









**PEMANFAATAN ULANG PELEPAH KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*)
UNTUK APLIKASI BIOMEDIS MELALUI UJI IN VITRO ANTIBAKTERI,
ANTIBIOFILM, DAN ANTIOKSIDAN**

**Deni Setiawan^{1*} , Samsul Hadi¹ , Nurul Mardiaty¹ , Nashrul Wathan¹ ,
Hilma Aulia¹ , Siti Najwa¹ , Muhammad Rasyid Ridha² , Moch. Saiful
Bachri³ **

¹Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Lambung Mangkurat Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

²Departemen Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung
Mangkurat Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

³Jurusan Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta,
Indonesia

*Email: deni.setiawan@ulm.ac.id

Artikel diterima: 2025-12-03; Disetujui: 2026-03-12

DOI: <https://doi.org/10.36387/jiis.2869>

ABSTRAK

Pelepah *Elaeis guineensis* memiliki banyak manfaat farmakologis yang dapat dikembangkan, terutama sebagai antibiofilm dan antioksidan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa *E. guineensis* mengandung flavonoid, alkaloid, tanin, dan steroid yang berfungsi sebagai antioksidan. Studi ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas farmakologis pelepah *E. guineensis*, serta potensi antibiofilmnya. Pelepah sawit dimaserasi dengan aseton selama 5 hari. Evaluasi antibakteri dilakukan pada empat jenis bakteri, dan penilaian antibiofilm dilakukan pada *S. aureus* dan *E. coli*. Evaluasi potensi pelepah *E. guineensis* dilakukan dengan menggunakan uji antioksidan (DPPH, FRAP, ABTS). Hasil uji antibakteri menunjukkan aktivitas yang baik terhadap bakteri *P. acnes*. Hasil evaluasi antibiofilm menunjukkan aktivitas penghambatan yang baik dan stabil pada konsentrasi 1%, terutama pada fase *mid-phase* pada *S. aureus* dan fase maturasi untuk *E. coli*, meskipun efektivitas menurun pada fase eradikasi. Uji antioksidan menunjukkan nilai 63,93 ppm pada uji ABTS. Ekstrak *E. guineensis* telah menunjukkan potensi sebagai antibakteri *P. acnes* dan berpotensi sebagai antibiofilm dan antioksidan.

Kata kunci: Sawit, *Elaeis guineensis*, Antioksidan, Antibakteri, Antibiofilm, ABTS

ABSTRACT

Elaeis guineensis fronds possess significant pharmacological potential, especially as antibiofilm and antioxidant. Previous studies have shown that *E. guineensis* contains flavonoids, alkaloids, tannins, and steroids that function as antioxidants. This study aims to examine the pharmacological activity of *E. guineensis* fronds and their antibiofilm potential. Palm fronds were macerated with acetone for 5 days. Antibacterial evaluation was conducted on four types of bacteria, and antibiofilm assessment was performed on *S. aureus* and *E. coli*. Evaluation of *E. guineensis* extract antioxidant activity was carried out using antioxidant tests (DPPH, FRAP,

ABTS). The results of the antibacterial test showed good activity against *P. acnes* bacteria. The results of the antibiofilm evaluation showed significant and concentration-dependent inhibitory activity at a concentration of 1%, especially in the mid-phase for *S. aureus* and the maturation phase for *E. coli*. However, effectiveness decreased in the eradication phase. The antioxidant test showed a value of 63.93 ppm in the ABTS test. *E. guineensis* extract has shown strong potential as an antibacterial against *P. acnes* and has potential as an antibiofilm and antioxidant.

Keywords: Palm Oil, *Elaeis guineensis*, Antioxidant, Antibacterial, Antibiofilm, ABTS

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah tanaman perkebunan utama di Indonesia yang berkontribusi signifikan terhadap perekonomian negara. Di Indonesia, ada lebih dari 16,83 juta hektar kelapa sawit, dan produksi tandan buah segar (TBS) mencapai 46,82 juta ton per tahun (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2024). Tetapi pengolahan kelapa sawit menghasilkan banyak limbah biomassa, seperti pelepah, daun, dan tandan kosong, yang belum dimanfaatkan dengan baik. Jumlah pelepah sawit, yang dapat mencapai 10 ribu pelepah per hektar setiap tahun, biasanya hanya ditumpuk atau dibakar, yang dapat menyebabkan masalah lingkungan (Madusari *et al.*, 2024).

Menggunakan limbah pelepah sawit sebagai sumber bahan bioaktif alam adalah alternatif strategis untuk meningkatkan nilai tambah dalam industri perkebunan. Menurut beberapa studi, pelepah *E. guineensis* mengandung berbagai metabolit

sekunder, termasuk flavonoid, alkaloid, tanin, fenolik, dan steroid. Di antara fungsi farmakologis mereka yang signifikan termasuk antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, dan antibiofilm (Ariyanti *et al.*, 2024). Bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* membentuk biofilm, yang menyebabkan resistensi terhadap antibiotik dan kegagalan terapi infeksi kronis. Pembentukan biofilm menjadi tantangan besar bagi dunia medis (Donlan & Costerton, 2002). Oleh karena itu, fokus penelitian terbaru adalah mencari senyawa alami yang dapat menghentikan pembentukan biofilm. Terdapat kemungkinan bahwa ekstrak tumbuhan yang kaya akan polifenol, seperti pelepah kelapa sawit, akan mengganggu proses adhesi dan pembentukan matriks biofilm (Abdullah *et al.*, 2013). Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensi ekstrak pelepah *E. guineensis* sebagai antibakteri, antibiofilm, dan antiinflamasi secara *in vitro*.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan gelas, lemari pendingin, lemari pengering, maserator, mikropipet (*Socorex*®), mortar, oven, pH meter (*ATC*®), pipa kapiler (*Nesco*®), pipet ukur (*Pyrex*®), pipet tetes, pipet volume (*Pyrex*®), plat KLT, pletismometer, propipet, rak tabung reaksi, rotary evaporator, sendok tanduk, sonde oral, spatel, spektrofotometer UV-Vis (*Perkin Elmer UV/Vis*®). Bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain asam asetat glasial pro analysis (*Merck*), Aseton (*Teknis*), aluminium foil, aquadest (*Teknis*), bovine serum albumin (*Himedia*), Metanol (*Merck*®), FeCl₃ 10%, H₂SO₄ 10%, karagenan, kertas saring (*Whatman No 1*), metanol pro analysis (*Merck*®), NaCl (*Merck*®), n-heksana (*Teknis*), NaCMC, natrium diklofenak (*Aarti Drugs Limited*), plat KLT (silika gel GF254), reagen *Dragendorff*, simplisia pelepah *E. guineensis*, dan tris base (*Merck*®), DPPH, FRAP dan TPTZ.

Ekstraksi

Pelepah kelapa sawit dibersihkan dengan air, kemudian dipotong, dan dikeringkan dalam oven selama tiga jam pada suhu 40 °C. Seluruh 1.500 gram bubuk direndam dalam aseton untuk mengekstraksi simplisia. Ekstraksi dilakukan selama lima hari dan diaduk

setiap 6 jam.

Uji Antibakteri

Untuk menguji antibakteri, metode difusi cakram digunakan dengan menggunakan ekstrak sebanyak 5, 10, 15, 20, dan 25%. Setelah media NA diinokulasikan dengan suspensi *S. aureus*, *P. acnes*, *P. aeruginosa*, dan *E. coli*, cakram yang telah dimasukkan ke dalam ekstrak, DMSO 10% (kontrol negatif), kloramfenikol, dan tetrasiklin (kontrol positif). Setelah media diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C, jangka sorong digunakan untuk mengukur zona hambat (*Setiawan et al.*, 2021).

Uji Antibiofilm

Pengujian antibiofilm dilakukan menggunakan metode pengenceran mikrobrot pada mikroplat 96 sumur menggunakan ekstrak pelepah *E. guineensis* dengan konsentrasi 1%, 0,5%, 0,25%, dan 0,125% (b/v) terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Kultur bakteri disesuaikan dengan standar *McFarland* 0,5 ($1,5 \times 10^8$ CFU/mL) dalam medium BHI. Ekstrak diencerkan dengan DMSO 1%, yang berfungsi sebagai kontrol negatif, sedangkan kloramfenikol 1% digunakan sebagai kontrol positif. Setiap sumur diisi dengan 100 µL BHI, 50 µL suspensi bakteri, dan 30 µL ekstrak, kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam (fase pertengahan), 48 jam (fase pematangan), dan 72 jam (fase

eradikasi) untuk mendorong pembentukan biofilm (Setiawan *et al.*, 2025).

Aktivitas Antioksidan

Uji DPPH

Serangkaian tingkat konsentrasi 20, 40, 80, 100, 120, dan 160 ppm digunakan untuk pengujian ekstrak. Satu mililiter larutan DPPH 0,4 mM dicampur dengan empat mililiter sampel. Larutan yang telah disiapkan dicampur dan disimpan di tempat gelap. Selanjutnya, absorbansi sampel diukur menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang yang telah diperoleh sebelumnya. Analisis menggunakan metanol P.A sebagai blanko (Asmawati Saad *et al.*, 2023).

Uji FRAP

Uji FRAP sampel disiapkan dengan konsentrasi asam askorbat 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm sebagai kontrol, serta konsentrasi 20, 40, 80, 100, 120, dan 160 ppm untuk ekstrak. Pipet 1 mL campuran sampel ke dalam setiap tabung sebelum menambahkan 3 mL reagen FRAP. Larutan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 16 menit. Selanjutnya, absorbansi dibaca pada

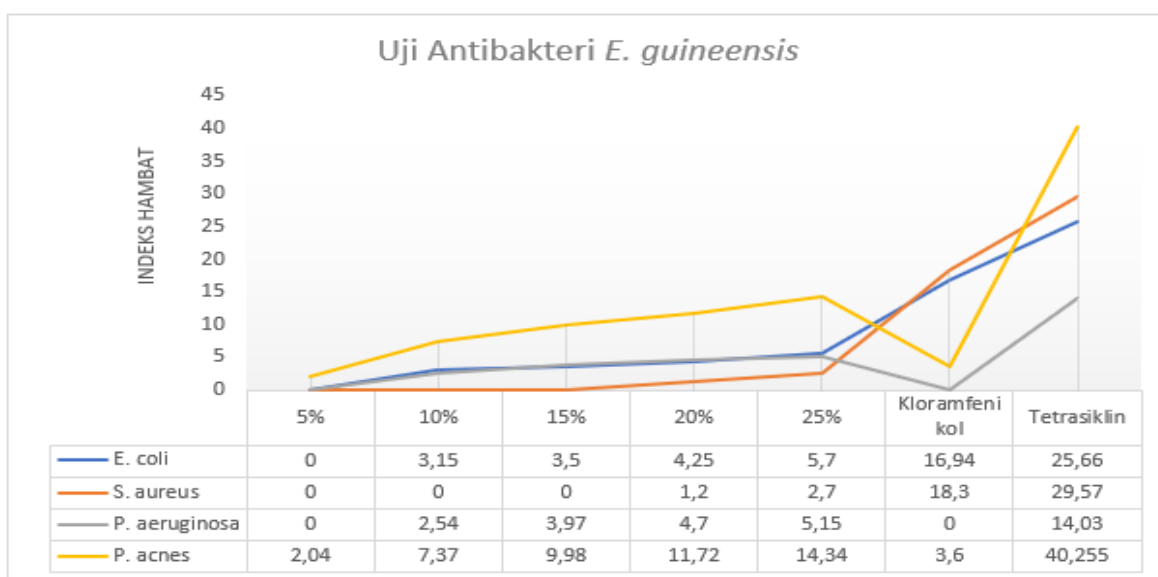
panjang gelombang yang diperoleh sebelumnya (596 nm). Asam askorbat sebagai larutan kontrol, diperlakukan sama seperti sampel (Knez *et al.*, 2025).

Uji ABTS

Absorbansi larutan ABTS dibaca secara berkala hingga absorbansi berada di antara 0,7 dan 0,8, yang menunjukkan bahwa larutan siap digunakan. Untuk menghasilkan kontrol positif, 10 mg asam askorbat dilarutkan dalam 100 mL air suling untuk mendapatkan larutan asam askorbat 100 ppm. Larutan stok asam askorbat 100 ppm kemudian diencerkan menjadi 2; 4; 6; 8; dan 10 ppm dalam labu ukur 10 mL berisi air suling. Larutan uji dibuat dengan menimbang 10 mg ekstrak tumbuhan dan melarutkannya dalam 100 mL air suling untuk mendapatkan larutan stok 100 ppm. Larutan stok 100 ppm kemudian diencerkan menjadi 20, 40, 80, 100, 120, dan 160 ppm (Sadeer *et al.*, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji antibakteri

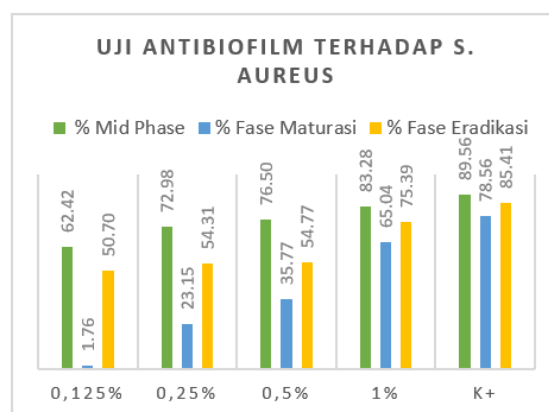


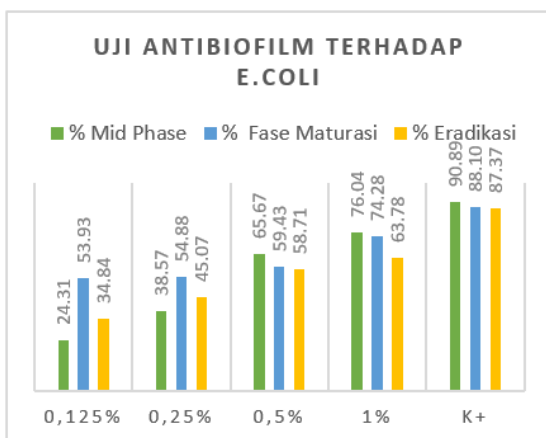
Gambar 1. Hasil uji antibakteri

Hasil menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sampel berbanding lurus dengan peningkatan diameter zona hambat terhadap semua bakteri uji. Aktivitas tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi 25%, terutama terhadap *P. acnes* (14,34 mm), diikuti oleh *E. coli* (5,7 mm), *P. aeruginosa* (5,15 mm), dan *S. aureus* (2,7 mm). Fenomena ini menunjukkan bahwa komponen bioaktif dalam sampel bergantung pada konsentrasi, di mana jumlah senyawa aktif yang lebih tinggi meningkatkan penetrasi dan gangguan terhadap dinding sel bakteri. Menariknya, *P. acnes* menunjukkan sensitivitas paling tinggi terhadap ekstrak pada semua konsentrasi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh afinitas senyawa fenolik, flavonoid, atau terpenoid yang bersifat lipofilik dan mudah menembus dinding sel Gram-positif

(Badaring *et al.*, 2020). Hasil ini menunjukkan aktivitas antibakteri yang cukup terhadap *P. acnes*, yang relevan dalam pembuatan agen topikal anti-acne berbasis bahan alam. Namun, aktivitas ekstrak terhadap *S. aureus* dan *P. aeruginosa* masih lemah, sehingga fraksinasi lebih lanjut atau kombinasi dengan agen sinergis masih sangat diperlukan.

Uji antibiofilm





Gambar 2. Hasil uji antibiofilm ekstrak pelepah *E. guineensis* terhadap *S. aureus* dan *E. coli*

Hasil menunjukkan bahwa aktivitas antibiofilm telah meningkat secara konsentrasi-dependent. Pada fase tengah, persentase penghambatan tertinggi terhadap *S. aureus* dicapai pada konsentrasi 1% (83,28%), mendekati kontrol positif (89,55%). Pada fase maturasi dan eradikasi, aktivitas meningkat signifikan dari konsentrasi 0,5 hingga 1%, menunjukkan kemampuan untuk mencegah pembentukan biofilm dan merusak struktur biofilm yang telah terbentuk. Untuk *E. coli*, peningkatan konsentrasi juga meningkatkan aktivitas antibiofilm di seluruh fase. Pada konsentrasi 1%, aktivitas tertinggi mencapai 76,42% (fase pertengahan), 63,78% (maturasi), dan 79,88% (eradikasi), masing-masing hampir mendekati nilai kontrol positif. Secara umum, ekstrak menunjukkan aktivitas antibiofilm yang kuat pada fase mid-phase dan fase eradikasi. Namun, aktivitasnya

lebih rendah pada fase maturasi. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa aktif dalam sampel mencegah pembentukan awal biofilm dan mengganggu struktur biofilm matang dengan lebih efektif daripada menghambat tahap pematangan. Efektivitas tertinggi pada fase eradikasi menunjukkan bahwa senyawa bioaktif memiliki kemampuan untuk memasuki dan merusak matriks biofilm yang kompleks (Topka-Bielecka *et al.*, 2021).

Dibandingkan dengan *E. coli*, aktivitas antibiofilm terhadap *S. aureus* jauh lebih tinggi. Bakteri Gram-positif dan Gram-negatif berbeda dalam hal struktur biofilm. *S. aureus* menghasilkan biofilm yang lebih kaya akan polisakarida (PIA) dan protein adhesin, yang lebih mudah dihambat oleh senyawa polifenolik dan flavonoid (Wu *et al.*, 2024). *E. coli* memiliki matriks biofilm kompleks yang terdiri dari selulosa, curli, dan protein adhesi fimbriae, sehingga lebih tahan terhadap penetrasi antibiotik (Balasubramanian *et al.*, 2021). Beberapa mekanisme antibiofilm ekstrak bekerja antara lain: flavonoid dan fenolat dapat berinteraksi dengan protein permukaan bakteri, menghentikan ekspresi gen *icaA* dan *fimH* yang bertanggung jawab atas adhesi awal (Kashi *et al.*, 2024). Senyawa fenolik memiliki kemampuan untuk mengurangi produksi EPS dengan menekan aktivitas enzim *UDP-glucose*

dehydrogenase. Akibatnya, biofilm tidak dapat matang secara sempurna (Rathinam et al., 2019). Sifat surfaktan alami terpenoid dan saponin dapat menurunkan tegangan permukaan dan merusak matriks biofilm (Tatli Cankaya & Somuncuoglu, 2021). Selain itu, aktivitas antioksidan senyawa bioaktif mengurangi aktivitas molekul sinyal seperti AHL (N-acyl homoserine lactone) (Hetta et al., 2024).

Secara keseluruhan, ketiga metode uji menunjukkan bahwa ekstrak pelepah *E. guineensis* memiliki aktivitas antioksidan yang nyata dan konsisten meningkat seiring kenaikan konsentrasi. Aktivitas tertinggi diperoleh melalui metode ABTS, diikuti oleh FRAP, dan DPPH menunjukkan aktivitas paling rendah. Secara keseluruhan aktivitas antioksidan ekstrak pelepah *E. guineensis* termasuk dalam kategori lemah berdasarkan nilai IC₅₀ yaitu lebih dari 100 ppm kecuali metode ABTS dengan nilai 63,93 ppm dengan kategori kuat.

Metode ABTS mengevaluasi kemampuan antioksidan untuk menetralkan radikal kation ABTS⁺ oleh senyawa polar dan nonpolar. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak pelepah sawit mengandung bahan aktif sistem berair seperti fenol hidrofilik dan glikosida flavonoid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ekstrak pelepah sawit mengandung senyawa fenolik, flavonoid, tanin, dan lignin terdegradasi yang berperan

sebagai antioksidan (Saragih et al., 2025). Kandungan polifenol ini mampu menetralkan radikal bebas melalui donasi elektron atau atom hidrogen, serta chelating ion logam yang berperan dalam pembentukan radikal bebas (Amin & Assafa, 2025).

KESIMPULAN

Ekstrak pelepah *E. guineensis* menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan, terutama terhadap *P. acnes*. Selain itu, Ekstrak ini memiliki aktivitas antibiofilm yang optimal pada konsentrasi 1%, khususnya pada fase pertengahan (*mid-phase*) terhadap *S. aureus*. Aktivitas antioksidan juga terkonfirmasi, dengan metode ABTS menunjukkan potensi yang kuat (IC₅₀ 63,93 ppm). Secara keseluruhan, ekstrak pelepah *E. guineensis* berpotensi dikembangkan sebagai agen antibakteri, antibiofilm, dan antioksidan berbasis bahan alam untuk aplikasi biomedis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi di bawah Program Penelitian Fundamental 2025 (kontrak no. 075/C3/DT.05.00/PL/2025; kontrak turunan no. 1381/UN8.2/PG/2025).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., Phin Chong, K., Yin Ng, S., Shie Yin, N., & Khim Phin, C. (2013). *Phytochemical Constituents From Leaves of *Elaies Guineensis* and Their Antioxidants and Antimicrobial Activities*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5, 137–140.
- Amin, S., & Assafa, Z. (2025). *Peran Senyawa Polifenol dalam Mekanisme Antioksidan: Tinjauan dari Aspek Kimia Medisinal*. *Jurnal Imliah Ilmu Kesehatan*, 3(2), 822–832.
- Ariyanti, M., Farida, F., & Umiyati, U. (2024). *Review: Metabolit Sekunder pada Kelapa Sawit. Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 12(1), 207–214. <https://doi.org/10.35138/paspalum.v12i1.709>
- Asmawati Saad, A., Reski Fajar, D., & Widya Sari, I. (2023). *Evaluation of Antioxidant Activity in Lemon Juice (*Citrus limon*) Marketed in Makassar City Using the DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) Method*. *Jurnal Ilmiah Berkala: Sains Dan Terapan Kimia*, 17(2), 38–42.
- Badaring, D. R., Puspitha, S., Sari, M., Nurhabiba, S., Wulan, W., Anugrah, S., Lembang, R., & Biologi, J. (2020). *Uji Ekstrak Daun Maja (*Aegle marmelos* L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus**. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 6(1), 16–26.
- Balasubramanian, S., Yu, K., Cardenas, D. V., Aubin-Tam, M. E., & Meyer, A. S. (2021). *Emergent Biological Endurance Depends on Extracellular Matrix Composition of Three-Dimensionally Printed *Escherichia coli* Biofilms*. *ACS Synthetic Biology*, 10(11), 2997–3008. <https://doi.org/10.1021/acssynbio.1c00290>
- Donlan, R. M., & Costerton, J. W. (2002). *Biofilms: Survival mechanisms of clinically relevant microorganisms*. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(2), 167–193. <https://doi.org/10.1128/CMR.15.2.167-193.2002>
- Hetta, H. F., Ramadan, Y. N., Rashed, Z. I., Alharbi, A. A., Alsharef, S., Alkindy, T. T., Alkhamali, A., Albalawi, A. S., Battah, B., & Donadu, M. G. (2024). *Quorum Sensing Inhibitors: An Alternative Strategy to Win the Battle against Multidrug-Resistant (MDR) Bacteria*. *Molecules*, 29(15), 1–30. <https://doi.org/10.3390/molecules29153466>
- Kashi, M., Noei, M., Chegini, Z., & Shariati, A. (2024). *Natural compounds in the fight against *Staphylococcus aureus**

- biofilms: a review of antibiofilm strategies. Frontiers in Pharmacology*, 15(11), 1–25. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1491363>
- Knez, E., Kadar-Czapska, K., & Grembecka, M. (2025). Evaluation of Spectrophotometric Methods for Assessing Antioxidant Potential in Plant Food Samples—A Critical Approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(11), 1–24. <https://doi.org/10.3390/app15115925>
- Madusari, S., Irma Sari, V., Jumardin, Hardianto, S., & Pirnado Lubis, B. (2024). Respons Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Media Tanam Kompos Limbah Organik Perkebunan. *Journal Galung Tropika*, 13(3), 408–417. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i3.1111>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2024). *Outlook Kelapa Sawit Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian 2024. Sekretarian Jendral Kementerian Pertanian RI.*
- Rathinam, N. K., Sani, R. K., Gupta, P., Pruthi, P. A., & Pruthi, V. (2019). Role of Exopolysaccharides in Biofilm Formation. *ACS Symposium Series.. American Chemical Society*. 1323(1), 17-57. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1323.ch002>
- Sadeer, N. B., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., & Mahomoodally, M. F. (2020). The versatility of antioxidant assays in food science and safety—chemistry, applications, strengths, and limitations. *Antioxidants*, 9(8), 1–39. <https://doi.org/10.3390/antiox9080709>
- Saragih, N. Y., Ulfah, M., & Sunardi. (2025). Perbandingan Daun Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) dan Penambahan Jenis Madu pada Pembuatan Minuman Herbal. *BIOFOODTECH: Journal of Bioenergy and Food Technology*, 4(1), 29–43. <https://doi.org/10.55180/biofoodtech.v4i1.1874>
- Setiawan, D., Hadi, S., Mardiaty, N., Mahdi, N., Aqifah, A., & Hamzah, H. (2025). Nanogel of Lollipop Leave Extract: A Promising Antibiofilm Agent for Diabetic Ulcer Infections. *Egyptian Journal of Chemistry*, 68(8), 659–666. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2024.317699.10326>
- Setiawan, D., Mahdi, N., & Praristiya, M. R. S. (2021). Formulasi Sediaan Gel Peel-Off Ekstrak Buah Limpasu (*Baccaurea Lanceolate* (Miq)

Mull.Arg.) Sebagai Antibakteri. Jurnal Ilmiah Ibnu Sina (JIIS): Ilmu Farmasi Dan Kesehatan, 6(2), 361–367.
<https://doi.org/10.36387/jiis.v6i2.745>

Tatli Cankaya, I. I., & Somuncuoglu, E. I. (2021). *Potential and Prophylactic Use of Plants Containing Saponin-Type Compounds as Antibiofilm Agents against Respiratory Tract Infections. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021(4), 1–14.
<https://doi.org/10.1155/2021/6814215>

Topka-Bielecka, G., Dydecka, A., Necel, A., Bloch, S., Zena, B., Nczyk, N.-F., W, Egrzyn, G., W, Egrzyn, A., & Almeida, A. (2021). *Bacteriophage-Derived Depolymerases against Bacterial Biofilm. MDPI Antibiotics*, 2021(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/antibiotics>

Wu, X., Wang, H., Xiong, J., Yang, G. X., Hu, J. F., Zhu, Q., & Chen, Z. (2024). *Staphylococcus aureus biofilm: Formulation, regulatory, and emerging natural products-derived therapeutics. Biofilm*, 7(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.bioflm.2023.100175>