Journal of Comprehensive Science
p-ISSN: 2962-4738 e-ISSN: 2962-4584
Volume 6, Number 1, Januari, 2026

Pendekatan Herbal Antiacne: Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak *Cymbopogon Nardus* Dan *Curcuma Longa* Sebagai Bahan Aktif Kosmetik Alami

Yuni Mala Sari[1]*, Fivit Andriani[2], Hanyfah Honesty Way[3], Yoan De Nanda[4], Anggela Marta Tasman[5]
Universitas Negeri Padang, Indonesia[1,2,5]
SMA IT Ash Shiddiiqi, Indonesia[3]
Universitas Lancang Kuning, Indonesia[4]
Email: yunimalasari@unp.ac.id*, fivitandriani@unp.ac.id, honestyway379@gmail.com, yoandenanda@unilak.ac.id, anggelamt@unp.ac.

Abstrak

Jerawat merupakan salah satu masalah kulit yang umumnya disebabkan oleh aktivitas bakteri, salah satunya adalah *Staphylococcus aureus.* Saat ini, penggunaan obat jerawat sintetis masih menjadi pilihan utama dalam penanganannya. Namun, pemakaian jangka panjang terus-menerus berpotensi menimbulkan efek samping dan resitensi bakteri. Oleh karena itu, pemanfaatan bahan alam sebagai antiacne alami terus dikembangkan karena dinilai lebih aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* terhadap *Staphylococcus aureus*. Uji antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram pada pada ekstrak tunggal dan kombinasi. Hasil penelitian menunjukan bahwa pada konsentrasi 50% dan 75%, ekstrak tunggal *Cymbopogon nardus* menghasilkan zona hambat sebesar 7,32 dan 8,25 mm, sedangkan *Curcuma longa* dengan zona hambat 8,35 dan 8,60 mm. Kombinasi ekstrak *Curcuma longa* + *Cymbopogon nardus* pada konsentrasi 75 % (50% *Curcuma longa dan 25% Cymbopogon nardus) menunjukan zona hambat yang lebih besar, yakni 11,29 mm,* dibandingkan kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* + *Curcuma longa* pada konsentrasi yang sama dengan zona hambat sebesar 10,31 mm. Meskipun demikian, kedua kombinasi ekstrak menunjukkan adanya efek sinergis, sehingga ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik alami antiacne.

Kata kunci : *Curcuma longa*, *Cymbopogon nardus*, Antiacne Alami.

Abstract

Acne is a common skin disorder generally caused by bacterial activity, one of which is Staphylococcus aureus. Currently, synthetic anti-acne drugs remain the primary choice for acne treatment. However, long-term and continuous use may lead to adverse effects and bacterial resistance. Therefore, the utilization of natural ingredients as alternative anti-acne agents has been increasingly explored due to their perceived safety. This study aimed to evaluate the antibacterial activity of a combination of Cymbopogon nardus and Curcuma longa extracts against Staphylococcus aureus. Antibacterial activity was assessed using the disk diffusion method on both single and combined extracts. The results showed that at concentrations of 50% and 75%, single extracts of Cymbopogon nardus produced inhibition zones of 7.32 and 8.25 mm, respectively, while Curcuma longa extracts produced inhibition zones of 8.35 and 8.60 mm. The combination of Curcuma longa + Cymbopogon nardus at a concentration of 75% (50% Curcuma longa and 25% Cymbopogon nardus) exhibited a larger inhibition zone of 11.29 mm compared to the combination of Cymbopogon nardus + Curcuma longa at the same concentration, which showed an inhibition zone of 10.31 mm. Nevertheless, both extract combinations demonstrated synergistic effects, indicating that Cymbopogon nardus and Curcuma longa extracts have potential to be developed as natural cosmetic anti-acne active ingredients.

Keywords : *Curcuma longa, Cymbopogon nardus, natural anti-acne.*

PENDAHULUAN

Jerawat (Acne Vulgaris) adalah kondisi peradangan kulit kronis yang menyerang populasi di seluruh dunia (Legiawati *et al*., 2023). Kondisi ini disebabkan oleh hiperkeratosis, yang menyebabkan penumpukan keratin dan sebum, serta di perparah oleh adanya

mikroorganisme yang terlibat seperti *Staphylococcus aureus,* yang berperan dalam memicu peradangan dan infeksi pada kulit (Hamann *et al.*, 2025).

Dalam praktik dermatologi, antibiotik telah lama digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri penyebab jerawat. Namun, penggunaan antibiotik jangka panjang dilaporkan dapat meningkatkan resistensi antibiotik, yang menjadi tantangan serius dalam penanganan jerawat (Rajput & Shivhare, 2024). Oleh karena itu, pelu ditingkatkan keamanan dan keberlanjutan terhadap produk perawatan kulit serta pengembangan bahan aktif kosmetik yang aman dan efektif menjadi kebutuhan penting. Berbeda dengan obat topikal, kosmetik antiacne diformulasikan untuk membantu mengontrol pertumbuhan mikroorganisme penyebab jerawat serta menjaga keseimbangan kulit tanpa menimbulkan efek samping. Untuk itu, Pemanfaatan tumbuhan alam menjadi solusi strategis yang menjanjikan karena memiliki efek samping yang rendah serta aktivitas yang beragam (Anupama, 2025).

Cymbopogon nardus dilaporkan memiliki kandungan senyawa volatile geraniol, sitronelal dan sitronelol yang memiliki aktivitas antinakteri terhadap berbagai bakteri patogen kulit (Móricz et al., 2025). Sementara itu, *Curcuma longa* juga dilaporkan memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, kurkumin, minyak atsiri, saponin, tannin dan terpenoid. Senyawa kurmurin dan minyak atsiri merupakan senyawa aktif yang memiliki sifat antibakteri dan antiinflamasi yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri penyebab infeksi kulit (Lakhanapuram *et al*., 2025).

Kombinasi kedua ekstrak ini diharapkan mampu memberikan efek siergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang berperan dalam jerawat. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* terhadap *Staphylococcus aureus* sebagai dasar pengembangan bahan aktif kosmetik herbal antiacne.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak Cymbopogon nardus dan Curcuma longa terhadap *Staphylococcus aureus* serta mengevaluasi potensi efek sinergis dari kedua ekstrak tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tunggal maupun kombinasi pada berbagai konsentrasi mampu membentuk zona hambat pertumbuhan bakteri, dengan kombinasi Curcuma longa + Cymbopogon nardus pada konsentrasi 75% menghasilkan zona hambat terbesar, yang mengindikasikan aktivitas antibakteri yang lebih optimal dibandingkan ekstrak tunggal maupun kombinasi lainnya. Temuan ini memberikan manfaat ilmiah dalam memperkaya kajian mengenai pemanfaatan bahan alam sebagai antibakteri serta manfaat praktis sebagai dasar pengembangan bahan aktif kosmetik alami antiacne yang lebih efektif, aman, dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan sintetik.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan tabung reaksi, batang pengaduk, pipet tetes, gelas ukur, penangas, gelas beaker, erlenmeyer, cawan petri, gelas ukur, jarum ose, kertas cakram, autoclave, blue tips, cotton bud, laminar air flow, mikropipet, refrigerator, pembakar, timbangan analitik, dan vortex. Bahan yang digunakan etanol, pereaksi meyer, wagner, Lieberman burchad, serbuk Mg, $FeCl_3$, HCl Pekat, akuades, kloroform, H_2SO_4, dan asetat glacial, chloramphenicol, bakteri *S. Aeurus*, etanol 96%, DMSO 5%, NaCl fisiologis 0.9%, Media Muller Hinton Agar (MHA). Penelitian ini menggunakan bahan utama *Curcuma longa* dan *Cymbopongon nardus*.

Tanaman *Curcuma longa* dan *Cymbopongon nardus* masing-masing 5 Kg, dicuci, dibersihkan dan dikeringkan pada suhu 40^oC dan diperoleh simplisia kering. Kemudian simplisia kering di grinder hingga menjadi simplisia bubuk (Khonsa, 2025). Simplisia bubuk *Curcuma longa* dan *Cymbopongon nardus* dimaserasi dengan pelarut etanol 96%. Proses maserasi dilakukan 2 x 24 jam, selama proses maserasi berlangsung dilakukan beberapa kali pengadukan (Suryati *et al.*, 2019; Ling *et al*., 2021). Pengujian kandungan metabolit sekunder

terdiri dari uji flavonoid, alkaloid, terpenoid, steroid dan fenolik (Twaij *et al*., 2022) (Herru *et al*., 2025).

Kultur murni *Staphylococcus aureus* di ambil menggunakan jarum ose steril. Kemudian dimasukkan secara aseptik ke dalam tabung reaksi steril yang berisi larutan NaCl fisiologis 0.9% yang kekeruhannya disesuaikan dengan kekeruhan Mc Farland yang dimodifikasi sebesar 0,5, lalu diinkubasi pada suhu 37ºC selama 18-24 jam (Zhou *et al*., 2022). Metode yang digunakan adalah metode difusi untuk menentukan diameter zona inhibisi terhadap bakteri uji. Metode difusi dilakukan dengan mencelupkan kapas steril ke dalam suspensi bakteri yang telag dibuat dan ditekan di ujung tabung.

Selanjutnya dilakukan inokulasi ke dalam media MHA dengan metode spread plate dan media didiamkan selama 10 menit pada suhu ruang agar suspensi kultur berdifusi kedalam media. Media diisi dengan kertas cakram 6 mm menggunakan pinset dengan jarak yang sama. Setiap cakram diberikan ekstrak *Curcuma longa* dan *Cymbopongon nardus* dengan konsentrasi 12,5 %, 25 %, 50 % dan 70 %. Chloramphenicol sebagai kontrol positif dan DMSO 5 % sebagai kontrol negatif. Media yang mengandung kertas cakram dimasukkan kedalam inkubator dan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37ºC, kemudia hasilnya diamati. Setelah itu,diameter zona inhibisi di sekitar kertas cakram diukur dan dinyatakan dalam satuan mm (Hikmah *et al*., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skrining Fitokimia

Hasil uji kandungan metabolit sekunder ekstrak etanol *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Metabolit sekunder ekstrak etanol *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa*

No	Sampel	Metabolit sekunder				
		Alkaloid	flavonoid	fenolik	triterpenoid	Steroid
1.	*Cymbopogon nardus*	-	+	+	-	+
2.	*Curcuma longa*	+	+	-	+	-

Berdasarkan tabel 1. dapat dilihat bahwa ekstrak *Cymbopogon nardus* mengandung flavonoid, senyawa fenolik, dan steroid. Keberadaan flavonoid dan fenolik diketahui dapat menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme kerusakan membran sel dan menghambat aktivitas enzim bakteri (Miklasińska-Majdanik *et al*., 2018). Oleh karena itu, senyawa-senyawa tersebut berpotensi berfungsi sebagai bahan aktif kosmetik yang dapat mengontrol pertumbuhan mikroorganisme pada kulit berjerawat tanpa menimbulkan efek iritasi yang signifikan (Čižmárová *et al*., 2023), sehingga sesuai untuk penggunaan topikal jangka panjang (Jesus *et al*., 2025).

Sedangkan ekstrak *Curcuma longa* mengandung alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid. keberadaan alkaloid dan triterpenoid diketahui mampu mengganggu sintetis dinding sel bakteri serta meningkatkan permeabilitas membran (Yan *et al*., 2021). Tidak hanya menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat, tetapi juga menjaga keseimbangan kulit (Lakhanapuram et al., 2025).

Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Cymbopogon nardus* Dan *Curcuma longa*

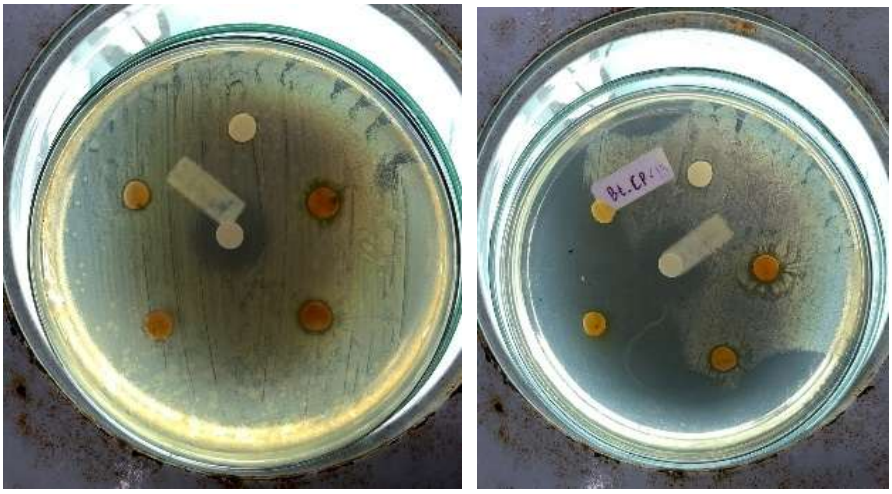
Pada pengujian aktivitas antibakteri ekstrak tunggal *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* terhadap bakteri *S. Aureus* menggunakan media cakram dengan varasi konsentrasi 12,5%, 25%, 50% dan 75%. Hasil menunjukkan bahwa pada konsnetrasi 12,5% dan 25%, kedua ekstrak belum menghasilkan zona hambat, yang menyatakan bahwa konsentrasi tersebut belum cukup efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Berdasarkan hasil pengukuran

zona hambat pada uji aktivitas antibakteri berturut-turut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak tunggal etanol *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa*

Konsentrasi sampel	*Cymbopogon nardus*			*Curcuma longa*		
	Staphylococcus aureus			*Staphylococcus aureus*		
	I	II	III	I	II	III
12,5 %	-	-	-	-	-	-
25 %	-	-	-	-	-	-
50%	-	7.32	-	9.96	7.47	7.62
75%	-	8.25	-	8.63	8.50	8.67
Kontrol (-)	-	-	-	-	-	-
Kontrol (+)	19.17	14.17	15.97	19.17	14.17	15.97

Pada konsentrasi 50%, ekstrak *Cymbopogon nardus* menunjukkan zona hambat sebesar 7,32 mm, sedangkan Curcuma longa menghasilkan zona hambat lebih besar yakni antara 7,47–9,96 mm. Pada 75% zona hambat juga ikut meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi pada kedua ekstrak. Ekstrak *Curcuma longa* tetap menunjukkan aktivitas antibakteri lebih tinggi di bandingkan *Cymbopogon nardus*. Sedangkan pada kontrol positif menunjukkan bahwa zona hambat jauh lebih besar dari ekstrak uji dan kontrol negatif tidak menunjukkan zona hambat. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri yang diamati berasal dari ekstrak *Curcuma longa* dan *Cymbopogon nardus* bukan dari pelarut yang digunakan (Balouiri et al., 2016). Aktivitas antibakteri kedua ekstrak menunjukkan adanya potensi bahan aktif kosmetik alami antiacne yang berfungsi mengontrol pertumbuhan bakteri.



Gambar 1. Zona hambat ekstrak *Curcuma longa*



Gambar 2. Zona hambat ekstrak *Cymbopogon nardus*

Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak *Cymbopogon nardus* Dan *Curcuma longa*

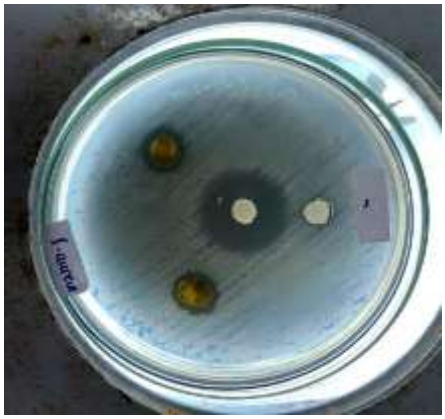
Pada pengujian aktivitas antib akteri kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* terhadap bakteri *S. Aureus* menggunakan media cakram. Berdasarkan hasil pengukuran zona hambat pada uji aktivitas antibakteri berturut-turut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3. Hasil uji aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa*

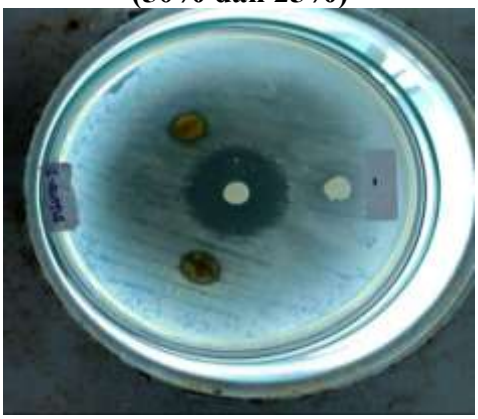
Konsentrasi sampel	*Cymbopogon nardus* + *Curcuma longa*			*Curcuma longa* + *Cymbopogon nardus*		
	Staphylococcus aureus			*Staphylococcus aureus*		
	I	II	III	I	II	III
(30% + 20%)	10.64	8.55	10.13	12.54	8.54	11.3
(50 %+ 25%)	11.12	9.27	10.56	*12.41*	9.25	12.22
Kontrol (-)	-	-	-	-	-	-
Kontrol (+)	20.73	24.5	22.28	20.73	24.5	22.28

Kombinasi *Curcuma longa* dan *Cymbopogon nardus* secara konsisten menunjukkan zona hambat lebih besar dibandingkan kombinasi sebaliknya pada konsentrasi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak berpengaruh terhadap efektivitas antibakteri, dimana *Curcuma longa* berperan penting dalam meningkatkan daya hambat (Syahmina Hashim *et al*, 2024). Sehingga peningkatan aktivitas antibakteri pada kombinasi ekstrak menunjukkan adanya efek sinergis yang berasal dari interaksi berbagai metabolit sekunder dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus.*

Peningkatan aktivitas antibakteri pada kombinasi ekstrak menunjukkan adanya efek sinergis dibandingkan dengan ekstrak tunggal. Hal ini dikarenakan adanya interaksi yang berasal dari metabolit sekunder dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil penelitian ini memperkuat potensi kombinasi esktrak Curcuma longa dan Cymbopogon nardus sebagai bahan aktif kosmetik alami antiacne sehingga sesuai untuk diaplikasikan dalam formulasi produk perawatan kulit.



Gambar 3. Zona hambat kombinasi ekstrak *Curcuma longa* dan *Cymbopogon nardus* (50% dan 25%)



Gambar 4. Zona hambat kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* (50% dan 25%)

KESIMPULAN

Ekstrak tunggal *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Hal ini ditandai dengan adanya peningkatan diameter zona hambat seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak khususnya pada konsentrasi 50 dan 75%. Kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* memiliki aktivitas antibakteri lebih kuat dibandingkan ekstrak tunggal. Kedua kombinasi ekstrak menunjukkan efek sinergis terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus*. Ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak *Cymbopogon nardus* dan *Curcuma longa* memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan aktif kosmetik antiacne alami yang lebih aman.

DAFTAR PUSTAKA

Anupama, M. (2025). Plant science review. Plant Science Review, 06(01), 24–29.

Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. Journal of Pharmaceutical Analysis, 6(2), 71–79. https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005

Čižmárová, B., Hubková, B., Tomečková, V., & Birková, A. (2023). Flavonoids as Promising Natural Compounds in the Prevention and Treatment of Selected Skin Diseases. International Journal of Molecular Sciences, 24(7). https://doi.org/10.3390/ijms24076324

Hamann, T., Brüggemann, H., Feidenhansl, C., Rruci, E., Gallinger, J., Gallinat, S., & Hüpeden, J. (2025). Distinct Intraspecies Variation of Cutibacterium acnes and

Staphylococcus epidermidis in Acne Vulgaris and Healthy Skin. Microorganisms, 13(2). https://doi.org/10.3390/microorganisms13020299

Herru, Y. D. N., Diova Ritonga, A., Yelmiza, Y., Mala Sari, Y., & Rokim, M. (2025). Analisis Kandungan Metabolit Sekunder Dari Genus Dipterocarpaceae Dengan Metode Fitokimia. Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM), 5(1), 55–61. https://doi.org/10.31849/jurkim.v5i1.25060

Hikmah, S. N., Setianto, R., Dewi, B. A., & Utami, R. (2021). Antibacterial Activities of N-Hexan Ethyl Acetate Fraction and Water From Ethanol Extract of Yodium Leaves (Jatrophora Multifida L.) Against Pseudomonas Aeruginosa ATCC 27853. STRADA Jurnal Ilmiah Kesehatan, 10(1), 1242–1249. https://doi.org/10.30994/sjik.v10i1.552

Jesus, A., Ratanji, S., Cidade, H., Sousa, E., Cruz, M. T., Oliveira, R., & Almeida, I. F. (2025). Phenolics as Active Ingredients in Skincare Products: A Myth or Reality? Molecules, 30(7), 1–26. https://doi.org/10.3390/molecules30071423

Khonsa. (2025). The Effectiveness Test of Tembelekan (Lantana camara L.) Leaf Extract Gel for Cuts Healing in Male White Mice. Media Farmasi Indonesia, 20(1), 1–14. https://doi.org/10.53359/mfi.v20i1.288

Lakhanapuram, H. K., Bunluepuech, K., Somsiripan, T., Khongkhai, H., Sangkanu, S., Saengsawang, P., Nissapatorn, V., de Lourdes Pereira, M., & Mitsuwan, W. (2025). Assessment of antibacterial, antibiofilm, and physicochemical characteristics of Curcuma longa L. extract and soap containing C. longa extract against Staphylococcus aureus. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 24(8). https://doi.org/10.1007/s44447-025-00066-z

Legiawati, L., Halim, P. A., Fitriani, M., Hikmahrachim, H. G., & Lim, H. W. (2023). Microbiomes in Acne Vulgaris and Their Susceptibility to Antibiotics in Indonesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. Antibiotics, 12(1), 1–17. https://doi.org/10.3390/antibiotics12010145

Ling, W., Florenly, F., Liena, L., & Purba, D. R. (2021). Effectiveness of Turmeric Ethanol Extract Cream Preparation (Curcuma Longa) in Speeding up Wound Healing in Male Wistar Rats. Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal, 4(1), 10–21. https://doi.org/10.33258/birex.v4i1.3472

Miklasińska-Majdanik, M., Kępa, M., Wojtyczka, R. D., Idzik, D., & Wąsik, T. J. (2018). Phenolic compounds diminish antibiotic resistance of staphylococcus aureus clinical strains. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(10). https://doi.org/10.3390/ijerph15102321

Móricz, Á. M., Baglyas, M., Cselőtey, A., Böszörményi, A., & Ott, P. G. (2025). Antibacterial compounds of Cymbopogon nardus essential oil exposed by high-performance thin-layer chromatography–direct bioautography. Journal of Planar Chromatography - Modern TLC, 38(4–5), 401–406. https://doi.org/10.1007/s00764-025-00344-0

Rajput, Y., & Shivhare, D. P. (2024). Antibiotic Resistance in Acne Treatment : Implications for Dermatology Practice. Afr. J. Biomed, 27(1).

Suryati, Mala Sari, Y, Efdi, M, Mardiah, E. (2019). A Cytotoxic Compound from n-Hexane Fraction of Lantana camara Linn Leaves. Molekul, 400.

Syahmina Hashim, A., & Munirah Bakar, L. (2024). ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF TURMERIC (Curcuma longa) EXTRACT AGAINST Staphylococcus aureus AND

Escherichia coli. Journal of Academia, 12(2), 195–200.

Twaij, B. M., & Hasan, M. N. (2022). Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses. International Journal of Plant Biology, 13(1), 4–14. https://doi.org/10.3390/ijpb13010003

Yan, Y., Li, X., Zhang, C., Lv, L., Gao, B., & Li, M. (2021). Research Progress on Antibacterial Activities and Mechanisms of Natural Alkaloids: A Review Its Diastereomers: An Insight Review. Antibiotics, 1–30. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8003525/pdf/antibiotics-10-00318.pdf

Zhou, Y., Hu, J., Wu, Y., Zeng, H., Zeng, D., & Wang, Z. (2022). Experimental Study on the Preparation of a Highly Active Bacterial Suspension for MICP in the South China Sea. Sustainability (Switzerland), 14(15). https://doi.org/10.3390/su14159748