan ini didukung oleh sejumlah penelitian terdahulu yang juga menyatakan bahwa *Aloe vera* memiliki kemampuan antibakteri terhadap *S. aureus*. León-Campos et al. (2025) melaporkan bahwa ekstrak gel *Aloe vera* mampu menghasilkan zona hambat sebesar 7–10 mm terhadap *S. aureus*, angka yang sebanding dengan hasil dalam penelitian ini. Penelitian lain oleh Marfori dan Rapiz (2025) juga mengungkapkan aktivitas antibakteri serupa pada ekstrak akar *Aloe vera* yang dikultur secara *in vitro*. Dhanvandhini dan Sakthi Priya (2025) bahkan menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri lidah buaya ketika dikombinasikan dengan nanopartikel logam, namun dalam bentuk murninya, ekstrak tersebut tetap menunjukkan efek penghambatan yang signifikan. Temuan dari Hadap et al. (2025) menegaskan bahwa ekstraksi menggunakan pelarut etanol, seperti yang digunakan dalam penelitian ini, memberikan hasil antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan pelarut air, karena lebih efektif dalam melarutkan senyawa aktif yang bersifat nonpolar.

Dari sudut pandang teoritis, hasil penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan literatur mengenai fitokimia dan aplikasi tanaman obat dalam pengendalian infeksi bakteri. Penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa *Aloe vera* dapat dijadikan alternatif antibakteri yang lebih aman dan berbiaya rendah, terutama dalam penanganan infeksi ringan. Aktivitas sedang yang ditunjukkan oleh ekstrak ini juga dapat menjadi dasar untuk melakukan modifikasi atau peningkatan formulasi, baik melalui teknik enkapsulasi, kombinasi dengan bahan aktif lain, atau pengembangan sediaan farmasi topikal. Dalam praktiknya, lidah buaya sangat mungkin digunakan di layanan kesehatan primer, terutama di daerah yang memiliki keterbatasan akses terhadap antibiotik konvensional, serta di bidang kosmetik medis sebagai bahan aktif dalam produk antiseptik kulit.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diakui. Studi ini hanya menguji satu jenis bakteri, yaitu *Staphylococcus aureus*, tanpa membandingkan efektivitasnya terhadap bakteri lain, baik Gram-positif maupun Gram-negatif. Selain itu, metode yang digunakan masih bersifat deskriptif melalui uji difusi sumuran tanpa pengukuran nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC) maupun Minimum Bactericidal Concentration (MBC), yang penting untuk memahami konsentrasi minimum yang efektif secara klinis. Tidak adanya karakterisasi lebih lanjut terhadap senyawa aktif utama dalam ekstrak juga menjadi celah yang dapat ditindaklanjuti dalam penelitian lanjutan.

Ke depan, perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam dengan melibatkan berbagai galur bakteri, termasuk strain resisten seperti MRSA, serta pendekatan analisis kimia untuk mengidentifikasi komponen bioaktif utama dalam ekstrak. Pengujian pada model hewan atau uji klinis skala kecil juga penting untuk mengetahui efektivitas dan keamanan penggunaan ekstrak *Aloe vera* dalam kondisi biologis yang lebih kompleks. Dengan demikian, potensi lidah buaya sebagai agen antibakteri alami dapat dimaksimalkan, tidak hanya dalam konteks eksperimental, tetapi juga dalam aplikasi medis dan farmasi yang nyata.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ekstrak lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan efektivitas yang tergolong sedang pada semua konsentrasi yang diuji. Zona hambat yang terbentuk menunjukkan hubungan linier antara peningkatan konsentrasi ekstrak dan daya hambatnya, di mana konsentrasi 100% menghasilkan zona hambat terbesar. Penelitian ini mendukung pemanfaatan *Aloe vera* sebagai alternatif agen antibakteri alami, khususnya dalam pengembangan sediaan topikal atau antiseptik herbal. Oleh karena itu, disarankan agar pemanfaatan lidah buaya dalam bidang farmasi dan kesehatan masyarakat terus ditingkatkan melalui formulasi berbasis bukti dan uji klinis lebih lanjut.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu hanya dilakukan terhadap satu jenis bakteri dan tidak disertai uji kuantitatif lanjutan seperti MIC atau MBC. Selain itu, studi ini belum mengidentifikasi senyawa aktif spesifik yang bertanggung jawab terhadap efek antibakteri. Untuk itu, disarankan agar penelitian selanjutnya mencakup analisis fitokimia lebih mendalam, pengujian terhadap berbagai galur patogen termasuk strain resisten, serta uji toksisitas dan efektivitas formulasi dalam model hewan atau uji klinis skala kecil guna menilai aplikabilitas secara lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing dan seluruh staf Laboratorium Mikrobiologi STIKES Panrita Husada Bulukumba atas bimbingan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh rekan sejawat yang turut memberikan masukan dalam penyusunan laporan ini. Penulis menyampaikan apresiasi atas dukungan moral dan material dari pihak keluarga serta pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu kelancaran penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhanvandhini, B., & Priya, M. S. (2025). Green synthesis and antimicrobial evaluation of silver nanoparticle composites from *Aloe barbadensis miller*. *Applied Nanoscience*. <https://doi.org/10.1007/s13204-025-03108-8>
- Enabulele, S. A., & Adoh, O. B. (2025). Combating foodborne pathogens: Plant-based antimicrobial alternatives. *DAHUDER Medical Journal*. <https://dergipark.org.tr/en/pub/dahudermj/issue/94089/1688252>
- Hadap, A., Panse, V. R., & Tereshchuk, S. (2025). Investigation of *Aloe vera* mediated ZnO nanocomposite for antimicrobial applications. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05231-6>
- León-Campos, M. I., & Claudio-Rizo, J. A. (2025). *Aloe vera*-enriched collagen-polyurethane hydrogel for antibacterial action. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 11(2). <https://doi.org/10.1088/1748-605X/ade7e2>
- Marfori, E. C., & Rapiz, B. T. (2025). Antimicrobial activity of in vitro culture-derived *Aloe vera* roots. *The Philippine Agricultural Scientist*, 108(1), 45–52. <https://www.researchgate.net/publication/394437228>

Medical Research and Health Innovation

Vol. 1 No. 1 2025, Agustus 2025

- Ragab, A., El-Badry, N., Tamer, N., & Naas, A. (2025). Biodegradable hydrogels incorporating *Aloe vera*-synthesized silver nanoparticles. *BMC Chemistry*, 19(1), 18. <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13065-025-01564-5>
- Tapubhai, V. P., & Gupta, S. (2025). Evaluating antimicrobial activity of traditional medicinal plants against pathogens. *International Conference on Scientific Research* Review. https://www.icsrr.com/ijarse.com/images/fullpdf/1738641445_B2552.pdf
- Tiwari, S., Nageshwari, B., Mohammad, M. A., & Devi, K. S. (2025). In vitro assessment of *Aloe vera* gel extracts for antibacterial efficacy. *Yugoslav Journal of General Microbiology*, 61(4), 277–284. <https://www.yjgkx.org/uploads/archives/f33b3b16-53d8-48ce-b1a8-81efb2e18c3f.pdf>
- Upadhyay, S., & Andiappan, M. (2025). Standardization of plant extract-based antimicrobial assays: Challenges and opportunities. *Journal of Ethnopharmacology*, 310, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.117105>
- Vakkanti, M., Shaik, F. A., & Rao, P. V. (2025). Comparative evaluation of antimicrobial susceptibility testing methods: Disc diffusion vs well diffusion. *Journal of Clinical Microbiology Research*, 13(2), 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.jcmr.2025.03.007>