

DAYA BUNUH LARVASIDA *BACILLUS THURINGIENSIS ISRAELENسيس* DAN TEMEPHOS PADA LARVA *CULEX SP.*

Tanjung Setyorini¹, Sarjito Eko Windarso², Agus Kharmayana Rubaya³, Rizki Amalia⁴,
Hendrika Puspita Sari⁵

^{1,2,3,4}Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, ⁵PT Pestindo Central Optima

Kata kunci : Larva *Culex sp.*, larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis*, larvasida temephos.

Abstract: *Culex sp.* is the main vector of filariasis in Pekalongan City. Based on previous research, *Culex sp.* larvae in Pekalongan City were resistant to temephos, so it is necessary to replace larvicides based on different groups and working mechanisms. The purpose of this study is to know the differences in the killing power of *Bacillus thuringiensis israelensis* and temephos larvicides on *Culex sp.* larvae. This was a quasi-experiment with Post Test Only With a Control Group Design. The 625 samples of larvae *Culex sp.* were collected from Kramatsari District, Pekalongan City. The Kruskal Wallis Test show there wasn't a difference in the power killing of Bti larvicide and temephos larvicide against *Culex sp.* larvae (p -value = 0,103). Bti larvicides 0.0125 gr/m² killed 91.2% of *Culex sp.* larvae, and Bti larvicides 0.0100 gr/m² killed 77.6% of *Culex sp.* larvae within 24 hours. Temephos larvicides at doses of 2.0 gr/m² and 1.6 gr/m² killed 100% of *Culex sp.* larvae within 24 hours, because of that temephos larvicide has higher killing power than Bti, so it can be used to control *Culex sp.* larvae in Kramatsari District.

Keywords: *Culex sp.* larvae, *Bacillus thuringiensis israelensis* larvicide, and temephos larvicide.

Pendahuluan

Pekalongan merupakan salah satu kota yang termasuk dalam peringkat pertama kasus filariasis limfatik di Jawa Tengah¹. *Culex sp.* merupakan salah satu spesies nyamuk yang menjadi vektor utama kasus filariasis limfatik di Kota Pekalongan Jawa Tengah, karena menurut penelitian sebelumnya nyamuk ini paling dominan tertangkap dan terbukti positif cacing filaria (L3) spesies *Wuchereria bancrofti* dengan infective rate sebesar 4,39%². *Culex sp.* banyak ditemukan di genangan air kotor yang sebagian besar berasal dari saluran pembuangan air limbah yang tidak mengalir, selokan/ parit umum yang tidak mengalir dengan lancar, serta sumur resapan air limbah yang terbuka².

Pengendalian vektor yang selama ini dilakukan di Pekalongan yaitu dengan *fogging*

serta penyuluhan di setiap posyandu oleh petugas Puskesmas, meskipun demikian pengendalian tersebut masih belum dapat menurunkan kasus filariasis dikarenakan kurangnya partisipasi masyarakat dalam pengendalian vektor serta belum diketahuinya faktor - faktor yang mendukung penyebaran filariasis di wilayah tersebut³. Salah satu solusi yang dapat dilakukan masyarakat dalam pengendalian vektor filariasis di Kota Pekalongan yaitu menggunakan jasa perusahaan *pest control*. PT Pestindo Central Optima (PT PCO) merupakan salah satu perusahaan jasa *pest control* yang menyediakan pelayanan di bidang pengendalian hama secara terpadu. Penelitian ini bekerja sama dengan PT PCO, dimana terdapat salah satu *klien* PT PCO yang memiliki masalah terkait tingginya

kepadatan larva *Culex* sp. dan berlokasi di Kota Pekalongan.

Salah satu cara dalam pengendalian larva *Culex* sp. yaitu menggunakan pestisida, dimana larvasida telah terbukti mampu mengendalikan binatang pembawa penyakit atau vektor⁴. Larvasida digunakan karena dapat membunuh nyamuk pradewasa atau tahap yang belum matang, sehingga diharapkan dapat mengurangi populasi nyamuk yang dapat menjadi vektor penyakit⁵. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widiastuti dkk (2019), diketahui bahwa larva *Culex* sp. di Kota Pekalongan resisten terhadap temephos, dimana kematian larva *Culex quinquefasciatus* sebesar 73,75% dari total larva yang diuji. Disisi lain, penggunaan larvasida temephos pada larva *Aedes aegypti* di Kota Pekalongan menunjukkan hasil yang toleran⁶. Oleh karena itu, diperlukan penggantian larvasida atas dasar golongan dan mekanisme kerja yang berbeda dari temephos. Temephos merupakan salah satu larvasida kimia yang termasuk dalam golongan organofosfat dengan mekanisme kerja yaitu menghambat enzim *cholinesterase* sehingga dapat menimbulkan gangguan pada aktivitas saraf karena tertimbunnya *acetylcholine* pada jaringan⁷.

Bacillus thuringiensis israelensis (*Bti*) merupakan salah satu larvasida biologi yang berasal dari mikroorganisme yaitu bakteri *Bti*. Bakteri *Bti* memiliki karakteristik dapat memproduksi kristal protein yang bersifat toksik terhadap serangga baik pada fase larva atau dewasa. Larva nyamuk memiliki saluran pencernaan yang bersifat *alkali* (basa) dan menghasilkan mineral serta enzim *protease* yang dapat menguraikan kristal protein yang bersifat protoksin menjadi toksin. Toksin dapat berikatan pada reseptor khusus yang terdapat pada *makrovili* sel *epitel mesenteron*. Setelah berikatan, toksin akan membentuk pori - pori kecil yang dapat mengganggu keseimbangan osmotik sel, sehingga *ion - ion* dan air mudah masuk ke

dalam sel dan menyebabkan sel mengembang, kemudian pecah sehingga akhirnya menyebabkan *lisis* atau hancur⁸. Vectobac WG merupakan salah satu biolarvasida yang mengandung 37.4% *Bacillus thuringiensis serovar israelensis strain* AM 65-52 dengan potensi 3000 ITU/milligram dari setiap produk⁹. Berdasarkan label petunjuk penggunaan Vectobac WG diketahui bahwa pada lokasi *drainase* dan selokan dosis yang dianjurkan sebesar 125 – 500 gram/hektar (0,0125 – 0,0500 gram/m²)⁹. Oleh karena itu, peneliti ingin menggunakan dosis anjuran tersebut sebesar 0,0125 gram/m², dalam penelitian ini peneliti menurunkan dosis sebanyak 20% untuk mengetahui apakah dosis yang lebih rendah memiliki daya bunuh yang baik pada larva *Culex* sp. seperti pada penelitian Suparyati (2020), dimana dosis larvasida yang dikurangi 20% menunjukkan hasil daya bunuh yang baik pada larva nyamuk *Aedes* sp. dan *Culex* sp.¹⁰.

Larvasida yang digunakan sebagai pembanding adalah larvasida kimia yang umum dipakai dalam pengendalian larva nyamuk oleh petugas kesehatan yakni temephos. Larvasida yang mengandung bahan aktif berupa temephos 1% adalah abate. Berdasarkan label petunjuk penggunaan abate diketahui bahwa pada air keruh (air selokan/got, air buangan rumah) yang merupakan lokasi *breeding places* *Culex* sp., dosis abate yang dianjurkan sebesar 2 – 5 gram/m²¹¹. Sedangkan anjuran pemakaian abate oleh pemerintah yaitu sebesar 10 gr/ 100 liter air¹⁰. Subjek penelitian ini adalah larva *Culex* sp. dimana larva *Culex* sp. memiliki kebiasaan mengapung di permukaan air untuk mencari makan dan bernapas¹². Oleh karena itu, dalam penentuan dosis larvasida temephos disesuaikan dengan luas permukaan air dan volume air. Peneliti akan menggunakan anjuran dosis dari label dan pemerintah yaitu sebesar 2,0 gram/ m² untuk 20 liter air yang nantinya akan disesuaikan dengan volume air untuk pengujian. Peneliti juga

menurunkan dosis yang ada sebanyak 20% (1,6 gram untuk 20 liter air).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan daya bunuh antara larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan temephos pada larva *Culex* sp. Adapun tujuan khusus dari penelitian ini yaitu : (1) Diketuahuinya daya bunuh larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dengan dosis sebesar 0,0125 gr/m² dan 0,0100 gr/m² pada larva *Culex* sp. (2) Diketuahuinya daya bunuh larvasida temephos dengan dosis sebesar 2,0 gr/m² dan 1,6 gr/m² pada larva *Culex* sp.

Penelitian ini termasuk dalam penelitian skala laboratorium. Lokasi pelaksanaan penelitian berada di Laboratorium Vektor Terpadu Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, sedangkan lokasi pengambilan sampel dilakukan di

Kecamatan Kramatsari Kota Pekalongan. Penelitian ini dilaksanakan yaitu pada bulan Maret – April 2023.

Metode

Jenis penelitian ini adalah kuasi eksperimen skala laboratorium yang menerapkan prinsip uji efikasi larvasida dengan desain penelitian berupa “*Post Test Only Control Group Design*”¹³. Penelitian ini terbagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Dua kelompok perlakuan berupa penggunaan larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan penggunaan larvasida temephos terhadap variabel terikat berupa larva *Culex* sp. Kelompok kontrol dalam penelitian ini berupa kontrol negatif dimana 25 larva diletakkan dalam wadah yang sama tetapi tidak diberi larvasida seperti pada kedua kelompok perlakuan.

Populasi dalam penelitian ini adalah larva nyamuk *Culex* sp. dari Kota Pekalongan yaitu di Kecamatan Kramatsari, dengan total sampel berdasarkan

perhitungan rumus Federer sebesar 625 larva *Culex* sp. Pelaksanaan pengambilan sampel dilakukan oleh peneliti dan mendapatkan bantuan dari salah satu staff PT PCO. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* yang artinya teknik penentuan sampel larva nyamuk *Culex* sp. dengan pertimbangan tertentu¹⁴. Sampel yang diambil berupa larva dan telur *Culex* sp. Sampel telur kemudian ditetaskan di Yogyakarta hingga menjadi larva. Larva nyamuk *Culex* sp. kemudian diambil secara acak dari wadah perindukannya dengan menggunakan pipet plastik.

Pelaksanaan penelitian ini mengacu pada *Guideline For Efficacy Testing Of Mosquitoes Larvicides At Laboratory And Field Condition*¹⁵ dan panduan monitoring resistensi vektor terhadap insektisida oleh Kementerian Kesehatan RI¹⁶. Pengujian daya bunuh larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan temephos ini dilaksanakan dengan cara memasukkan 25 larva *Culex* sp. instar III atau IV ke dalam 5 wadah plastik yang telah diisi dengan air limbah dari lokasi pengambilan sampel. Kelompok perlakuan kemudian diberikan larvasida dan kelompok kontrol tidak diberi larvasida. Pengamatan dilakukan selama 1 jam pertama untuk mengetahui gambaran efek *knock down* tiap larvasida yang kemudian dilakukan pencatatan jumlah kematian larva *Culex* sp. selama 24 jam untuk mengetahui daya bunuh larvasida.

Data primer berupa kematian larva *Culex* sp. diperoleh dengan cara observasi atau pengamatan. Teknik pengolahan data yaitu dengan analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif disajikan dalam bentuk tabel dan diagram batang untuk mendeskripsikan hasil pengamatan pada kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan pada penggunaan larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan temephos. Analisis inferensial dilakukan dengan uji statistik menggunakan aplikasi SPSS. Uji normalitas data menggunakan Uji *Saphiro Wilk*, karena jumlah sampel pada

penelitian ini kurang dari 50 sampel¹⁷. Data penelitian ini kemudian diuji menggunakan Uji *Kruskal Wallis* untuk mengetahui perbedaan rerata antara 2 kelompok perlakuan, dan dilanjutkan Uji *Mann-Whitney* untuk menentukan konsentrasi yang memiliki daya bunuh terbaik¹⁸.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan selama 24 jam diketahui tidak ada kematian larva *Culex* sp. pada kelompok kontrol pada pengulangan pertama sampai kelima, sehingga persentase kematian larva sebesar 0%. Diketahui sebanyak 8% larva pada kelompok kontrol berubah menjadi pupa selama pengujian. Oleh karena itu, data hasil uji tidak perlu dikoreksi menggunakan rumus *abbott* dan tidak dilakukan penelitian ulang.

Tabel 1 berikut menyajikan data rerata kematian larva *Culex* sp. selama 1 jam pertama untuk mengetahui gambaran efek *knock down* dari larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan temephos :

Tabel 1. Rerata Kematian Larva *Culex* sp. setelah 1 Jam Pemaparan Larvasida *Bti* dan Temephos pada Kelompok Perlakuan dan Kelompok Kontrol

Kelompok Penelitian	Rerata Kematian
Kontrol	0
<i>Bti</i> 0,0125 gr/m ²	2
<i>Bti</i> 0,0100 gr/m ²	1
Temephos 2,0 gr/m ²	19
Temephos 1,6 gr/m ²	17

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa larvasida yang memiliki efek *knock down* yang tinggi terhadap larva *Culex* sp. selama 1 jam pemaparan adalah larvasida temephos. Hal tersebut terjadi dikarenakan larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan temephos merupakan 2 golongan larvasida yang berbeda dikarenakan bahan aktif, dosis anjuran dan mekanisme kerja dari kedua larvasida berbeda.

Larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* termasuk kedalam larvasida

biologi yang ramah lingkungan, salah satu merk larvasida dengan bahan aktif *Bti* adalah Vectobag WG yang mengandung 37.4% *Bacillus thuringiensis serovar israelensis strain* AM 65-52 dengan potensi 3000 ITU/miligram dari setiap produk⁹. Mekanisme kerja dari *Bti* yaitu dapat memproduksi kristal protein yang bersifat toksik terhadap serangga baik pada fase larva atau dewasa. Larva nyamuk memiliki saluran pencernaan yang bersifat *alkali* (basa) dan menghasilkan mineral serta enzim *protease* yang dapat menguraikan kristal protein yang bersifat protoksin menjadi toksin. Toksin dapat berikatan pada reseptor khusus yang terdapat pada *makrovili* sel *epitel mesenteron*. Setelah berikatan, toksin akan membentuk pori - pori kecil yang dapat mengganggu keseimbangan osmotik sel, sehingga *ion - ion* dan air mudah masuk ke dalam sel dan menyebabkan sel mengembang, kemudian pecah sehingga akhirnya menyebabkan *lisis* atau hancur⁸. Proses penguraian toksin hingga menyebabkan sel *lisis* dan berujung pada kematian larva tersebut memerlukan waktu dan dipengaruhi oleh kondisi larva *Culex* sp dalam menguraikan toksin., sehingga menyebabkan efek *knock down* dari larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* selama 1 jam kontak dengan *Bti* rendah.

Temephos yang merupakan larvasida pembeding dalam penelitian ini adalah golongan larvasida kimia dan apabila digolongkan lagi berdasarkan cara kerjanya termasuk dalam golongan organofosfat yang merupakan racun kontak pada saraf serangga, merk dagang yang digunakan adalah Abate dengan kandungan temephos sebesar 1%. Mekanisme kerja temephos dalam membunuh larva yaitu, temephos merupakan rancun kontak yang menghambat enzim *cholinesterase* sehingga timbul gangguan pada aktivitas saraf karena tertimbunnya *acetylcholine* pada jaringan. Fungsi dari enzim *cholinesterase* adalah menghidrolisa *acetylcholine* dan asam cuka dan apabila enzim tersebut terhambat maka hidrolisa *acetylcholine* tidak terjadi dan

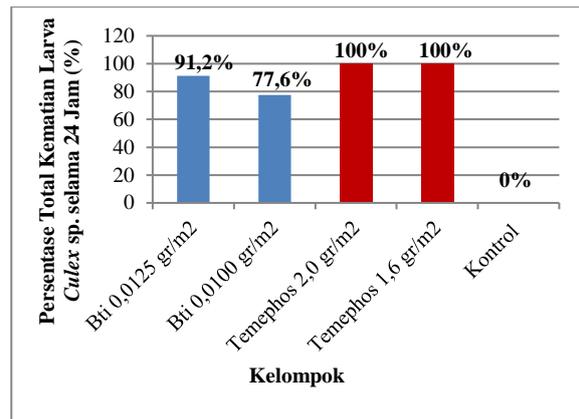
menyebabkan otot akan berkontraksi dalam waktu yang lama dan menimbulkan kekejangan pada otot yang menyebabkan larva tidak dapat mengambil oksigen dan berujung pada kematian larva¹⁰. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dan *temephos* merupakan 2 larvasida dengan golongan, kadar bahan aktif, dan memiliki mekanisme kerja yang berbeda, oleh karena itu menyebabkan kecepatan kematian dan efek *knock down* yang dihasilkan dari larvasida tersebut juga berbeda karena pada larvasida *Bti* memerlukan waktu untuk penguraian toksin sedangkan *temephos* sendiri merupakan racun kontak terhadap saraf serangga.

Hasil penelitian berupa total kematian larva *Culex* sp. selama 24 jam pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2 Total Kematian Larva *Culex* sp. selama 24 Jam pada Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan dalam Lima Kali Pengulangan

Kelompok Penelitian	Pengulangan hari ke					\bar{x}	%
	1	2	3	4	5		
Kontrol	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bti</i> 0,0125 gr/m ²	16	23	25	25	25	22,8	91,2
<i>Bti</i> 0,0100 gr/m ²	6	20	24	22	25	19,4	77,6
Temephos 2,0 gr/m ²	25	25	25	25	25	25	100
Temephos 1,6 gr/m ²	25	25	25	25	25	25	100

Hasil kematian larva *Culex* sp. pada penggunaan larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* baik dosis 0,0125 gr/m² dan 0,0100 gr/m² menunjukkan kenaikan kematian larva pada ulangan pertama sampai kelima, sedangkan pada penggunaan larvasida temephos dosis 2,0 gr/m² dan 1,6 gr/m² menunjukkan kematian pada semua larva uji pada semua ulangan. Presentase total kematian larva *Culex* sp. secara deskriptif dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 1 Grafik Total Kematian Larva *Culex* sp. selama 24 Jam pada Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan
Sumber : Data Primer Terolah, 2023

Berdasarkan gambar grafik 1 diketahui bahwa larvasida *Bti* 0,0125 gr/m² mampu membunuh 91,2% larva *Culex* sp. selama 24 jam dan *Bti* 0,0100 gr/m² mampu membunuh 77,6 % larva *Culex* sp. selama 24 jam. Sedangkan pada larvasida temephos dosis 2,0 gr/m² dan 1,6 gr/m² mampu membunuh 100% larva *Culex* sp. Apabila merujuk pada panduan resistensi vektor terhadap insektisida oleh Kementerian Kesehatan RI (2018) disebutkan bahwa spesimen larva uji dinyatakan terduga resisten apabila kematian $\leq 98\%$, dan spesimen larva uji dinyatakan resisten apabila kematian dibawah 90% dan jika terjadi terduga resisten dan resisten maka harus diteruskan pengujian dengan dosis 5 kali, apabila hasil pengujian kematian nyamuk di bawah 98% maka intensitas resistensinya sedang, pada kondisi ini perlu dilakukan rotasi berdasarkan golongan insektisida¹⁶. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa larva *Culex* sp. terduga resisten pada penggunaan larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dengan dosis 0,0125 gr/m² dan larva *Culex* sp. mengalami resisten pada penggunaan larvasida *Bti* dengan dosis 0,0100 gr/m². Oleh karena itu, harus diteruskan pengujian dengan dosis 5 kali untuk mengetahui tingkat resistensi. Penelitian ini tidak merencanakan untuk dilakukannya pengujian dengan dosis 5 kali tersebut.

Meskipun demikian apabila dilihat pada tabel 2, diketahui terdapat selisih pada

total kematian larva *Culex* sp. terhadap penggunaan larvasida *Bti* 0,0125 gr/m² dan 0,0100 gr/m² pada pengulangan pertama dibandingkan dengan pengulangan selanjutnya. Faktor yang memungkinkan adanya perbedaan jumlah kematian larva *Culex* sp. pada penggunaan larvasida *Bti* 0,0125 gr/m² dan 0,0100 gr/m² pada pengulangan pertama dibandingkan dengan pengulangan selanjutnya adalah usia larva. Larva *Culex* sp. instar IV yang digunakan pada pengulangan pertama diduga ≥ 7 hari, hal ini karena pada pengulangan pertama di kelompok kontrol larva *Culex* sp. berubah menjadi pupa. Larva instar IV memiliki usia 4 - 6 hari setelah telur menetas, dan merupakan ukuran yang paling besar, setelah itu larva instar IV akan berubah menjadi pupa dimana pada fase ini pupa tidak makan selama 2 - 5 hari. Pupa ini kemudian akan menjadi nyamuk dewasa setelah kurang lebih 1 - 2 hari kemudian¹⁹. Menurut teori tersebut, larva instar IV yang digunakan dalam pengulangan pertama dimungkinkan sudah masuk dalam tahap pupa awal, sehingga larva tidak makan. Cara kerja larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dalam membunuh larva nyamuk yaitu larva nyamuk akan memakan *Bti* yang kemudian *Bti* akan menghasilkan toksin yang dapat membunuh serangga. Apabila larva *Culex* sp. sudah masuk dalam tahap pupa awal maka larva tersebut tidak memakan larvasida *Bti* yang digunakan dalam penelitian, sehingga larvasida *Bti* tidak bekerja secara optimal dan berakibat pada sedikitnya larva yang mati setelah penggunaan larvasida *Bti* 0,0125 gr/m² dan 0,0100 gr/m² pada pengulangan pertama. Hasil kematian larva *Culex* sp. ini tentu akan mempengaruhi persentase kematian larva dan status resistensi larva *Culex* sp.

Selain instar larva, dosis larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* juga turut mempengaruhi total kematian larva *Culex* sp., dimana dosis anjuran dari label larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* sebesar 0,0125 - 0,050 gram/m² ⁹. Penelitian ini menggunakan dosis terkecil pada label

tersebut untuk diaplikasikan pada larva *Culex* sp. dan dosis yang telah diturunkan 20% dari label, hal tersebut tentu dapat mempengaruhi jumlah kematian larva dikarenakan semakin semakin kecil dosis larvasida yang diberikan maka larvasida yang termakan oleh larva *Culex* sp. juga sedikit. Hal ini sejalan dengan penelitian Wibowo (2017), bahwa aplikasi konsentrasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan kepadatan yang tinggi menyebabkan kematian larva dalam jumlah yang banyak, dikarenakan semakin tinggi jumlah larvasida *B. thuringiensis* yang dimakan oleh larva maka menyebabkan kerusakan pada larva nyamuk dalam waktu yang singkat²⁰. Apabila semakin sedikit dosis larvasida yang diberikan maka semakin sedikit pula larva yang mati, dan tentu mengakibatkan pada rendahnya persentase kematian larva uji. Oleh karena itu, apabila masyarakat ingin menggunakan larvasida *Bti* untuk mengendalikan larva *Culex* sp. karena dinilai lebih ramah lingkungan, maka dapat menggunakan dosis anjuran label yang lebih tinggi dari 0,0250 gr/m² serta < 0,050 gram/m².

Hasil pada penggunaan larvasida pembanding yaitu temephos menunjukkan bahwa larvasida ini memiliki daya bunuh tertinggi pada larva *Culex* sp. baik dosis 2,0 gr/m² dan 1,6 gr/m², karena mampu membunuh 100% larva yang diuji. Larvasida temephos juga diketahui memiliki efek *knock down* yang tinggi terhadap larva *Culex* sp. dikarenakan mampu membunuh setengah dari jumlah larva yang diujikan dalam waktu 1 jam kontak. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa larva *Culex* sp. di Kota Pekalongan tepatnya di Kecamatan Kramatsari rentan terhadap larvasida temephos. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil peneliti sebelumnya yaitu Widiastuti dkk (2019), bahwa larva *Culex* sp. di Kota Pekalongan resisten terhadap temephos.

Perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan Widiastuti

dkk (2019) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan status resistensi pada larva *Culex* sp. di Kota Pekalongan. Faktor yang dapat menimbulkan berkembangnya status resistensi antara lain :

1. Faktor Genetik

Disebabkan adanya gen yang berperan dalam pengendali resisten (*R-gen*), baik pada gen dominan atau resesif, *homozygote* maupun *heterozygote* yang terdapat pada nyamuk maupun serangga lainnya. Contohnya yaitu gen yang menjadi pembentukan enzim *esterase* yang dapat menyebabkan resisten serangga terhadap insektisida golongan *organofosfat* dan *piretroid*, contoh lainnya yaitu adanya gen *knock down resistance (kdr)* yang menyebabkan serangga resisten terhadap DDT dan *dieldrin*. Peningkatan enzim *mikrosomal oksidase* terhadap insektisida golongan *karbamat*, *organofosfat* dan *piretroid*. Peningkatan enzim *glutathione S-transferase*, *hidrolase* dan *esterase* terhadap insektisida golongan *organofosfat* dll¹⁶.

2. Faktor Biologis

Disebabkan adanya pergantian generasi resisten serta frekuensi, dominasi alela resisten, perkawinan monogami atau poligami dan waktu berakhirnya perkembangan setiap generasi pada serangga di alam habitatnya.

3. Faktor Operasional

Disebabkan pada bahan kimia yang digunakan dalam pengendalian vektor meliputi golongan insektisida, kesamaan target organ yang dituju oleh insektisida, sifat insektisida yang pernah digunakan dalam pengendalian vektor pada wilayah tersebut, resisten residu dan formulasi insektisida yang digunakan. Penurunan kerentanan (resistensi) yang diakibatkan faktor operasional disebabkan pada aplikasi insektisida di lapangan yang meliputi cara pengaplikasian, frekuensi

pengaplikasian serta lama pemakaian insektisida, stadium sasaran, bentuk formulasi dll²¹.

Berdasarkan Ngadino (2021) juga diketahui bahwa pemakaian insektisida secara terus menerus dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan terjadinya resistensi pada serangga sasaran²¹. Hasil wawancara dengan warga Kecamatan Kramatsari Kota Pekalongan diketahui bahwa tidak pernah dilakukan pemberian larvasida untuk mengatasi permasalahan terkait larva yang berada di lingkungannya. Sedangkan menurut warga lain yang merupakan salah satu kader di wilayah tersebut diketahui bahwa pada tahun 2020 terdapat program pemberian larvasida *abate* yang dilakukan dalam rangka lomba pola hidup bersih dan sehat oleh puskesmas setempat. Status rentan pada larva *Culex* sp. di Kota Pekalongan ini diakibatkan karena berkurangnya intensitas pemakaian insektisida *temephos* yaitu tidak pernah digunakan selama 3 tahun. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa penghentian penggunaan salah satu jenis insektisida dapat mengatasi masalah resistensi insektisida yang dapat digunakan sebagai bentuk pengelolaan resistensi serangga akibat insektisida tertentu, sehingga sebaiknya dalam penggunaan insektisida tertentu masyarakat harus memperhatikan periode penggunaan dan rotasi insektisida. Hal ini sejalan dengan penelitian Ishartadiati (2007) dimana disarankan agar masyarakat tidak terus menerus menggunakan satu jenis atau satu golongan insektisida tertentu, tetapi dilakukan pergantian penggunaan insektisida dari jenis atau golongan lainnya, sehingga menghambat atau memperlambat terjadinya resistensi serangga terhadap insektisida tertentu²².

Pergantian generasi *Culex* sp. selama 3 tahun juga menyebabkan larva *Culex* sp. rentan terhadap *temephos*, hal ini sejalan dengan pada penelitian Mantolu dkk (2016) bahwa pada *strain* yang mempunyai tingkat resistensi tinggi, dilakukan pemeliharaan

sampai generasi kelima tanpa perlakuan insektisida menunjukkan penurunan tingkat resistensi²³. Meskipun demikian, total kematian larva *Culex* sp. selama 24 jam pada 5 kali pengulangan apabila dilihat dari hasil analisis statistik menggunakan Uji *Kruskall Wallis* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,103 yang berarti bahwa tidak ada perbedaan rerata total kematian larva *Culex* sp. pada kelompok penggunaan larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* dosis 0,0125 gr/m², *Bti* dosis 0,0100 gr/m², larvasida temephos dosis 1,6 gr/m², temephos dosis 2,0 gr/m².

Simpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

(1) Larvasida *Bti* 0,0125 gr/m² dapat membunuh 91,2% larva *Culex* sp. setelah 24 jam. Sedangkan larvasida *Bti* 0,0100 gr/m² dapat membunuh 77,6 % larva *Culex* sp. setelah 24 jam. (2) Larvasida temephos 2,0 gr/m² dan 1,6 gr/m² mampu membunuh 100% larva *Culex* sp. setelah 24 jam. (3) Tidak terdapat perbedaan daya bunuh antara konsentrasi larvasida *Bti* 0,0125 gr/m², *Bti* 0,0100 gr/m², larvasida temephos 1,6 gr/m², temephos 2,0 gr/m² pada larva *Culex* sp. (4) Daya bunuh larvasida temephos lebih tinggi dari larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* karena mampu membunuh 100% larva *Culex* sp.

Sedangkan saran pada penelitian ini yang pertama ditujukan bagi masyarakat terkhusus yang tinggal di Kecamatan Kramatsari Kota Pekalongan yaitu dapat menggunakan larvasida temephos untuk mengendalikan larva *Culex* sp. Apabila masyarakat ingin menggunakan larvasida *Bti* yang lebih ramah lingkungan, maka masyarakat dapat menggunakan dosis anjuran label yang lebih tinggi dari 0,0250 gr/m² (< 0,050 gram/m²) agar memiliki daya bunuh yang lebih tinggi dari dosis yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, disarankan kepada masyarakat agar tidak menggunakan suatu insektisida secara terus

menerus, melakukan penghentian penggunaan salah satu jenis insektisida, dan melakukan rotasi insektisida yang memiliki golongan serta mekanisme yang berbeda untuk menghambat atau memperlambat terjadinya resistensi serangga terhadap insektisida tertentu.

Selain itu, penghentian penggunaan insektisida dalam jangka waktu yang lama dapat digunakan sebagai referensi program pengendalian resistensi insektisida tertentu di PT Pestindo Central Optima dan melakukan rotasi insektisida yang memiliki golongan serta mekanisme yang berbeda untuk menghambat atau memperlambat terjadinya resistensi serangga terhadap insektisida tertentu. Bagi peneliti selanjutnya disarankan melakukan uji pengulangan terhadap daya bunuh larvasida *Bacillus thuringiensis israelensis* untuk memastikan kondisi resistensi larvasida *Bti* terhadap larva *Culex* sp.

Daftar Pustaka

1. Irawan, Anggi, Hasan dan S. Program Nasional Untuk Eliminasi Filariasis Limfatik : Studi Kasus Di Kabupaten Pekalongan , Jawa Tengah. *Vektora*. 2018;10(2):95-102.
2. Nurjazuli N, Dewanti AY. Potensi *Culex quinquefasciatus* sebagai Vektor Filariasis dan Kondisi Lingkungan di Kota Pekalongan. *Aspirator - J Penyakit Tular Vektor Artik*. 2021;13(2).
3. Ike, Suhartono. Hubungan Kondisi Lingkungan Rumah , Sosial Ekonomi , dan Perilaku Masyarakat dengan Kejadian Filariasis di Kecamatan Pekalongan Selatan Kota Pekalongan. *J Kesehat Lingkungan Indonesia*. 2013;12(1).
4. Direktorat Jendral Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. *Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) Dalam Pengendalian Vektor*.

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2012.
5. S.loannou, Charalampos, Christos Hadjichristodoulou MAK and NTP. Short-Term Selection to Diflubenzuron and Bacillus thuringiensis Var. Israelensis Differentially Affects the Winter Survival of Culex pipiens f. Pipiens and Culex pipiens f. Molestus (Diptera : Culcidae). *Insects*. 2021;12(527).
 6. Dyah Widiastuti, Sunaryo dan S. Temephos Resistance in Culex quinquefasciatus Population from Pabean Subdistrict Pekalongan. *Aspirator*. 2019;11(November):67-72.
 7. Toha M. Perbandingan Efektivitas Infusa Serai Wangi (Cymbopogon nardus L) Dengan Temephos Terhadap Kematian Larva Nyamuk Aedes aegypti. Published online 2018.
 8. Tanwirotun, Vivin. Potensi Dan Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Pengendalian Penyakit Tular Nyamuk. *Spirakel*. 2019;11(2):72-81.
 9. Biosciences V. V e c t o B a c ®. *Val Biosci Corp*. Published online 2007.
 10. Suparyati. Uji Daya Bunuh Abate Berdasarkan Dosis Dan Waktu Terhadap Kematian Larva Nyamuk Aedes Sp Dan Culex Sp. *Jurnal Pena*. 2020;34(2):1-9.
 11. Indonesia PB. Label Abate 1 GR. 2021;(November).
 12. Novianto. Kemampuan Hidup Larva Culex Quinquefasciatus Say. Pada Habitat Limbah Cair Rumah Tangga. Published online 2007.
 13. Notoatmodjo S. Metodologi Penelitian Kesehatan. Published online 2010.
 14. Malik A dan M. *Pengantar Statistika Pendidikan Teori Dan Aplikasi*. Deepublish (CV Budi Utama); 2018.
 15. Ababa A. *Guideline for Efficacy Testing of Mosquitoes Larvicides at Laboratory and Field Condition*. Ethiopian Public Health Institute (EPHI); 2017.
 16. Penyakit DJP dan P. *Panduan Monitoring Resistensi Vektor Terhadap Insektisida.*; 2018.
 17. Setyawan DA. *Petunjuk Praktikum Uji Normalitas & Homogenitas Data Dengan SPSS*. CV Tahta Media Group; 2021.
 18. Iskandar, Askar R dan Z. *Statistik Pendidikan (Teori Dan Aplikasi SPSS)*. (Moh N, ed.). PT Nasya Expanding Management; 2022.
 19. Astuti MAW. Bab Ii Tinjauan Pustaka. Published online 2011.
 20. Gama ZP, Yanuwiadi B, Kurniati TH. Strategi Pemberantasan Nyamuk Aman Lingkungan : Potensi Bacillus thuringiensis Isolat Madura Sebagai Musuh Alami Nyamuk Aedes aegypti. *Pembang dan Alam Lestari*. 2010;1(1):1-10.
 21. Ngadino, Marlik D. *Monograf Resistensi Nyamuk Aedes Aegypti Terhadap Cypermethrin*. (Sulistio I, ed.). Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya; 2021.
 22. Ishartadiati K. Resistensi Serangga Terhadap DDT. *J Univ Wijaya Kusuma Surabaya*. Published online 2007.
<https://journal.uwks.ac.id/index.php/jikw/article/download/2152/1236>
 23. Diptera L, Mantolu Y, Ambarningrum TB. Makassar , Palu , dan VCRU terhadap insektisida permetrin dengan seleksi lima generasi Status and

development of resistance of *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera : Culicidae) strains Bandung , Bogor , Makassar , Palu , and. *J Entomol Indones.* 2016;13(1):1-8.
doi:10.5994/jei.13.1.1