

## Jurnal Biotek

p-ISSN: 2581-1827 (print), e-ISSN: 2354-9106 (online)  
Website: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/biotek/index>

### Ekstrak Buah Lerak (*Sapindus rarak*) sebagai Sabun Antibakteri yang Ramah Lingkungan

Novitarini<sup>1\*</sup>, I Nyoman Bagus Aji Kresnapati<sup>1</sup>, Alfarizi Muzaifa Akmi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Bumigora, Indonesia

\*Correspondence email: [novitarini@universitasbumigora.ac.id](mailto:novitarini@universitasbumigora.ac.id)

(Submitted: 12-09-2024, Revised: 14-12-2024, Accepted: 29-12-2024)

#### ABSTRAK

Surfaktan sintetik mencemari lingkungan dan menyebabkan iritasi kulit, sehingga diperlukan biosurfaktan alami. Buah lerak (*Sapindus rarak*) memiliki potensi sebagai biosurfaktan karena mengandung senyawa saponin sebesar 28% serta memiliki aktivitas antibakteri yang potensial. Tujuan Penelitian ini menguji aktivitas antibakteri ekstrak buah lerak menggunakan tiga parameter: Zona Hambat, Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) terhadap *Staphylococcus aureus* (Gram positif) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Gram negatif). Metode penelitian menggunakan *Posttest Only Control Group Design* menguji aktivitas antibakteri dari ekstrak buah lerak terhadap flora normal pada permukaan kulit yaitu *Staphylococcus aureus* (Gram Positif) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Gram Negatif). Seluruh hasil uji aktivitas antibakteri dianalisis dengan *One Way ANOVA* menggunakan SPSS IBM versi 22. Hasil penelitian Konsentrasi Hambat Minimum didapatkan sebesar 6,25% terhadap gram positif dan 1,56% terdapat gram negatif. Konsentrasi Bunuh Minimum didapatkan sebesar 25% terhadap gram positif dan 50% terdapat gram negatif. Ekstrak konsentrasi 50% memiliki zona hambat terhadap gram positif dan gram negatif secara berurut: 21,53 dan 22,13 mm. Hasil ini menggambarkan bahwa ekstrak buah lerak memiliki daya hambat sangat kuat terhadap bakteri gram positif dan negatif. Penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan formulasi sabun antibakteri dari ekstrak buah lerak yang ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** Antibakteri; Biosurfaktan; Buah Lerak; Flora Normal

#### ABSTRACT

*Synthetic surfactants contribute to environmental pollution and can cause skin irritation, highlighting the need for natural biosurfactants. Lerak fruit (Sapindus rarak) shows promise as a biosurfactant due to its 28% saponin content and potential antibacterial activity. This study aimed to evaluate the antibacterial activity of lerak fruit extract using three parameters: inhibition zone, minimum inhibitory concentration (MIC), and minimum bactericidal concentration (MBC) against Staphylococcus aureus (Gram-positive) and Pseudomonas aeruginosa (Gram-negative). The research utilized a Posttest Only Control Group Design to test the antibacterial activity of lerak fruit extract against skin-surface normal flora, specifically Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa. All antibacterial activity results were analyzed using One-Way ANOVA in SPSS IBM version 22. The study found the MIC to be 6.25% for Gram-positive bacteria and 1.56% for Gram-negative bacteria. The MBC was determined to be 25% for Gram-positive bacteria and 50% for Gram-negative bacteria. At a 50% concentration, the inhibition zones against Gram-positive and Gram-negative bacteria were 21.53 mm and 22.13 mm, respectively. These results demonstrate that lerak fruit extract possesses strong antibacterial activity against both Gram-positive and Gram-negative bacteria. This research provides a foundation for developing environmentally friendly antibacterial soap formulations using lerak fruit extract.*

**Keywords:** Antibacterial; Biosurfactant; Lerak Fruit; Normal Flora



Copyright©2024

**How to cite:** Novitarini, N., Kresnapati, I. N. B. A., & Akmi, A. M. (2024). Ekstrak Buah Lerak (*Sapindus rarak*) sebagai Sabun Antibakteri yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Biotek*, 12(2), 186–197. <https://doi.org/10.24252/jb.v12i2.51245>

## PENDAHULUAN

Sintetik surfaktan merupakan komponen pada sabun yang perlu dihindari karena mencemari lingkungan. Peningkatan penggunaan sintetik surfaktan hingga 18% setiap tahunnya dan diperkirakan 60% limbah surfaktan berakhir di laut dan sungai (Johnson *et al.*, 2021). Survei dari *British Geological* menyatakan bahwa sintetik surfaktan terdaftar sebagai polutan organik yang sulit terurai karena sifatnya yang sangat larut dalam air. Limbah sintetik surfaktan dapat mengurai bakteri aerob yang fungsinya sebagai pengurai polutan organik sehingga limbah akan semakin menumpuk (Siyal *et al.*, 2020).

Sodium Lauryl sulfat (SLS) bagian dari sintetik surfaktan yang paling umum digunakan dalam formulasi sabun (Freitas *et al.*, 2020). Seiring peningkatan penggunaan SLS ini banyak konsumen yang mengalami iritasi pada kulit seperti kemerahan, panas, gatal dan kering (Okombi *et al.*, 2021). Beberapa penelitian mengatakan bahwa SLS merusak lapisan pelindung kulit karena terlalu kuat mengurangi flora normal (Choi *et al.*, 2018). Flora normal merupakan mikroorganisme yang berfungsi sebagai agen pertahanan terhadap bakteri penyebab penyakit (patogen) (Sunarti, 2022). Keseimbangan flora normal pada permukaan kulit perlu dijaga karena bila terlalu banyak maupun terlalu sedikit dapat menimbulkan penyakit kulit (Putri *et al.*, 2023). Dari permasalahan ini perlu bahan alami yang dapat menjadi biosurfaktan sekaligus memiliki aktivitas antibakteri terhadap flora normal pada permukaan kulit.

Buah lerak (*Sapindus rarak*) merupakan bahan alami yang dapat digunakan sebagai biosurfaktan karena memiliki senyawa saponin sebesar 28% (Aryanti *et al.*, 2021). Saponin dalam bidang lingkungan dijadikan sebagai bahan biosurfaktan dalam formulasi sabun (Ariawa *et al.*, 2024). Keuntungan biosurfaktan mudah didapat sehingga harganya jauh lebih murah dibandingkan surfaktan sintetik karena ketersediaannya di alam melimpah (Akbari *et al.*, 2018). Biosurfaktan ramah lingkungan karena limbahnya mudah terurai serta tidak bersifat toksik. Metabolit sekunder buah lerak yaitu saponin, kuinon, flavonoid, tannin, dan alkaloid yang mendukung efektivitasnya sebagai antibakteri (Risha Amilia Pratiwi *et al.*, 2024). Hal ini dibuktikan dari zona hambat buah lerak terhadap *Staphylococcus epidermidis*

konsentrasi 25% sebesar 16 mm yang tergolong memiliki daya hambat sedang (Widowati *et al.*, 2022).

Keunggulan buah lerak dapat menjadi biosurfaktan sekaligus antibakteri penting untuk dikembangkan sebagai sabun. Penelitian sebelumnya hanya menggunakan 1 parameter (Zona Hambat), oleh karena itu perlu penambahan parameter lainnya dalam melihat aktivitas antibakteri. Tujuan penelitian ini menguji aktivitas antibakteri dari ekstrak buah lerak menggunakan 3 parameter yaitu Zona Hambat, Konsentrasi Hambat Minimum, dan Konsentrasi Bunuh Minimum. Penelitian ini juga menggunakan flora normal pada permukaan kulit gram positif dan gram negatif, sehingga menjadi kebaruaran dari sebelumnya.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini menggunakan *Posttest Only Control Group Design* yang menguji aktivitas antibakteri dari ekstrak etanol buah lerak terhadap flora normal permukaan kulit gram positif dan gram negatif. Hasil pengujian didapatkan Diameter Zona Hambat, Konsentrasi Hambat Minimum, dan Konsentrasi Bunuh Minimum. Tahapan penelitian: ekstraksi, pembuatan variasi konsentrasi ekstrak, dan pengujian aktivitas antibakteri (Konsentrasi Hambat Minimum, Konsentrasi Bunuh Minimum, serta Zona Hambat).

### **Persiapan Sampel**

Buah lerak dijemur tanpa terkena cahaya matahari langsung hingga kering sempurna. Buah lerak sensitif terhadap panas sehingga bila terkena matahari langsung akan menurunkan metabolit sekunder didalamnya (Maulida & Taufiq Fathaddin, 2024). Ekstraksi serbuk buah lerak menggunakan pelarut etanol 96% dengan metode maserasi selama 3 hari. Perbandingan sampel dengan pelarut yaitu 1:3 pada suhu ruang. Hasil ekstraksi disaring dan diuapkan menggunakan *Rotary Evaporator* (Fitria *et al.*, 2024). Hasil akhir dari proses ini didapatkan ekstrak kental buah lerak siap diuji aktivitas antibakterinya.

### **Pembuatan variasi ekstrak**

Pengujian aktivitas antibakteri dimulai dari pembuatan variasi konsentrasi ekstrak. Pembuatan variasi konsentrasi ekstrak menggunakan Metode Serial Dilusi dengan pengenceran bertingkat. Disiapkan 11 tabung yang berisi 9 konsentrasi ekstrak (100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,12; 1,56; 0,78; 0,36% v/v), 1 kontrol negatif (tanpa

suspensi bakteri), dan 1 kontrol positif (suspensi bakteri) (Bimanto *et al.*, 2020). Variasi ini akan digunakan dalam pengujian Konsentrasi hambat minimum.

### **Pengujian Konsentrasi Hambat Minimum**

Pengujian Konsentrasi hambat minimum dimulai dari pembuatan suspensi bakteri setara Mc Farland 0,5. Suspensi ini dimasukkan ke dalam setiap tabung yang berisi ekstrak buah lerak berbagai konsentrasi, Kontrol positif, dan Kontrol negatif. Semua tabung reaksi divortex setelah semua homogen diinkubasi selama 24 jam kemudian dicatat kekeruhannya. Konsentrasi Hambat Minimum ditetapkan dari konsentrasi ekstrak terendah pada tabung perlakuan yang mulai menghambat pertumbuhan bakteri (Bimanto *et al.*, 2020).

### **Pengujian Konsentrasi Bunuh Minimum**

Pengujian Konsentrasi Bunuh Minimum dimulai dengan mengambil 1 Ose sampel campuran (ekstrak + suspensi bakteri) lalu diinokulasikan pada media NA yang telah dipersiapkan di dalam cawan petri kemudian diinkubasi selama 24 jam. Larutan yang dipakai merupakan larutan uji penentuan Konsentrasi Hambat Minimum yang keruh pertama. Nilai Konsentrasi Bunuh Minimum ditentukan dengan mengamati ada atau tidaknya pertumbuhan bakteri pada cawan petri (Shehabeldine *et al.*, 2023).

### **Pengujian Zona Hambat**

Metode difusi sumuran digunakan dalam Pengujian Zona Hambat. Media yang telah diinokulasi bakteri dilubangi menggunakan *cork border* kemudian diisi sampel uji (ekstrak buah lerak, kontrol positif (kloramfenikol), dan kontrol negatif (DMSO 10%). Semua media diinkubasi selama 24 jam, kemudian diukur daerah bening yang terbentuk merupakan Zona Hambat (Sari *et al.*, 2024). Konsentrasi ekstrak buah lerak diambil dari hasil pengujian Konsentrasi Bunuh Minimum. Hasil pengujian dianalisis menggunakan SPSS versi IBM 22. Metode uji yang digunakan adalah *One Way Anova* dengan *Post Hoc LSD* jika normalitas data  $p > 0,05$  dan jika normalitas data  $p < 0,05$  menggunakan uji *Kruskal Wallis* dengan *Post Hoc Mann Whitney* (Sen & Yildirim, 2022).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Aktivitas antibakteri dari ekstrak buah lerak diuji menggunakan 3 parameter: Konsentrasi Hambat Minimum, Konsentrasi Bunuh Minimum, dan Zona Hambat. Pengujian Konsentrasi Hambat Minimum menggunakan metode dilusi cair menguji

9 konsentrasi ekstrak yang diencerkan secara bertingkat (100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,12; 1,56; 0,78; 0,36% v/v). Kontrol negatif tanpa suspensi bakteri sedangkan kontrol positif dengan suspensi bakteri. Metode dilusi cair dipilih karena suspensi bakteri dapat tersebar merata sehingga mempermudah pengamatan dan sangat optimal dalam penentuan konsentrasi hambat minimum (Abdullahi *et al.*, 2023).

Konsentrasi hambat minimum ditandai dengan larutan uji jernih yang artinya tidak ada pertumbuhan bakteri pada media (Kowalska & Dudek, 2021). Hasil pengujian terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* ditampilkan pada **Tabel 1**. Konsentrasi hambat minimum ekstrak buah lerak terhadap *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 6,25% sedangkan terhadap *Pseudomonas aeruginosa* pada konsentrasi 1,56%. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak buah lerak lebih kuat menghambat *Pseudomonas aeruginosa* (gram negatif) dibandingkan *Staphylococcus aureus* (gram positif). Penyebab utama diperkirakan karena lapisan peptidoglikan pada membran sel bakteri gram negatif lebih tipis dibandingkan membran sel bakteri gram positif.

Tabel 1. Hasil Pengujian Konsentrasi Hambat Minimum Ekstrak Buah Lerak Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*

Bahan Uji	Pertumbuhan Koloni Bakteri	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Ekstrak 0,36%	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
Ekstrak 0,78%	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
Ekstrak 1,56%	Tidak Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 3,12%	Tidak Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 6,25%	Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 12,5%	Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 25%	Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 50%	Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 100%	Tumbuh	Tumbuh
Kontrol -	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
Kontrol +	Tumbuh	Tumbuh

Pengujian konsentrasi bunuh minimum menggunakan metode dilusi padat menguji 5 konsentrasi ekstrak (100; 50; 25; 12,5; 6,25% v/v) terhadap *Staphylococcus aureus* sedangkan 7 konsentrasi ekstrak (100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,12; 1,56% v/v) terhadap *Pseudomonas aeruginosa*. Konsentrasi yang digunakan dalam pengujian KBM berdasarkan hasil pengujian KHM (Pengujian sebelumnya). Kontrol negatif tanpa suspensi bakteri sedangkan kontrol positif dengan suspensi bakteri. Metode dilusi padat dipilih karena sangat optimal dalam penentuan konsentrasi bunuh minimum (Shirisha & Vijayakumar, 2023).

Konsentrasi bunuh minimum ditandai dengan cawan petri jernih yang artinya tidak ada pertumbuhan bakteri pada media (Rodr et al., 2022). Hasil pengujian terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* ditampilkan pada **Tabel 2**. Konsentrasi bunuh minimum ekstrak buah lerak terhadap *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 25% sedangkan terhadap *Pseudomonas aeruginosa* pada konsentrasi 50%. Selanjutnya konsentrasi ini menjadi dasar untuk dilanjutkan ke pengujian ketiga (zona hambat).

Tabel 2. Hasil Pengujian Konsentrasi Bunuh Minimum Ekstrak Buah Lerak Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*

Bahan Uji	Pertumbuhan Koloni Bakteri	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Ekstrak 1,56%	Tidak diuji	Tumbuh
Ekstrak 3,12%	Tidak diuji	Tumbuh
Ekstrak 6,25%	Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 12,5%	Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 25%	Tidak Tumbuh	Tumbuh
Ekstrak 50%	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
Ekstrak 100%	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
Kontrol -	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
Kontrol +	Tumbuh	Tumbuh

Pengujian zona hambat menggunakan metode difusi sumuran menguji ekstrak buah lerak, DMSO 10% (kontrol negatif), dan Kloramfenikol (kontrol positif) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Metode difusi sumuran dipilih karena zona hambat yang terbentuk akan lebih jelas dibandingkan difusi cakram (Benkova et al., 2020) (Nurhayati et al., 2020). Bakteri beraktivitas tidak hanya diatas permukaan nutrient agar tetapi sampai ke bawah dan bahan uji berkontak langsung dengan media tanpa perantara kertas cakram. Hasil pengujian terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan 3 konsentrasi ekstrak (20, 50, dan 100%) ditampilkan pada Tabel 3 sedangkan *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan 2 konsentrasi ekstrak (50, dan 100%) ditampilkan pada Tabel 4. Pemilihan konsentrasi ini didasarkan dari hasil pengujian konsentrasi bunuh minimum.

Kekuatan aktivitas antibakteri memiliki 4 kategori berdasarkan zona hambat: Lemah (< 5 mm), Sedang (5–10 mm), Kuat (>10–20 mm), dan Sangat kuat menghambat (> 20–30 mm) (Novitarini et al., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak buah lerak dengan konsentrasi 25% dan 100% memiliki daya hambat kuat sedangkan konsentrasi 50% memiliki daya hambat sangat kuat. Penurunan daya hambat pada konsentrasi 100% diperkirakan karena sampel terlalu kental

(ekstrak lebih banyak dibandingkan pelarut) sehingga sulit untuk berdifusi. Dari penelitian ini diperoleh bahwa daya hambat dari kontrol positif sebanding dengan ekstrak buah lerak konsentrasi 50% menghambat sangat kuat terhadap *Staphylococcus aureus* (Gram positif) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Gram negatif).

**Tabel 3. Hasil Pengujian Zona Hambat Ekstrak Buah Lerak Terhadap *Staphylococcus aureus***

Replikasi	Diameter Hambat (mm)				
	K (-)	Ekstrak 25%	Ekstrak 50%	Ekstrak 100%	K (+)
1	0	14,90	20,50	18,10	35,60
2	0	15,20	22,30	19,20	35,00
3	0	14,50	21,80	19,00	36,20
Rata-rata	0	14,87±0,3	21,53±0,93	18,77±0,59	35,60±0,60

**Tabel 4. Hasil Pengujian Zona Hambat Ekstrak Buah Lerak Terhadap *Pseudomonas aeruginosa***

Replikasi	Diameter Hambat (mm)			K (+)
	K (-)	Ekstrak 50%	Ekstrak 100%	
1	0	21,90	18,80	33,30
2	0	22,40	17,10	35,90
3	0	22,10	18,50	34,70
Rata-rata	0	22,13±0,25	18,13±0,91	34,63±1,30

Aktivitas antibakteri dari ekstrak buah lerak didukung oleh metabolit sekunder yaitu: saponin, kuinon, flavonoids, tannin dan alkaloid. Setiap metabolit sekunder memiliki mekanisme antibakteri berbeda satu dengan yang lain. Saponin menurunkan tegangan permukaan sehingga mengakibatkan kebocoran sel bakteri. Kuinon membentuk senyawa kompleks yang bersifat *irreversible* dengan residu asam amino nukleofilik pada protein transmembran pada membran plasma, polipeptida dinding sel, serta enzim-enzim yang terdapat pada permukaan membran sel, sehingga mengganggu kehidupan sel bakteri. Flavonoid membentuk senyawa kompleks dengan protein ekstraseluler bakteri sehingga mengakibatkan rusaknya membran sel. Tannin berhubungan dengan kemampuannya mendenaturasi protein bakteri. Alkaloid mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut (Novitarini *et al.*, 2024).

**Tabel 5. Hasil Pengujian *Post Hoc* LSD Ekstrak Buah Lerak Terhadap *Staphylococcus aureus***

Bahan Uji	Perbedaan Rata-rata	95% CI		<i>p-value</i>
		Maximum	Minimum	
Ekstrak 25% vs Ekstrak 50%	-6.667	-5.609	-7.724	0.000*

Ekstrak 25% vs Ekstrak 100%	-3.900	-2.842	-4.957	0.000*
Ekstrak 25% vs K+	-20.733	-19.675	-21.791	0.000*
Ekstrak 50% vs Ekstrak 100%	2.766	3.824	1.709	0.000*
Ekstrak 50% vs K+	-14.066	-15.124	-13.009	0.000*
Ekstrak 100% vs K+	-16.833	-15.775	-17.891	0.000*

Tabel 6. Hasil Pengujian *Post Hoc* LSD Ekstrak Buah Lerak Terhadap *Pseudomonas aeruginosa*

Bahan Uji	Perbedaan Rata-rata	95% CI		p-value
		Maximum	Minimum	
Ekstrak 50% vs Ekstrak 100%	4.000	5.512	2.487	0.000*
Ekstrak 50% vs K+	-12.500	-14.012	-10.987	0.000*
Ekstrak 100% vs K+	-16.500	-14.987	-18.012	0.000*

Data penelitian ini terdistribusi normal serta variannya homogen sehingga dapat dilakukan uji *One Way Anova*. Dari hasil ini zona hambat yang dihasilkan tiap bahan uji memiliki nilai Sig = 0.000 yang berarti rata-rata antar kelompok memiliki perbedaan bermakna (Kazemipoor *et al.*, 2021). Analisis data dilanjutkan ke uji *Post-Hoc* karena ingin melihat kelompok mana saja yang memiliki nilai rata-rata berbeda. Hasil uji *Post-Hoc* dirangkum dalam Tabel 5 dan Tabel 6. Semua kelompok perlakuan memiliki perbedaan rata – rata yang signifikan  $p < 0.05$  (Abutaleb *et al.*, 2021). Hasil analisis data ini mencerminkan penelitian yang dilakukan dengan metode yang tepat.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak*) memiliki potensi signifikan sebagai agen antibakteri terhadap bakteri gram positif dan negatif. Aktivitas ini didukung oleh kandungan metabolit sekunder seperti saponin, tannin, dan alkaloid yang berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa ekstrak buah lerak dapat menjadi zat aktif dalam pengembangan formulasi sabun antibakteri yang ramah lingkungan. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk mengevaluasi tidak hanya ekstrak tetapi fraksi buah lerak, stabilitas formulasi produk sabun, dan uji iritasi produk sabun sebelum dikomersialkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdullahi, Z. U., Musa, S. S., Abu-Odah, H., Ahmed, A., Lawan, A. A., & Bello, U. M. (2023). Bactericidal Effects of Snake Venom Phospholipases A2: A Systematic Review and Analysis of Minimum Inhibitory Concentration. *Physiologia*, 3(1),



30–42. <https://doi.org/10.3390/physiologia3010003>

- Abutaleb, N. S., Elkashif, A., Flaherty, D. P., & Seleem, M. N. (2021). In Vivo Antibacterial Activity of Acetazolamide. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 65(4). <https://doi.org/10.1128/AAC.01715-20>
- Akbari, S., Abdurahman, N. H., Yunus, R. M., Fayaz, F., & Alara, O. R. (2018). Biosurfactants—a new frontier for social and environmental safety: a mini review. *Biotechnology Research and Innovation*, 2(1), 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2018.09.001>
- Ariawa, D. C., Suradnyana, I. G. M., & Made, N. S. D. (2024). Formulation of Lerak Liquid Extract ( *Sapindus rarak* DC . ) as a Biosurfactant for Facial Soap. 14(February), 1–11.
- Aryanti, N., Nafiunisa, A., Kusworo, T. D., & Wardhani, D. H. (2021). Dye solubilization ability of plant derived surfactant from *Sapindus rarak* DC. extracted with the assistance of ultrasonic waves. *Environmental Technology and Innovation*, 22, 101450. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101450>
- Benkova, M., Soukup, O., & Marek, J. (2020). Antimicrobial susceptibility testing: currently used methods and devices and the near future in clinical practice. *Journal of Applied Microbiology*, 129(4), 806–822. <https://doi.org/10.1111/jam.14704>
- Bimanto, H., Wahyuni, Y. D., Mutiarawati, D. T., & Endarini, L. H. (2020). Phytochemical Screening and In Vitro Antibacterial Activity of Green Tea (*Camellia Sinensis* L) Extract Against *Staphylococcus Epidermidis*. *Health Notions*, 4(8), 261–266. <https://doi.org/10.33846/hn40805>
- Choi, H., Shin, M. K., Ahn, H. J., Lee, T. R., Son, Y., & Kim, K. S. (2018). Irritating effects of sodium lauryl sulfate on human primary keratinocytes at subtoxic levels of exposure. *Microscopy Research and Technique*, 81(11), 1339–1346. <https://doi.org/10.1002/jemt.23143>
- Fitria, U., Sulisetijono, S., Lelitawati, M., Jasman, M. W., Firdaus, Z., & Muktafi, A. (2024). Comparison of Saponin Levels of Lerak Extract (*Sapindus rarak*)

Maceration and Socolation Results Based on UV-Vis Spectrophotometry Analysis. *BIO Web of Conferences*, 117. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411701015>

Freitas, R., Silvestro, S., Coppola, F., Costa, S., Meucci, V., Battaglia, F., Intorre, L., Soares, A. M. V. M., Pretti, C., & Faggio, C. (2020). Toxic impacts induced by Sodium lauryl sulfate in *Mytilus galloprovincialis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 242, 110656. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110656>

Johnson, P., Trybala, A., Starov, V., & Pinfield, V. J. (2021). Effect of synthetic surfactants on the environment and the potential for substitution by biosurfactants. *Advances in Colloid and Interface Science*, 288, 102340. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102340>

Kazemipoor, M., Fadaei Tehrani, P., Zandi, H., & Golvardi Yazdi, R. (2021). Chemical composition and antibacterial activity of *Berberis vulgaris* (barberry) against bacteria associated with caries. *Clinical and Experimental Dental Research*, 7(4), 601–608. <https://doi.org/10.1002/cre2.379>

Kowalska, B. K., & Dudek, R. W. (2021). The minimum inhibitory concentration of antibiotics: Methods, interpretation, clinical relevance. *Pathogens*, 10(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020165>

Maulida, F., & Taufiq Fathaddin, M. (2024). Application of Natural Surfactant from *Morus alba*, Soapnut, *Sapindus rarak* for Enhanced Oil Recovery – Critical Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1339(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1339/1/012025>

Novitarini, Merari, J. p., & Marlina, D. (2022). Antibacterial Activity of *Moringa* Plants (*Moringa oleifera* Lam.) to Overcome Antibiotic Resistance: A Systematic Review. *Bioscientia Medicina: Journal of Biomedicine and Translational Research*, 6(10), 2259–2273. <https://doi.org/10.37275/bsm.v6i10.591>

Novitarini, Ramandha, M. E. P., & Pratiwi, B. Y. H. (2024). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap *Staphylococcus epidermidis*

- Penyebab Jerawat. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 7(5), 1556–1561. <https://doi.org/10.56338/jks.v7i5.5075>
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41. <https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>
- Okombi, S. L., Gillaizeau, F., Leuillet, S., Douillard, B., Le Fresne-Languille, S., Carton, T., De Martino, A., Moussou, P., Bonnaud-Rosaye, C., & André, V. (2021). Effect of Sodium Lauryl Sulfate (SLS) Applied as a Patch on Human Skin Physiology and Its Microbiota. *Cosmetics*, 8(1), 6. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8010006>
- Putri, D. C. A., Putri, N. P. A., & Listyawati, M. B. (2023). Potensi Pengembangan Lerak (Sapindus rarak) Sebagai Bahan Bermanfaat Di Bidang Farmasi. *Jurnal Farmasi Galenika*.
- Risha Amilia Pratiwi, Zuhri, M., & Oktaviani, I. (2024). HOW CAN THE WORLD OVERLOOK Sapindus rarak BIOPROSPECTION? A NICHE FOR INDONESIA. *BIOTROPIA*, 31(1), 10–22. <https://doi.org/10.11598/btb.2024.31.1.1926>
- Rodr, C., Alonso, C. C., Garc, C., Carballo, J., & Capita, R. (2022). Bactericidal Concentration (MBC) for Twelve Antimicrobials. *Biology*, 11(Mic), 46.
- Sari, R. I. P., Ardinata, N., Hermansyah, O., Rahmawati, S., & Masrijal, C. D. P. (2024). Testing the activity and formulation of natural hand soap based on natural surfactant of lerak fruit(Sapindus rarak DC.) agints Staphylococcus aureus. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 9(1), 347–354. <https://doi.org/10.37874/ms.v9i1.1151>
- Sen, S., & Yildirim, I. (2022). A Tutorial on How to Conduct Meta-Analysis with IBM SPSS Statistics. *Psych*, 4(4), 640–667. <https://doi.org/10.3390/psych4040049>
- Shehabeldine, A. M., Amin, B. H., Hagra, F. A., Ramadan, A. A., Kamel, M. R., Ahmed, M. A., Atia, K. H., & Salem, S. S. (2023). Potential Antimicrobial and Antibiofilm Properties of Copper Oxide Nanoparticles: Time-Kill Kinetic Essay and

- Ultrastructure of Pathogenic Bacterial Cells. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 195(1), 467–485. <https://doi.org/10.1007/s12010-022-04120-2>
- Shirisha, A., & Vijayakumar, A. (2023). Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bacterial Concentration (MBC) Evaluation of Green Synthesised Silver Nanoparticles on *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae*. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 8(4), 244–249. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2023.v8.i4d.604>
- Siyal, A. A., Shamsuddin, M. R., Low, A., & Rabat, N. E. (2020). A review on recent developments in the adsorption of surfactants from wastewater. *Journal of Environmental Management*, 254, 109797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109797>
- Sunarti, L. S. (2022). Microbial Normal Flora: Its Existence And Their Contribution To Homeostasis. *Journal of Advances in Microbiology*, 1–15. <https://doi.org/10.9734/jamb/2022/v22i930483>
- Widowati, R., Firdaus Ramdani, M., & Handayani, S. (2022). Senyawa Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Lerak (*Sapindus rarak*) terhadap Tiga Bakteri Penyebab Infeksi Nosokomial. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 13(3), 649–654. <http://forikes-ejournal.com/index.php/SF>