

Efek Insektisida Aromaterapi Minyak Atsiri Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Beth) Terhadap *Aedes aegypti*

The Insecticide Effect of Patchouli leaves (Pogostemon cablin Beth) Essential Oil Aromatherapy Candle Against Aedes aegypti

Azmi Raihan¹, Novyan Lusiyana^{2*}

¹ Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km 14,5 Sleman, 55584, Indonesia

² Departemen Parasitologi, Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km 14,5 Sleman, 55584, Indonesia

Kutipan: Raihan A., Lusiyana N. Efek Insektisida Aromaterapi Minyak Atsiri Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Beth) Terhadap *Aedes aegypti*. ASP. Juni 2025; 16(1): 13–21

Editor: Umar Riadi

Diterima: 26 November 2024

Revisi: 8 Mei 2025

Layak Terbit: 14 Juli 2025

Catatan Penerbit: Aspirator tetap netral dalam hal klaim yurisdiksi di peta yang diterbitkan dan afiliasi kelembagaan.



Hak Cipta: © 2025 oleh penulis.

Jurnal Aspirator diberikan hak untuk menerbitkan berdasarkan lisensi

Creative Commons Attribution Share-Alike (CC BY SA) yang memperbolehkan distribusi dan penggunaan artikel ini selama pengakuan yang tepat diberikan kepada penulis.

Abstract. Aromatherapy candles are a safe and effective insecticide innovation with a long-lasting fragrance. Aromatherapy candles can also act as an adulticide for mosquitoes if made from the essential oil of patchouli leaves that have natural insecticidal properties against *Aedes aegypti* mosquitoes. This research aims to determine the adulticidal effect of patchouli leaves (*Pogostemon cablin* Benth) essential oil aromatherapy candle against *Ae. aegypti* mosquitoes. This research is experimental with a post-test only control group design divided into six groups: one negative control group and five treatment groups (25, 40, 55, 70, and 85%) with four repetitions. Each group consisted of 20 *Ae. aegypti* mosquitoes. Before testing, the aromatherapy candle was lit in the test room for three hours and then extinguished. The mosquitoes were exposed to the vapor produced by patchouli essential oil aromatherapy candles for five hours, and the mortality rate was assessed every hour. Afterward, the data were analyzed using One-way ANOVA, post hoc Bonferroni and probit analyses. The average mosquito mortality rate was 0% in the negative control group and 25; 32.5; 51.25; 70; and 87.5% in the treatment groups of 25, 40, 55, 70, and 85%, respectively. The data analysis indicated a significant difference in the mosquito mortality rate in all treatment groups ($p < 0.05$) with a 95% confidence interval. Meanwhile, the probit analysis showed an LC50 of 63% and LC90 of 96.067%. We conclude that the aromatherapy candle made from patchouli essential oil had an adulticidal effect on *Ae. aegypti* mosquitoes.

Keywords: aromatherapy candles; insecticide, *Pogostemon cablin*, *Aedes aegypti*

Abstrak. Lilin aromaterapi merupakan inovasi insektisida yang aman dan efektif dengan wangi yang tahan lama selain juga dapat berperan sebagai insektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek insektisida lilin aromaterapi minyak atsiri daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) terhadap nyamuk *Ae. aegypti*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain post test with control group design yang dibagi menjadi enam kelompok; satu kelompok kontrol dan 5 kelompok perlakuan (25, 40, 55, 70 dan 85%) dengan 4 kali pengulangan. Setiap kelompok terdiri dari 20 nyamuk *Ae. aegypti*. Sebelum pengujian, lilin aromaterapi dinyalakan di dalam ruang uji selama 3 jam kemudian dipadamkan. Nyamuk kemudian dipaparkan dengan uap yang dihasilkan dari lilin aromaterapi selama 5 jam, dan kematiannya dihitung setiap jam. Data kematian nyamuk antar kelompok kemudian dianalisis menggunakan uji One way Anova dan analisis probit. Rerata kematian nyamuk pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan 25, 40, 55, 70 dan 85% berturut-turut adalah 25; 32,5; 51,25; 70; dan 87,5%. Analisis data menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna pada kematian nyamuk pada semua kelompok ($p < 0,05$) dengan interval kepercayaan 95%. Sedangkan analisis probit didapatkan LC50 dan LC90 sebesar 63% dan 96,07%. Kami menyimpulkan bahwa lilin aromaterapi yang terbuat dari minyak atsiri nilam mempunyai efek insektisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti*.

Kata Kunci: lilin aromaterapi, insektisida, *Pogostemon cablin*, *Aedes aegypti*

*Korespondensi Penulis

Email: 107110411@uii.ac.id

Telp: +6281215951712

PENDAHULUAN

Demam dengue (DB) merupakan salah satu penyakit infeksi menular yang endemik di 125 negara, disebabkan oleh empat serotipe virus dengue (DENV), dan ditransmisikan oleh nyamuk *Aedes sp.* Kasus DB di seluruh dunia setiap tahunnya mengalami peningkatan dengan total 7,6 juta kasus; 3,4 juta diantaranya terkonfirmasi infeksi DENV; 16.000 kasus merupakan infeksi berat dan 3000 diantaranya meninggal dunia hingga April 2024.¹ Kondisi tersebut memerlukan upaya global yang komprehensif untuk mengendalikan infeksi DENV,² salah satunya dengan mengendalikan populasi nyamuk sehingga dapat mengurangi kontak antara nyamuk *Aedes sp* dengan manusia.^{2,3}

Salah satu cara mencegah gigitan nyamuk *Aedes aegypti* (*Ae. aegypti*) adalah dengan menggunakan insektisida.³ Insektisida yang sering digunakan adalah insektisida kimia seperti organofosfat dan piretroid.⁴ Resistensi insektisida jenis tertentu juga telah banyak dilaporkan di wilayah Asia Tenggara, termasuk Indonesia seperti yang dilaporkan di Nusa Tenggara. Kondisi tersebut memerlukan upaya rotasi insektisida hingga pencarian alternatif insektisida lainnya.^{4,5}

Salah satu alternatif untuk menghindari terjadinya resistensi insektisida adalah dengan memanfaatkan potensi tanaman herbal sebagai insektisida alami. Tanaman herbal memiliki kandungan senyawa tertentu yang memiliki efek sebagai insektisida seperti minyak atsiri.⁶ Salah satu tumbuhan penghasil yang memiliki kandungan atsiri adalah nilam.⁷ Studi terdahulu membuktikan bahwa nilam memiliki aktivitas repelensi yang tinggi, tertinggi dibandingkan dengan tanaman aromatik lainnya seperti kayu manis, pala, cengkeh, serai.⁸ Nilam memiliki kandungan senyawa aktif baik volatile maupun non-volatile seperti *terpenoid*, *pitosterol*, *flavonoid*, *logbin*, *glikosida*, alkohol dan *aldehid*.⁹ Minyak atsiri merupakan senyawa folatil yang banyak ditemukan dalam berbagai jenis tanaman aromatik seperti nilam, selain itu senyawa ini sering di kaji di laboratorium.¹⁰ Salah satu minyak atsiri yang terkandung dalam nilam adalah minyak *patchouli*.^{9,11} dimana minyak atsiri bentuk monoterpene memiliki aktifitas insektisida yang tertinggi.¹⁰ Daun nilam juga memiliki kandungan 19 senyawa volatil aromatik non polar dengan dominasi senyawa patchouli alkohol dengan kisaran 22,7-37,5%.^{12,13}

Berbagai studi menunjukkan bahwa nilam dalam berbagai bentuk sediaan memiliki potensi sebagai bioinsektisida baik pada stadium larva maupun dewasa. Aktivitas bioinsektisida yang dimaksud adalah sebagai *larvasida*, *pupasida*, *adultisida* dan *repellent* pada berbagai serangga seperti *Aedes sp*, *Anopheles sp*, *Culex sp*, *Spodoptera sp*, *Tribolium sp*, *Blattella sp*, *T. absoluta*, *Bemisia sp* dan *Tetranychus sp*.^{11,12,14,15,16,17} Beberapa bentuk sediaan dengan kandungan nilam juga terbukti memiliki efek sebagai insektisida seperti dalam sediaan bakar, *spray*, *lotion*.^{18,15,19} Bentuk sediaan tersebut selain praktis dan mudah, akan tetapi tidak menghasilkan aroma yang disukai dan tahan lama sebagaimana ada pada lilin aromaterapi.²⁰ Berdasarkan latar belakang tersebut efek nilam dalam bentuk lilin aromaterapi sebagai bioinsektisida pada nyamuk *Ae. aegypti* perlu dibuktikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek insektisida lilin aromaterapi minyak atsiri daun nilam (*Pogostemon cablin Benth*) terhadap nyamuk *Ae. aegypti*.

METODE

Peneliti telah mendapatkan persetujuan dari Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia dengan nomor surat 34/Ka.Kom.Et/70/KE/VII/2023.

Desain dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian experimental dengan rancangan *post test only with control group design*. Minyak atsiri daun nilam diperoleh dari pusat studi minyak atsiri (*Center Essential Oil Study: CEOS*) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia (FMIPA UII). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia (FK UII).

Populasi dan Sampel

Subjek penelitian ini adalah nyamuk *Ae. aegypti* dewasa betina yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang diperoleh dari laboratorium parasitologi FK UII. Kriteria inklusi penelitian ini adalah nyamuk *Ae. aegypti* betina, berumur 2-5 hari yang kenyang air gula 10%, belum pernah diberi minum darah hewan maupun manusia dan bergerak aktif.²¹ Kriteria eksklusi penelitian ini adalah nyamuk *Ae. aegypti* yang tampak lemas sesaat sebelum perlakuan dilakukan. Besar sampel pada penelitian ini berjumlah 20 ekor nyamuk pada setiap kelompok yang mengacu pada *Guidelines for Efficacy Testing of Household Insecticide Products*.²¹ Penelitian ini menggunakan metode *Glass Chamber* yang telah dimodifikasi dari penelitian.²² Penelitian ini terdiri dari enam kelompok uji dengan empat kali pengulangan, sehingga total nyamuk yang diperlukan adalah 480 ekor nyamuk.

Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah aspirator nyamuk, kotak kaca uji berukuran 70 cm³, kandang pemeliharaan nyamuk berukuran 30 cm³, termometer ruangan, higrometer ruangan, stopwatch, micropipet 1000 µL, cetakan lilin, cawan, timbangan digital dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah asam stearat, paraffin, minyak atsiri daun nilam (*Pogostemon cablin Benth*), benang katun, dan minyak parafin.

Tahap Persiapan Penelitian

Minyak atsiri daun nilam diperoleh dengan menggunakan metode penyulingan uap air (*Steam Distillation*)²³ Daun nilam kering ditimbang 2 kg, dicuci bersih, lalu dimasukkan kedalam ketel penyulingan yang di bawah saringan sudah terisi air secukupnya dan ditutup rapat. Rangkaian alat dipasang, lalu air dialirkan melalui pendingin dan api dinyalakan. Minyak dan air ditampung serta dipisahkan menggunakan separator panel atau corong pemisah. Na₂SO₄ anhidrat ditambahkan pada fase minyak atsiri untuk menghilangkan gelembung-gelembung air. Minyak atsiri disaring dengan kertas saring, dimasukkan kedalam wadah botol kaca yang gelap dan dibungkus dengan aluminium foil agar tidak rusak terkena paparan sinar matahari. Penyulingan ini dilakukan selama 6-9 jam.²³

Penyulingan daun nilam dibuat menggunakan metode destilasi.²⁴ Sebanyak 15 gr paraffin dan 35 gr asam stearat dimasukkan ke dalam cawan yang berbeda, kemudian dipanaskan di atas air mendidih sampai suhu >60°C. Minyak atsiri daun nilam konsentrasi 25%, 40%, 55%, 70% dan 85% yang didapatkan berdasarkan uji pendahuluan disiapkan menggunakan micropipette 1000 µL. Parafin dan asam stearat yang telah mencair dimasukkan kedalam satu tempat cetakan lilin yang sudah diletakkan sumbu di bagian tengahnya. Minyak atsiri dimasukkan ke dalam campuran tersebut ketika suhunya di bawah 60°C, diratakan dan didiamkan sampai menjadi bentuk lilin.²⁴

Uji Adultisida

Uji utama menggunakan metode *Glass Chamber* yang telah dimodifikasi dengan menggunakan kotak kaca berukuran 70 cm³ sebagai ruang uji.²² Nyamuk uji dibagi dalam dua kelompok yaitu kelompok kontrol negatif dan kelompok perlakuan. Kelompok kontrol negatif dengan parafin dan asam stearat murni, sedangkan kelompok perlakuan berupa variasi konsentrasi minyak atsiri daun nilam dengan konsentrasi 25%, 40%, 55%, 70% dan 85%. Lilin aromaterapi dimasukkan ke dalam ruang uji, diletakkan di tengah ruang uji, dipantau suhu dalam kisaran 24-30oC dan kelembaban 60-80% serta pencahayaan gelap terang 12:12 jam. Lilin aromaterapi dinyalakan selama 3 jam, lalu lilin aromaterapi kemudian dimatikan dan dikeluarkan dari ruang uji. Sebanyak 20 ekor nyamuk *Ae. aegypti* dimasukkan ke dalam ruang uji selama 5 jam. Jumlah nyamuk *Ae. aegypti* yang mengalami kematian dicatat setelah pengamatan setiap 1 jam selama 5 jam perlakuan. Ruang uji dibersihkan setiap setelah pengujian agar bau yang sudah melekat pada kaca ruang uji menghilang dan tidak mempengaruhi pengujian selanjutnya. Data jumlah nyamuk *Ae. aegypti* yang mengalami kematian pada setiap konsentrasi minyak atsiri daun nilam dianalisis untuk melihat efek insektisida lilin aromaterapi minyak atsiri daun nilam terhadap nyamuk *Ae. aegypti*.

Pengamatan juga dilakukan pada nyamuk kontrol, apabila mortalitas kurang dari 5% maka data langsung dilakukan analisis statistik, tetapi jika mortalitas berkisar 5% - 20%, maka dilakukan koreksi data dengan formula Abbott (Rumus 1).⁶ Dimana Mt = Mortalitas terkoreksi; Mp = Mortalitas pada perlakuan Mo = Mortalitas pada kelompok kontrol.

Rumus koreksi Abbott adalah sebagai berikut.

$$Mt = \frac{(Mp - Mo)}{(100 - Mo)} \times 100 \quad (\text{Rumus 1})$$

Analisis Data

Data yang didapatkan dari hasil pengamatan selanjutnya diolah dengan menggunakan software uji statistik. Data dari hasil penelitian dianalisis dengan *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) dan analisis *post hoc* (Bonferroni). Analisis probit dilakukan untuk mengetahui efek insektisida lilin aroma terapi minyak atsiri daun nilam (*Pogostemon cablin Benth*) terhadap nyamuk *Ae. aegypti* yang dinyatakan dengan LC50 dan LC90.

HASIL

Hasil ekstrak minyak atsiri daun nilam dengan metode penyulingan uap air (*Steam Distillation*) di CEOS FMIPA diperoleh 191 mL minyak dari total 6 kg daun nilam kering. Hasil penyulingan daun nilam berwarna oranye, jernih dan berbau harum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1

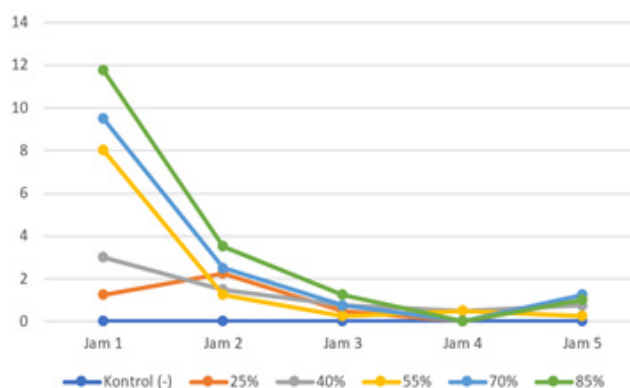


Gambar 1. Minyak nilam hasil penyulingan

Hasil persentase kematian nyamuk pada setiap replikasi dalam uji utama ditunjukkan pada Tabel 1. Selama proses pengujian, setelah nyamuk uji dimasukkan pertama kali ke dalam ruang uji, tampak nyamuk uji menunjukkan penurunan keaktifan nyamuk saat terbang. Nyamuk uji lebih banyak menempel pada dinding ruang uji dan pada akhirnya nyamuk uji jatuh dan tidak bergerak di dasar ruang uji kemudian dilakukan pencatatan setiap jam-nya. Semua nyamuk yang mati kemudian dipindahkan dalam wadah gelas plastik yang telah diberi label kelompok uji dan replikasi serta ditutup dengan kasa dan diberi air gula 10%. Nyamuk di dalam gelas pemulihan diamati setelah 24 jam dan didapatkan nyamuk yang hidup atau bergerak setelah pemulihan selama 24 jam.

Tabel 1. Persentase kematian nyamuk pada setiap replikasi pengujian

Kelompok uji	Persentase kematian pada pengamatan jam ke-5 (%)				Rerata persentase kematian nyamuk uji (%)
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	
Kontrol (-)	0	0	0	0	0
25%	25	20	30	25	25
40%	35	25	40	30	32,5
55%	60	45	55	45	51,25
70%	70	65	75	70	70
85%	95	80	90	85	87,5



Gambar 2. Rerata kematian nyamuk per jam (sumbu Y) dalam 5 jam pengujian waktu pengamatan (sumbu X)

Gambar 2 menunjukkan rerata jumlah kematian nyamuk (sumbu Y) dan waktu pengamatan (sumbu X; jam 1-5) pada lima kelompok uji. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kematian *Ae. aegypti* tertinggi terlihat pada 1 jam pertama paparan dan jumlah nyamuk yang mati setiap jamnya semakin menurun dari waktu ke waktu dalam kurun waktu 5 jam. Kematian nyamuk pada kelompok konsentrasi 85% mengalami peningkatan pada jam ke-5, sedangkan pada kelompok lainnya cenderung menurun.

Kematian nyamuk *Ae. aegypti* terdistribusi normal dan homogen ($p > 0,05$). Analisis *One Way* ANOVA diperoleh dan *post hoc* Bonferroni menunjukkan hasil terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok uji ($p < 0,05$). Analisis probit didapatkan LC50 dan LC90 sebesar 63% dan 96,067%.

PEMBAHASAN

Minyak atsiri daun nilam dalam sediaan lilin aromaterapi memiliki efek insektisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti* dewasa. Hasil studi ini memperkuat studi lainnya yang membuktikan bahwa nilam dalam berbagai bentuk sediaan memiliki efek insektisida seperti dalam sediaan bakar, spray, lotion.^{18,25,19,11}

Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak atsiri nilam tanpa dikombinasikan dengan tanaman maupun senyawa lain terbukti memiliki efek insektisida. Kombinasi nilam dengan berbagai tanaman dan senyawa yang terbukti memiliki efek terhadap serangga adalah jeruk nipis, kemangi, serai dan kayu putih.^{18,26,25,7} Efek insektisida yang dihasilkan terhadap nyamuk *Ae. aegypti* memiliki potensi yang hampir serupa antara baik nilam dalam kombinasi maupun tunggal. Hasil tersebut memperkuat bukti bahwa minyak atsiri nilam efektif sebagai insektisida dalam sediaan lilin aromaterapi tanpa dikombinasikan dengan minyak atsiri lainnya. Sebuah studi laboratorium menunjukkan bahwa minyak nilam juga efektif digunakan sebagai pengikat aroma dari beberapa minyak atsiri dalam sediaan aromaterapi.²⁰

Nilam dalam berbagai sediaan terbukti memiliki efek terhadap nyamuk *Ae. aegypti* sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian ini. Salah satu efek nilam yang banyak dikaji adalah sebagai *repellent* dalam sediaan semprot/spray dan lulur/lotion, dimana sediaan tersebut juga tidak menimbulkan efek iritatif terhadap kulit.^{18,27,11} Nilam dalam sediaan bakar juga memiliki efek terhadap nyamuk hingga durasi waktu efektif mendekati 3 jam.¹⁹

Berbagai konsentrasi nilam dalam sediaan lilin aromaterapi menunjukkan efek insektisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti*. Efek insektisida tertinggi didapatkan pada konsentrasi 85% dengan jumlah kematian sebesar 87,5%. Hasil ini sejalan dengan studi yang menyatakan bahwa minyak atsiri *P. cablin* dalam dosis tinggi baru dapat menunjukkan aktivitas insektisida yang baik.¹³

Efek insektisida dalam penelitian ini diduga akibat adanya senyawa volatil yang terdapat dalam minyak atsiri nilam. Hal ini didasarkan pada selama proses pengujian tercium aroma wangi dari hasil pembakaran lilin aromaterapi nilam. Berdasarkan analisis senyawa dalam minyak atsiri nilam didapatkan senyawa dominan yang ditemukan adalah *patchouli* alkohol (52,5%), adapula senyawa lainnya seperti *azulene*, *alfa guaiene*, *eugenol*, *linalool*, *alfa pinene* dan *seychellene*.^{28,16,8} *Patchouli* alkohol ini memiliki beberapa turunan seperti *patchoulene* dan *patchoulene epoxide*.⁹ Pemilihan daun sebagai bahan pembuatan minyak atsiri juga didasarkan pada studi terdahulu yang menyebutkan bahwa bagian daun memiliki kandungan senyawa dominan *patchouli* tertinggi dibandingkan bagian tanaman nilam lainnya.¹² Selain itu senyawa *terpenoid*, dan *fenilpropanoid* yang terkandung dalam minyak atsiri nilam juga memiliki aktivitas insektisida.¹⁰

Minyak atsiri memiliki berbagai mekanisme kerja sebagai insektisida. Salah satu mekanisme kerja senyawa tersebut adalah mengganggu kerja enzim *asetilkolinesterase* (ACh) yang bekerja aktif di saraf post sinaptik maupun juga dapat berinteraksi dengan menghambat kerja enzim ACh. Pada akhirnya senyawa tersebut menyebabkan kematian pada serangga dengan meningkatkan eksitasi saraf.¹⁰

Keterbatasan penelitian ini adalah terkait kelompok kontrol, karena studi ini hanya menggunakan kelompok kontrol negatif tanpa ada kontrol positif sehingga tidak dapat dinilai dengan standar. Hal ini disebabkan belum ada standar insektisida dalam sediaan lilin aromaterapi. Nyala api lilin aromaterapi sebelum paparan juga hanya selama 3 jam, sebelum dilakukan pengujian selama

5 jam. Kedepannya dapat dilakukan paparan lilin aromaterapi yang lebih lama dan nyamuk dimasukkan bersamaan dengan nyala lilin aromaterapi, akan tetapi perlu dilakukan pengendalian terkait faktor suhu ruang uji. Hal ini untuk memastikan efek insektisida yang dihasilkan. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengamati efek penghambatan terhadap kemampuan nyamuk yang berhasil bertahan hidup setelah pemulihan (*antifeedant*). Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak subletal terhadap perilaku vektor.

KESIMPULAN

Lilin aromaterapi minyak atsiri daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) memiliki efek adultisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti*. Potensi minyak atsiri ini dapat menjadi alternatif pengendalian nyamuk di masyarakat, akan tetapi memerlukan kajian lebih lanjut mengenai toksisitas terhadap manusia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini di laboratorium parasitology Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia.

KONTRIBUSI PENULIS

AR dan NLA terlibat dalam seluruh proses penelitian dimulai dari penentuan konsep, penelitian, kurasi data dan penyusunan artikel.

DAFTAR RUJUKAN

1. WHO. 2024b. Dengue-Global Situation. Geneva: WHO. <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON518> (2024).
2. Haider N, Hasan MN, Onyango J, dan Asaduzzaman M. Global Landmark: 2023 Marks the Worst Year for Dengue Cases with Millions Infected and Thousands of Deaths Reported." *IJID Regions*. 2024;13:100459. doi: 10.1016/j.ijregi.2024.100459.
3. WHO. 2024a. Dengue and Severe Dengue. Geneva: WHO <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> (2024).
4. WHO. 2022. Report on Insecticide Resistance in *Aedes* Mosquitoes (*Aedes Aegypti*, *Ae. Albopictus*, *Ae. Vittatus*) in WHO South-East Asia Region Countries. South-East Asia Region countries: WHO South East Asia.
5. Hassan MR, Azit NA, Fadzil SM, Ghani SRA, Ahmad N, dan Nawi AM. Insecticide Resistance of Dengue Vectors in South East Asia: A Systematic Review. *Af Health Sci*. 2021;21(3):1124–40. doi: 10.4314/ahs.v21i3.21
6. Kamaraj C, Kumar RCS, Al-Ghanim KA, Nicoletti M, Sathiyamoorthy V, Sarvesh S, et al. Novel Essential Oils Blend as a Repellent and Toxic Agent against Disease-Transmitting Mosquitoes. *Toxics*. 2023.11(6):517. <https://doi.org/10.3390/toxics11060517>
7. Jafar SH, Daud NS, Badia E, Wulaisfan R, dan Tee SA. Effectiveness of Combination of Crew (*Cymbopogon citratus*) and Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth) essential Oils with Cooter Oil as A Base. *Warta Farmasi*. 2023;12(2):37–44.
8. Mustapa MA, Guswenrivo I, Zurohtun A, Ikram NKI, dan Muchtaridi M. Analysis of Essential Oils Components from Aromatic Plants Using Headspace Repellent Method against *Aedes Aegypti* Mosquitoes. *Molecules*. 2023.28(11):4269. doi: 10.3390/molecules28114269

9. Fatima S, Farzeen I, Ashraf A, Aslam B, Ijaz MU, Hayat S, et al. A Comprehensive Review on Pharmacological Activities of Pachypodol: A Bioactive Compound of an Aromatic Medicinal Plant *Pogostemon Cablin* Benth. *Molecules*. 2023;28(8):3469. <https://doi.org/10.3390/molecules28083469>
10. Popescu IE, Gostin IN, dan Blidar CF. An Overview of the Mechanisms of Action and Administration Technologies of the Essential Oils Used as Green Insecticides. *AgriEngineering*. 2024; 6(2):1195–1217. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020068>
11. Yunus RN, Malik DYSR, Rahayu MS, Aulyah dan Afrini IM. Effectiveness of Repellent from Patchouli (*Pogostemon Cablin*) Varieties of Southeast Sulawesi against *Aedes Aegypti*. *J Vector Borne Dis*. 2024;61:167–75. doi: 10.4103/jvbd.jvbd_38_22
12. Manjesh K, Kundu A, Dutta A, Saha S, dan Neelakanthaiah BS. Bio-Insecticidal Nanoemulsions of Essential Oil and Lipid-Soluble Fractions of *Pogostemon Cablin*. *Front Plant Sci*. 2022;13:874221. doi: 10.3389/fpls.2022.874221
13. Galovičová L, Borotová P, Valková V, Ďúranová H, Štefániková J, Vukovic N, et al. Biological Activity of *Pogostemon Cablin* Essential Oil and Its Potential Use for Food Preservation. *Agronomy*. 2022;12(2):387. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020387>
14. Santos LL, Brandão LB, Da Costa ALP, Martins RL, Rodrigues ABL, Lobato AA, et al. 2022. Bioinsecticidal and Pharmacological Activities of the Essential Oil of *Pogostemon Cablin* Benth Leaves: A Review. *Pharmacogn Rev* 16(32):139–45. doi:10.5530/phrev.2022.16.18
15. Meryanti NLA, dan Rismawati N. Comperation of Repelent Power of Orange Leaf Extract (*Citrus Aurantifolia*) and Nilam Leaf Extract (*Pogostemon Cablin* Benth) Toward *Aedes Aegypti* Mosquito. *J Public Health Phar*. 2022;2(2):41–44. doi: <https://doi.org/10.56338/jphp.v2i2.3879>
16. Mubarak M, Yunus R, Supiati S, dan Suwarni S. Larvicidal and Repellent Potential of Patchouli Extract (*Pogostemon Cablin*) Varieties of Southeast Sulawesi for *Aedes Aegypti* Vector. *Egy J Chem*. 2022. 66(1):89–98. doi:10.21608/ejchem.2022.123730.5527
17. Costa TL, Santos RCD, Santos AA, Pimentel EDS, Lima E, Batista CV, et al. Lethal and Sublethal Effects of an Essential Oil-Based Emulsion of Patchouli, *Pogostemon Cablin* (Lamiaceae), on the Tomato Leafminer. *Agriculture*. 2023;13(8):1540. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081540>
18. Utami FD, Setianto AB, dan Yuliani S. Aktivitas Repellent Formulasi Sediaan Spray Kombinasi Minyak Atsiri Serai (*Cymbopogon winterianus*), Daun Kemangi (*Ocimum basilicum*) dan Nilam (*Pogostemon Cablin*) Beserta Uji Preferensinya. *J Ilm Ibnu Sina (JIIS): Ilmu Farmasi dan Kesehatan*. 2021;6(1):87–97. <https://doi.org/10.36387/jiis.v6i1.631>
19. Khatimah H, Walanda DK, Poba D, Ratman, dan Afadil. Activity of Mosquito Coils from the Solid Waste of Patchouli (*Pogostemon Cablin* Benth) with Addition of Torch Ginger (*Etlingera Elatior*) Flower. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2024. 1355(1):012035. doi:10.1088/1755-1315/1355/1/012035
20. Harahap HY, Syarifuddin S, Pranata C, Diningsih A, dan Mora L. Kombinasi Minyak Atsiri Sereh (*Cymbopogon citratus*), Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) dan Minyak Nilam (*Pogostemon cablin*) sebagai Pengikat Lilin Aromaterapi. *Forte J*. 2024;4(2):360–67. <https://doi.org/10.51771/fj.v4i2.915>
21. WHO. 2009. Guidelines for Efficacy Testing of Household Insecticide Products; Mosquito Coils, Vaporizer Mats, Liquid Vaporizer, Ambient Emanators, and Aerosols. 1st ed. Geneva.
22. Dewi AP, and Lusiyana N. Uji Daya Tolak Lilin Aromaterapi Minyak Atsiri Serai (*Cymbopogon citratus*) terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*. *Balaba:*

- Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara. 2020;16(1):21–28. doi: 10.22435/blb.v16i1.2053
23. Tutuarima T dan Antara YI. Kinerja Alat Penyulingan Minyak Atsiri Limbah Industri Sirup Kalamansi Skala Kecil Dengan Metode Steam Distillation. AGRITEKNO: Jurnal Tekno Pert, 2020;9(2):42–47. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.2.42>
 24. Fransisca E, Wening DK, dan AI Shafira. Pembuatan Lilin Aromaterapi dengan Penambahan Minyak Serai (*Cymbopogon Citratus*) di Kelurahan Kalirejo, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Ind J Com Enpower. 2022;4. doi: <https://doi.org/10.35473/ijce.v4i2.1935>
 25. Sari PI, Farid N, Wahyuningsih S, dan Sari I. Formulasi dan Uji Efektivitas Spray Antinyamuk Kombinasi Minyak Sereh (*Cymbopogon nardus*) dan Minyak Nilam (*Pogostemon cablin*). J Buana Farma. 2022;2(4):1–9. doi: <https://doi.org/10.36805/jbf.v2i4.605>
 26. Buang A, Adriana AN, dan Rudi. Formulasi Lilin Aromaterapi Kombinasi Minyak Atsiri Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dan Minyak Atsiri Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) sebagai Antinyamuk *Aedes aegypti*. Fito Med. 2022;14(1):9–18. doi: <https://doi.org/10.47650/fito.v14i1.496>
 27. Ariati W. Formulation and Effectiveness Testing of Mosquito Repellent Spray Combination of Citrus Oil (*Cymbopogon Nardus*) and Patchouli Oil (*Pogostemon Cablin*). NSMRJ: Nusantara Sci Med Res J. 2023;2(01):55–59. doi: <https://doi.org/10.58549/nsmrj.v2i01.65>
 28. ren C, Xiaofang X, Mengting L, Qiuyun X, Gangmin L, Huiqiong Z, et al. Pharmacological Activities and Mechanisms of Action of *Pogostemon Cablin* Benth: A Review. Chin Med. 2021;16(1):5. doi: 10.1186/s13020-020-00413-y