

Konsentrasi Bahan Kimia Fogging Pada Pengendalian *Life Table* Nyamuk *Aedes aegypti* Sebagai *Host Definitive* Virus Demam Berdarah Dengue

Fogging Chemical Concentration in Controlling Life Table of Aedes aegypti Mosquito as Definitive Host of Dengue Fever Virus

Asryadin^{1*}, A. Rafik¹, Adhi Aqwam¹, Yuyun Maryaningsih², Fitriani²,
Ermy Mulianingsih², Jumratul Nurhidayah¹, Hetti Koes Endang¹, M. Ichwanul Muslimin¹,
Rizka Khairunnisa¹, Fahrul Annas¹, Aldi Setiawan¹, Puput Septian², Nilasari Indah Yuniati³

¹Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Bima, Kota Bima (84113), Indonesia

²Dinas Kesehatan Kota Bima, Kota Bima (84113), Indonesia

³STIKES Bina Cipta Husada, Purwokerto, Jawa Tengah (53144), Indonesia

*corresponding author, Email: baekadhin@yahoo.co.id

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 11/03/2025

Disetujui : 02/06/2025

Abstract

The *Aedes aegypti* mosquito is the primary vector that plays a role in the transmitting of the dengue virus that causes dengue hemorrhagic fever (DHF). In early 2023, the Bima City Government, West Nusa Tenggara (NTB), declared an Extraordinary Event status for DHF. DHF incidence data in Bima City has fluctuated since 2020. However, the highest CFR occurred in 2023, with an average of 2.05%. Various methods of controlling dengue vectors can be applied, one of which is fogging and abatement, but the *Aedes aegypti* population still cannot be controlled. Meanwhile, resistance of *Aedes aegypti* mosquitoes to insecticides (cypermethrin and malathion) has been reported in various regions. Researchers aim to conduct further research on the concentration of fogging chemicals in controlling *Aedes aegypti* mosquitoes in Bima City as measured based on the mosquito life table. The study was conducted with an analytical observation design and a laboratory test study type in the period from August to November 2024. The sampling technique used Non Random Purposive Sampling with research procedures including: making a fogging chemical formula; (2) rearing *Aedes aegypti* mosquitoes; (3) chemical toxicity test; (4) data analysis. Based on the research results, it was concluded that all cyphenothrin formulas were proven to be able to inhibit the development of all stages of *Aedes aegypti* mosquitoes but in different effective times. Fogging chemical formulas: F1 (1.5 ml of Cyphenothrin + 98.5 ml of diesel), F2 (2 ml of Cyphenothrin + 98 ml of diesel), F3 (2.5 ml of Cyphenothrin + 97.5 ml of diesel), F4 (3 ml of Cyphenothrin + 97 ml of diesel) and F5 (3.5 ml of Cyphenothrin + 96.5 ml of diesel) are effective in killing all stages of the *Ae.* mosquito life table. *aegypti* within a time range of 4 minutes to 2 hours 53 minutes. And it is known that the efficacy of cyphenothrin is mainly in the imago stage with death in minutes, but is also effective in other mosquito stages although for a longer time.

Key Words : *Aedes aegypti*, Chemicals, Cyphenothrin, Dengue Fever, Fogging

Abstrak

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor primer yang berperan dalam penularan virus dengue penyebab penyakit demam berdarah dengue (DBD). Pada awal tahun 2023, Pemerintah Kota Bima, Nusa Tenggara Barat (NTB), menetapkan status Kejadian Luar Biasa penyakit DBD. Data kejadian DBD di Kota Bima sejak Tahun 2020 mengalami fluktuasi. Namun, CFR tertinggi terjadi pada Tahun 2023, dengan rata-rata 2,05%. Berbagai metode pengendalian vektor dengue dapat diterapkan salah satunya dengan fogging dan abatisasi, tetapi populasi *Aedes aegypti* masih belum dapat dikendalikan. Sementara itu, Resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida (cypermethrin dan malathion) telah dilaporkan di berbagai Daerah. Peneliti bertujuan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi bahan kimia fogging dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* di Kota Bima yang diukur berdasarkan *life table* nyamuk. Penelitian yang dilakukan dengan rancangan observasi analitik dan jenis studi uji laboratorium dalam rentang waktu bulan Agustus hingga November 2024. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Non Random Purposive Sampling* dengan prosedur penelitian antara lain: pembuatan formula bahan kimia fogging; (2) rearing nyamuk *Aedes aegypti*; (3) uji toksisitas bahan kimia; (4) analisis data. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa seluruh formula *sifenotrin* terbukti mampu menghambat perkembangan seluruh stadium nyamuk *Aedes aegypti* namun dalam waktu efektifitas yang berbeda. Formula bahan kimia fogging : F1 (Sifenotrin 1,5 ml + solar 98,5 ml), F2 (Sifenotrin 2 ml + solar 98 ml), F3 (Sifenotrin 2,5 ml + solar 97,5 ml), F4 (Sifenotrin 3 ml + solar 97 ml) dan F5 (Sifenotrin 3,5 ml + solar 96,5 ml) efektif dalam membunuh seluruh tahapan *life table* nyamuk *Aedes aegypti* dalam kisaran waktu 4 menit sampai dengan 2 jam 53 menit. Serta diketahui bahwa efikasi sifenotrin terutama pada stadium imago dengan kematian dalam hitungan menit, namun juga efektif pada stadium nyamuk lainnya meskipun pada waktu yang lebih lama.

Kata kunci : *Aedes Aegypti*, Bahan Kimia, DBD, Fogging, Sifenotrin

PENDAHULUAN

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor primer yang berperan dalam penularan virus dengue. Penyakit demam berdarah dengue (DBD) adalah penyakit infeksi virus akut yang disebabkan oleh virus dengue dan dapat menimbulkan wabah serta menyebabkan kematian dalam kurun waktu yang singkat. Masa inkubasi penyakit ini diperkirakan lebih kurang 7 hari. Gejala yang biasanya ditimbulkan adalah demam yang disertai nyeri pada sendi dan otot. Meskipun pada sebagian kasus tidak menimbulkan gejala, namun penderita yang terinfeksi dapat mengalami gejala yang lebih parah, bahkan mengalami kematian (da Silva Oliveira et al, 2019).

Pada awal tahun 2023, Pemerintah Kota Bima, Nusa Tenggara Barat (NTB), menetapkan status Kejadian Luar Biasa (KLB) penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Selama Bulan Januari sampai dengan tanggal 10 Februari 2023, jumlah total warga terjangkit DBD mencapai 172 orang dan 4 orang diantaranya dinyatakan meninggal dunia. Sementara itu, berdasarkan data jumlah kasus DBD dari Dinas Kesehatan Provinsi NTB, sebanyak 321 kasus pada semester pertama dengan jumlah persentase angka kematian atau *case fatality rate* (CFR) sebesar 1,9% dan 272 kasus pada semester kedua Tahun 2023 dengan CFR sebesar 2,2%. Di sisi lain, jumlah kasus dan kematian yang terjadi semakin meningkat. Data DBD di Kota Bima yang dirilis oleh Dinas Kesehatan Provinsi NTB sejak Tahun 2020 mengalami fluktuasi. Namun, selama periode tersebut, CFR tertinggi terjadi pada Tahun 2023, dengan rata-rata CFR dalam dua semester sebesar 2,05%. Sementara itu CFR terendah terdapat pada tahun 2022 dengan rata-rata 0,2%.

Berdasarkan banyaknya kasus DBD tersebut, pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* merupakan pilihan terbaik dalam menekan kasus. Berbagai metode pengendalian vektor dengue dapat diterapkan dengan: (1) Pemberantasan sarang nyamuk (PSN), (2) Pengendalian secara kimiawi, dan (3) Pengendalian secara biologis. Pengendalian kimia, khususnya fogging dan abatisasi merupakan pilihan utama masyarakat di daerah endemis DBD selama beberapa dekade. Pengendalian kasus DBD secara kimia yang dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut: untuk *Aedes aegypti* pra-dewasa, dilakukan dengan menggunakan abate (teme-phos), sedangkan untuk *Aedes aegypti* dewasa dengan pengasapan (fogging) menggunakan bahan kimia yang paling umum yaitu malathion. Meskipun kedua cara tersebut telah menjadi program nasional, tetapi populasi *Aedes aegypti* masih belum dapat dikendalikan, sehingga Angka Kesakitan/Incidence Rate (IR) DBD masih menjadi masalah kesehatan di beberapa kota di Indonesia.

WHO selaku organisasi kesehatan dunia telah memberikan rekomendasi dalam penggunaan

insektisida untuk mengendalikan nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor penyakit DBD yaitu dengan menggunakan malathion/bahan kimia lainnya pada nyamuk stadium dewasa, sedangkan pada stadium larva menggunakan temephos 1% atau lebih sering disebut Abate. Penelitian yang dilakukan oleh Heny Prasetyowati dkk (2016) terhadap insektisida golongan organophosphate di wilayah DKI Jakarta diperoleh hasil bahwa telah terjadi resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida malathion dan temephos 1% di wilayah DKI Jakarta, sehingga perlu dicari konsentrasi bahan kimia yang lebih efektif terhadap kematian nyamuk *Aedes aegypti*. Insektisida organophosphate adalah insektisida sintetik dengan waktu paruh yang panjang sehingga perlu diperhatikan dampak residu penggunaan insektisida organophosphate tersebut. Dampak penggunaan insektisida sintetik dalam jangka waktu yang lama selain resistensi menyebabkan resistensi pada serangga juga dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan manusia dan kesehatan lingkungan (Mahyuni, 2014).

Sementara itu, Resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap jenis bahan aktif insektisida yaitu cypermethrin dan malathion telah dilaporkan di berbagai negara. *Aedes aegypti* telah resisten terhadap malathion sebesar 5% di Lahore Pakistan, resistensi terhadap malathion 1% di Mansehra, Barbalha dan Crato di Brazil, resistensi terhadap malathion 0,8% di Jakarta Barat, Jakarta Timur, dan Jakarta Selatan, Kota Semarang, Purbalingga, Grobogan dan Kendal, *Aedes aegypti* resisten terhadap cypermethrin 8 mg di Barbalha dan Crato Brazil, resisten terhadap cypermethrin 0,2% dan 0,4% di Cimahi, resisten terhadap cypermethrin 0,05% di Purworejo, Kebumen, Pekalongan, Wonosobo, Demak dan Kudus (Maya S, et al., 2023).

Data maupun informasi terkait resistensi *Aedes aegypti* sebagai vektor dengue terhadap beberapa insektisida pada kegiatan fogging belum terdapat di Kota Bima. Pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* di Kota Bima saat ini terutama menggunakan pengasapan (fogging) yaang menggunakan berbagai jenis insektisida seperti cypermethrin, malathion, dan sifenofrin namun sampai dengan saat ini penggunaan sifenofrin yang paling sering dilakukan (Dinas Kesehatan Kota Bima, 2024). Maka perlu dilakukan studi/penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi bahan kimia fogging yang dapat memberikan keefektifan dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* di Kota Bima yang dipantau/diukur berdasarkan life table nyamuk sekaligus untuk mengetahui kemungkinan terjadinya resistensi nyamuk terhadap bahan kimia fogging tersebut.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu bulan Agustus hingga November 2024 di Kota Bima.

Pengambilan sampel dilakukan pada lokasi dengan kasus meninggal karena DBD yaitu: Kel. Santi dan Kel. Penatoi; (2) Sampel diambil berupa stadium larva yang nantinya akan dilakukan proses rearing dan selanjutnya diambil sebanyak masing-masing 5-10 stadium telur; stadium larva; stadium pupa dan stadium imago nyamuk *Aedes aegypti* untuk masing-masing perlakuan. sampel diambil diberbagai tempat perindukan nyamuk, seperti bak mandi dan selokan disekitar rumah atau tempat kemungkinan terjadinya perindukan nyamuk lainnya. Pengambilan sampel dilakukan hanya sekali dengan jumlah sampel 50-100 untuk masing-masing stadium telur, larva dan pupa nyamuk. Sedangkan pengujian dilakukan di workshop riset Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Bima serta di laboratorium Puskesmas Mpunda yang berlokasi di Kelurahan Rabangodu Utara Kec. Raba Kota Bima NTB.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain: cawan petri, pipet tetes, beaker glass, dan gelas ukur; Sementara itu, bahan yang digunakan antara lain: larutan fogging gokilaht-s dengan bahan aktif d,d-trans-sifenotrin, solar, dan sipermetrin. Penelitian dilakukan dengan tahapan: (1) Pembuatan formula, formula bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu : F1 (Sifenotrin 1,5 ml + solar 98,5

ml), F2 (Sifenotrin 2 ml + solar 98 ml), F3 (Sifenotrin 2,5 ml + solar 97,5 ml), F4 (Sifenotrin 3 ml + solar 97 ml) dan F5 (Sifenotrin 3,5 ml + solar 96,5 ml); (2) Rearing nyamuk *Aedes aegypti*, Tahap ini merupakan tahap persiapan, yaitu perbanyak nyamuk *Aedes aegypti* secara masal di ruang workshop penelitian Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Bima. Proses rearing *Aedes aegypti* dilakukan selama satu bulan hingga dihasilkan kohort *Aedes aegypti* pradewasa (larva dan pupa), dewasa, dan telur dengan jumlah yang mencukupi untuk kebutuhan uji penelitian ini ; (3) uji toksisitas bahan kimia fogging, dilakukan berbagai uji ovicidal, uji aktifitas larvicidal, uji aktifitas pupicidal dan uji aktifitas imagicidal; serta (4) analisis data menggunakan analisis statistik sederhana

Jenis penelitian yang dilakukan adalah observasi analitik dengan jenis studi uji laboratorium di laboratorium Puskesmas Mpunda Kota Bima Teknik pengambilan sampel menggunakan *Non-Random Purposive Sampling* dengan kriteria yang ditentukan oleh peneliti. Populasi dalam penelitian adalah Nyamuk *Aedes aegypti*, sedangkan sampel yang digunakan dalam penelitian adalah seluruh tahapan perkembangan nyamuk (telur, larva, pupa, dewasa) nyamuk *Aedes aegypti* di Kota Bima.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Komponen Aktif Bahan Kimia Fogging

Bahan kimia larutan fogging yang digunakan dalam penelitian menggunakan larutan yang digunakan dalam kegiatan fogging oleh Dinas Kesehatan Kota Bima sejak Tahun 2022 yaitu Gokilaht – S dengan bahan aktif d,d-trans-sifenotrin 50 g/l dengan dosis penggunaan 2,5% dalam pelarut solar. d,d-trans-cyphenotrin atau yang lebih dikenal sebagai bahan kimia sifenotrin merupakan insektisida piretroid sintetis yang efektif terhadap serangga termasuk nyamuk, lalat dan kecoa yang telah resistan terhadap insektisida golongan organofosfat dan karbamat (Tilak, et al, 2005).

Penggunaan sifenotrin pada kegiatan fogging di Kota Bima mulai digunakan sejak Tahun 2023

menggantikan penggunaan bahan kimia cypermethrin dan malathion yang tidak digunakan kembali setelah adanya informasi mengenai resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insketisida berbasis karbamat dan organofosfat. Resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap cypermethrin dan malathion telah dilaporkan di berbagai negara. *Aedes aegypti* telah resisten terhadap malathion 5% di Lahore Pakistan, 1% di Mansehra, Barbalha dan Crato di Brazil, resistensi 0,8% di Jakarta Barat, Jakarta Timur, dan Jakarta Selatan, Kota Semarang, Purbalingga, Grobogandan Kendal. Selain itu, *Aedes aegypti* juga ditemukan resisten terhadap cypermethrin 8mg di Barbalha dan Crato Brazil, resisten 0,2% dan 0,4% di Cimahi, serta resisten 0,05% di Purworejo, Kebumen, Pekalongan, Wonosobo, Demak, dan Kudus (Maya S, et al, 2023).

Tabel 1. Hasil Pengamatan (Waktu kematian *life table Aedes aegypti*)

Stage	F1 (Jam)			F2 (Jam)			F3 (Jam)			F4 (Jam)			F5 (Jam)		
	R1	R2	R3												
Telur	1,18	1,22	1,25	1,18	1,18	1,20	1,18	1,20	1,20	1,25	1,25	1,22	1,05	1,08	1,08
Jentik	1,08	1,10	1,03	1,88	1,08	1,08	1,12	1,72	1,90	1,82	1,73	1,65	2,00	2,02	2,35
Pupa	2,08	2,68	2,88	2,15	2,20	2,13	2,08	2,12	2,15	2,53	2,58	2,58	2,27	2,30	2,27
Imago	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15

Keterangan: (1) F1: Formula 1 (Sifenotrin 1,5 ml, solar 98,5 ml); F2: Formula 2 (Sifenotrin 2 ml, solar 98 ml); F3: Formula 3 (Sifenotrin 2,5 ml, solar 97,5 ml); F4: Formula 4 (Sifenotrin 3 ml, solar 97 ml); F5: Formula 5 (Sifenotrin 3,5 ml, solar 96,5 ml).

2. Toksisitas Formula Bahan Kimia Fogging terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*

Ke-5 formula yang diujicobakan pada 4 jenis *life table* nyamuk (telur, larva, pupa, dan dewasa) yaitu: (1) Formula 1 (sifenotrin 1,5%); (2) Formula 2 (sifenotrin 2%); (3) Formula 3 (sifenotrin 2,5%); (4) Formula 4 (sifenotrin 3%); dan (5) Formula 5 (sifenotrin 3,5%). Hasil perlakuan berupa waktu kematian setiap tahapan *life table* nyamuk *Aedes aegypti* dapat dilihat pada tabel 1. Sebagai pembandingan, dilakukan juga perlakuan menggunakan bahan larutan kontrol yaitu: (1) Larutan synof (sipermetrin) 2,5% dan (2) pelarut solar 100% dengan hasil pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kontrol (Waktu kematian *life table Aedes aegypti*)

Stage	Sipermetrin 2,5% (Jam)			Solar 100% (Jam)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Telur	2,85	2,88	2,78	6,20	6,20	6,22
Jentik	6,17	6,20	6,20	5,20	5,30	5,00
Pupa	4,35	4,50	4,40	5,20	5,35	5,33
Imago	0,22	0,22	0,23	0,48	0,48	0,53

Keterangan: R1: Replikasi pertama; (2)

R2: Replikasi kedua; (3) R3: Replikasi ketiga.

Tabel 3. Hasil Pengujian Residu Bahan Kimia dan Pelarut

Formula	Sifenotrin ($\mu\text{g/g}$)	Batas Maksimal ($\mu\text{g/g}$)	Solar (mg/L)	Batas Maksimal (mg/L)
F1	0,12	0,5	6,04	25
F2	0,113	0,5	9,53	25
F3	0,23	0,5	9,12	25
F4	0,31	0,5	10,21	25
F5	0,3	0,5	15,76	25

Tabel 2 menunjukkan hasil uji toksisitas berbagai formula bahan kimia fogging yang diujicobakan pada *life table* seluruh stadium tahapan perkembangan nyamuk *Aedes aegypti*, (1) pada penggunaan Formula 1 (F1), rerata waktu kematian stadium telur dalam 1 jam dan 14 menit; stadium larva dalam 1 jam dan 4 menit; stadium pupa dalam 2 jam dan 48 menit; dan stadium imago dalam 4 menit, (2) pada penggunaan Formula 2 (F2), rerata waktu kematian stadium telur dalam 1 jam dan 11 menit; stadium larva dalam 1 jam dan 5 menit; stadium pupa dalam 2 jam dan 6 menit; dan stadium imago dalam 4 menit, (3) pada penggunaan Formula 3 (F3), rerata waktu kematian stadium telur dalam 1 jam dan 12 menit; stadium larva dalam 1 jam dan 55

menit; stadium pupa dalam 2 jam dan 7 menit; dan stadium imago dalam 4 menit, (4) pada penggunaan Formula 4 (F4), rerata waktu kematian stadium telur dalam 1 jam dan 14 menit; stadium larva dalam 1 jam dan 44 menit; stadium pupa dalam 2 jam dan 34 menit; dan stadium imago dalam 5 menit, sedangkan pada penggunaan Formula 5 (F5), rerata waktu kematian stadium telur dalam 1 jam dan 4 detik; stadium larva dalam 2 jam dan 1 menit; stadium pupa dalam 2 jam dan 17 menit; dan stadium imago dalam 9 menit.

Hasil pengamatan kontrol (Tabel 3) yang menggunakan larutan synof (sipermetrin) yaitu bahan kimia fogging yang dipergunakan sebelumnya oleh Dinas Kesehatan Kota Bima serta pelarut solar 100% (tanpa penambahan sifenotrin), menunjukkan perbedaan waktu kematian seluruh *life table* nyamuk. Dimana pada stadium telur, rerata waktu kematian tercatat setelah 2 jam dan 50 menit, stadium larva setelah 16 jam dan 11 menit, stadium pupa setelah 4 jam dan 20 menit serta stadium imago setelah 13 menit dan 2 detik; selain itu, pada penggunaan solar 100% (tanpa penambahan sifenotrin), pada stadium telur, rerata waktu kematian setelah 6 jam dan 12 menit, stadium larva setelah 5 jam dan 10 menit, stadium pupa setelah 5 jam dan 17 menit, serta stadium imago setelah 30 menit. Berdasarkan hasil pengujian kontrol tersebut, penggunaan pelarut solar dalam campuran sifenofrin hanya memberikan kontribusi yang kecil untuk menyebabkan kematian stadium nyamuk yaitu tidak lebih dari 2%, sehingga dapat diabaikan. Hal ini disebabkan karena solar merupakan bahan campuran yang berfungsi sebagai bahan bakar pengasapan saat fogging.

Sedangkan pada uji residu bahan kimia maupun pelarut yang digunakan dalam percobaan (Tabel 4), yaitu residu sifenotrin dan pelarut solar, diperoleh nilai residu yang tidak melebihi nilai ambang batas residu lingkungan pada seluruh formula konsentrasi yang digunakan, yaitu residu sifenotrin kurang dari 0,5 $\mu\text{g/g}$ dan residu pelarut solar kurang dari 25 mg/L (Kepdirjen Migas No. 28 Thn 2016).

Konsentrasi larutan sifenotrin yang berbeda memiliki efek toksik yang tidak terlalu berbeda, ditunjukkan dengan waktu kematian yang relatif berdekatan pada setiap formula untuk setiap tahap perkembangan nyamuk *Ae. Aegypti*. Hasil studi menunjukkan waktu kematian yang cenderung lebih cepat seiring dengan peningkatan konsentrasi bahan kimia sifenotrin hanya terjadi pada stadium imago (Tabel 2), namun jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol, penggunaan formula bahan kimia sifenotrin (Tabel 4) cenderung lebih cepat yang menunjukkan efektifitas penggunaan bahan kimia sifenotrin yang digunakan saat ini.

Larutan sifenotrin adalah nama umum yang digunakan dengan nama dagangnya adalah Gokilaht. Cyphenothrin adalah ester siklopropanekarboksilat. Zat ini berperan sebagai insektisida ester piretroid dan agrokimia. Cyphenothrin secara fungsional terkait dengan asam krisantemik, dengan rumus molekul $C_{24}H_{25}NO_3$. Larutan ini berupa larutan kental berwarna kuning yang termasuk dalam kategori pestisida (Romero A et al, 2015).

Setelah tertelan oleh serangga, piretrioida dalam sifenotrin dihidrolisis oleh berbagai enzim pencernaan pada saluran gastrointestinal. Namun, sebagian kecil senyawa yang aktif sebagai insektisida atau turunannya diserap, terutama toksisitas dan efek pada hati. Piretrioida juga dapat diserap setelah terhirup atau terkena kulit. Piretrioida didistribusikan dengan cepat ke sebagian besar jaringan, terutama jaringan dengan kandungan lipid tinggi, dan terkonsentrasi di jaringan saraf pusat dan perifer (Bank Data Bahan Berbahaya (HSDB), 2015).

3. Analisis Morfologi Nyamuk *Aedes aegypti* yang dipapar berbagai Konsentrasi Formula Bahan Kimia Fogging.

Hasil analisis morfologi nyamuk *Aedes aegypti* menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 1.000x dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Hasil pengamatan mikroskop menunjukkan

bahwa berbagai konsentrasi bahan kimia sifenotrin dalam pelarut solar menyebabkan kelainan yang cenderung serupa pada morfologi semua tahap perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* (Gambar 1 s.d 6). Senyawa piretrioida dalam sifenotrin menyebabkan penghambatan proses molting pada metamorfosis pupa menjadi imago (Gambar 1) dan kerusakan pada saluran pencernaan larva, ditandai dengan adanya pengendapan senyawa menyebabkan usus menjadi hitam, serta adanya peningkatan lumen perut, yang kemudian menyebabkan lisis (Gambar 1).

Paparan formula juga menyebabkan sifon tempat berlangsungnya proses respirasi pada larva mengalami pigmentasi sehingga menjadi lebih hitam dibandingkan kontrol (Gambar 3). Selain itu, juga dapat menyebabkan kelainan morfologi pada pupa setelah terpapar sifenotrin selama 48 jam, diantaranya pupa mengalami melanisasi kutikula pada bagian sefalotorak (pupa coklat), dan kegagalan molting, sehingga proses pembentukan imago terganggu, serta terjadi penempelan eksuvia pupa pada bagian perut, kaki, dan sayap (Gambar 2). Imago *Aedes aegypti* yang terpapar ekstrak pada konsentrasi 1000 ppm, menunjukkan adanya pigmentasi pada beberapa bagian tubuh terutama pada bagian abdomen, sehingga menjadi lebih gelap dibandingkan dengan imago pada kontrol (Gambar 1).



Gambar 1. Pupa gagal molting dan proses Metamorfosis yang tidak sempurna



Gambar 2. Pupa tampak coklat pada sefalotorak



Gambar 3. Larva rusak dan lisis



Gambar 4. Larva mengalami pembengkakan



Gambar 5. Telur tidak dapat menetas



Gambar 6. Nyamuk dewasa/imago mengalami melanisasi (penggelapan pada abdomen)

Pengendalian vektor nyamuk *Aedes aegypti* penyebab penyakit Demam Berdarah hingga saat ini masih mengandalkan pengasapan (fogging) yang menggunakan insektisida dengan pelarut solar dan diketahui hanya dapat membunuh nyamuk dewasa. Insektisida yang saat ini digunakan oleh Dinas Kesehatan Kota Bima berupa insektisida Gokilath-S50EC yang mengandung d,d-trans-sifenotrin 50 g/l konsentrasi 2,5% dengan pelarut solar dan diestimasi hanya mampu menghambat metabolisme imago (nyamuk dewasa) hingga menyebabkan kematian. Studi penggunaan insektisida sifenotrin yang diperuntukkan bagi pengendalian life table nyamuk *Aedes aegypti* pada seluruh tahapan perkembangan nyamuk yaitu stadium telur, larva/jentik, dan pupa, di mana stadium-stadium tersebut masih berada di dalam sarana air bersih sebagai habitat utama perkembangbiakan nyamuk dilakukan pada penelitian ini.

Secara umum berdasarkan hasil uji, seluruh formula sifenotrin dalam pelarut solar yang diujicobakan pada penelitian mampu menghambat perkembangan seluruh stadium nyamuk *Aedes aegypti* sampai menimbulkan kematian namun dalam waktu efektif pengendalian yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 2. Terdapat 3 faktor yang memengaruhi status kerentanan beberapa serangga termasuk nyamuk, yaitu: (1) Faktor genetik, berupa gen-gen yang menyandi pembentukan enzim esterase, yang dapat menyebabkan resistensi serangga terhadap insektisida baik golongan organofosfat atau pyrethroid maupun golongan karbamat. Faktor genetik lainnya seperti adanya gen knockdown resistance (kdr) sehingga serangga resisten terhadap DDT dan dieltrin; (2) Faktor biologis, meliputi biotik (adanya pergantian generasi, perkawinan monogami atau poligami, dan pada waktu berakhirnya perkembangan setiap generasi pada serangga alam), perilaku serangga misalnya migrasi, isolasi, monofagi atau polifagi serta kemampuan serangga di luar kebiasaannya dalam melakukan perlindungan terhadap bahaya atau perubahan tingkah laku; serta (3) Faktor operasional, meliputi bahan kimia yang digunakan dalam pengendalian vektor (golongan insektisida, kesamaan target dan sifat insektisida yang pernah digunakan, persistensi residu dan formulasi insektisida yang digunakan) serta aplikasi insektisida tersebut di lapangan (cara aplikasi, frekuensi dan lama penggunaan). (Wahyudin D., et al., 2012; Firda Y., 2018).

Hasil uji efikasi insektisida formula sifenotrin dalam pelarut solar menunjukkan bahwa seluruh formula ujicoba (F1 s.d F5) efektif dalam membunuh seluruh tahapan *life table* nyamuk *Aedes aegypti* dalam kisaran waktu 4 menit sampai dengan 2 jam 53 menit. Pada stadium telur, waktu kematian tercepat pada Formula 5 (sifenotrin 3,5%) dengan rerata kematian pada 1 jam dan 4 detik, Stadium larva *Aedes*

aegypti menunjukkan waktu kematian tercepat pada pemberian Formula 1 (sifenotrin 1,5%) dengan rerata kematian pada 1 jam dan 4 menit, stadium pupa rata-rata mati setelah 2 jam dan 17 menit pada pemberian sifenotrin 3,5% (Formula 5), sedangkan nyamuk dewasa (imago) waktu kematian tercepat pada pemberian sifenotrin 1,5%, 2% dan 2,5% dengan rata-rata kematian setelah 4 menit.

Hasil ini menunjukkan bahwa efikasi sifenotrin terutama pada stadium imago dengan kematian dalam hitungan menit, namun juga efektif pada stadium nyamuk lainnya meskipun pada waktu yang lebih lama. Berdasarkan waktu kematian yang cepat antara 4 menit sampai dengan 2 jam 53 menit menunjukkan efikasi sifenotrin dalam pelarut solar yang diujicobakan pada perlakuan sangat efektif. Percobaan dilakukan melalui proses penyemprotan menggunakan 5 sampel dalam air bersih untuk setiap stadium nyamuk pada setiap unit coba. Percobaan ini mengacu pada beberapa prosedur yang dilakukan oleh penelitian-penelitian sebelumnya yang sejenis.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Munif A (2017), dimana Hasil uji efikasi outdoor dengan sifenotrin 2,5% dalam pelarut solar menggunakan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Cx. quinquefasciatus* menunjukkan bahwa nyamuk baru mati secara keseluruhan pada jam ke-6 (enam) untuk *Aedes aegypti* dan jam ke-9 (sembilan) untuk *Cx. quinquefasciatus*. Pada penelitian lain, seperti yang dilakukan oleh Firda Y., 2018 yang menyebutkan bahwa insektisida Gokilath-S50EC yang mengandung d,d-trans-sifenotrin 50 g/l tidak menggunakan pelarut solar, namun menggunakan pelarut air ternyata juga efektif membunuh nyamuk *Aedes aegypti* dengan dosis 100 ml/ha untuk aplikasi di dalam ruangan menggunakan High performance fogging for water base. Penambahan Polyethylene glycol (PEG) tidak berpengaruh pada efektivitas daya bunuh insektisida terhadap nyamuk uji.

Penambahan Polyethylene glycol (PEG) lebih berpengaruh pada daya jangkauan dan diameter partikel droplet dimana komposisi insektisida Gokilath-S50EC dengan PEG dan air membuat jangkauan semakin jauh dan presentase diameter partikel $\leq 50 \mu\text{m}$ lebih banyak dibandingkan dengan campuran Gokilath-S50EC dengan air saja. Hasil tersebut menunjukkan bahwa insektisida Gokilath-S50EC dengan pelarut air masih efektif dalam membunuh nyamuk *Aedes aegypti* yang diujikan dengan atau tanpa penambahan Polyethylene glycol.

Menurut Boubidi, S., et al, 2020, pada penelitiannya menyatakan bahwa Efikasi dari tiga insektisida golongan pyrethroid (lambda cyhalothrin, deltamethrin dan cypenothrin) pada aplikasi pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* dewasa di dalam kandang pada kondisi panas kering di Riyadh, Saudi Arabia. Efikasi insektisida pada jarak yang berbeda (15, 30, 45 dan 60 m) dengan tinggi 1 dan 2 m diteliti dengan mengevaluasi kematian nyamuk dewasa setelah paparan 24 jam. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa pemberian insektisida golongan pyrethroid memiliki efikasi yang tinggi.

Beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa Insektisida Gokilath-S50EC (d,d-trans-sifenotrin 50 g/l) dengan pelarut air efektif membunuh nyamuk *Aedes aegypti* dengan dosis 100 ml/ha untuk aplikasi di dalam ruangan menggunakan *High performance fogging for water base*. Penambahan Polyethylene glycol (PEG) tidak berpengaruh pada efektivitas daya bunuh insektisida terhadap nyamuk uji. Penambahan Polyethylene glycol (PEG) lebih berpengaruh pada daya jangkauan dan diameter partikel droplet dimana komposisi insektisida Gokilath-S50EC dengan PEG dan air membuat jangkauan semakin jauh dan presentase diameter partikel $\leq 50 \mu\text{m}$ lebih banyak dibandingkan dengan campuran Gokilath-S50EC dengan air saja. Hasil tersebut menunjukkan bahwa insektisida Gokilath-S50EC dengan pelarut air masih efektif dalam membunuh nyamuk *Aedes aegypti* yang diujikan dengan atau tanpa penambahan Polyethylene glycol.

Kandungan d,d-trans-sifenotrin pada Gokilath-S50EC menunjukkan bahwa senyawa d,d-trans-sifenotrin memiliki sifat yang lebih polar dan juga memiliki koefisien distribusi yang lebih besar. Efek toksisitas yang diberikan oleh senyawa ini adalah menghambat penetasan telur (Gambar 5) sehingga telur tidak dapat berkembang menjadi larva. Temuan serupa tentang aktivitas ovisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti* dicatat oleh Subashini, et al. (2017), menunjukkan bahwa senyawa d,d-trans-sifenotrin 50 g/l memberikan nilai LC50 sebesar 322,40 ppm. Penghambatan penetasan telur diduga disebabkan masuknya senyawa tersebut kedalam lapisan korion, sehingga mengganggu permeabilitas membran dan mempengaruhi proses embriogenesis, dan menyebabkan kematian embrio sehingga telur tidak dapat menetas. Waktu paparan berperan penting dalam menyebabkan toksisitas formula sifenotrin dalam pelarut solar tercepat pada konsentrasi 3,5%.

Sementara itu pada aktifitas larvasida yang terlihat pada pemberian formula sifenotrin berbagai konsentrasi, senyawa d,d-trans-sifenofrin dapat mengganggu fungsi mitokondria, khususnya reaksi transfer elektron sehingga menurunkan produksi ATP dan mengurangi penggunaan O₂, sehingga proses metabolisme makanan terhambat. Penghambatan proses metabolisme menyebabkan terjadinya pengendapan berbagai senyawa pada usus larva, sehingga lumen perut menjadi meningkat (hipertonis) menyebabkan air dari luar usus masuk melalui proses osmosis, dan menyebabkan usus menjadi bengkak dan akhirnya lisis serta rusak, sehingga perut menjadi lumpuh dan nyamuk berhenti makan (Siskha, 2018).

Selain itu, senyawa juga menyebabkan kerusakan midgut karena adanya degenerasi sel yang menyebabkan larva tidak berkembang dan akhirnya menyebabkan kematian. Temuan tersebut sesuai

dengan studi dari Ragavendran, et al., menjelaskan bahwa d,d-trans-sifenotrin menimbulkan munculnya dark black spot pada torak dan sifon. Penggelapan pada area sifon tersebut diakibatkan karena penetrasi di kutikula saluran pernafasan, sehingga terjadi pengendapan senyawa di sifon dan menyebabkan penghambatan sistem pernafasan larva. Efek toksik d,d-trans-sifenotrin pada pupa lebih rendah, dibandingkan telur dan larva, yaitu menyebabkan kerusakan pada pupa dalam waktu yang lebih lama dengan kerusakan tercepat pada pemberian formula sifenotrin 3,5% yaitu rata-rata kerusakan/kematian dalam 2 jam dan 17 menit (Siskha, 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa dari semua tahap perkembangan nyamuk pradewasa, pupa merupakan fase yang paling tahan terhadap insektisida, yang ditunjukkan dengan nilai LC50 yang besar. Ketahanan tersebut mungkin disebabkan karena pupa merupakan tahap pradewasa yang tidak makan, sehingga mengurangi peluang mereka menelan senyawa toksik ke dalam sistem tubuh, terutama sistem pencernaan. Daya toksik ekstrak pada pupa lebih rendah daripada larva, juga disebabkan karena sensitivitas *Aedes aegypti* menurun seiring bertambahnya usia, sehingga untuk memberikan efek toksik terhadap pupa, membutuhkan konsentrasi yang lebih tinggi dan waktu paparan yang lebih lama (Siskha, 2018).

Hasil analisis morfologi pada studi ini, sesuai dengan temuan dari Palanikumar et al. dan Saranya, et al., (2017), yang menunjukkan bahwa pupa yang terpapar sifenotrin mengalami malformasi, yaitu pupa berperut lurus, pupa kerdil dengan perut yang mengalami retardasi, pupa coklat dan pendek, sefalotorak rusak. Kabir, et al. juga menemukan bahwa ekstrak Seseli diffusum menyebabkan pupa gagal molting, dimana pada bagian anterior abdomen mengalami penempelan eksuvia pupa.

Senyawa sifenotrin dan beberapa metabolit sekunder dapat menyebabkan terjadinya melanisasi yang abnormal pada kutikula pupa, sehingga menghambat proses sintesis kitin. Senyawa metabolit sekunder pada ekstrak tanaman memiliki mekanisme phototoxic yang dapat menghasilkan lesi parah pada kutikula, sehingga menjadi hitam dan gagal molting. Kegagalan molting juga disebabkan oleh adanya gangguan pembentukan hormon juvenile (JHAs) yang berperan penting untuk molting dan metamorfosis oleh senyawa metabolit sekunder. Mode aksi senyawa metabolit sekunder terhadap JHAs adalah dengan menyebabkan aktivasi proses oksidasi menghasilkan senyawa reaktif pada corpus allatum, sehingga menyebabkan kematian sel parenkim corpus allatum, dan akhirnya terjadi penurunan atau bahkan berhentinya produksi JHAs dan proses molting menjadi terhambat (Palanikumar et al. dan Saranya, et al., 2017).

Senyawa sifenotrin juga memberikan efek pada imago dengan rerata waktu kematian tercepat pada

hitungan menit (Tabel 2) terutama pada formula 1, 2 dan 3 (waktu kematian 4 menit). Perubahan morfologi pada imago ditemukan pada penelitian Kabir, et al. (2013), yaitu adanya kelainan pada sayap imago menjadi lebih pendek. Aktivitas ekstrak terhadap malformasi morfologi pada imago belum sepenuhnya dipahami, tetapi dimungkinkan senyawa aktif bekerja dengan berbagai mode aksi, salah satunya dengan cara melumpuhkan sistem fisiologis dan osmoregulasi nyamuk (Cutler GC., 2013).

Sementara itu, pada penelitian juga dilakukan pengujian residu penggunaan senyawa d,d-trans-sifenotrin dalam pelarut solar. Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 4), residu senyawa dalam air bersih yang menunjukkan bahwa senyawa sifenotrin dalam pelarut solar berbagai konsentrasi tidak meninggalkan residu yang berbahaya bagi lingkungan terutama biota air setelah dilakukan pengujian hingga 3 hari pasca perlakuan menunjukkan bahwa seluruh pengujian (100%) aman bagi lingkungan (air), dimana sisa residu tidak melebihi nilai ambang batas.

Minyak solar ialah fraksi minyak bumi berwarna kuning coklat yang jernih yang mendidih sekitar 175-370° C. Umumnya, solar mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (di atas 1000 rpm), namun dalam kegiatan fogging DBD, solar merupakan pelarut utama bahan kimia fogging seperti sifenotrin, malathion dll. Meskipun pada beberapa penelitian, sifenotrin dapat dilarutkan menggunakan pelarut berbahan dasar air (Boubidi, S., et al, 2020).

SIMPULAN

Seluruh formula sifenotrin terbukti mampu menghambat perkembangan seluruh stadium nyamuk *Aedes aegypti* namun dalam waktu efektifitas yang berbeda. Formula bahan kimia fogging (F1, F2, F3, F4 dan F5) efektif dalam membunuh seluruh tahapan life table nyamuk *Aedes aegypti* dalam kisaran waktu 4 menit sampai dengan 2 jam 53 menit: (1) Stadium telur, waktu kematian tercepat pada F5 (sifenotrin 3,5%) dengan rerata kematian pada 1 jam dan 4 detik, (2) Stadium larva menunjukkan waktu kematian tercepat pada pemberian F1 (sifenotrin 3,5%) dengan rerata kematian pada 1 jam dan 4 menit, (3) Stadium pupa rata-rata mati setelah 2 jam dan 17 menit pada pemberian sifenotrin 3,5% (F5), sedangkan (4) stadium nyamuk dewasa (imago) waktu kematian tercepat pada pemberian sifenotrin 1,5% (F1), 2% (F2), dan 2,5% (F3) dengan rata-rata mati setelah 4 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efikasi sifenotrin terutama pada stadium imago dengan kematian dalam hitungan menit, namun juga efektif pada stadium nyamuk lainnya meskipun pada waktu yang lebih lama. Berdasarkan waktu kematian yang cepat antara 4 menit sampai dengan 2 jam 53 menit

menunjukkan efikasi sifenotrin dalam pelarut solar yang diujicobakan pada perlakuan efektif.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Selanjutnya, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas Kesehatan Kota Bima, dan Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Bima atas bantuan dan komitmen yang tak ternilai dalam penulisan artikel ini dan karena telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Aboul-Enein AM, Salama ZA, Gaafar AA, Aly HF, Faten A, Ahmed HA. 2016. Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradisiaca* L.) as antioxidant and antimicrobial agents. *J Chem Pharm Res.* 2016;8(4), pp. 46–55.
- Biton Gabriel, 1994. *Wastewater Microbiology*: New York : A John Wiley & Sons, INC.
- Boubidi, S., Roiz, D., Rossignol M et al. 2020. Efficacy of ULV and thermal aerosol of deltamethrin for control of *Aedes albopictus* in Nice, France. *Parasit Vectors.* 2016;9:597.
- Cutler GC. 2013. Insects, insecticides and hormesis: Evidence and considerations for study. *Dose Response.* 2013;11(2), pp. 154-177. doi: 10.2203/dose-response.12-008.Cutler.
- Dahlan Sopiudin, 2001. *Statistik Untuk Kedokteran dan Kesehatan*: Jakarta : Salemba Medika.
- Daud Anwar, 2001. *Dasar Dasar Kesehatan Lingkungan* : Makasar : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanudin.
- Day, JE. 2016. Mosquito oviposition behavior and vector control. *Insect.* 2016;65(7), pp. 1-22. doi:10.3390/insects7040065
- Dinas Kesehatan Kota Bima. 2023. *Laporan Tahunan Bidang P2PL*: Kota Bima.
- Cutler GC. 2013. Insects, insecticides and hormesis: Evidence and considerations for study. *Dose Response.* 2013;11(2), pp. 154-177. doi: 10.2203/dose-response.12-008.Cutler.
- Firda Yanuar Pradani dan Willem Sugiharto, 2018. Efikasi Insektisida Gokilath-S50EC (d,d-transsifenotrin 50 g/l) terhadap Nyamuk *Aedes aegypti* dengan Metode Pengabutan (Thermal Fogging). *ASPIRATOR*, 10(2), 2018, pp. 73-82.

- Hairani, Lila Kesuma, 2009. Gambaran Epidemiologi Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) dan Faktor-faktor yang mempengaruhi Angka Insidennya di Kecamatan Cimanggis, Kota Depok Tahun 2005-2008. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Asyimi, Muhammad, Yusniar A., dan Miko Hananto. 2011. Hubungan Tempat Penampungan Air Minum Dan Faktor Lainnya Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Provinsi DKI Jakarta Dan Bali. Media Litbang Kesehatan. Vol. 21(2), pp. 55-6.
- Kabir KE, Choudhary MI, Ahmed S, Tariq RM. 2013. Growth-disrupting, larvicidal and neurobehavioral toxicity effects of seed extract of *Seseli diffusum* against *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Ecotoxicol Environ Saf.* 2013;90, pp. 52–60. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.12.028>
- Kinansi RR, Widjajanti W, Ayuningrum FD. 2017. Haemorrhagic dengue fever's vector density status in endemic region in Indonesia (South Sumatera, Central Java, Central Sulawesi and Papua). *J. Ekol Kesehat.* 2017;16(1), pp. 1–9.
- Jallow MFA, Awadh DG Albaho MS, Devi VY, Ahmad N. 2017. Monitoring of pesticide residues in commonly used fruits and vegetables in Kuwait. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(8), pp. 1-12. doi:10.3390/ijerph14080833
- Jeyasankar A, Chinnamani T. 2018. Larvicidal and pupicidal activities of *Solanum pseudocapsicum* fruits compounds against *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *J Infectious Disease Med Microbiol.* 2018;2(2), pp. 11-16.
- Lee SH, Oh HW, Fang Y, An SB, Park DS, Song HH, et al. 2015. Identification of plant compounds that disrupt the insect juvenile hormone receptor complex. *PNAS.* 2015; 112(6), pp. 1733-1738.
- Munif A. 2015. Hasil Uji Efikasi insektisida merk gokhilath dengan bahan aktif d,d-trans sifenotrin 50EC dalam mematikan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Culex quinquefasciatus*. Jakarta.
- Mahendren S, Rs M. 2017. *Callistemon Citrinus* (Myrtaceae) Methanolic leaf extract : A potent mosquitocidal agent for controlling dengue vector mosquito *Aedes aegypti* (Diptera : Culicidae). *JEZS.* 2017;5(3), pp. 1051–9
- Maya Sari, Sayono, Ulfa Nurulita, 2023. Kerentanan Nyamuk *Aedes Aegypti* terhadap Cypermethrin dan Malathion. Prosiding Seminar Kesehatan Masyarakat, Vol. 1 No. Pra-Seminar Tahun 2023 | 53
- Romero A et al. 2015. Cyphenothrin. *Environ Res* 138, pp. 58-66.
- Siskha Noor Komala, Bambang Heru Budianto, Edi Basuki, 2018. Studi Toksisitas: Ekstrak Metanol Bonggol Pisang Ambon (*Musa acuminata* L. cv. Gros Michel) terhadap *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Program Studi S-2 Ilmu Biologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman.
- Soonwera M, Phasomkusolsil S. 2017. Adulticidal, Larvicidal, Pupicidal and oviposition deterrent activities of essential oil from *Zanthoxylum limonella* Alston (Rutaceae) against *Aedes aegypti* (L.) and *Culex quinquefasciatus* (Say). *Asian Pac J Trop Biomed.* 2017;7(11), pp. 967–78. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.09.019>
- Subashini, K, Sivakami, S And Jeyasankar, A. 2017. Phytochemical screening and ovicidal activity of *Scutellaria violacea* (Lamiaceae) leaf extract against vector mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Int J Adv Res Biol Sci.* 2017;4(3), pp. 152–8.
- Tilak, R; Agrawal, VK; Dutta, J. 2005. "Kinerja lapangan cyphenothrin: Strategi insektisida terpadu terhadap kecoa Jerman (Dictyoptera: Blattellidae)". *Jurnal Penyakit yang Ditularkan Melalui Vektor.* 42 (2), pp. 68–73
- Venkadachalam R, Subramaniyan V, Palani M, Subramaniyan M, Srinivasan P, Raji M. 2014. Mosquito larvicidal and pupicidal activity of *Tephrosia purpurea* Linn. (Family: Fabaceae) and *Bacillus sphaericus* against dengue vector *Aedes aegypti*. *Pharmacogn J.* 2014;9(6), pp. 737–42.
- Wahyudin D, Teguh D, Prijanto B, Bandung PK. 2012. *Aedes* mosquito susceptibility test for the insecticide used in dengue hemorrhagic fever (DHF) controlling programs in Cimahi City of West Java Province. e-journal stikesayani. 2012;002.