

ARTIKEL REVIEW: PENGENDALIAN VEKTOR NYAMUK AEDES DENGAN RESISTENSI TERHADAP PIRETROID

Widiana Rachim, Menik Sahariyani, Maritsatun Nisa

Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

Email: widianarachim@unissula.ac.id

Kata kunci:

Nyamuk, Pengendalian
Vektor, Piretroid,
Resistensi Insektisida

Keywords :

Insecticide Resistance,
Mosquitoes, Pyrethroid,
Vector Control

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara tropis merupakan daerah ideal untuk perkembangbiakan berbagai jenis nyamuk. Nyamuk mentransmisikan lebih banyak jenis penyakit dibandingkan artropoda yang lain. Keberadaan dan kepadatan populasi *Aedes aegypti* sering dikaitkan dengan penularan, endemisitas, dan kejadian luar biasa (KLB) penyakit DBD. Pengendalian vektor sebagai usaha menanggulangi DBD telah banyak dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat, salah satunya adalah dengan penyemprotan atau pengasapan menggunakan insektisida piretroid. Penggunaan insektisida ini seperti pisau bermata dua, selain dapat mematikan vektor, penggunaan insektisida yang kurang bijak juga dapat menimbulkan masalah lingkungan dan resistensi insektisida. Resistensi insektisida sudah banyak terjadi dan menjadi penyulit pengendalian vektor yang berdampak pada peningkatan jumlah kasus penyakit. Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki kemampuan untuk mengembangkan antibodi terhadap jenis insektisida yang digunakan terus menerus. Maka dari itu perlu dilakukan pengendalian vektor dengan mempertimbangkan ekologi lokal, perilaku spesies target, sumber daya yang tersedia, dan konteks budaya di mana kontrol intervensi dilakukan.

ABSTRACT

Indonesia as a tropical country is an ideal area for the breeding of various types of mosquitoes. Mosquitoes transmit more types and severity of the disease than other arthropods. The presence and population density of Aedes aegypti is often associated with the transmission, endemism, and extraordinary occurrence (KLB) of DHF disease. Therefore, vector control is not only important to break the chain of transmission but also as an effort to handle cases. Vector control as an effort to overcome dengue fever has been widely carried out by the government and the community, one of which is by spraying or fumigating using insecticides made from the pyrethroid group. Insecticide resistance has become a lot and has become a difficulty in vector control which has an impact on increasing the number of disease cases. Aedes aegypti mosquitoes have the ability to develop antibody against the type of insecticide used continuously. Therefore, it is necessary to carry out vector control by considering local ecology, the behavior of the target species, available resources, and the cultural context in which intervention control is carried out.

PENDAHULUAN

Vektor adalah artropoda yang berperan sebagai agen transmisi penyakit (Paniker, 2018), Nyamuk merupakan vektor penyakit terpenting dibandingkan artropoda lain. Indonesia sebagai negara tropis merupakan daerah yang ideal bagi berbagai jenis nyamuk berkembang biak (Damayanti & Yanti, 2020). Lebih dari 450 jenis nyamuk yang telah ditemukan di Indonesia merupakan vektor berbagai penyakit diantaranya Demam Berdarah Dengue (DBD), malaria, chikungunya, Japanese Encephalitis (JE), serta limfatik filiarisis. Di Indonesia ditemukan sebanyak 25 spesies nyamuk yang menjadi vektor penyakit malaria. Penyakit Dengue disebabkan oleh infeksi virus Dengue yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* dan *Ae. albopictus*. Demam chikungunya disebabkan oleh virus chikungunya yang ditularkan melalui nyamuk *Aedes* (Purwatiningsih et al., 2021).

Nyamuk *Aedes aegypti* adalah vektor utama penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Jumlah kasus baru DBD di Jawa Tengah tahun 2019 mencapai 9.007 penderita; *incidence rate* (IR) 25,9/100.000 penduduk dan *case fatality rate* (CFR) 1,5% (Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, 2019). Keberadaan dan kepadatan populasi *Aedes aegypti* sering dikaitkan dengan penularan, endemisitas, dan kejadian luar biasa (KLB) penyakit DBD. Oleh karena itu pengendalian vektor tidak hanya penting untuk memutus rantai penularan melainkan juga sebagai upaya penanganan kasus (Chin, 2012). Pengendalian vektor sebagai usaha menanggulangi DBD telah banyak dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat, salah satunya adalah dengan penyemprotan atau pengasapan menggunakan insektisida berbahan golongan piretroid (Ghiffari et al., 2013).

Kemampuan vektor untuk beradaptasi dan bertahan hidup terhadap insektisida dengan dosis normal yang dapat membunuh vektor mengakibatkan peningkatan jumlah vektor. Resistensi insektisida sudah banyak terjadi dan menjadi penyulit pengendalian vektor yang berdampak pada peningkatan jumlah kasus penyakit (Kawulur et al., 2021). Penggunaan insektisida secara terus menerus diduga menjadi penyebab resistensi dikarenakan kemampuan nyamuk *Aedes aegypti* untuk mengembangkan antibodi terhadap jenis insektisida yang sering digunakan (Seliandro et al., 2019). Resistensi insektisida nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan piretroid telah dilaporkan di berbagai negara, termasuk Indonesia. *Aedes aegypti* dilaporkan resisten terhadap insektisida sipermetrin di Brazil de Araújo et al (2019) dan terhadap deltametrin dan permetrin di Bandung, Palembang, dan Surabaya serta Wonosobo (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012; Widiastuti et al., 2017). Artikel ini mengkaji bagaimana peran insektisida piretroid, mekanisme resistensi, dan alternatif solusi memutus rantai penularan DBD dilihat dari siklus hidup nyamuk *Aedes sp.*

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tinjauan pustaka dengan rancangan systematic review. Systematic review adalah metode penelitian berupa identifikasi, evaluasi, serta interpretasi mengenai hasil-hasil penelitian terkait topik atau pertanyaan tertentu yang menjadi perhatian (Kitchenham, 2004). Dalam artikel review ini, inti pertanyaan penelitiannya adalah bagaimana mekanisme resistensi dan pengendalian terhadap nyamuk yang resisten terhadap piretroid. Pertanyaan penelitian tersebut dikembangkan sebagai pedoman dalam mengumpulkan

jurnal dari berbagai sumber.

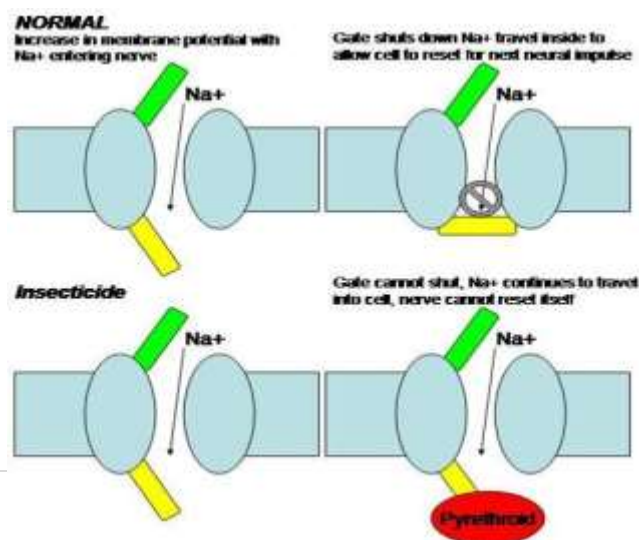
HASIL DAN PEMBAHASAN

Insektisida: Pisau Bermata Dua

Piretroid banyak digunakan oleh masyarakat karena aman bagi manusia, insektisida potensi tinggi dengan dosis rendah untuk membasmi serangga, dan memiliki efek “*knock-down*” yang sangat cepat. Pyrethroid merupakan kelompok insektisida analog piretrin, substansi insektisida yang diambil dari bunga *Chrysanthemum cinerariaefolium*. *Pyrethrum* mulai dikenal memiliki potensi sebagai insektisida pada tahun 1800 di Asia dan digunakan untuk membasmi berbagai jenis serangga. Sebanyak 6 substansi ditemukan dalam *pyrethrum*, salah satunya adalah pyrethrin. Pyrethroid memiliki struktur kimia mirip pyrethrin namun lebih toksik terhadap serangga, dan memiliki efek kerja yang lebih tahan lama (González-Cabrera et al., 2016).

Pyrethroid dibedakan menjadi 2 tipe menurut struktur kimianya; *type I* pyrethroid, tidak memiliki *alpha-cyano group* dalam rantai molekulnya dan *type II* pyrethroid, memiliki *alpha-cyano group* dalam rantai molekulnya. Pyrethroid bekerja dengan cara mengganggu pengangkutan ion pada membran akson saraf menyebabkan kelumpuhan pada serangga, dan berakhir pada kematian setelah beberapa menit pyrethroid terabsorpsi. Pyrethroid akan mengikat protein *voltage-gated sodium channels* (VGSC) yang menghambat penutupan kanal ion Na (Gambar 1). Akibatnya peningkatan Na akan menghasilkan potensial aksi akan terjadi terus menerus (eksitasi) dan mengakibatkan serangga mengalami hipereksitasi dan konvulsi. Type II pyrethroid memiliki efek yang lebih lama dalam meningkatkan permeabilitas Na dibandingkan type I pyrethroid (Ghiffari et al., 2013; González-Cabrera et al., 2016; Palmquist et al., 2012).

Penggunaan insektisida untuk pengendalian vektor ini seperti pisau bermata dua. Selain dapat memutus rantai penularan penyakit dengan mematikan vektor, menurunkan populasi dan umur vektor dengan cepat, penggunaan insektisida yang kurang bijak juga dapat menimbulkan masalah lingkungan dan resistensi insektisida. Resistensi berkembang melalui generasi atau seleksi akibat paparan insektisida terhadap vektor dan metode aplikasi, dosis, serta cakupan intervensi dari insektisida yang digunakan. Proses terjadinya resistensi dapat berlangsung secara cepat atau lambat dalam ukuran bulan hingga tahun, serta bergantung pada frekuensi penggunaan insektisida (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).



Gambar 1
Mekanisme kerja pyrethroid
Dikutip dari: (Ghiffari et al., 2013)

Banyak faktor yang menyebabkan resistensi insektisida seperti faktor genetik, faktor bioekologi dan faktor operasional. Faktor genetik dan bioekologi merupakan sifat asli serangga dan sulit dikendalikan. Faktor genetik yaitu gen yang mengkode enzim-enzim esterase yang dapat menurunkan kepekaan insektisida terhadap serangga. Faktor genetik bergantung pada frekuensi, jumlah dan dominasi gen yang resisten. Faktor bioekologi berupa pergantian generasi, perkawinan monogami maupun poligami serangga, perilaku serangga misalnya migrasi, mobilitas, isolasi, monofagi atau polifagi serta kemampuan serangga diluar kebiasaannya dalam melakukan perlindungan terhadap bahaya atau perubahan tingkah laku. Faktor operasional yaitu jenis dan sifat insektisida yang digunakan, efek residual, kesamaan jenis-jenis insektisida yang pernah digunakan sebelumnya, jangka waktu, dosis, frekuensi dan cara penggunaan, serta bentuk formulasi insektisida (Istiana et al., 2012; Seliandro et al., 2019).

Penggunaan insektisida yang sejenis secara terus menerus, penggunaan bahan aktif dengan mekanisme kerja yang sama, efek residual lama dapat mempercepat proses resistensi insektisida. Efek residual memberi peluang lebih besar dalam menciptakan generasi resisten karena peluang kontak antara vektor dengan bahan aktif itu lebih besar dan lama. Faktor pendukung lainnya adalah penggunaan insektisida yang sama terhadap semua stadium pertumbuhan vektor (telur, larva, pupa, nimfa, dan dewasa) (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).

Mekanisme resistensi insektisida dapat terjadi dengan berbagai cara; peningkatan detoksifikasi (menjadi tidak beracun) insektisida yang disebabkan oleh kemampuan adaptasi imun serangga maupun faktor operasional masyarakat dalam penggunaan insektisida, penurunan kepekaan target kerja insektisida pada tubuh serangga dan penurunan kecepatan penetrasi insektisida melalui kulit serangga. Hal ini disebabkan oleh toleransi yang terjadi didalam tubuh serangga yang berhubungan dengan faktor genetik dan bioekologi (Sutarto & Syani, 2018).

Penggunaan Insektisida sebagai Pengendali Vektor

Hingga saat ini belum ditemukan antivirus dengue untuk mengobati dan mencegah kejadian DBD. Pengendalian vektor merupakan upaya untuk menurunkan angka kejadian dengan cara memutus rantai penularan. Banyak daerah yang melaporkan kejadian resistensi insektisida pyrethroid pada nyamuk *Aedes sp* (Ghiffari et al., 2013; Sunaryo & Widiastuti, 2018). Sehingga

diperlukan adanya manajemen yang mengatur mengenai penggunaan insektisida sebagai pengendali vektor untuk mencegah terjadinya resistensi insektisida (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).

Program monitoring status kerentanan vektor secara berkala bertujuan untuk melihat status kerentanan vektor terhadap insektisida tertentu yang akan ataupun telah digunakan pada suatu wilayah. Hasil monitoring ini dapat digunakan untuk menentukan kebijakan pemilihan jenis insektisida yang akan digunakan sebagai pengendali vektor (World Health Organization. Regional Office for South-East Asia, 2012). Uji kerentanan ini perlu dilakukan berkala setidaknya 1-2 tahun sekali oleh instansi kesehatan tingkat provinsi dan kab/kota yang bekerja sama dengan balai penelitian laboratorium. Hal ini sangat penting untuk digunakan sebagai data dasar deteksi lebih lanjut serta monitoring terjadinya resistensi (Seliandro et al., 2019). Pengendalian vektor dapat dilaksanakan dengan menggunakan jenis serta metode penggunaan insektisida yang sama dalam suatu eko-epidemiologi. Satuan eko-epidemiologi ini bisa terletak dalam wilayah administrasi yang sama atau berbeda. Sehingga sangat diperlukan kerjasama lintas kab/kota atau bahkan provinsi. Koordinasi harus dilakukan sejak awal penyusunan program kerja, tukar-menukar informasi (*cross notification*), serta pemilihan metode intervensi dan jenis insektisida (Sutarto & Syani, 2018). Selain itu metode penggunaan jenis insektisida harus disesuaikan dengan data penelitian, kajian, dan surveilans setiap eko-epidemiologi dan bergantung pada status kerentanan spesies serta pemahaman perilaku dan habitat perkembangbiakan vektor. Pengelolaan insektisida ini penting untuk mencegah dan memperlambat munculnya resistensi insektisida, dan merupakan bagian dari *integrated vector management* (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).

Resistensi terhadap insektisida berasal dari hasil adaptasi yang memicu perubahan genetik dalam suatu populasi vektor. Sehingga untuk mencegah atau memperlambat terjadinya resistensi diperlukan jenis insektisida yang berbeda cara kerjanya untuk pengendalian nyamuk stadium pradewasa dan dewasa. Hal lain yang dapat dilakukan adalah rotasi penggunaan Insektisida. Penggunaan jenis insektisida yang sama secara terus menerus akan mempercepat terjadinya resistensi insektisida. Perlu dilakukan rotasi penggunaan berdasarkan monitoring status kerentanan vektor. Pergantian jenis dan cara kerja ini dilakukan dalam waktu maksimal 2-3 tahun atau 4-6 kali aplikasi (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012).

Alternatif Penanganan Pengendalian Vektor melalui IVM

Manajemen vektor terpadu atau *integrated vector management* (IVM) adalah pendekatan strategis untuk pengendalian vektor yang dipromosikan oleh WHO yang didalamnya termasuk kontrol vektor demam berdarah. IVM mengintervensi lima elemen kunci dalam proses manajemen, yaitu: advokasi, kerjasama lintas sektor, pendekatan terintegrasi, pengambilan keputusan berbasis bukti dan membangun kapasitas.

Advokasi melalui mobilisasi sosial dan perundang-undangan. Prinsip-prinsip dalam pengembangan kebijakan semua instansi terkait, organisasi dan masyarakat; pembentukan atau penguatan regulasi dan kontrol legislatif untuk kesehatan masyarakat, dan pemberdayaan masyarakat mengenai pengendalian vektor. Kerja sama lintas sektor diperlukan antara sektor kesehatan dan dengan sektor lain. Pertimbangan untuk kolaborasi dalam dan di antara sektor publik dan swasta, dan memperkuat komunikasi antar pembuat kebijakan, pengelola program pengendalian vektor, dan mitra utama lainnya (WHO, 2012).

Pendekatan terintegrasi untuk pengendalian penyakit juga turut memberikan peran penting dalam pengendalian vektor. Memastikan penggunaan sumber daya rasional dalam penanganan keparahan penyakit, integrasi metode pengendalian vektor kimia maupun non-kimia, dan integrasi pengendalian penyakit lainnya. Dalam proses tersebut semua pengambilan keputusan harus berbasis bukti. Adaptasi strategi dan intervensi untuk ekologi vektor lokal, epidemiologi dan sumber daya, sesuai dengan hasil penelitian dan hasil monitoring-evaluasi rutin setiap daerah.

Pembangunan kapasitas berupa infrastruktur, sumber daya keuangan dan sumber daya manusia yang memadai di tingkat nasional dan lokal untuk mengelola program IVM berdasarkan analisis situasi (WHO, 2012).

Pemberantasan Sarang Nyamuk: 3M PLUS

Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) merupakan salah satu bentuk manajemen lingkungan yang bertujuan untuk pengelolaan lingkungan untuk mengurangi bahkan menghilangkan habitat vektor nyamuk sehingga akan mengurangi kepadatan populasi nyamuk *Aedes aegypti*, sehingga rantai penularan DBD dapat dicegah atau dikurangi. Kegiatan PSN yang efektif dilaksanakan antara lain 3M Plus, larvasida dan fogging (pengasapan). Program 3M Plus ini antara lain : Menguras dan menyikat tempat-tempat penampungan air, seperti bak mandi/wc, drum, dan lain-lain seminggu sekali. Hal ini penting untuk mencegah dan menghentikan pertumbuhan jentik-jentik nyamuk. Menutup rapat-rapat tempat penampungan air, seperti gentong air/tempayan, dan lain-lain. Dikarenakan nyamuk dapat bertelur pada tempat penampungan air yang tidak tertutup. Mengubur atau menyingkirkan barang-barang bekas yang dapat menampung air hujan. Sebab barang bekas yang terbengkalai dapat menampung air hujan dan menjadi tempat yang mudah untuk nyamuk bertelur dan berkembang biak (Aina Rahmania & Indriyani, 2018a; Sari & Putri, 2019).

Selain 3 hal diatas ditambah (Plus) dengan : Mengganti air vas bunga, tempat minum burung atau tempat-tempat lainnya yang sejenis seminggu sekali. Hal ini dilakukan agar jentik-jentik nyamuk yang berada pada tempat-tempat tersebut terbang bersama air dan tidak berkembang menjadi nyamuk. Memperbaiki saluran dan talang air yang tidak lancar/rusak juga tak kalah penting, sebab saluran air yang tidak lancar akan menimbulkan genangan air yang tentunya menjadi tempat yang tepat untuk nyamuk berkembang biak. Alternatif lain yang dapat dipilih

adalah dengan memelihara ikan pemakan jentik di kolam/bak-bak penampungan air. Pada ruangan atau kamar dapat dilakukan pemasangan kawat kasa pada ventilasi untuk mencegah masuknya nyamuk yang membawa penyakit dan mengatur pencahayaan serta ventilasi, penggunaan kelambu terutama saat tidur juga dapat menjadi alternatif tambahan untuk mencegah gigitan, serta menghindari pakaian yang menggantung di dalam kamar karena dapat menjadi tempat persembunyian nyamuk.

Pengukuran keberhasilan kegiatan PSN DBD dapat diukur dari Angka Bebas Jentik (ABJ). Apabila ABJ lebih atau sama dengan 95%. Keberhasilan kegiatan PSN DBD dapat diukur dari Angka Bebas Jentik (ABJ). Apabila ABJ lebih atau sama dengan 95% diharapkan penularan DBD dapat dicegah atau dikurangi (Aina Rahmania & Indriyani, 2018b).

KESIMPULAN

Penggunaan insektisida menjadi salah satu cara termudah dalam pengendalian nyamuk tetapi hal ini bisa menimbulkan dampak negatif terkait resiko terjadinya resistensi akibat penggunaan jenis insektisida yang sama secara terus-menerus.

Pengendalian vector nyamuk melalui Integrated Vector Management (IVM) masih merupakan cara terbaik dalam memutus rantai penularan DBD. Pemilihan metode pengendalian vector mempertimbangkan ekologi local, perilaku spesies target, sumber daya yang tersedia, dan konteks budaya dimana control intervensi dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aina Rahmania, N., & Indriyani, R. (2018a). Tindakan Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) dan 3M-Plus sebagai Upaya Pengendalian Vektor dalam Pencegahan Penyakit Demam Berdarah Dengue. *Jurnal Agromedicine*, 5.
- Aina Rahmania, N., & Indriyani, R. (2018b). Tindakan Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) dan 3M-Plus sebagai Upaya Pengendalian Vektor dalam Pencegahan Penyakit Demam Berdarah Dengue Action to Eradicate Mosquito Nest and 3M-Plus as Effort of Vector Control in Prevention of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF). In *J Agromedicine* / (Vol. 5).
- Chin, J. (2012). *Manual Pemberantasan Penyakit Menular* (I. N. Kandun, Ed.; 17 Cetakan IV). Infomedika.
- Damayanti, P. A. A., & Yanti, N. L. P. E. (2020). RISIKO MOSQUITO-BORNE DISEASES PADA WISATAWAN DI INDONESIA DAN PERAN TRAVEL HEALTH NURSING. *Community of Publishing In Nursing*, 8.
- de Araújo, A. P., Paiva, M. H. S., Cabral, A. M., Cavalcanti, A. E. H. D., Pessoa, L. F. F., Diniz, D. F. A., Helvecio, E., da Silva, E. V. G., Silva, N. M., Anastácio, D. B., Pontes, C., Nunes, V., de Souza, M. D. F. M., Magalhães, F. J. R., de Melo Santos, M. A. V., & Ayres, C. F. J. (2019). Screening *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Populations from Pernambuco, Brazil for Resistance to Temephos, Diflubenzuron, and Cypermethrin and Characterization of

- Potential Resistance Mechanisms. *Journal of Insect Science*, 19(3). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez054>
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. (2019). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019*. www.dinkesjatengprov.go.id.
- Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan. (2012). *Pedoman penggunaan insektisida (pestisida) dalam pengendalian vektor*. Kementerian Kesehatan Indonesia.
- Ghiffari, A., Fatimi, H., & Anwar, C. (2013). DETEKSI RESISTENSI INSEKTISIDA SINTETIK PIRETROID PADA *Aedes aegypti* (L.) STRAIN PALEMBANG MENGGUNAKAN TEKNIK POLYMERASE CHAIN REACTION Detection of Insecticide Synthetic Pyrethroid Resistance on Dengue Vector *Aedes aegypti* (L.) in Palembang using Polymerase Chain Reaction. *Aspirator*, 5(2), 37–44.
- González-Cabrera, J., Rodríguez-Vargas, S., Davies, T. G. E., Field, L. M., Schmehl, D., Ellis, J. D., Krieger, K., & Williamson, M. S. (2016). Novel mutations in the voltage-gated sodium channel of pyrethroid-resistant *Varroa destructor* populations from the Southeastern USA. *PLoS ONE*, 11(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155332>
- Istiana, Heriyani, F., & Isnaini. (2012). Resistance status of *Aedes aegypti* larvae to temephos in West Banjarmasin. *Jurnal Epidemiologi Dan Penyakit Bersumber Binatang*, 4(2).
- Kawulur, H. S. I., Hutapea, H. M. L., Ayomi, I., Suebu, M., & Pardi, M. R. (2021). Deteksi Gen Kdr pada Nyamuk *Anopheles* di Kabupaten Maluku Tenggara Barat. *BALABA: JURNAL LITBANG PENGENDALIAN PENYAKIT BERSUMBER BINATANG BANJARNEGARA*, 161–170. <https://doi.org/10.22435/blb.v17i2.4684>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedure for Performing Systematic Reviews*. Eversleigh: Keele University
- Palmquist, K., Salatas, J., & Fairbrother, A. (2012). Pyrethroid Insecticides: Use, Environmental Fate, and Ecotoxicology. In *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*. InTech. <https://doi.org/10.5772/29495>
- Paniker, C. J. (2018). *Paniker's Textbook of Medical Parasitology 8th Edition* (S. Goush, Ed.; 8th ed.). Jaypee Brothers Medical Publishers .
- Purwatiningsih, Oktarianti, R., Setiawan, R., Agustin, W. T., & Mursyidah, A. (2021). KEANEKARAGAMAN JENIS NYAMUK YANG BERPOTENSI SEBAGAI VEKTOR PENYAKIT (Diptera: Culicidae) DI TAMAN NASIONAL BALURAN, INDONESIA. *AL-KAUNIYAH: Jurnal Biologi*, 14(2).
- Sari, T. W., & Putri, R. (2019). Mosquito Breeding Place Eradication and Dengue Hemorrhagic Fever Event in Payung Sekaki Health Center Pekanbaru City, A Case Control Study. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia*, 3(2), 55–60.
- Seliandro, Y., Satoto, T. B. T., Umniyati, S. R., & Pascawati, N. A. (2019). Susceptibility Status of *Aedes aegypti* Mosquito (Diptera: Culicidae) to Organophosphate and Pyrethroid Insecticides in Tanjung Priok Port Health Quarantine. *BALABA: JURNAL LITBANG PENGENDALIAN PENYAKIT BERSUMBER BINATANG BANJARNEGARA*, 105–114. <https://doi.org/10.22435/blb.v15i2.1406>

- Sunaryo, S., & Widiastuti, D. (2018). Resistensi *Aedes aegypti* terhadap Insektisida Kelompok Organopospat dan Sintetik Piretroid di Provinsi Sumatera Utara dan Provinsi Jambi. *BALABA: JURNAL LITBANG PENGENDALIAN PENYAKIT BERSUMBER BINATANG BANJARNEGARA*, 95–106. <https://doi.org/10.22435/blb.v14i1.304>
- Sutarto, & Syani, A. Y. (2018). Resistensi Insektisida pada *Aedes aegypti*. *Jurnal Agromedicine Unila*, 5(2).
- WHO. (2012). *HANDBOOK for Integrated Vector Management Integrated Vector Management (IVM)*. WHO.
- Widiastuti, D., Ikawati, B., Martini, M., & Wijayanti, N. (2017). Biochemical characterization of insecticide resistance and exposure in *Aedes aegypti* population from Wonosobo (a new highland Dengue endemic area), Central Java, Indonesia. *Health Science Journal of Indonesia*, 8(2). <https://doi.org/10.22435/hsji.v8i2.6854.74-80>
- World Health Organization. Regional Office for South-East Asia. (2012). *Comprehensive guidelines for prevention and control of dengue and dengue haemorrhagic fever*. World Health Organization; REV and Expanded ed. edition (January 30, 2012).