

Analisis Resistensi Nyamuk Anopheles di Indonesia: Study Literature

Analysis of Anopheles Mosquito Resistance in Indonesia: Study Literature

Haerul Latif¹, Elvi Sunarsih^{2*}, Yuanita Windusari²

¹ Magister Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan

² Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya, Kampus Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan

Kutipan: Latif H., Sunarsih E., Windusari Y. Analisis Resistensi Nyamuk Anopheles di Indonesia: Study Literature. ASP. Desember 2025; 16(2): 1–9

Editor: Endah Setyaningrum

Diterima: 20 Februari 2023

Revisi: 11 Desember 2023

Layak Terbit: 6 Agustus 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. Insecticide resistance is due to widespread control measures for anopheles using continuous IRS techniques. The aim of this research is to analyze the resistance of Anopheles mosquitoes in Indonesia: Literature Study. Method: This research is a literature review. To improve search capabilities, PubMed, Scopus, Science Direct, and Embase databases were used. Results: According to Mahkota from Indonesia, it shows that Anopheles is resistant to permethrin and bendiocarb, and the most researched resistance test method is using the WHO Susceptibility Test and CDC Bottle methods, with 9 studies each. Meanwhile, the insecticides that are already resistant are the perithroid and cypermethrin groups. Conclusion: Insecticide resistance is a serious problem for public health. New methods and integrated vector control techniques can significantly reduce the spread of diseases carried by Anopheles mosquitoes. It is necessary to identify types of insecticides that are still effective in controlling Anopheles in Indonesia.

Keywords: Anopheles; Insecticide; Resistance

Abstrak. Resistensi insektisida akibat meluasnya tindakan pengendalian Anopheles dengan teknik IRS secara berlanjut. Tujuan Penelitian untuk menganalisis resistensi nyamuk Anopheles di Indonesia: Study Literature. Metode: Penelitian ini merupakan literatur review. Untuk meningkatkan kemampuan pencarian, basis data PubMed, Scopus, Science Direct, dan Embase digunakan. Hasil: Menurut Mahkota dari Indonesiamenunjukkan Anopheles resisten terhadap permetrin dan bendiocarb dan metode uji resistensi yang paling banyak di teliti yaitu menggunakan metode Susceptibility Test WHO dan Botol CDC masing – masing sebanyak 9 penelitian Sedangkan insektisida yang sudah resisten yaitu kelompok peritroid dan cypermetrin. Kesimpulan: Resistensi insektisida merupakan masalah serius bagi kesehatan masyarakat. Metode baru dan teknik pengendalian vektor terpadu dapat secara signifikan mengurangi penyebaran penyakit yang dibawa oleh nyamuk Anopheles.

Kata Kunci: Anopheles; Insektisida; Resistensi

*Korespondensi Penulis

Email: elvisunarsih@fkm.unsri.a.cid

Telp: +6285384937886

PENDAHULUAN

Malaria masih dianggap sebagai masalah kesehatan masyarakat yang serius dan memiliki pengaruh besar pada kehidupan dan kesehatan masyarakat di seluruh dunia, terutama di daerah-daerah endemik malaria. Pada tahun 2020 terdapat 241 juta orang kasus malaria secara global, atau 14 juta lebih banyak dari tahun 2019¹. WHO juga mencatat bahwa 77% kematian malaria secara global terjadi pada anak-anak di bawah usia lima tahun, pada tahun 2020, meningkat 12% dari tahun 2019. Pemberantasan malaria adalah sesuatu yang dipikirkan atau dilakukan oleh banyak program malaria di seluruh dunia², dan mereka bekerja untuk memasukkan prinsip-prinsip panduan GTS ke dalam rencana dan kerangka kerja program malaria nasional masing-masing negara^{3,4}. Tujuan global untuk mengendalikan dan memberantas penyakit malaria model nya dapat dikendalikan sampai tahun 2040.

Strategi penting dalam pengendalian vektor nyamuk *Anopheles* adalah dengan pengendalian kimia, pengendalian biologis, pengurangan sumber, dan kesadaran masyarakat⁵. Teknik rekayasa habitat nyamuk *Anopheles*, merupakan alat penting untuk mengendalikan tempat perkembangbiakan nyamuk *Anopheles*⁶. Meskipun partisipasi masyarakat dalam rekayasa breeding place nyamuk sangat penting, namun sulit untuk mengendalikan semua habitat berkembang biak nyamuk *Anopheles*⁶. Pengendalian kimiawi, seperti penggunaan insektisida, sering digunakan selama musim wabah untuk mengurangi penularan penyakit dengan cepat⁷.

Masalah kesehatan masyarakat yang timbul terjadinya tingkat resistensi nyamuk terhadap insektisida⁹. Insektisida sering digunakan dalam program pengendalian vektor anopheles dari empat kelompok utama piretroid, organofosfat (OPs), organoklorin (OC), dan karbamat¹⁰. Ada beberapa wilayah di Indonesia menunjukkan tentag adanya resistensi insektisida sebagai akibat dari meluasnya penggunaan insektisida pada setiap penyemprotan dengan tehnik IRS untuk pengendalian nyamuk *Anopheles* secara continue⁸.

Pola resistensi insektisida terhadap dua insektisida yang banyak digunakan : organoklorin, piretroid, organofosfat, dan karbamat, berbeda secara signifikan dan secara geografis, menurut analisis beberapa set daa resistensi insektisida pada nyamuk *Anopheles*. Banyak negara Afrika dan Asia, termasuk Thailand, India, Malaysia, Cina, Vietnam, dan Indonesia, yang memiliki beban tinggi penyakit bawaan nyamuk *Anopheles*, telah mendokumentasikan resistensi insektisida yang meluas¹⁶.

Studi dilakukan di beberapa negara di Asia Tenggara hasilnya memiliki strategi yang komprehensif untuk meringkas pola regional resistensi insektisida di seluruh Asia Tenggara. Oleh karena itu, untuk pemantauan sensitivitas insektisida dan langkah-langkah pengendalian vektor, sangat penting untuk memberikan informasi terkini dan menyeluruh tentang resistensi insektisida di Asean. Studi ini melakukan meta-analisis untuk mengumpulkan data terbaru tentang resistensi insektisida terhadap vector nyamuk *Anopheles* di Asia Tenggara dari 2018 hingga 2023. Pemerintah dan pembuat kebijakan kesehatan masyarakat dapat menggunakan informasi ini untuk menyesuaikan kebijakan pengendalian vektor mereka mengingat tingkat resistensi insektisida saat ini.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran tentang analisis resistensi nyamuk anopheles di indonesia yang dibahas dalam artikel ilmiah.

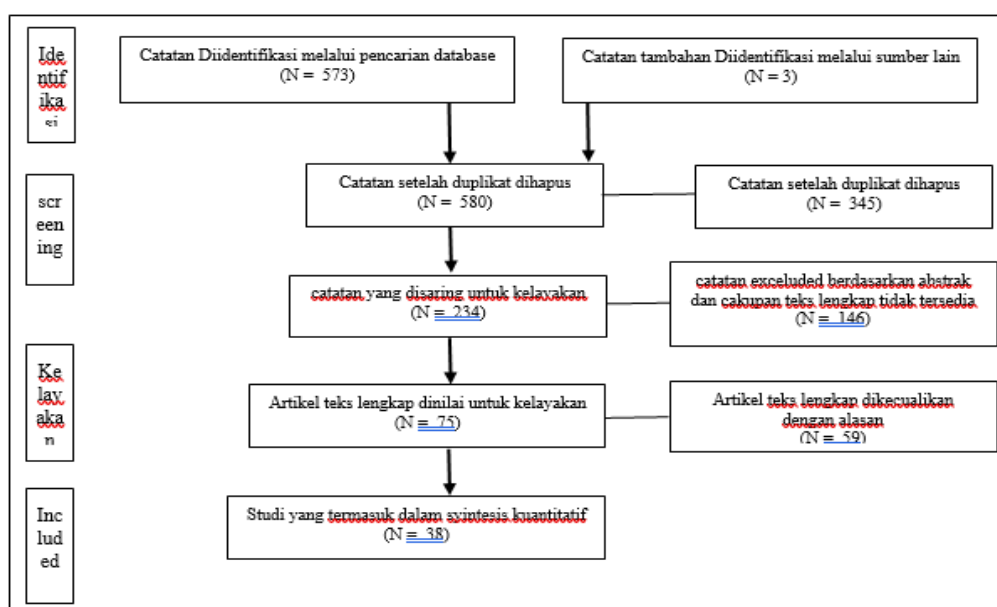
METODE

Desain Studi dan Strategi Pencarian

Desain studi dan strategi pencarian dilakukan dengan Sistematis Review (PRISMA). Resistensi insektisida terhadap nyamuk *Anopheles* yang diidentifikasi dalam tinjauan pustaka yang diterbitkan dalam artikel ilmiah sebelumnya. Menggunakan empat basis data PubMed, Scopus, Science Direct, dan Embase digunakan.

HASIL

Secara total, 573 publikasi diekstraksi dari database (Gambar 1). Tiga Artikel tambahan direkrut dari sumber lain. Setelah menghapus duplikat dan artikel yang tidak memenuhi syarat, 38 artikel memenuhi kriteria inklusi kami untuk sintesis kualitatif.



Gambar 1. Alur ekstraksi publikasi untuk sintesis kualitatif¹⁷

Di Indonesia, *Anopheles* merupakan vektor utama malaria yang paling banyak ditemui. Malaria mempengaruhi produktivitas manusia selain morbiditas populasi dan kematian. Malaria juga mempengaruhi kesehatan generasi masa depan anak-anak yang lahir dari wanita hamil¹⁸. Sejak 1950-an, banyak penelitian tentang epidemiologi, manajemen kasus, prevalensi parasit, resistensi obat, distribusi vektor, bionomik, peran penularan parasit malaria, atau resistensi insektisida telah dilakukan; namun, sedikit yang telah dilakukan untuk mengevaluasi efek intervensi pengendalian terhadap penularan penyakit¹⁹.

Pengendalian nyamuk *Anopheles* di Asia Tenggara terus menjadi metode pengendalian malaria penting yaitu dengan cara pemasangan kelambu berinsektisida, dan penyemprotan dinding dalam rumah atau dikenal dengan IRS untuk menurunkan prevalensi dan kematian akibat malaria di daerah endemik, meskipun ada kemajuan yang cukup besar dalam vaksin dan terapi malaria²⁰. Penggunaan kelambu berinsektisida (ITN) atau penyemprotan dalam ruangan diperlukan untuk pengendalian vektor (IRS). Karena efeknya yang kuat pada nyamuk target dan toksisitas rendah terhadap mamalia dan lingkungan, insektisida piretroid adalah insektisida yang paling sering digunakan karena efeknya yang kuat pada nyamuk²¹.

Tindakan pencegahan dilakukan melalui pengobatan pasien, pengendalian vektor malaria, dan upaya surveilans migrasi²². Roll Back Malaria Partnership (RBM) bekerja untuk mencegah dan mengobati malaria³. Pencegahan intermiten selama kehamilan dan identifikasi dini dan pengobatan cepat malaria, terutama menggunakan kemoterapi berbasis artemisinin (ACT). Pengendalian vektor dengan menghentikan, mengurangi, atau menghentikan penyebaran malaria²³.

Artikel yang paling banyak diteliti berdasarkan jenis insektisida yang digunakan

Tabel 1. Distribusi Frekuensi artikel yang paling banyak di teliti berdasarkan jenis insektisida

| No | Jenis Insektisida | Genus | Negara | | | | | Jumlah artikel |
|-------|-------------------|------------------|-----------|----------|----------|---------|----------|----------------|
| | | | Indonesia | Malaysia | Thailand | Myanmar | Filipina | |
| 1 | Malation | <i>Anopheles</i> | | 1 | | 1 | | 2 |
| 2 | Carbamat | <i>Anopheles</i> | | | | 1 | | 1 |
| 3 | DDT | <i>Anopheles</i> | | 1 | 1 | | | 2 |
| 4 | Piretroid | <i>Anopheles</i> | | 1 | 1 | 2 | | 4 |
| 5 | Cypermethrin | <i>Anopheles</i> | 3 | | 1 | | | 4 |
| 6 | Bendiocad | <i>Anopheles</i> | 1 | | | 1 | | 2 |
| 7 | Deltamethrin | <i>Anopheles</i> | | 1 | 1 | | | 2 |
| 8 | Transfuthrin | <i>Anopheles</i> | | | | | 1 | 1 |
| 9 | Fupyradifurone | <i>Anopheles</i> | | | | | 1 | 1 |
| 10 | Clothianidin | <i>Anopheles</i> | | | | | 1 | 1 |
| Total | | | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 20 |

Sumber : Data primer yang diolah

Berdasarkan data Tabel 1, diketahui negara di wilayah Asean yang paling banyak meneliti tentang uji resistensi insektisida yaitu negara Myanmar dan jenis insektisida yang lebih banyak digunakan untuk tindakan uji resistensi nyamuk *Anopheles* di Wilayah Asean yaitu golongan Piretroid dan *Cypermethrin* dan insektisida yang paling sedikit di teliti yaitu kelompok *Transfuthrin*, *Fupyradifurone*, *Clothianidin*.

Tabel 2. Distribusi Jenis resistensi yang cukup banyak di teliti berdasarkan Metode uji resistensi yang digunakan

| No | Jenis Insektisida | Genus | Susceptibility Test WHO | Metode Uji | | Resiten | Rentan |
|-------|-------------------|------------------|-------------------------|------------|------------------------|---------|--------|
| | | | | Botol CDC | Kelambu berinsektisida | | |
| 1 | Malation | <i>Anopheles</i> | 2 | | | 1 | 1 |
| 2 | Carbamat | <i>Anopheles</i> | 2 | | | 0 | 2 |
| 3 | DDT | <i>Anopheles</i> | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| 4 | Piretroid | <i>Anopheles</i> | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 5 | Cypermethrin | <i>Anopheles</i> | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| 6 | Bendiocad | <i>Anopheles</i> | 1 | | | 1 | 1 |
| 7 | Deltamethrin | <i>Anopheles</i> | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| 8 | Transfuthrin | <i>Anopheles</i> | | 1 | | | 1 |
| 9 | Fupyradifurone | <i>Anopheles</i> | | 1 | | | 1 |
| 10 | Clothianidin | <i>Anopheles</i> | | 1 | | | 1 |
| Total | | | 9 | 8 | 3 | 10 | 11 |

Sumber : Data primer yang diolah

Berdasarkan data Tabel 2, diketahui metode uji resistensi yang paling banyak diteliti yaitu metode Susceptibility Test WHO dan Botol CDC masing-masing sebanyak 9 penelitian Sedangkan insektisida yang sudah resisten yaitu kelompok peritroid dan cypermetrin masing – masing sebanyak 3 artikel yang di teliti.

PEMBAHASAN

Studi ini menguraikan distribusi resistensi nyamuk *Anopheles* terhadap insektisida yang paling banyak digunakan untuk pengendalian vektor terhadap insektisida adalah malathion, DDT, permethrin, dan deltamethrin di beberapa di Indonesia. Penelitian di negara Myanmar²⁶, menunjukkan nyamuk *Anopheles* masih rentan terhadap organofosfat dan piretroid. Penggunaan karbamat insektisida menunjukkan tingkat kematian dan knockdown nyamuk *Anopheles* yang masih rentan terhadap insektisida, dengan tingkat kematian berkisar antara 98% dan 100%, dan tetap efektif untuk tindakan pengendalian nyamuk *Anopheles*. Sebanyak 5764 nyamuk *Anopheles* betina diuji, dengan sebanyak 5339 *Anopheles spp.* memiliki tingkat kematian dan knockdown (KD) sebesar 92,63%. Sementara itu, perkembangan resistensi insektisida di Indonesia dapat dijelaskan dengan penggunaan permethrin dan deltamethrin secara ekstensif sebagai adulticides di lokasi DDT. Selain itu, kebijakan tersebut tampaknya mendukung penggunaan Carbamat secara ekstensif untuk mengendalikan nyamuk *Anopheles*, yang membutuhkan analisis lebih lanjut mengingat meluasnya resistensi nyamuk *Anopheles* terhadap piretroid di Indonesia²⁴. Serupa dengan dengan penelitian Sumarnrote *et all*²⁸, meskipun piretroid tidak efektif mengendalikan *Anopheles* di Thailand, Deltamethrin, permethrin, dan DDT masih efektif digunakan untuk pengendalian vector nyamuk *Anopheles*.

Malaria melanda Thailand selama karantina COVID-19³⁵. Investigasi lanjutan terungkap di Myanmar³⁴, prevalensi malaria meningkat di sekitar infeksi *Plasmodium falciparum*, yang merupakan 83,4% kasus. Lima kematian disebabkan oleh *P. falciparum* dan *P. vivax*, yang keduanya lebih sering ditularkan selama musim hujan. Anak-anak di bawah usia 15 tahun memiliki tingkat morbiditas malaria yang signifikan, terhitung 33,4% dari semua kasus dan hampir 47% dari kasus kompleks.

Penelitian Yek *et all*³⁵ di Kalimantan, Indonesia, ada 1151 kasus malaria pada tahun 2021. *P. vivax* (dominan), *P. falciparum*, atau keduanya adalah spesies yang menginfeksi dalam sebagian besar kasus, yang sebagian besar mempengaruhi anak-anak dan remaja. Wabah malaria baru-baru ini yang bersamaan dengan meningkatnya wabah COVID-19 mungkin mempercepat pembentukan resistensi karena meningkatnya tindakan pengendalian vektor yang lebih luas.

Dalam penyelidikan sebelumnya, mutasi L1014 di *Anopheles* ditemukan di Indonesia³¹. Menurut penelitian yang berbeda, *Anopheles* di Kongo adalah satu-satunya yang membawa variasi L1014³⁶. Selain itu, mutasi E252Q, yang juga dapat dilihat pada nyamuk *Anopheles*, adalah mutasi umum di Negara Myanmar³². Hasil ini menyiratkan bahwa mutasi yang berbeda dapat terjadi dalam satu spesies.

Mutasi yang paling sering terjadi pada nyamuk *Anopheles* yaitu L1014. Dalam kombinasi dengan mutasi lain, mutasi ini memberikan resistensi terhadap cypermethrin³⁶. Sedangkan di Asia dan Afrika ditemukan mutasi E252Q. Sangat penting bagi penelitian di masa depan untuk mengidentifikasi situs mutasi KDR yang terkait dengan efek fenotipik. Jika strain resisten mengambil alih populasi vektor, efektivitas manajemen penyakit akan terancam. Selain itu, insektisida dapat memiliki efek negatif pada ekosistem dan lingkungan³⁷. Di lapangan, berbagai

strategi pengelolaan untuk mengurangi pertumbuhan populasi nyamuk dan penularan penyakit sedang dievaluasi³⁸.

Penelitian kami memiliki kekurangan tertentu. Pertama, di berbagai negara Asia Tenggara, tidak ada norma atau mekanisme yang ditetapkan untuk melacak resistensi insektisida. Untuk menguji atau melaporkan resistensi bervariasi menurut wilayah, dengan analisis pelaporan. Masalah ini juga tercermin dalam model heterogenitas. Untuk meningkatkan keragaman analisis ke depan, kolaborasi dengan pejabat kesehatan masyarakat regional mungkin sangat penting untuk mendapatkan akses ke survei resistensi yang ditulis dalam berbagai bahasa. Meskipun kita melihat bukti statistik publikasi di nyamuk *Anopheles*, penelitian tambahan yang berkonsentrasi pada spesies nyamuk *Anopheles*, diperlukan di masa depan untuk mengurangi bias dan meningkatkan pemahaman kita tentang resistensi insektisida pada vektor malaria sekunder yang tersebar lebih luas.

KESIMPULAN

Di Indonesia nyamuk *Anopheles* sangat resisten terhadap insektisida, terutama *DDT*, *Deltamethrin* dan *permethrin* juga cukup resisten terhadap sel *Anopheles*. Untuk kegiatan pengendalian nyamuk *Anopheles*, *Malathion*, *Carbamat*, dan *Cypermethrin* masih efektif. *Anopheles* ditemukan memiliki jumlah L1014 yang rendah dan mutasi KDR E252Q. Resistensi insektisida di Indonesia diperkirakan sangat beragam berkenaan dengan aspek ruang, waktu, dan sosial ekonomi, menurut berbagai negara dan efek IPM terhadap analisis heterogenitas. Resistensi insektisida merupakan masalah serius bagi kesehatan masyarakat. Metode baru dan teknik pengendalian vektor terpadu dapat secara signifikan mengurangi penyebaran penyakit yang dibawa oleh vektor nyamuk *Anopheles*.

KONTRIBUSI PENULIS

Detail kontribusi setiap penulis dapat dilihat pada rincian berikut:

| Peran | Kontributor |
|--------------------------|---------------------------|
| Konsep | Haerul Latif, Elvi S |
| Kurasi Data | Elvi Sunarsih |
| Analisis Data | Yuanita Windusari, Elvi S |
| Investigasi | Dwi Hastuti |
| Metodelogi | All of The Author |
| Supervisi | All of The Author |
| Menulis dan Membuat Draf | All of The Author |

DAFTAR RUJUKAN

1. WHO. Malaria [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 2]. Available from: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/malaria?gclid=EAIaIQobChMI_YPw7-n2_AIVj2OLCh1VTwSZEAAAYASAAEgJRbPD_BwE
2. Fahmi F, Pasaribu AP, Theodora M, Wangdi K. Spatial analysis to evaluate risk of malaria in Northern Sumatera, Indonesia. *Malar J*. 2022 Dec 1;21(1).
3. GTS W. Global technical strategy for malaria, 2016-2030. 2015. 29 p.
4. Kaltsum U, Windusari Y, Hasyim H. Pengendalian Vektor dan Eliminasi Malaria: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi* [Internet]. 2022 Oct 31;22(3):1709. Available from: <http://ji.unbari.ac.id/index.php/ilmiah/article/view/2768>

5. Bandzuh JT, Ernst KC, Gunn JKL, Pandarangga S, Yowi LRK, Hobgen S, et al. Knowledge, attitudes, and practices of Anopheles mosquito control through insecticide treated nets and community-based health programs to prevent malaria in East Sumba Island, Indonesia. Banerjee A, editor. PLOS Global Public Health [Internet]. 2022 Sep 2;2(9):e0000241. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pgph.0000241>
6. Kahamba NF, Finda M, Ngowo HS, Msugupakulya BJ, Baldini F, Koekemoer LL, et al. Using ecological observations to improve malaria control in areas where Anopheles funestus is the dominant vector. Vol. 21, Malaria Journal. BioMed Central Ltd; 2022.
7. Feng X, Feng J, Zhang L, Tu H, Xia Z. Vector control in China, from malaria endemic to elimination and challenges ahead. Vol. 11, Infectious Diseases of Poverty. BioMed Central Ltd; 2022.
8. Kaura T, Walter NS, Kaur U, Sehgal R, Kaura T, Walter NS, et al. Different Strategies for Mosquito Control: Challenges and Alternatives. Mosquito Research - Recent Advances in Pathogen Interactions, Immunity, and Vector Control Strategies [Working Title] [Internet]. 2022 Apr 17 [cited 2023 Feb 4]; Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/81338>
9. Hribar LJ, Boehmler MB, Murray HL, Pruszynski CA, Leal AL. Mosquito Surveillance and Insecticide Resistance Monitoring Conducted by the Florida Keys Mosquito Control District, Monroe County, Florida, USA. Vol. 13, Insects. MDPI; 2022.
10. Rants'o TA, Koekemoer LL, Panayides JL, van Zyl RL. Potential of Essential Oil-Based Anticholinesterase Insecticides against Anopheles Vectors: A Review. Vol. 27, Molecules. MDPI; 2022.
11. Demirak MŞŞ, Canpolat E. Plant-Based Bioinsecticides for Mosquito Control: Impact on Insecticide Resistance and Disease Transmission. Vol. 13, Insects. MDPI; 2022.
12. Agyekum TP, Arko-Mensah J, Botwe PK, Hogarh JN, Issah I, Dadzie SK, et al. Relationship between temperature and Anopheles gambiae sensu lato mosquitoes' susceptibility to pyrethroids and expression of metabolic enzymes. Parasit Vectors. 2022 Dec 1;15(1).
13. Ngongang-Yipmo ES, Tchouakui M, Menze BD, Mugenzi LMJ, Njiokou F, Wondji CS. Reduced performance of community bednets against pyrethroid-resistant Anopheles funestus and Anopheles gambiae, major malaria vectors in Cameroon. Parasit Vectors. 2022 Dec 1;15(1).
14. de Beer B, Vandenhole M, Njiru C, Spanoghe P, Dermauw W, van Leeuwen T. High-Resolution Genetic Mapping Combined with Transcriptome Profiling Reveals That Both Target-Site Resistance and Increased Detoxification Confer Resistance to the Pyrethroid Bifenthrin in the Spider Mite Tetranychus urticae. Biology (Basel). 2022 Nov 7;11(11):1630.
15. Mugenzi LMJ, Akosah-Brempong G, Tchouakui M, Menze BD, Tekoh TA, Tchoupo M, et al. Escalating pyrethroid resistance in two major malaria vectors Anopheles funestus and Anopheles gambiae (s.l.) in Atatam, Southern Ghana. BMC Infect Dis. 2022 Dec 1;22(1).
16. Wang C, Thakuri B, Roy AK, Mondal N, Qi Y, Chakraborty A. Changes in the associations between malaria incidence and climatic factors across malaria endemic countries in Africa and Asia-Pacific region. J Environ Manage. 2023 Apr 1;331.
17. Page MJ, Moher D, McKenzie JE. Introduction to PRISMA 2020 and implications for research synthesis methodologists. Res Synth Methods [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2023 Feb 5];13(2):156–63. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jrsm.1535>

18. Shinta HSPM. Konflik Sosial dan Pengendalian Malaria Pada Masa Pandemi Covid-19 di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah Tahun 2021 Shinta*, Helper Sahat P Manalu. 2022; Available from: <https://doi.org/10.14710/jkli.0.0.274-284>.
19. Ekawasti F, Martindah E. Awareness of the existence of Leishmaniasis as Protozoan Zoonosis in Indonesia. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*. 2020 Jul 3;30(2).
20. Corbel V, Nosten F, Thanispong K, Luxemburger C, Kongmee M, Chareonviriyaphap T. Challenges and prospects for dengue and malaria control in Thailand, Southeast Asia. *Trends Parasitol*. 2013 Dec 1;29(12):623–33.
21. Adedeji EO, Oduselu GO, Ogunlana OO, Fatumo S, Koenig R, Adebisi E. Anopheles gambiae Trehalase Inhibitors for Malaria Vector Control: A Molecular Docking and Molecular Dynamics Study. *Insects* [Internet]. 2022 Nov 19;13(11):1070. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/11/1070>
22. Setiyaningsih R, Trapsilowati W, Mujiyono M, Lasmiati L. Pengendalian vektor malaria di daerah endemis Kabupaten Purworejo, Indonesia. *Balaba: Jurnal Litbang pengendalian penyakit bersumber binatang Banjarnegara*. 2018 Aug 28;1–12.
23. Purnama TB. Gambaran program pengendalian malaria di Kota Lubuk Linggau.
24. Mahkota R, Nurcandra F, Anggraini FDP, Putri AI, Wispriyono B. Risk of agricultural pesticide exposure to malaria incidence and anopheles susceptibility at an endemic area in central Java, Indonesia – A case-control study. *Open Access Maced J Med Sci*. 2020;8(E):52–9.
25. Rohani A, Azahary ARA, Yu KX, Zurainee MN, Najdah WMAW, Lee HL. Insecticide susceptibility status and resistance mechanism of Anopheles cracens Sallum and Peyton and Anopheles maculatus Theobald (Family: Culicidae) from knowlesi malaria endemic areas in Peninsular Malaysia. *Asian Pac J Trop Med*. 2019 Feb 1;12(2):79–86.
26. Pusawang K, Sattabongkot J, Saingamsook J, Zhong D, Yan G, Somboon P, et al. Insecticide Susceptibility Status of Anopheles and Aedes Mosquitoes in Malaria and Dengue Endemic Areas, Thai–Myanmar Border. *Insects*. 2022 Nov 9;13(11):1035.
27. Sumarnrote A, Overgaard HJ, Corbel V, Thanispong K, Chareonviriyaphap T, Manguin S. Species diversity and insecticide resistance within the Anopheles hyrcanus group in Ubon Ratchathani Province, Thailand. *Parasit Vectors*. 2020 Dec 1;13(1).
28. Sumarnrote A, Overgaard HJ, Marasri N, Fustec B, Thanispong K, Chareonviriyaphap T, et al. Status of insecticide resistance in Anopheles mosquitoes in Ubon Ratchathani province, Northeastern Thailand. *Malar J*. 2017 Jul 25;16(1).
29. Hanafiah M, Fahrimal Y, Zahrial Helmi T. Resistance Test for Anopheles spp. to Cypermethrin Insecticide Using Bottle Bioassay Test Method. 2021.
30. Corbel V, Kont MD, Ahumada ML, Andréo L, Bayili B, Bayili K, et al. A new WHO bottle bioassay method to assess the susceptibility of mosquito vectors to public health insecticides: results from a WHO-coordinated multi-centre study. *Parasit Vectors* [Internet]. 2023 Jan 20;16(1):21. Available from: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-022-05554-7>
31. Kawulur HSI, Hutapea HML, Ayomi I, Suebu M, Pardi MR. Deteksi gen kdr pada nyamuk anopheles di Kabupaten Maluku Tenggara Barat. *Balaba: Jurnal Litbang pengendalian penyakit bersumber binatang Banjarnegara*. 2021 Dec 14;161–70.
32. Tun KM, Imwong M, Lwin KM, Win AA, Hlaing TM, Hlaing T, et al. Spread of artemisinin-resistant Plasmodium falciparum in Myanmar: A cross-sectional

- survey of the K13 molecular marker. *Lancet Infect Dis.* 2015 Apr 1;15(4):415–21.
33. Ho LY, Zairi. Species composition and pyrethroid susceptibility status of *Anopheles* mosquitoes from two different locations in Malaysia. Vol. 30, *Tropical Biomedicine*. 2013.
 34. Aung PL, Soe MT, Oo TL, Aung KT, Lin KK, Thi A, et al. Spatiotemporal dynamics of malaria in Banmawk Township, Sagaing region of Northern Myanmar: characteristics, trends, and risk factors. *BMC Infect Dis.* 2022 Dec 1;22(1).
 35. Sugiarto SR, Baird JK, Singh B, Elyazar I, Davis TME. The history and current epidemiology of malaria in Kalimantan, Indonesia. *Malar J.* 2022 Nov 14;21(1).
 36. Lynd A, Oruni A, Van'T Hof AE, Morgan JC, Naego LB, Pipini D, et al. Insecticide resistance in *Anopheles gambiae* from the northern Democratic Republic of Congo, with extreme knockdown resistance (kdr) mutation frequencies revealed by a new diagnostic assay. *Malar J.* 2018 Nov 6;17(1).
 37. Yang Y, Chen T, Liu X, Wang S, Wang K, Xiao R, et al. Ecological risk assessment and environment carrying capacity of soil pesticide residues in vegetable ecosystem in the Three Gorges Reservoir Area. *J Hazard Mater.* 2022 Aug 5;435.
 38. Youssefi F, Zoej MJV, Hanafi-Bojd AA, Dariane AB, Khaki M, Safdarinezhad A, et al. Temporal Monitoring and Predicting of the Abundance of Malaria Vectors Using Time Series Analysis of Remote Sensing Data through Google Earth Engine. *Sensors (Basel).* 2022 Mar 2;22(5).