



## Efikasi Larvasida *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* terhadap Larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex*

Derico Hitipeuw<sup>1✉</sup>, Martini Martini<sup>1</sup>, Retno Hestingsih<sup>1</sup>, Ari Udijono<sup>1</sup>, Sri Yuliawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bagian Epidemiologi dan Penyakit Tropik, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Februari 2022  
Disetujui Maret 2023  
Dipublikasikan April 2023

*Keywords:*

*Efficacy, bio larvicidal, B. thuringiensis*

*DOI:*

<https://doi.org/10.15294/higeia/v7i2/66286>

### Abstrak

Berdasarkan data Profil Kesehatan Indonesia pada tahun 2020, kasus DBD dilaporkan sebanyak 108.303 kasus, chikungunya 1.689 kasus, filariasis 9.906 kasus, sedangkan malaria dengan *Annual Parasite Incidence* sebesar 0,9%. Sejalan ini pengendalian vektor nyamuk menggunakan insektisida temephos sebagai larvasida yang dapat berdampak resistensi pada vektor serta kerusakan lingkungan, sehingga diperlukan pengendalian vektor nyamuk secara biologi. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui efikasi atas Bio Larvasida dengan bahan aktif *Bacillus thuringiensis* terhadap kematian larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex*. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, menggunakan eksperimen murni dengan *posttest only control design*, yang dilaksanakan pada bulan April 2022. Terjadi kematian larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* secara signifikan sejalan dengan peningkatan konsentrasi pada Bio Larvasida dengan bahan aktif *B. thuringiensis* dan terjadi perubahan secara morfologi terhadap larva yang telah terpapar Bio Larvasida dengan bahan aktif *B. thuringiensis*. Bio Larvasida dengan bahan aktif *B. Thuringiensis* dinilai efektif untuk digunakan sebagai alternatif larvasida alami dalam pengendalian populasi vektor nyamuk.

### Abstract

Based on data from the Indonesian Health Profile in 2020, 108,303 cases of DHF were reported, 1,689 cases of chikungunya, 9,906 cases of filariasis, while malaria with an Annual Parasite Incidence was 0.9%. So far mosquito vector control uses temephos insecticide as a larvicide which can have an impact on vector resistance and damage to the environment, so it is necessary to control mosquito vectors biologically. This study was used to determine the efficacy of Bio Larvicida with the active ingredient *Bacillus thuringiensis* on the death of *Aedes*, *Anopheles* and *Culex* larvae. This research is a quantitative study, using a pure experiment with a posttest only control design, which was carried out in April 2022. There was significant death of *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* larvae in line with the increase in concentration in *Bacillus thuringiensis* and there was a significant change in morphology of larvae that have been exposed to *Bacillus thuringiensis*. *Bacillus thuringiensis* are considered effective as an alternative to natural larvicides in controlling mosquito vector populations.

© 2023 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Prof. Soedarto No.1269, Tembalang,  
Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275  
E-mail: [dericohitipeuw1000@gmail.com](mailto:dericohitipeuw1000@gmail.com)

p ISSN 2541-5581  
e ISSN 2541-5603

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim. Dampak dari iklim tropis ini menyebabkan Indonesia menjadi tempat yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan vektor penyakit. Selain itu, perubahan yang diakibatkan oleh pemanasan global yaitu perubahan iklim, perubahan suhu udara, kelembaban dan curah hujan juga menyebabkan terjadinya peningkatan populasi dari berbagai spesies vektor (Ekawasti, 2016).

Nyamuk merupakan salah satu serangga yang berperan sebagai vektor dari berbagai agen penyakit baik di perkotaan maupun di perdesaan. Berbagai macam penyakit yang ditularkan oleh nyamuk dapat ditemukan di Indonesia, antara lain demam berdarah dengue, malaria, filariasis, cikungunya, yellow fever, dan japanese encephalitis. Nyamuk *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* adalah nyamuk yang berperan sebagai vektor dalam penularan penyakit tersebut (Anggraeni, 2013).

Berdasarkan data dari Profil Kesehatan Indonesia pada tahun 2020, kasus DBD yang dilaporkan sebanyak 108.303 kasus, kasus demam cikungunya ditemukan sebanyak 1.689 kasus, sedangkan untuk kasus filariasis terdapat 9.906 kasus filariasis yang tersebar di 34 Provinsi. Morbiditas atau angka kesakitan malaria pada suatu wilayah ditentukan dengan *Annual Parasite Incidence* (API) per tahun. Pada tahun 2020, API di Indonesia sebesar 0,9%. Hal ini menunjukkan banyaknya penyakit yang ditularkan oleh nyamuk kepada manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian vektor penyakit untuk memutus rantai penularan penyakit (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2021).

Salah satu upaya memutus rantai penularan DBD, malaria, filariasis, cikungunya, *yellow fever* dan *Japanese encephalitis* dilakukan dengan cara pengendalian populasi nyamuk penular penyakitnya yaitu *Aedes* sp., *Anopheles* sp., dan *Culex* sp. yang biasanya dilakukan dengan larvasida. Selama ini, larvasida yang digunakan menggunakan bahan kimia apabila digunakan dalam waktu yang lama akan

mengakibatkan terjadinya resistensi, pencemaran lingkungan, kematian hewan bukan sasaran, hingga timbulnya masalah kesehatan pada manusia (Wardani, 2019). Pengendalian *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* yang paling mudah, praktis, dan umum dilakukan masyarakat adalah pada stadium larva (Perumalsamy, 2009). Salah satu metode yang sering dilakukan di Indonesia, baik secara nasional maupun lokal adalah larvasida menggunakan bubuk abate dengan bahan aktif temephos 1% yang dimulai sejak tahun 1976 dan sejak tahun 1980 menjadi program nasional dalam pengendalian vektor nyamuk (Fuadzy, 2015). Penggunaan temephos yang terus menerus dan dalam jangka waktu yang panjang sering menyebabkan resistensi, selain itu dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan (Cahyati, 2021). Di Indonesia telah digunakan lebih dari 30 tahun serta dicurigai menimbulkan resistensi pada vektor (Melanie, 2018).

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa larva nyamuk *Ae. aegypti* telah resisten terhadap temephos. Begitu pula beberapa penelitian yang dilakukan di Kota Banjarbaru, 9 kecamatan di Kota Surabaya dan Pelabuhan Tanjung Mas Kota Semarang menunjukkan bahwa larva *Ae. aegypti* telah toleran terhadap temephos (Ridha, 2011). Pengendalian nyamuk secara kimiawi dapat memberikan dampak jangka panjang yang negatif. Dalam memilih metode pengendalian vektor yang paling tepat, perlu dipertimbangkan ekologi lokal dan perilaku spesies target (Mulyanto, 2012). Salah satu metode pengendalian vektor meliputi kontrol kimia karena larvasida adalah racun, maka penggunaannya harus mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan dan organisme bukan sasaran (Handayani, 2016).

Selain secara kimiawi, pengendalian nyamuk dapat dilakukan secara biologi. Pengendalian secara biologi merupakan upaya pemanfaatan agen biologi untuk pengendalian nyamuk. Pengendalian nyamuk dengan mikroba direkomendasikan sebagai cara alternatif dan larvasida berbasis mikroba digunakan untuk meminimalkan populasi nyamuk yang memberikan cara yang efektif,

ramah lingkungan dan pendekatan yang ramah untuk membawa populasi nyamuk ke tingkat level yang terendah (Mahdalena, 2019). Salah satu metode yang kini mendapat banyak perhatian para ahli adalah cara biologis dengan menggunakan *Bacillus* sp pembentuk spora. Salah satu spesies *Bacillus* yang biasa digunakan untuk pemberantasan nyamuk adalah *Bacillus thuringiensis israelensis* serotype H-14 atau disingkat Bti (Yunus, 2017).

*Bacillus thuringiensis ssp. israelensis* (Bti) dinilai efektif dalam membunuh larva nyamuk *Ae. aegypti*. Bakteri Bti adalah bakteri Gram positif, berbentuk batang dan bersporulasi dari genus *Bacillus* yang dapat diisolasi dari berbagai sumber ekosistem dan bersifat selektif serta tidak beracun bagi hewan lain atau manusia serta ramah lingkungan. Bakteri Bti dapat digunakan sebagai larvasida pada area yang luas dan tempat-tempat penampungan air dan umumnya akan memberikan efek pada larva nyamuk mulai dari 1 jam setelah perlakuan (Sihotang, 2018). Hasil beberapa penelitian menunjukkan bakteri *B. thuringiensis* mengandung protein yang dapat menyebabkan keracunan pada larva serangga. Saat protein tersebut masuk ke dalam tubuh larva, maka protein akan berubah bentuk dan merusak bagian perut dan dada, sehingga menyebabkan kematian larva. Hasil penelitian (Salamun, 2021) menunjukkan bahwa *B. thuringiensis* BK5.2 memiliki toksisitas tinggi terhadap larva instar III *A. aegypti*. Secara morfologis, larva yang mati menunjukkan kerusakan pada perut dan dada. Melalui deteksi TEM dan SEM telah menunjukkan bahwa ditemukan kristal inklusi paraspora kuboid datar (Salamun, 2021).

Beberapa peneliti telah menemukan berbagai isolat lokal *B. thuringiensis* yang berpotensi dalam pengendalian *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* di Indonesia untuk mendukung pemberantasan vektor DBD, Malaria, Filariasis, Cikungunya, *Yellow fever* dan Japanese encephalitis dan mencoba mengisolasi bakteri tersebut sebagai alternatif pengendalian nyamuk tanpa mengurangi patogenesis terhadap nyamuk (Salamun, 2021). Namun, penggunaan *B. thuringiensis* belum banyak diketahui oleh

masyarakat. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai Bio Larvasida dengan bahan aktif *B. thuringiensis* untuk mengendalikan nyamuk *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* pada tahapan larva dalam upaya pengendalian (memutus siklus hidup nyamuk / memutus siklus penularan) secara lebih efektif dan efisien dengan tujuan untuk mengetahui efikasi biolarvasida *Bacillus thuringiensis* terhadap kematian larva *Aedes*, *Anopheles* dan *Culex*.

## METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen murni dengan desain penelitian *posttest only control group design*. Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2022 di Laboratorium B2P2VRP Salatiga, Jawa Tengah. Variabel bebas dari penelitian ini adalah konsentrasi biolarvasida *B. thuringiensis*. Pada penelitian ini dibuat rentang konsentrasi 500 g/ha, 750 g/ha, 1000 g/ha, 1250 g/ha, 1500 g/ha untuk larva *Anopheles* dan 0,001 g/L, 0,002 g/L, 0,004 g/L, 0,006 g/L, 0,008 g/L untuk larva *Aedes* dan *Culex*. Variabel terikat dari penelitian ini adalah kematian larva *Aedes*, *Anopheles* dan *Culex* dalam masa pengamatan 60 menit. Larvasida menggunakan larvasida *Vectobac WG* (Biolarvasida dengan bahan aktif *B. thuringiensis*).

Populasi penelitian adalah semua larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* instar III. Sedangkan untuk sampel penelitian diambil secara acak dengan besar sampel 25 ekor setiap perlakuan dan eksperimen ini dilakukan dengan 5 perlakuan dan 1 kontrol pada setiap spesies larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* dengan 3 replikasi sehingga jumlah total sampel adalah sebanyak 1.350 ekor larva.

Sumber data dalam penelitian ini yaitu menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari data hasil pengamatan terhadap efikasi biolarvasida *Bacillus thuringiensis* terhadap kematian larva *Aedes*, *Anopheles* dan *Culex*. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari jurnal, artikel, tesis maupun skripsi yang mendukung penelitian. Selain itu, data sekunder juga diperoleh dari

buku-buku, laporan riset kesehatan daerah, serta profil kesehatan nasional, provinsi, maupun kota/kabupaten.

Analisis data menggunakan analisis Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dan Kruskal Wallis untuk menguji perbedaan rata-rata kematian larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* pada berbagai tingkat konsentrasi biolarvasida *Bacillus thuringiensis*. Serta analisis probit untuk mengetahui  $LT_{50}$  dan  $LT_{90}$  serta  $LC_{50}$  dan  $LC_{90}$  yang efektif terhadap kematian larva.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran terhadap suhu air untuk media pengujian perlakuan yaitu 25 derajat celsius, rata-rata pengukuran suhu udara ruangan saat pengujian 25,8 derajat celsius, pH air 7 (netral) dan rata-rata kelembaban ruangan saat pengujian adalah 82,6%. Hasil yang diperoleh tidak ditemukan kematian larva *Aedes* pada perlakuan kontrol. Ditemukan kematian larva *Aedes* dari berbagai serial konsentrasi yang mengalami peningkatan rata-rata seiring penambahan konsentrasi. Sehingga kematian larva berbanding lurus dengan peningkatan serial konsentrasi. Pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi mulai dari 0.004 g/L, 0.006 g/L, dan 0.008 g/L merupakan konsentrasi yang paling tepat karena dapat mematikan larva *Aedes* secara keseluruhan yaitu 100%. Hasil pengamatan kematian nyamuk

*Aedes* pada penelitian selama 60 menit dapat dilihat pada Tabel 1. Terdapat perbedaan dimana peningkatan konsentrasi *B. thuringiensis* dan lamanya waktu yang diikuti dengan kematian larva *Aedes* yang semakin tinggi (Tabel 1.). Hal ini terjadi karena tingkat sensitifitas larva *Aedes* terhadap *B. thuringiensis* berbeda antara satu dengan lainnya, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menunjukkan tanda-tanda kematian larva *Aedes* pun berbeda meskipun jenis larvanya sama (Sari, 2019).

Analisis probit ditujukan untuk menentukan efikasi larvasida terhadap kematian larva nyamuk dengan hasil nilai konsentrasi sebesar 0,00005 g/L ( $LC_{50}$ ) efektif untuk membunuh 50% populasi hewan uji, 0,00025 g/L ( $LC_{90}$ ) efektif untuk membunuh 90% populasi hewan uji, dan 0,00088 g/L ( $LC_{99}$ ) efektif untuk membunuh 99% populasi hewan uji. Penelitian terdahulu dengan hasil yang serupa dilakukan oleh (Santi, 2016) dengan hasil untuk membunuh 50% larva *Aedes* sp ( $LC_{50}$ ) diperlukan konsentrasi dalam waktu 6 jam memerlukan konsentrasi 4 µl per liter air dan membunuh 100 % larva *Aedes* sp. memerlukan konsentrasi *B. thuringiensis* dari 40 µl–50 µl.

Analisis probit untuk *Lethal Time* menunjukkan hasil nilai  $LT_{50}$  tertinggi yaitu pada konsentrasi 0,001 g/L dengan waktu 18,079 menit. Konsentrasi 0,006 g/L dan 0,008 g/L tidak dapat dikenali (*unidentified*) karena kematian larva uji secara keseluruhan membutuhkan waktu selama kurang lebih

**Tabel 1.** Hasil Pengamatan Kematian Larva *Aedes* Setelah Terpapar Biolarvasida *B. thuringiensis*

Konsentrasi (g/L)	Waktu Pengamatan						Rata- Rata Jumlah Kematian Larva	Persent ase Kematian Larva (%)
	10 Menit	20 Menit	30 Menit	40 menit	50 Menit	60 Menit		
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
0.001	21.00	22.33	23.33	23.67	24.67	24.67	23.28	93
0.002	23.00	24.00	24.33	25.00	25.00	25.00	24.39	98
0.004	24.67	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	24.94	100
0.006	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	100
0.008	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	100

**Tabel 2.** Hasil Analisis Probit Untuk *Lethal Time* Larva *Aedes*

Konsentrasi (g/L)	LT <sub>50</sub> (CI 95%) Satuan: menit	LT <sub>90</sub> (CI 95%) Satuan: menit
0,001	2,223	18,079
0,002	2,026	9,494
0,004	1,195	3,906
0,006	unidentified	unidentified
0,008	unidentified	unidentified

satu menit (Tabel 2.). Penelitian yang dilakukan (Artie, 2019) menunjukkan hasil pada konsentrasi *B. thuringiensis* 20 ppm LT<sub>50,24jam</sub> tertinggi yaitu 16,02 jam dan LT<sub>50,24jam</sub> terendah yaitu 7,30 jam. LT<sub>90,24jam</sub> tertinggi yaitu 70,24 jam dan LT<sub>90,24jam</sub> terendah yaitu 26, 25 jam.

Jenis toksin bakteri *B. thuringiensis* yang mampu membunuh *A. aegypti* terbentuk akibat aktivitas 4 gen kristal protoksin utama, yaitu cry4Aa, cry4Ba, cry11Aa dan cyt1Aa. Selain aktivitas 4 gen tersebut, terdapat gen-gen lain yaitu cry10Aa, cyt2Ba dan cyt1Ca yang menyumbangkan karakter toksisitas tambahan (Ben-dov, 2014). Toksin yang terkandung dalam *B. thuringiensis* yang termakan oleh larva *Aedes* akan bereaksi dengan keadaan usus larva yang memiliki keadaan basa dan menghasilkan enzim protease yang dapat menguraikan kristal protein menjadi toksin yang mengganggu keseimbangan osmotik dalam usus larva sehingga menyebabkan kematian pada larva (Gama, 2010).

Pada penelitian ini keaktifan *B. thuringiensis* dalam membunuh larva *Aedes* dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor paparan sinar ultraviolet dipercaya dapat merusak *B. thuringiensis*. Penelitian ini dilakukan di dalam laboratorium sehingga tidak adanya paparan sinar ultra violet langsung. Faktor pH air dinyatakan dapat membantu keefektifan *B. thuringiensis*, jika pH air yang digunakan dalam rentang pH 6,8-7,2 (Haiqal, 2020). Pada penelitian ini hasil pemeriksaan air pada laboratorium didapati pH air 7 yang membuat *B. thuringiensis* efektif dalam membunuh larva *Aedes*.

Faktor lainnya yang berpengaruh yaitu faktor larva yang digunakan pada penelitian ini

yaitu larva *Aedes* Instar III yang sudah memiliki sistem pencernaan lengkap sehingga toksin yang terdapat pada *B. thuringiensis* dapat bekerja efektif karena *B. thuringiensis* berespon pada sistem cerna larva (Yulyanto, 2014). Faktor suhu air dimana *B. thuringiensis* efektif pada air yang suhunya 19°C - 33°C. Efektivitas *B. thuringiensis* menurun tajam pada suhu di bawah 19°C karena larva lambat bergerak dan kebiasaan makannya juga menurun pada suhu tersebut (Darnely, 2010). Pada penelitian ini suhu air berada pada angka 25°C.

Kematian larva *Anopheles* dari berbagai serial konsentrasi mengalami peningkatan rata-rata seiring penambahan konsentrasi (Tabel 3.). Sehingga kematian larva berbanding lurus dengan peningkatan serial konsentrasi. Pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi pada angka 1500 g/ha merupakan konsentrasi yang paling tepat karena dapat mematikan larva *Anopheles* paling besar (89%) dibandingkan pada konsentrasi lainnya. Pernyataan ini didukung oleh (Ben-dov, 2014) yang menyatakan bahwa semakin rendah konsentrasi bakteri yang diaplikasikan kepada larva maka tingkat kematian larva juga akan rendah, begitupun sebaliknya jika konsentrasi bakteri yang digunakan tinggi maka tingkat kematian larva juga akan semakin tinggi.

Apabila dilihat dari waktu paparan *Bacillus thuringiensis* terhadap kematian larva *Anopheles* menunjukkan hasil bahwa semakin lama paparan dilakukan maka kematian larva *Anopheles* semakin meningkat (Tabel 3.). Waktu pemaparan yang lama *B. thuringiensis* dengan konsentrasi yang tinggi berpengaruh terhadap kematian larva. Daya bunuh *B. thuringiensis* paling tinggi dalam waktu pemaparan 4 hari dan apabila lebih dari itu toksin yang dihasilkan bakteri akan mengendap di dasar tempat hidup larva. Penurunan efektivitas *B. thuringiensis* terjadi setelah lebih dari 4 hari dikarenakan ketersediaan nutrisi yang menurun (Wibowo, 2017).

Analisis probit untuk *Lethal Concentration* menghasilkan konsentrasi yang dibutuhkan untuk mematikan 50% (LC<sub>50</sub>), 90% (LC<sub>90</sub>), dan 99% (LC<sub>99</sub>) larva *Anopheles* sebesar

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Kematian Larva *Anopheles* Setelah Terpapar Biolarvasida *B. thuringiensis*

Konsentra si (g/ha)	Waktu Pengamatan						Rata- Rata	Persenta se
	10 Menit	20 Menit	30 Menit	40 Menit	50 Menit	60 Menit	Jumlah Kematia n Larva	Kematia n Larva (%)
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
500	16.67	18.33	19.00	19.67	20.00	21.00	19.11	76
750	18.67	19.33	19.67	20.00	20.67	22.00	20.06	80
1000	19.67	20.00	20.33	20.67	21.67	22.67	20.83	83
1250	20.00	20.67	21.00	21.33	22.00	23.00	21.33	85
1500	21.00	21.33	22.00	22.67	23.00	23.33	22.22	89

**Tabel 4.** Hasil Analisis Probit Untuk *Lethal Time* Larva *Anopheles*

Konsentrasi (g/ha)	LT <sub>50</sub> (CI 95%) Satuan: menit	LT <sub>90</sub> (CI 95%) Satuan: menit
500	2,287	207,518
750	0,637	201,069
1000	0,459	109,828
1250	0,421	71,970
1500	0,347	35,021

57,20447 g/ha, 936,87912 g/ha, dan 9154,07807 g/ha. Analisis probit untuk *Lethal Time* menunjukkan hasil konsentrasi 1500 g/ha merupakan konsentrasi dengan waktu tercepat untuk mematikan larva *Anopheles* dengan LT<sub>50</sub> 0,347 menit dan LT<sub>90</sub> 35,021 menit (Tabel 4.).

Kematian larva nyamuk *Anopheles* diduga disebabkan oleh paraspora kristal protein d-endotoksin yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* (Wibowo, 2017). *B. thuringiensis* yang dimakan oleh larva akan larut di dalam usus larva, kemudian diubah menjadi toksin aktif oleh enzim proteolitik dalam usus larva dan akan berikatan dengan reseptor spesifik pada membran usus larva. Ikatan ini menyebabkan lisis epitel usus larva dan mengganggu permeabilitas cairan sehingga sel menjadi bengkak kemudian pecah dan mengakibatkan kematian larva. Toksin ini juga membuat penurunan nafsu makan pada larva, sehingga menyebabkan larva berhenti makan (Nartey, 2013).

*B. thuringiensis* efektif dalam membunuh larva *Anopheles* pada penelitian ini diduga dikarenakan beberapa faktor, diantaranya instar larva nyamuk. Larva yang digunakan pada penelitian ini larva *Anopheles* Instar III dimana larva instar III merupakan larva yang paling aktif dan paling banyak makan, larva tersebut memakan *B. thuringiensis* dalam jumlah besar ke dalam sistem pencernaannya. Hal tersebut menyebabkan populasi bakteri dalam usus larva tinggi yang dapat mempengaruhi kematian larva tersebut (Wibowo, 2017). Suhu air berpengaruh dalam keefektifan *B. thuringiensis*, suhu air dalam penelitian ini 25°C yang termasuk dalam rentang suhu yang efektif yaitu 19°C - 33°C (Darnely, 2010).

Penelitian ini dilakukan di laboratorium yang tidak terpapar sinar matahari, hal ini berpengaruh pada keefektifan *B. thuringiensis* dikarenakan paparan sinar ultraviolet dipercaya dapat merusak *B. thuringiensis*. pH air yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan angka 7 termasuk dalam rentang pH 6,8-7,2 yang merupakan pH yang membantu keefektifan *B. thuringiensis* (Haiqal, 2020).

Dalam penelitian ini didapatkan seiring penambahan konsentrasi *B. thuringiensis* berdampak pada peningkatan rata-rata kematian larva *Culex*. Dimana konsentrasi *B. Thuringiensis* 0.008 g/L merupakan konsentrasi yang paling tepat karena dapat mematikan larva *Culex* paling besar (98%) dibandingkan pada konsentrasi lainnya (Tabel 5.).

**Tabel 5.** Hasil Pengamatan Kematian Larva *Culex* Setelah Terpapar Biolarvasida *B. thuringiensis*

Konsentra si (g/L)	Waktu Pengamatan						Rata- Rata Jumlah Kematia n Larva	Persenta se Kematia n Larva (%)
	10 Menit	20 Menit	30 Menit	40 Menit	50 Menit	60 Menit		
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
0.001	8.67	13.00	16.00	18.67	20.00	21.00	16.22	65
0.002	15.67	17.67	18.67	20.67	21.33	22.00	19.33	77
0.004	18.33	20.00	21.67	22.33	22.67	23.33	21.39	86
0.006	20.00	21.00	22.67	23.00	23.67	24.67	22.50	90
0.008	23.00	4.00	24.67	25.00	25.00	25.00	24.44	98

Hasil ini didukung oleh (Dambach, 2014) bahwa aplikasi konsentrasi bakteri *B. thuringiensis* yang tinggi dapat menyebabkan kematian larva uji dalam jumlah yang besar. Sehingga, tingginya konsentrasi yang termakan oleh larva uji menyebabkan kematian.

Berdasarkan waktu paparan *Bacillus thuringiensis* yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit terjadi peningkatan kematian larva *Culex* seiring dengan semakin lama waktu yang dilakukan pada masing-masing konsentrasi. Pernyataan sama diungkapkan oleh (Santi, 2016) bahwa semakin lama waktu yang diberikan maka semakin besar rata-rata kematian larva nyamuk uji.

Analisis probit untuk *Lethal Concentration* pada *Culex* dibutuhkan konsentrasi 0,00024 g/L (LC<sub>50</sub>), 0,00189 g/L (LC<sub>90</sub>), dan 0,01006 (LC<sub>99</sub>). Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan (Elqowiyya, 2015) mengenai efikasi larvasida *B. thuringiensis* terhadap kematian larva *Culex quinquefasciatus* dari daerah Bekasi menunjukkan hasil LC<sub>50</sub> atau konsentrasi yang efektif untuk membunuh 50% larva instar III uji yaitu 0,012 mg/L dan LC<sub>90</sub> atau konsentrasi yang efektif untuk membunuh 90% larva uji yaitu 0,024 mg/L.

Hasil analisis probit untuk *Lethal Time* menunjukkan LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> dari pengujian *B. thuringiensis* terhadap larva *Culex* dengan konsentrasi 0,008 g/L merupakan LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> tercepat yang berada pada nilai 2,396 dan 9,507. Sedangkan LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> dari pengujian *B. thuringiensis* terhadap larva *Culex* dengan

konsentrasi 0,001 g/L merupakan LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> terlama yang berada pada nilai 17,609 menit dan 90,324 menit (Tabel 6.). Hasil yang berbeda ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan (Dylo, 2014) mengenai efikasi dari *B. thuringiensis* pada larva nyamuk *Culex* di Zomba dengan hasil dosis yang efektif dari *B. thuringiensis* pada larva *Culex* yakni 47,73 g/ha dengan LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> masing-masing adalah 7,5 jam dan 24,3 jam. Dengan perbedaan pada penelitian ini terletak pada waktu pengamatan yang dilakukan saat penelitian.

Kematian larva *Culex* disebabkan oleh kristal protein dan spora yang dibiolarvasidasi oleh *B. thuringiensis*. Toksin ini dapat larut dan aktif pada usus larva dengan kondisi basa. Ikatan antara toksin dengan reseptor *candherin* menyebabkan rusaknya mikrovili usus, sel kolumnar, sel goblet, lisisnya sel epitel lainnya dan penurunan nafsu makan. Toksin juga mengakibatkan terbentuknya pori-pori kecil berukuran 0,5-1 nm sehingga terjadi gangguan permeabilitas cairan. Disisi lain, bakteri ini terus

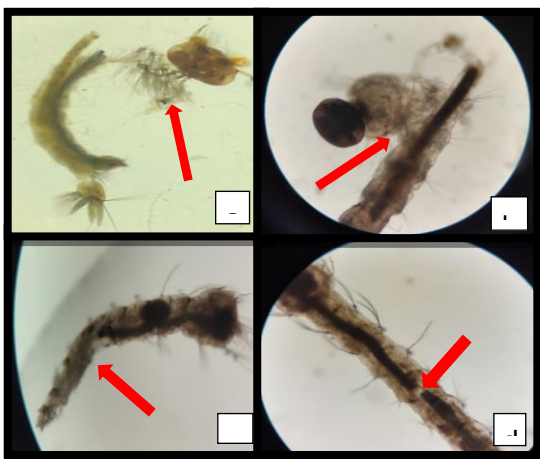
**Tabel 6.** Hasil Analisis Probit Untuk *Lethal Time* Larva *Culex*

Konsentrasi (g/L)	LT <sub>50</sub> (CI 95%) Satuan: menit	LT <sub>90</sub> (CI 95%) Satuan: menit
0,001	17,609	90,324
0,002	5,689	87,322
0,004	2,904	43,553
0,006	2,630	26,175
0,008	2,396	9,507

berpoliferasse dalam tubuh larva sehingga larva menjadi septik. Seluruh mekanisme ini turut berperan serta dalam kematian larva (Lopes, 2010).

Kematian larva pada penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor dari kondisi larva maupun faktor lingkungan. Ditinjau dari faktor kondisi larva, larva yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larva *Culex* instar III dimana pada stadium ini, sistem pencernaan larva sudah terbentuk dengan sempurna sehingga Kristal protein dan spora dari *B. thuringiensis* dapat bekerja optimum sebagai racun perut. Oleh karena itu, *B. thuringiensis* kurang cocok digunakan untuk larva instar I/II (Manimegalai, 2014). Faktor lain yang meningkatkan keefektifan larvasida ini dalam membunuh larva adalah pengujian *B. thuringiensis* dilakukan di dalam laboratorium sehingga tidak terpajan langsung oleh sinar ultraviolet yang dapat merusak *B. thuringiensis*. *B. thuringiensis* dapat bekerja efektif pada suhu 28°C - 32°C dan pH 6,8-7,2. Hal ini sesuai dengan kondisi suhu dan pH yang sama di laboratorium tempat penelitian. pH lebih dari 9 dapat menyebabkan rusaknya Kristal protein *B. thuringiensis* (Lepe, 2012).

Pengamatan mikroskopis dilakukan untuk mengamati perubahan morfologi larva yang terinfeksi biolarvasida *B. thuringiensis*. Secara mikroskopis dapat diamati bahwa ada



**Gambar 1.** Larva yang Telah Diuji dengan *Bacillus thuringiensis*

Larva kontrol memiliki struktur tubuh yang masih utuh. Hal yang berbeda terlihat pada larva uji *B. thuringiensis* dimana mengalami kerusakan struktur tubuh. Adapun perubahan morfologi larva yang terinfeksi biolarvasida *B. thuringiensis* dapat dilihat pada gambar 1 dimana didapatkan hasil (a) tubuh larva rusak, (b) kepala dan thorax larva hampir putus, (c) larva mengalami paralisis usus (usus rusak), (d) usus larva putus.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Sari, 2019) yaitu terdapat perubahan morfologi larva *Aedes aegypti*. Larva *Aedes* yang terpajan oleh kandungan *B. thuringiensis* kadaluwarsa memiliki tubuh yang rusak, kepala hampir putus, usus putus, dan siphon yang tidak berkembang. Penelitian lain yang menunjukkan hasil serupa yaitu (Melanie, 2018) pengamatan pada larva yang mati telah terinfeksi *B. thuringiensis* menunjukkan bahwa larva *Aedes* membengkak dan akhirnya lisis atau pecah isi sel ke bagian lumen.

Perubahan morfologi pada larva ini salah satunya ditandai dengan kerusakan pada saluran pencernaan, jaringan usus yang berlubang, dan tampak warna gelap (hitam) yang mengelilingi jaringan tersebut. Hal ini diakibatkan oleh aktivitas kristal protein yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis*. Sedangkan perubahan morfologi larva dengan bentuk usus tengah (*midgut*) sudah tidak utuh lagi disebabkan oleh sifat basa pada saluran pencernaan dan menghasilkan mineral serta enzim protease yang dapat menguraikan kristal protein, yang bersifat protoksin menjadi toksin (Sari, 2019).

Toksin masuk ke dalam saluran pencernaan larva nyamuk kemudian melewati membran tropik dan terikat oleh reseptor khusus yang terdapat pada mikrovili sel epitel mesenteron. Adanya ikatan ini akan terbentuk toksin dengan ukuran pori-pori yang kecil (Mahdalena, 2019). Hal ini berakibat pada terganggunya keseimbangan osmotik, sehingga mudah masuknya ion-ion dan air ke dalam sel yang menyebabkan lisis atau hancur



(Vajri, 2021). Sel-sel epitel yang telah hancur tersebut akan terpisah dari membran dasar dan terlepas ke dalam lumen. Akibat adanya kerusakan dan kehancuran dari sel-sel epitel menyebabkan membran dasar mudah dirusak oleh *B. thuringiensis*. Toksin juga menghambat pembentukan Adenosin Trifosfat (ATP), merusak transportasi ion dan glukosa dan menghambat gerakan kontraksi otot-otot mesenteron. Kerusakan pada struktur dan fungsi usus menyebabkan zat-zat metabolik seperti ion akan keluar dari lumen dan masuk ke dalam hemolimfa yang menimbulkan paralisis dan akhirnya larva mati (Gama, 2010).

## PENUTUP

Seiring penambahan konsentrasi *B. thuringiensis* berdampak pada peningkatan rata-rata kematian pada larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex*. Secara morfologi, larva yang telah terpajan biolarvasida *Bacillus thuringiensis* memiliki struktur tubuh yang rusak, kepala dan thorax hampir putus, mengalami paralisis usus (usus rusak), dan usus putus.

Saran yang dapat diajukan oleh peneliti yaitu apabila ingin melakukan penelitian lebih lanjut dapat dilanjutkan pada tahap semi lapangan atau lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Y.M., Christina, B. & Wianto, R. (2013) 'Uji Daya Bunuh Ekstrak Kristal Endotoksin *Bacillus thuringiensis israelensis* (H-14) terhadap Jentik *Aedes aegypti*, *Anopheles aconitus* dan *Culex quinquefasciatus*', *Jurnal Sain Veteriner*, 31(1), pp. 35–42.
- Artie, N.D. & Hariani, N. (2019) 'Mortalitas Larva *Aedes aegypti* Terhadap Temephos dan *Bacillus thuringiensis* var . *israelensis* ( Bti )', *Jurnal Bioterdidik*, 7(6), pp. 37–43.
- Ben-dov, E. (2014) 'Bacillus thuringiensis subsp. *israelensis* and Its Dipteran-Specific Toxins', *Toxins*, 6, pp. 1222–1243. doi:10.3390/toxins6041222.
- Cahyati, W.H. & Nuryanti, S. (2021) 'Potensi Elektrik Mat Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum* L) sebagai Upaya Pengendalian Vektor Nyamuk *Aedes aegypti*', *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 5(1), pp. 171–181.
- Dambach P, Louis VR, Kaiser A, Ouedraogo S, Sié A, Sauerborn R, et al. (2014) 'Efficacy of *Bacillus thuringiensis* var . *israelensis* against malaria mosquitoes in northwestern Burkina Faso', *BioMed Central*, 7(371), pp. 1–8.
- Darnely (2010) 'Penggunaan *Bacillus thuringiensis israelensis* untuk Memberantas *Aedes aegypti*', *Majalah Kedokteran FK UI*, XXVII(4), pp. 167–172.
- Dylo, P., Martin, C. & Mhango, C. (2014) 'Efficacy of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* ( Bti ) on *Culex* and *Anopheline* mosquito larvae in Zomba', *Malawi Journal of Science and Technology*, 10(1), pp. 40–52.
- Ekawasti, F. & Martindah, E. (2016) 'Pengendalian Vektor pada Penyakit Zoonotik Virus Arbo di Indonesia (Vector Control of Zoonotic Arbovirus Disease in Indonesia)', *Wartazoa*, 26(4), pp. 151–162. doi:http://dx.doi.org/10.14334/wartazoa.v26i4.1402.
- Elqowiyya, A.I. (2015) *Efikasi Larvasida Bacillus Thuringiensis Israelensis Terhadap Kematian Larva Culex Quinquefasciatus Dari Daerah Bekasi*.
- Fuadzy H, Hodijah DN, Jajang A, Widawati M. (2015) 'Kerentanan Larva *Aedes Aegypti* Terhadap Temefos Di Tiga Kelurahan Endemis Demam Berdarah Dengue Kota Sukabumi', *Buletin Penelitian Kesehatan*, 43(1), pp. 41–46. doi:10.22435/bpk.v43i1.3967.41-46.
- Gama, Z.P., Yanuwadi, B. & Kurniati, T.H. (2010) 'Strategi Pemberantasan Nyamuk Aman Lingkungan: Potensi *Bacillus thuringiensis* Isolat Madura Sebagai Musuh Alami Nyamuk *Aedes aegypti*', *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*, 1(1), pp. 1–10.
- Haiqal MI, Badiri I, Isfanda, Riverson S M. (2020) 'Efektifitas *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) Sebagai Parasitoid Larva *Aedes aegypti*', *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, pp. 355–357.
- Handayani N, Santoso L, Martini, Purwantisari S. (2016) 'Status Resistensi Larva *Aedes Aegypti* Terhadap Temephos Di Wilayah Perimeter dan Buffer Pelabuhan Tanjung Emas Kota Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), pp. 159–166.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2021) *Profil Kesehatan Indonesia 2020, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*. Edited by H. Boga, F. Sibuea, and W. Widiyanti. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

- Lepe, M.R. & Suero, M.R. (2012) 'Biological Control of Mosquito Larvae by *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*', *Insecticides-Pest Engineering*, 11, pp. 239–264.
- Lopes, J., Arantes, O. & Cenci, M. (2010) 'Evaluation of a new formulation of *Bacillus thuringiensis israelensis*', *Braz J. Biol.*, 70(4), pp. 1109–1114.
- Mahdalena, V. & Ni'mah, T. (2019) 'Potensi dan Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Pengendalian Penyakit Tular Nyamuk', *Spirakel*, 11(2), pp. 72–81. doi:10.22435/spirakel.v11i2.1292.
- Manimegalai, K. & Sukanya, S. (2014) 'Original Research Article Biology of the filarial vector, *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae)', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(4), pp. 718–724.
- Melanie, Rustama MM, Sihotang IS, Kasmara H. (2018) 'Effectiveness of Storage Time Formulation of *Bacillus Thuringiensis* Against *Aedes aegypti* Larvae (Linnaeus)', *Jurnal Cropsaver*, 1(1), pp. 48–52.
- Mulyanto KC, Yamanaka A, Ngadino, Konishi E. (2012) 'Resistance of *Aedes aegypti* (L.) Larvae to Temephos in Surabaya, Indonesia', *Southeast Asian Journal Tropical Medical Public Health*, 43(1), pp. 29–33.
- Nartey R, Owusu-dabo E, Kruppa T, Baffour-awuah S, Annan A, Oppong S, *et al.* (2013) 'Use of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* as a viable option in an Integrated Malaria Vector Control Programme in the Kumasi Metropolis, Ghana', *BioMed Central*, 6(116), pp. 1–10.
- Perumalsamy, H., Kim, N.J. & Ahn, Y.J. (2009) 'Larvicidal activity of compounds isolated from asarum heterotropoides against *Culex pipiens pallens*, *Aedes aegypti*, and *Ochlerotatus togoi* (Diptera: Culicidae)', *Journal of Medical Entomology*, 46(6), pp. 1420–1423. doi:10.1603/033.046.0624.
- Ridha, M.R. & Nisa, K. (2011) 'Larva *Aedes aegypti* Sudah Toleran Terhadap Temepos di Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan', *Vektora: Jurnal Vektor Dan Reservoir Penyakit*, 3(2), pp. 93–111.
- Salamun, Fatimah, Fauzi, Ahmad, Praduwana, N S, *et al.* Larvicidal toxicity and parasporal inclusion of native *Bacillus thuringiensis* BK5.2 against *Aedes aegypti*. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 2021;32(4):379–84.. (2021) 'Larvicidal toxicity and parasporal inclusion of native *Bacillus thuringiensis* BK5.2 against *Aedes aegypti*', *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 32(4), pp. 379–384. doi:https://doi.org/10.1515/jbcpp-2020-0472.
- Santi, H.L. & Purnama, S.G. (2016) 'Uji Patogenitas *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Terhadap Larva Nyamuk *Aedes* sp. Sebagai Biokontrol Penyebab Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Denpasar Tahun 2014', *Archive of Community Health*, 3(1), pp. 14–23.
- Sari NK, Setyaningrum E, Rosa E, Biologi J. (2019) 'Uji Efektivitas *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Yang Telah Kadaluwarsa Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*', *BioWallace: Jurnal Penelitian Biologi*, 6(1), pp. 944–953.
- Sihotang, H. & Umniyati, S.R. (2018) 'Toxistas temephos, minyak atsiri jahe (*Zingiber officinale* Roxb), dan *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* (Bti) terhadap larva nyamuk *Ae. aegypti* dari Sumatra Utara', *Berita Kedokteran Masyarakat*, 34(3), pp. 127–136.
- Vajri, I.Y. & Rahma, H. (2021) 'Potensi Rizobakteri Dalam Mengendalikan Hama *Crociodolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae) Pada Tanaman Kubis', *Agrium*, 24(1), pp. 7–16.
- Wardani AT, Anggraeni YM, Nugroho A, Wianto R, Rahardianingtyas E. (2019) 'Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas *Bacillus thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga Sediaan Serbuk untuk Pengendalian Jentik *Anopheles* spp di Kabupaten Kulon Progo', *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 11(2), pp. 103–110. doi:10.22435/vk.v11i2.1565.
- Wibowo, C.I. (2017) 'Efektivitas *Bacillus thuringiensis* dalam Pengendalian Larva Nyamuk *Anopheles* sp', *Biosfera*, 34(1), pp. 39–46. doi:10.20884/1.mib.2017.34.1.469.
- Yulyanto A, Hermawan D, Yulendasari R, Amirus K, Larva K. (2014) 'Efikasi *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) Terhadap Keberadaan Larva *Aedes aegypti* Di Kelurahan Tanjung Seneng Kota Bandar Lampung', *Jurnal Kesehatan Holistik*, 8(1), pp. 12–16.
- Yunus, R. & Satoto, T.B.T. (2017) 'Efikasi *Bacillus thuringiensis israelensis* yang Ditumbuhkan pada Media Air Cucian Beras Mekongga terhadap Larva *Aedes aegypti* Strain Kendari', *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 9(1), pp. 9–16.