



Efek Melaleuca Cajuputi terhadap Gambaran Histopatologi Organ Paru Tikus yang Diinduksi Asap Rokok

Cantika Dwi^{1*}, Hasna Dewi¹, Ahmad Syauqy¹, Fairuz¹, Rina Nofrienis¹

¹ Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Jambi

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2946>

Article Info:

Received : 21 Juni 2026
Revised : 27 Juni 2026
Accepted : 26 Juli 2026
Published : 01 Agustus 2026

Correspondence:

Cantika Dwi

Phone: 085792562722

Abstract: Exposure to cigarette smoke can cause lung tissue damage through mechanisms of chronic inflammation and oxidative stress. Melaleuca cajuputi essential oil contains 1,8-cineole and flavonoids, which possess anti-inflammatory and antioxidant properties, thereby offering potential protective effects on lung tissue. This study aimed to analyze the effects of Melaleuca cajuputi essential oil on the histopathological features of the lungs in cigarette smoke-induced rats. This experimental study used 28 male Wistar rats divided into four groups: negative control, positive control (cigarette smoke exposure), treatment group 1 (cigarette smoke exposure + Melaleuca cajuputi aromatherapy at a dose of 0.5 mL), and treatment group 2 (cigarette smoke exposure + aromatherapy at a dose of 1 mL). The treatments were administered for 30 days, with exposure to two cigarettes per day and aromatherapy for 15 minutes daily. Histopathological parameters assessed included inflammatory cell infiltration and alveolar septal destruction. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test. The results showed that administration of Melaleuca cajuputi at a dose of 0.5 mL significantly reduced inflammatory cell infiltration scores and alveolar septal destruction compared to the positive control group. Administration of the 1 mL dose significantly reduced inflammatory cell infiltration; however, it did not show a significant difference in alveolar septal destruction compared to the positive control group.

Keywords: Melaleuca Cajuputi; Lung Histopathology; Cigarette Smoke.

Citation: Cantika Dwi, Hasna Dewi, Ahmad Syauqy, Fairuz, & Nofrienis, R. (2026). Efek Melaleuca Cajuputi terhadap Gambaran Histopatologi Organ Paru Tikus yang Diinduksi Asap Rokok. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(3), 4739–4744. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2946>

Pendahuluan

Paparan asap rokok menyebabkan penyakit yang menjadi salah satu masalah kesehatan global yang signifikan. Berbagai masalah kesehatan terutama pada saluran pernapasan terbukti disebabkan oleh asap rokok, seperti bronkitis kronis, emfisema, dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Paparan secara terus-menerus terhadap asap rokok akan merusak jaringan paru-paru dan mengganggu kemampuan paru-paru untuk berfungsi dengan baik (Yudho, 2024).

Menurut data WHO 2020, angka kematian akibat rokok sangat mengkhawatirkan. Rokok mengakibatkan kematian lebih dari 8 juta jiwa setiap tahunnya, dengan

perokok aktif menyebabkan lebih dari 7 juta kematian dan sekitar 1,2 juta kematian disebabkan oleh paparan asap rokok atau disebut perokok pasif (Kemenkes RI, 2022). Berdasarkan Laporan Global Adult Tobacco Survey (GATS) Indonesia Report dari WHO tahun 2021 menunjukkan bahwa 34,5% orang dewasa, atau 70,2 juta orang menggunakan tembakau. Selain itu, laporan ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki persentase tinggi mengenai paparan asap rokok orang lain di tempat umum (WHO, 2024; Ridwan & Lanita, 2018).

Asap rokok dapat menjadi penyebab peningkatan angka kesakitan dan kematian pada manusia. Setiap batang rokok mengandung banyak senyawa kimia

seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (N₂O), hidrogen sianida, amoniak, senyawa hidrokarbon, tar, nikotin, dan benzopiren (Johan, 2023; Karolina et al., 2019). Pada asap rokok terdapat banyak bahan kimia yang bersifat toksik, karsinogenik, mutagenik, serta Reactive Oxygen Species (ROS) dalam bentuk partikel yang berpotensi menimbulkan kerusakan oksidatif biologis (Addissouky et al., 2024; Syaury & Fitri, 2017).

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan paru seperti berhenti merokok, menghindari paparan asap rokok dan zat berbahaya lainnya, melindungi diri dengan menggunakan masker, menggunakan APD saat terpapar asap industri atau zat kimia, menjaga imunitas, dan meningkatkan kesehatan. Salah satu pilihan meningkatkan kesehatan untuk mencegah kerusakan paru adalah dengan menggunakan aromaterapi (Institute of Medicine (US), 2011).

Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan untuk aromaterapi adalah daun kayu putih atau *Melaleuca cajuputi*. Ekstrak dari daun kayu putih telah menunjukkan aktivitas antioksidan, anti-inflamasi, anti-proliferasi dan anti bakteri. Daun kayu putih merupakan salah satu tanaman yang memiliki kadar flavonoid tinggi yang berfungsi untuk menangkal radikal bebas yang dapat merusak sel tubuh (Ayu et al., 2024; Afdin & Quzwain, 2018). Selain mengandung kadar flavonoid tinggi, daun kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) memiliki komponen utama senyawa *eucalyptol* (1,8-cineole). Senyawa ini memiliki aktivitas farmakologis yang kuat, termasuk kemampuan menekan produksi sitokin proinflamasi serta menghambat peradangan yang terjadi di saluran pernapasan (Ali et al., 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efek essential oil *Melaleuca cajuputi* terhadap gambaran histopatologi organ paru tikus putih jantan yang diinduksi asap rokok konvensional.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain analitik kuantitatif eksperimental dengan metode *true experiment posttest-only control group design*. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus-Oktober 2025 di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Jambi. Sampel penelitian adalah tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) galur Wistar berumur 2,5-3 bulan dengan berat 150-200 gram. Besar sampel dihitung menggunakan rumus Frederer dengan antisipasi drop out 20%, sehingga diperoleh 7 ekor tikus per kelompok, total 28 ekor untuk 4 kelompok perlakuan.

Kelompok perlakuan terdiri dari: (1) Kontrol negatif, yaitu tikus tanpa paparan asap rokok dan aromaterapi; (2) Kontrol positif, yaitu tikus dengan

paparan asap rokok tanpa aromaterapi; (3) Perlakuan 1, yaitu tikus dengan paparan asap rokok dan aromaterapi *essential oil Melaleuca cajuputi* dosis 0,5 mL; (4) Perlakuan 2, yaitu tikus dengan paparan asap rokok dan aromaterapi *essential oil Melaleuca cajuputi* dosis 1 mL. Paparan asap rokok dilakukan selama 30 hari, 2 kali sehari menggunakan smoking chamber. Aromaterapi diberikan secara inhalasi menggunakan diffuser.

Pada hari ke-31 dilakukan terminasi, organ paru diambil dan dibuat preparat histologi menggunakan metode parafin dengan pewarnaan Hematoxylin-Eosin (HE) (Fairuz et al., 2020; Dewi et al., 2022). Pengamatan preparat dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x yang dibagi menjadi 5 lapang pandang. Parameter yang diamati adalah infiltrasi sel radang dan destruksi septum alveolar. Skoring penilaian kerusakan menggunakan modifikasi kriteria dari Hansel dan Barnes (Hansel & Barnes, 2004).

Skoring Infiltrasi Sel Radang

Skor 0: tidak ada perubahan histologi

Skor 1: infiltrasi sel radang pada <30% area lapang pandang

Skor 2: infiltrasi sel radang pada 30-60% area lapang pandang

Skor 3: infiltrasi sel radang pada >60% area lapang pandang

Skoring Destruksi Septum Alveolar

Skor 0: tidak ada perubahan histologi

Skor 1: destruksi septum alveolar pada <30% area lapang pandang

Skor 2: destruksi septum alveolar pada 30-60% area lapang pandang

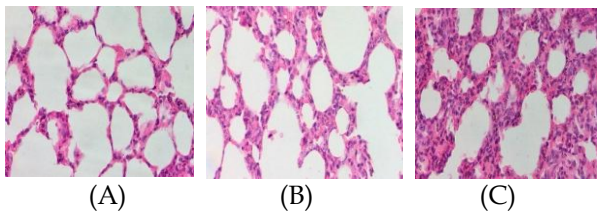
Skor 3: destruksi septum alveolar pada >60% area lapang pandang

Data dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dan uji *post-hoc Mann-Whitney* dengan tingkat kemaknaan $p < 0,05$. Penelitian ini telah mendapat persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Jambi dengan nomor 304/UN21.8/PT.01.04/2025.

Hasil dan Diskusi

Dalam penelitian ini, dari 28 ekor tikus yang digunakan, terdapat 3 ekor tikus yang mati selama masa perlakuan dan 1 ekor mengalami infeksi, sehingga sampel yang dianalisis sebanyak 24 ekor tikus (6 ekor per kelompok). Pengamatan preparat dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x yang dibagi menjadi 5 lapang pandang.

Analisis Infiltrasi Sel Radang



Gambar 1. Hasil Pengamatan Histopatologi Infiltrasi Sel Radang pada Organ Paru dengan Perbesaran 400x dengan Hematoxylin & Eosin stain. Keterangan: (A) Infiltrasi sel radang pada <30% (B) Infiltrasi sel radang 30-60%, (C) Infiltrasi sel radang >60%

Tabel 1. Rerata Skor Kerusakan Infiltrasi Sel Radang

No	Kelompok Tikus	Skor Total Infiltrasi Sel Radang (Rata-rata ± Standar Deviasi)
1.	Kontrol Negatif	1,0 ± 0,0
2.	Kontrol Positif	2,9 ± 0,447
3.	Perlakuan 1	1,3 ± 0,989
4.	Perlakuan 2	1,6 ± 0,1155

Berdasarkan Tabel 1, hasil skoring kerusakan histopatologi paru terhadap infiltrasi sel radang secara deskriptif menunjukkan, kelompok kontrol negatif menunjukkan skor terendah dan kelompok kontrol positif memiliki skor tertinggi. Kelompok perlakuan menunjukkan penurunan rerata infiltrasi sel radang dibandingkan kontrol positif.

Selanjutnya data diurutkan dan diperingkatkan untuk melihat perbedaan antar kelompok menggunakan

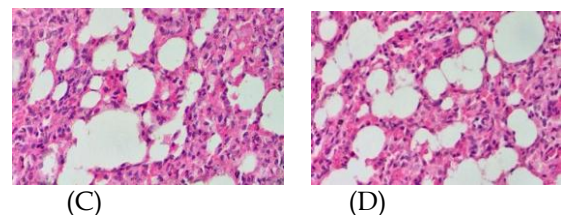
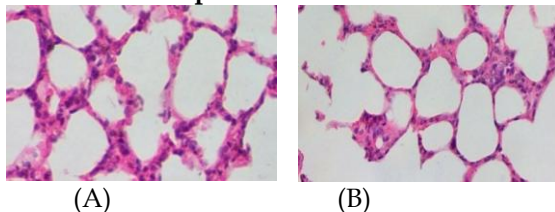
uji non-parametric Kruskal Wallis. Pada uji ini didapatkan perbedaan signifikan ($p < 0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan infiltrasi sel radang yang bermakna yang bermakna antar kelompok. Karena hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan yang bermakna, maka diperlukan analisis *post hoc Mann-Whitney*.

Tabel 2. Hasil Uji Post-Hoc Infiltrasi Sel Radang Antar Kelompok

	Kontrol Negatif	Kontrol Positif	Perlakuan 1	Perlakuan 2
Kontrol Negatif		0,002*	0,015*	0,002*
Kontrol Positif			0,002*	0,002*
Perlakuan 1				0,065
Perlakuan 2				

Uji post-hoc Mann-Whitney menunjukkan perbedaan sangat signifikan antara kontrol positif dengan perlakuan 1 ($p = 0,002$) dan perlakuan 2 ($p = 0,002$). Perbandingan antara perlakuan 1 dan perlakuan 2 menunjukkan perbedaan tidak bermakna ($p = 0,065$).

Analisis Destruksi Septum Alveolar



Gambar 2. Hasil Pengamatan Histopatologi Destruksi Septum Alveolar pada Organ Paru dengan Perbesaran 400x dengan Hematoxylin & Eosin stain. Keterangan: (A) Destruksi septum alveolar normal, (B) Destruksi septum alveolar <30%, (C) Destruksi septum alveolar skor 30-60% (D) Destruksi septum alveolar skor >60%

Tabel 3. Rerata Skor Kerusakan Destruksi Septum Alveolar

No	Kelompok Tikus	Skor Total Destruksi Septum Alveolar (Rata-rata ± Standar Deviasi)
1.	Kontrol Negatif	0,6 ± 0,730
2.	Kontrol Positif	1,733 ± 1,606
3.	Perlakuan 1	1,100 ± 0,0856
4.	Perlakuan 2	1,433 ± 0,1085

Berdasarkan Tabel 3, hasil skoring kerusakan histopatologi paru terhadap destruksi septum alveolar secara deskriptif menunjukkan, kelompok kontrol negatif menunjukkan skor terendah dan kelompok kontrol positif memiliki skor tertinggi. Kelompok perlakuan menunjukkan penurunan rerata infiltrasi sel radang dibandingkan kontrol positif. Selanjutnya data diurutkan dan diperingkatkan untuk melihat perbedaan

antar kelompok menggunakan *uji non-parametric Kruskal Wallis*. Pada uji ini didapatkan perbedaan signifikan ($p < 0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan infiltrasi sel radang yang bermakna yang bermakna antar kelompok. Karena hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan yang bermakna, maka diperlukan analisis *post hoc Mann-Whitney*.

Tabel 4. Hasil Uji Post-Hoc Destruksi Septum Alveolar Antar Kelompok

	Kontrol Negatif	Kontrol Positif	Perlakuan 1	Perlakuan 2
Kontrol Negatif		0,002*	0,004*	0,002*
Kontrol Positif			0,004*	0,394
Perlakuan 1				0,041*
Perlakuan 2				

Berdasarkan Tabel 4, perbandingan antara kelompok kontrol positif dan kelompok perlakuan 1 menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p = 0,004$). Namun, perbandingan antara kontrol positif dan perlakuan 2 tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik ($p = 0,394$), yang mengindikasikan bahwa pada dosis 1 mL, efek penurunan destruksi septum alveolar tidak berbeda signifikan dibandingkan kelompok kontrol positif.

Selain itu, uji antara perlakuan 1 dan perlakuan 2 menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P = 0,041$). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan pemberian dosis *essential oil* memberikan perbedaan yang bermakna.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa paparan asap rokok konvensional selama 30 hari menyebabkan peningkatan signifikan infiltrasi sel radang dan destruksi septum alveolar pada jaringan paru tikus. Paparan asap rokok konvensional mengandung lebih dari 7000 komponen kimia, termasuk reactive oxygen species (ROS), tar, nikotin, dan berbagai karsinogen yang bersifat toksik terhadap saluran pernapasan (Addissouky et al., 2024).

Asap rokok memicu stres oksidatif pada tingkat seluler melalui pembentukan ROS yang berlebihan, mengakibatkan kerusakan DNA, peroksidasi lipid, dan aktivasi damage-associated molecular patterns (DAMP). Proses ini selanjutnya mengaktifkan jalur pensinyalan inflamasi seperti nuclear factor-kappa B (NF- κ B), extracellular signal-regulated kinase (ERK), dan c-Jun N-terminal kinase (JNK), yang merangsang produksi sitokin proinflamasi seperti tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-6 (IL-6), dan interleukin-8 (IL-8) (Seo et al., 2023). Peningkatan sitokin proinflamasi ini memicu infiltrasi masif sel-sel radang, terutama neutrofil dan makrofag, ke dalam jaringan paru yang melepaskan enzim proteolitik dan ROS tambahan yang berkontribusi pada kerusakan struktural jaringan paru (Foronjy & D'Armiento, 2015; Harahap et al., 2025).

Destruksi septum alveolar merupakan manifestasi dari kerusakan struktural yang terjadi akibat paparan kronis terhadap agen toksik dalam asap rokok yang dimediasi oleh ketidakseimbangan antara protease dan antiprotease, serta aktivitas matrix metalloproteinases (MMPs) yang berlebihan, mengakibatkan degradasi komponen matriks ekstraseluler seperti elastin dan kolagen pada dinding alveolar (Wang et al., 2022).

Efek Essential Oil Melaleuca cajuputi terhadap Histopatologi Organ Paru

Pemberian aromaterapi *essential oil Melaleuca cajuputi* menunjukkan penurunan tingkat kerusakan histopatologi paru yang signifikan. Kelompok perlakuan 1 (dosis 0,5 mL) menunjukkan penurunan skor infiltrasi sel radang menjadi $1,3 \pm 0,989$ dan destruksi septum alveolar menjadi $1,100 \pm 0,0856$. Perbedaan ini terbukti sangat signifikan secara statistik pada *uji post-hoc Mann-Whitney* dibandingkan kontrol positif, mengindikasikan bahwa aromaterapi *essential oil Melaleuca cajuputi* efektif dalam mengurangi respons inflamasi dan kerusakan struktural akibat paparan asap rokok.

Efek antiinflamasi *essential oil Melaleuca cajuputi* terutama dimediasi oleh kandungan senyawa 1,8-cineole (eucalyptol) yang merupakan komponen utama dengan konsentrasi 50-65%. Senyawa 1,8-cineole memiliki aktivitas farmakologis yang kuat dalam menekan produksi sitokin proinflamasi dan menghambat peradangan saluran pernapasan melalui mekanisme inhibisi aktivasi NF- κ B, penurunan ekspresi cyclooxygenase-2 (COX-2) dan inducible nitric oxide synthase (NOS-2), serta pengurangan produksi TNF- α , IL-1 β , dan IL-6 (Sudrajat, 2022; Ekaputri et al., 2025a). Metode inhalasi memberikan keuntungan dalam hal bioavailabilitas dan efek langsung pada jaringan target yaitu saluran pernapasan, dimana molekul volatil aktif dapat mencapai paru-paru dan sistem peredaran darah

melalui pertukaran gas di alveoli (Ali et al., 2015). Selain 1,8-cineole, essential oil *Melaleuca cajuputi* juga mengandung senyawa fitokimia polifenol seperti flavonoid, kuinon, saponin, dan alkaloid yang berkontribusi pada aktivitas antioksidan. Flavonoid berperan sebagai antioksidan dengan tiga mekanisme utama yaitu menghambat pembentukan ROS, menetralkan ROS yang sudah terbentuk dengan mendonorkan atom hidrogen kepada radikal bebas, serta mengatur dan memperkuat sistem pertahanan antioksidan endogen, sehingga menghentikan reaksi berantai oksidasi yang merusak makromolekul seluler (Isnaini et al., 2023; Baiti et al., 2018). Minyak esensial yang dihirup dapat meningkatkan kadar glutathione (GSH) dan menurunkan peroksidasi lipid, sehingga membantu mencegah kerusakan DNA dan apoptosis sel (Agarwal & Sebghatollahi, 2022).

Pada parameter destruksi septum alveolar, hasil uji post-hoc menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik terhadap kontrol positif pada kelompok perlakuan 1 ($p=0,004$), namun tidak pada perlakuan 2 ($p=0,394$). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian aromaterapi pada perlakuan 1 memberikan efek protektif yang bermakna.

Kerusakan struktural jaringan seperti destruksi septum alveolar memerlukan proses remodeling yang melibatkan sintesis kolagen baru, reorganisasi matriks ekstraseluler, dan regenerasi sel-sel epitel alveolar yang membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan penghambatan respons inflamasi akut (Tu et al., 2022). Mekanisme proteksi essential oil *Melaleuca cajuputi* terhadap kerusakan struktural dikaitkan dengan aktivitas antioksidannya yang dapat menghambat aktivitas enzim ornithine decarboxylase yang berperan dalam biosintesis poliamina, sintesis DNA, dan sintesis protein, serta menurunkan kadar ROS dan memodulasi jalur pensinyalan apoptosis untuk mencegah kematian sel (Ayu et al., 2024; Ekaputri et al., 2025b).

Perbandingan Dosis Essential Oil *Melaleuca cajuputi*

Analisis perbandingan antara kedua dosis menunjukkan hasil yang menarik. Pada parameter infiltrasi sel radang, meskipun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($p=0,065$), namun secara deskriptif kelompok perlakuan 1 dengan dosis 0,5 mL menunjukkan efektivitas yang lebih baik dibandingkan perlakuan 2 dengan dosis 1 mL melalui penurunan skor rerata. Pada parameter destruksi septum alveolar, terdapat perbedaan signifikan ($p=0,041$) dimana kelompok perlakuan 1 menunjukkan hasil yang lebih baik.

Perbedaan hasil dari kedua dosis ini dapat dijelaskan melalui konsep dose-response relationship dalam farmakologi. Aromaterapi memiliki rentang dosis

optimal, dan pemberian dosis yang terlalu tinggi tidak selalu memberikan efek yang lebih baik.

Kesimpulan

Essential oil Melaleuca cajuputi memberikan efek protektif terhadap kerusakan histopatologi paru yang diinduksi asap rokok konvensional. Dosis 0,5 mL menunjukkan efektivitas optimal dalam menurunkan infiltrasi sel radang dan destruksi septum alveolar dibandingkan dosis 1 mL melalui mekanisme anti-inflamasi dan antioksidan. Penelitian lanjutan dengan durasi yang lebih panjang dan analisis biokimia diperlukan untuk mengevaluasi efek jangka panjang aromaterapi essential oil *Melaleuca cajuputi* terhadap kerusakan paru akibat paparan asap rokok.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam proses penelitian hingga penyusunan artikel ini

Referensi

- Addissouky, T. A., El Sayed, I. E. T., Ali, M. M. A., Wang, Y., El Baz, A., Elarabany, N., et al. (2024). Oxidative stress and inflammation: Elucidating mechanisms of smoking-attributable pathology for therapeutic targeting. *Bulletin of the National Research Centre*, 48(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-024-01174-6>
- Afdin, R. R., & Quzwain, F. (2018). Efek hepatoprotektor ekstrak jintan hitam (*Nigella sativa*) terhadap kerusakan hepar tikus putih (*Rattus norvegicus*) jantan galur Sprague Dawley yang diinduksi etanol. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 6(1), 36–44.
- Agarwal, P., & Sebghatollahi, Z. (2022). Citrus essential oils in aromatherapy: Therapeutic effects and mechanisms. *Antioxidants*, 11(12).
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601–611. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- Ayu, I. W., Putu Nyoman, N., Udayani, W., & Putri, G. A. (2024). Artikel review: Peran antioksidan flavonoid dalam menghambat radikal bebas. *Jurnal Syifa Sciences and Clinical Research*, 6(2), 188–197.
- Baiti, M., Lipinwati, L., & Elfrida, S. (2018). Pengaruh pemberian ekstrak ethanol biji buah pinang (*Areca catechu* L.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* secara in vitro. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 6(1), 10–19.
- Dewi, H., Fairuz, F., & Wulansari, N. (2022). Histology slide quality comparative study: Impregnation and embedding using beeswax and paraffin. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 10(2), 291–298.
- Ekaputri, T. W. E. H., Azkia, H., Tarawifa, S., & Enis, R. N. (2025a). The effect of Karamunting (*Rhodomyrtus*

- tomentosa) leaves ethanolic extract on spermatozoa concentration of rats induced high-fat diet. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 13(2), 210–217.
- Ekaputri, T. W. E. H., Dewi, H., Wulandari, P. S., & Enis, R. N. (2025b). The effect of ethanol extract of Sengani leaves (*Melastoma malabathricum*) on reducing paw edema in rats induced by carrageenan. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 13(1), 103–109.
- Fairuz, F., Dewi, H., & Humaryanto, H. (2020). Profil ekstra paru tuberculosis secara histopatologi pada formalin fixed paraffin embedded (FFPE) di Provinsi Jambi. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 8(1), 60–66.
- Foronjy, R., & D'Armiento, J. (2015). The effect of cigarette smoke-derived oxidants on the inflammatory response of the lung. *NIH Public Access*, 83(4), 255–262.
- Hansel, T. T., & Barnes, P. J. (2004). Inflammatory mechanisms in asthma. *European Respiratory Journal*, 23(1), 1–2.
- Harahap, H., Natasha, N., Enis, R. N., Kusdiyah, E., Firmansyah, F., & Nuriyah, N. (2025). Secondhand smoke, PEFr, and pregnancy in the second and third trimesters. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 13(2), 286–292.
- Institute of Medicine (US) Committee on a National Surveillance System for Cardiovascular and Select Chronic Diseases. (2011). A nationwide framework for surveillance of cardiovascular and chronic lung diseases (Chap. 3, Chronic Lung Disease). National Academies Press. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK83163/>
- Isnaini, I., Achmadiyah, R. D., Awaeh, G., Khatimah, H., & Yasmina, A. (2023). Antioxidant and antiproliferative activities of methanol extract from *Melaleuca cajuputi* subsp. *Cumingiana* [Turcz.] fruit. *Jurnal Berkala Ilmiah Sains dan Terapan Kimia*, 17(1), 21.
- Johan, A. (2023). Asap rokok merugikan bagi kesehatan tubuh manusia. *EJOIN Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(6), 555–558.
- Karolina, M. E., Darmawan, A., & Aurora, W. I. (2019). Perbandingan kadar nitric oxide pada perokok dan bukan perokok. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 7(1), 96–101.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). Kandungan rokok yang berbahaya bagi kesehatan. https://keslan.kemkes.go.id/view_artikel/406/kandungan-rokok-yang-berbahaya-bagi-kesehatan
- Pratiwi, F., & Subarnas, A. (2020). Aromaterapi sebagai media relaksasi. *Farmaka*, 18(3), 66–75. <https://jurnal.unpad.ac.id/farmaka/article/view/27910>
- Ridwan, M., & Lanita, U. (2018). Determinan perilaku merokok mahasiswa di Universitas Jambi. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 6(2), 120–127.
- Seo, Y. S., Park, J. M., Kim, J. H., & Lee, M. Y. (2023). Cigarette smoke-induced reactive oxygen species formation: A concise review. *Antioxidants*, 12(9).
- Sudrajat, S. (2022). Artikel penelitian eucalyptus oil, a natural remedy with many benefits: A systematic review. *Kedokteran Meditek*. <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/index>
- Syauqy, A., & Fitri, A. D. (2017). Pengaruh merokok terhadap pH saliva dan aktivitas enzim ptialin pada mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Jambi. *Jambi Medical Journal: Kedokteran dan Kesehatan*, 5(1), 29–40.
- Tu, Z., Zhong, Y., Hu, H., Shao, D., Haag, R., Schirner, M., et al. (2022). Design of therapeutic biomaterials to control inflammation. *Nature Reviews Materials*, 7(7), 557–574.
- Wang, L., Wang, Y., Chen, J., Liu, P., & Li, M. (2022). A review of toxicity mechanism studies of electronic cigarettes on respiratory system. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9).
- World Health Organization. (2024). Kementerian Kesehatan dan WHO menerbitkan Laporan Global Adult Tobacco Survey Indonesia 2021. <https://www.who.int/indonesia/id/news/detail/22-08-2024-ministry-of-health-and-who-release-global-adult-tobacco-survey-indonesia-report-2021>
- Yudho, N. K. (2024). Rokok membuat hidup jadi redup. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://ayosehat.kemkes.go.id/rokok-membuat-hidup-jadi-redup>