

Efektivitas Tablet *Bacillus thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga terhadap Jentik *Aedes aegypti* pada Dua Sumber Air yang Berbeda

Effectiveness of Tablets of *Bacillus thuringiensis* H-14 Isolate Salatiga against *Aedes aegypti* larvae in Two Different Water Sources

Arum Triyas Wardani*, R.A. Wigati, Esti Rahardianingtyas, Rendro Wianto, Arief Nugroho
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit Salatiga
Jalan Hasanudin Nomor 123 Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia
*E_mail: arumtriyaswardani@gmail.com

Received date: 04-06-2020, Revised date: 24-11-2020, Accepted date: 29-04-2021

ABSTRAK

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit tular vektor yang masih menjadi masalah kesehatan di Indonesia. Salah satu upaya pengendalian DBD dengan vektor menggunakan *Bacillus thuringiensis* H-14. Kelemahan metode ini adalah efek residunya yang singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan efektivitas *B. thuringiensis* H-14 yang diuji pada dua sumber air berbeda yaitu air sumur dan air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di rumah penduduk dan efek residu di lapangan. Jenis penelitian adalah eksperimen semu dilakukan dalam skala laboratorium dan lapangan pada Bulan Maret-September 2017. Penelitian dilaksanakan dengan membuat *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga dalam bentuk tablet lepas lambat, uji efikasi dan efektifitasnya terhadap jentik nyamuk *Aedes aegypti* pada dua macam sumber air. Hasil menunjukkan kandungan *B. thuringiensis* isolat Salatiga sediaan tablet lepas lambat dengan berat 125mg adalah 5mg. Uji efikasi skala laboratorium menunjukkan LC₅₀ sebesar 0,436 ppm dan LC₉₀ sebesar 2,440 ppm. Uji efektivitas skala lapangan LC₅₀ (air PDAM) sebesar 0,098 ppm dan (air sumur) 1,909 ppm, sedangkan LC₉₀ (air PDAM) sebesar 0,186 ppm dan (air sumur) 0,909 ppm. Hasil uji efikasi menunjukkan tidak ada perbedaan pengaruh aplikasi tablet *B. thuringiensis* pada air sumur dan PDAM. Tablet *B. thuringiensis* H-14 efektif mengendalikan jentik *Ae.aegypti* lebih dari 80% hingga hari ke-7 pada pengujian lapangan.

Kata kunci: *Bacillus thuringiensis* H-14, *Aedes aegypti*, tablet, sumber air

ABSTRACT

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is a vector-borne disease that is still a health problem in Indonesia. One of the DHF control effort is to control the larvae of the mosquito vector using Bacillus thuringiensis H-14. The weakness of this metode is its short residual effect. This study aims to determine differences in the effectiveness of B. thuringiensis H-14 tested in two different water sources, namely well water and PDAM water in people's houses and its residual effects in the field. The study used a quasi-experimental, which include laboratory and field experiments in March to September 2017. The research was carried out by producing B. thuringiensis H-14 Salatiga isolates in the form of slow release tablets, testing the efficacy and measuring their effectiveness to Aedes aegypti mosquito larvae in two kinds of water sources. The results showed that the content of B. thuringiensis Salatiga isolate in slow release tablets weighing 125 mg was 5 mg. The efficacy test at laboratory scale showed that the LC₅₀ was 0.436 ppm and the LC₉₀ was 2.440 ppm. The effectiveness test in the field of LC₅₀ (PDAM water) is 0.098 ppm and (well water) is 1.909 ppm, while LC₉₀ (PDAM water) is 0.186 ppm and (well water) is 0.909 ppm. The efficacy assay results showed there was no significant difference in the effect of B. thuringiensis tablet between well water and PDAM water. B. thuringiensis H-14 tablets were effective in controlling Ae. aegypti larvae more than 80% until the 7th day in field testing.

Keywords: *Bacillus thuringiensis* H-14, *Aedes aegypti*, tablet, water source

PENDAHULUAN

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit tular vektor yang disebabkan oleh virus Dengue. Virus Dengue ditemukan di daerah tropis dan sub tropis. Indonesia merupakan negara beriklim tropis, tempat yang baik untuk berkembangnya berbagai penyakit terutama penyakit yang dibawa oleh vektor. Virus dengue ditularkan nyamuk spesies *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*.^{1,2} Jumlah kasus DBD tahun 2017 dilaporkan sebanyak 68.407 kasus dengan kasus meninggal sebanyak 493 orang dan *Incidence Rate* (IR) 26,12 per 100.000 penduduk.³ Salah satu upaya penanggulangan DBD dengan pengendalian nyamuk vektor stadium pradewasa atau stadium jentik. Pengendalian jentik dapat dilakukan dengan cara kimiawi dan biologi.

Pengendalian jentik nyamuk secara kimiawi dapat dilakukan dengan pemberian larvasida (temephos) ke tempat penampungan air.⁴ Penelitian menyebutkan bahwa penggunaan temephos secara terus menerus dapat menyebabkan resistensi.^{5,6} Selain itu penggunaan larvasida dapat menyerang organisme non-target serta berdampak buruk pada kesehatan lingkungan.⁷

Pengendalian jentik nyamuk vektor secara biologis menggunakan bahan yang berasal dari agen biologi seperti bakteri *Bacillus thuringiensis* H-14. Keuntungan penggunaan bahan biologi untuk pengendalian jentik nyamuk adalah aman bagi manusia dan organisme non-target lainnya. Penelitian menunjukkan bahwa bakteri *B. thuringiensis* H-14 efektif membunuh jentik nyamuk *Ae. aegypti*, akan tetapi memiliki efek residu yang pendek.⁸⁻¹⁰ Bakteri *B. thuringiensis* H-14 memiliki efek residu yang pendek, penelitian terkait dilakukan dengan melakukan formulasi *B. thuringiensis* H-14 dengan tujuan untuk memudahkan pada saat diaplikasikan dan meningkatkan efek residu.¹¹

Uji efikasi formulasi bakteri *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga dalam sediaan cair dan bubuk sudah dilakukan oleh Balai Besar Penelitian Pengembangan Vektor

dan Reservoir Penyakit Salatiga.¹² Penelitian formulasi *B. thuringiensis* sediaan tablet lepas lambat dan uji efikasi di laboratorium dan uji efektivitasnya di lapangan belum pernah dilakukan. Penggunaan *B. thuringiensis* H-14 formulasi tablet ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain mudah dalam pengaplikasian, mudah dalam pengemasan, dan mudah dibawa.¹³ Penelitian ini akan memformulasikan *B. thuringiensis* dalam sediaan lepas lambat dan melakukan uji efektivitas di lapangan.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui perbedaan efektivitas *B. thuringiensis* H-14 yang diuji pada dua sumber air berbeda yaitu air sumur dan air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di rumah penduduk dan efek residu di lapangan.

METODE

Bahan, Alat, Pelaksanaan Penelitian

Bahan: jentik nyamuk *Ae. aegypti*, kultur bakteri *B. thuringiensis* H-14, Natrium agar, *Tryptose Phosphate Broth* (TPB), hidroksipropilmetilselulosa, natrium bikarbonat, asam sitrat, amilum, magnesium stearat, talk, aquadest steril. Alat: jarum ose, magnetik stirer, oven pengering, mesin pencetak tablet, ember plastik. Pembuatan tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, sedangkan isolasi kultur dan uji efikasi di laboratorium Mikrobiologi Balai Besar Penelitian Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP). Penelitian lapangan diaplikasikan di Kecamatan Sidorejo, Kota Salatiga, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian eksperimen semu ini dilakukan pada bulan Maret-September 2017.

Pembuatan Kultur *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga

Kultur murni *B. thuringiensis* H-14 diinkubasi pada media *plate* nutrien agar (NA) selama 2 hari pada suhu 30°C. Koloni *B. thuringiensis* H-14 dianggap murni jika diamati secara makroskopis tidak adanya

kontaminan dan mikroskopis menunjukkan keberadaan kristal protein toksin dan spora. Kultur *B. thuringiensis* H-14 kemudian ditransfer sebanyak empat ose di media *Tryptose Phosphate Broth* (TPB) 200 ml, dilanjutkan pencampuran dengan alat *shaker* pada putaran 170 rpm dan temperatur 30°C selama 24 jam. Selanjutnya kultur diambil sampel untuk diamati keberadaan kristal protein toksin dan spora serta tidak terkontaminasi. Kultur diambil 20 ml, dipindahkan pada 180 ml TPB, dibuat sebanyak tiga erlenmeyer 2 liter, digoyang dengan *shaker* pada agitasi 170 rpm dan suhu 30°C selama 22 jam. Pengamatan dengan pengecatan kembali dilakukan setelah inkubasi 1 hari. Kultur dipanen, disentrifugasi 4000 rpm selama 15 menit di suhu 4°C untuk dibuang supernatannya. Endapan yang terbentuk dari sentrifugasi tersebut dicuci dengan larutan NaCl 0,85%.

Pembuatan Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga¹⁴

Tablet dibuat menggunakan metode granulasi basah. Kultur *B. thuringiensis* H-14, Hidroksipropilmetilselulosa (HPMC), laktosa dicampur homogen, kemudian ditambahkan larutan gelatin sedikit demi sedikit sampai terbentuk massa granul. Massa granul yang terbentuk diayak dengan pengayak *mesh* 16 dikeringkan pada suhu 40°C. Granul yang telah dikeringkan kemudian diuji kandungan kelembabannya. Granul kering diayak dengan pengayak *mesh* 18. Granul kering ditambahkan magnesium stearat dicampur sampai merata. Campuran dicetak menjadi bentuk tablet dengan cara dikempa pada tekanan kompresi yang sama, kemudian dilakukan pemeriksaan fisik tablet antara lain: uji keseragaman bobot, uji kompartibilitas, dan uji kerapuhan. Tiap tablet dicetak seberat 125 mg dengan jumlah kandungan kultur *B. thuringiensis* H-14 dalam tiap tablet 5 mg.

Formula tablet yang diperoleh yaitu :

R/	<i>B. thuringiensis</i> H-14	5	mg
	HPMC K15M	35	mg
	Laktosa	83	mg
	Mg stearate	2	mg
	Sol gelatin 5%	qs	

Uji Efikasi Tablet *B.thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga di laboratorium

Tablet *B. thuringiensis* H-14 dimasukkan ke dalam ember plastik berisi 25 jentik *Ae. aegypti* dan air, total volume 25 liter. Jumlah tablet yang dimasukkan setiap ember adalah 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 tablet sehingga konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 setiap larutan sebesar 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; dan 1,2 ppm dengan jumlah ulangan masing-masing konsentrasi yaitu 4 kali ulangan. Kontrol negatif dibuat dengan memasukkan 25 jentik ke dalam ember plastik yang berisi air 25 liter. Kematian jentik diamati selama 24 jam setelah pengujian.¹⁵ Perhitungan LC₅₀ dan LC₉₀ berdasarkan analisis probit.

Uji Efektivitas Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga dan Efek Residu di Lapangan (*Field Trial*)

Pengujian lapangan (*field trial*) dilakukan di Kecamatan Sidorejo, Salatiga. Jumlah rumah yang digunakan untuk pengujian sebanyak 10 rumah. Setiap rumah diberikan 5 dosis perlakuan, kontrol negatif, kontrol positif (*Bactivec*). Penggunaan *Bactivec* sebagai kontrol positif dikarenakan *Bactivec* merupakan produk standar dari luar yang telah teruji toksisitasnya terhadap jentik nyamuk vektor. Konsentrasi pengujian lapangan yaitu 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; dan 4,5 ppm. Sebanyak 25 jentik *Ae.aegypti* dimasukkan ke dalam ember yang telah terisi air sebanyak 10 liter, lalu dimasukkan tablet sesuai dosis pengujian pada setiap ember.¹⁵ Air yang digunakan berasal dari rumah penduduk. Pengamatan dilakukan pada hari ke 1, 2, 3, 4, 5, 7 dan 14 hari setelah aplikasi untuk melihat efek residu tablet *B.thuringiensis* H-14. Pengamatan efek residu dilakukan dengan cara memberikan jentik pada tiap hari pengamatan

kemudian setelah 24 jam diamati kematiannya. Jentik yang mati pada hari berikutnya diambil kemudian ditambah jentik baru kembali dan seterusnya hingga kematian jentik kurang dari 80%.^{15,16}

Analisis Data

Perhitungan LC_{50} dan LC_{90} berdasarkan analisis probit dan dihitung menggunakan program SPSS. Perbedaan sumber air yang digunakan dihitung menggunakan uji *independent sample t-test*,

nilai signifikansi atau jika beda nyata nilai $p \leq 0,05$.

HASIL

Hasil Pengujian Mutu Fisik Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga

Parameter mutu fisik granul dan tablet yang diuji antara lain: kandungan kelembaban, keseragaman bobot, kompaktilitas, dan kerapuhan tablet. Hasil pengujian mutu fisik granul dan tablet dapat dilihat pada Tabel 1.

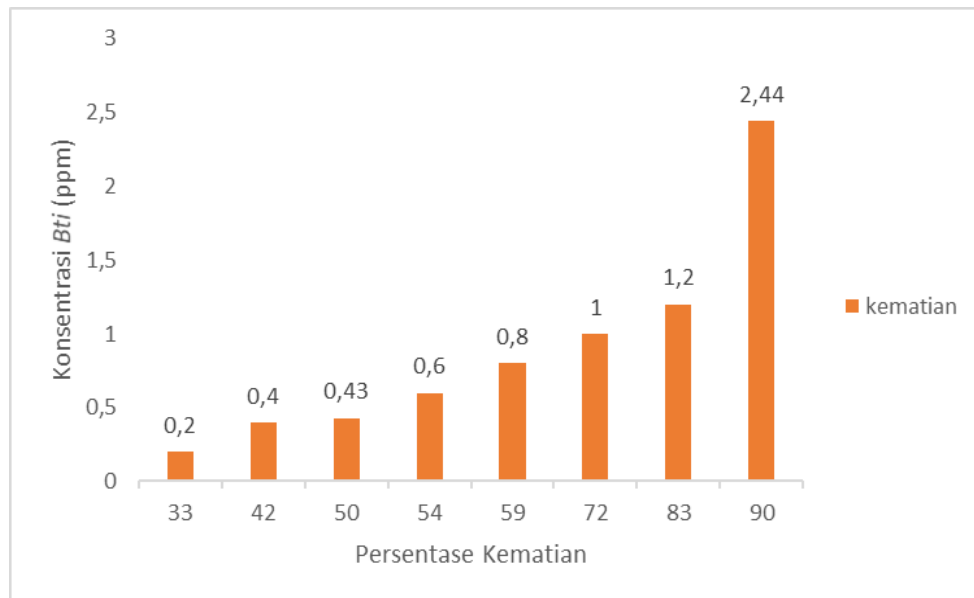
Tabel 1. Hasil Uji Mutu Fisik Granul dan Tablet

No	Uji Mutu Fisik	Hasil Uji	Nilai Standar/Persyaratan
1	Kandungan lembab granul	2,98 %	2-4% ¹⁷
2	Keseragaman bobot tablet (CV)	1,93 %	< 5% ¹⁸
3	Kompaktilitas tablet	4,25 kg	4-8 kg ¹⁷
4	Kerapuhan tablet	0,04 %	< 1% ¹⁹

Uji Efikasi Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga di laboratorium

Uji efikasi tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga terhadap jentik *Ae. aegypti* skala laboratorium dilakukan selama

pengamatan 24 jam. Hasil uji efikasi menunjukkan LC_{50} adalah sebesar 0,43 ppm dan LC_{90} adalah sebesar 2,44 ppm. Hasil uji efikasi disajikan pada Gambar 1.

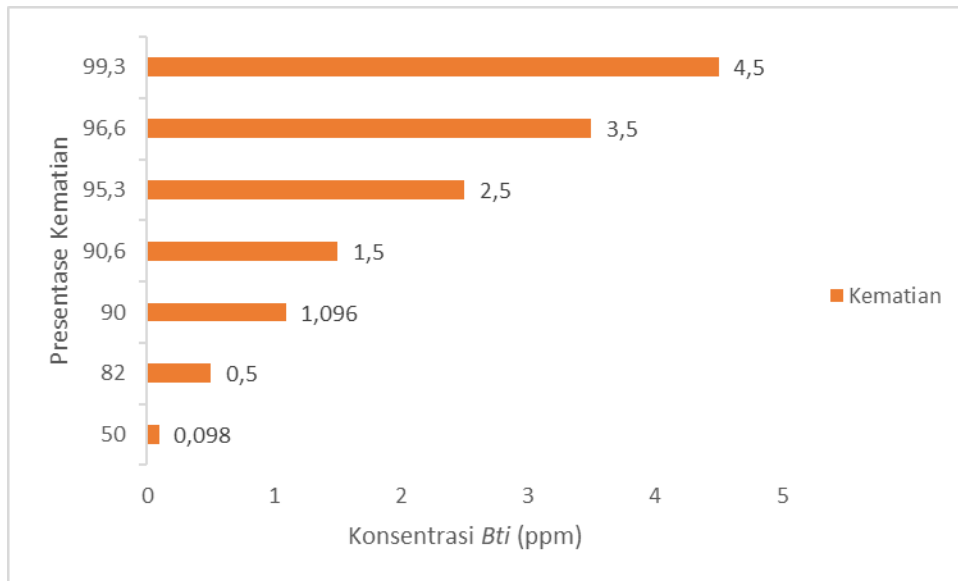


Gambar 1. Hasil LC_{50} dan LC_{90} Uji Efikasi Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga terhadap Jentik *Ae. Aegypti* Skala Laboratorium pada 24 Jam Pengamatan

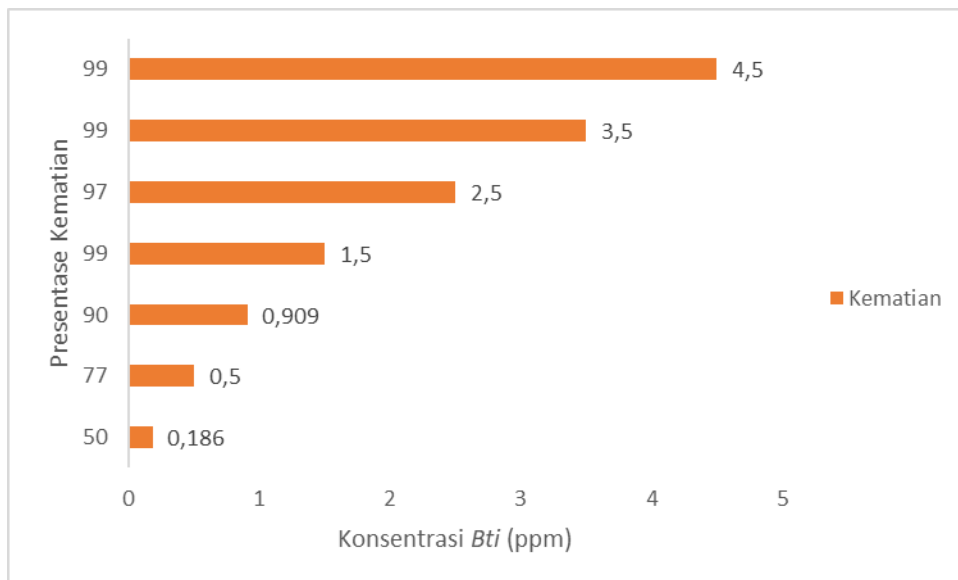
Uji Efektivitas Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga dan Efek Residu di Lapangan

Uji efektivitas tablet *B. thuringiensis* H-14 terhadap jentik *Ae. aegypti* di lapangan menggunakan dua sumber air berbeda dilakukan pada pengamatan 24 jam. Hasil pengujian pada skala *field trial* menggunakan

air PDAM menunjukkan nilai LC₅₀ sebesar 0,098 ppm dan nilai LC₉₀ sebesar 1,096 ppm. Hasil pengujian pada skala lapangan menggunakan air sumur menunjukkan nilai LC₅₀ sebesar 0,186 ppm dan LC₉₀ sebesar 0,909 ppm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Hasil LC₅₀ dan LC₉₀ Uji Efektivitas Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga terhadap Jentik *Ae. Aegypti* Skala Lapangan di Air PDAM pada 24 Jam Pengamatan



Gambar 3. Hasil LC₅₀ dan LC₉₀ Uji Efektifitas Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga terhadap Jentik *Ae. Aegypti* Skala Lapangan di Air Sumur pada 24 Jam Pengamatan

Hasil uji efek residu tablet *B. thuringiensis* H-14 menunjukkan tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga mampu membunuh 80% jentik *Ae. Aegypti* sampai hari ketujuh. Efek residu pada hari ke-14

menunjukkan tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga membunuh jentik kurang dari 80% sehingga uji efek residu dihentikan. Hasil uji efek residu terhadap jentik *Ae. aegypti* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Residu Tablet *B. thuringiensis* H-14 Isolat Salatiga terhadap Jentik *Ae.aegypti*.

Konsentrasi (ppm)	Kematian (%) Hari ke-						
	1	2	3	4	5	7	14
0,5	80,0	93,2	87,2	98,8	99,2	86,0	30,8
1,5	94,0	98,0	88,0	94,8	99,2	98,4	41,6
2,5	96,0	99,6	86,0	95,2	98,0	86,0	39,2
3,5	97,6	99,6	86,0	88,4	97,6	85,6	38,0
4,5	99,2	99,6	96,4	97,6	99,6	98,8	35,6
Kontrol +	99,2	100,0	98,4	94,8	94,4	80,4	30,0

Hasil uji statistik untuk melihat perbedaan pengaruh aplikasi tablet *B. thuringiensis* isolat Salatiga pada air sumur

dan PDAM menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan ($p \text{ value} \leq 0,05$). Hasil pengujian statistik ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Signifikansi (*Two-Tailed*) Hasil Pengujian Menggunakan Sumber Air dari Sumur dan PDAM

Konsentrasi (ppm)	Nilai sig (two-tailed)						
	1	2	3	4	5	7	14
0,5	0,700	0,715	0,540	0,861	0,779	0,709	0,098
1,5	0,157	0,254	0,878	0,950	0,242	0,242	0,154
2,5	0,727	0,242	0,908	0,477	0,242	0,772	0,327
3,5	0,311	0,447	0,665	0,649	0,779	0,386	0,305
4,5	0,779	0,242	0,617	0,597	0,447	0,807	0,411

Keterangan: *signifikan jika $p \text{ value} \leq 0,05$

PEMBAHASAN

Bakteri *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga dibuat dalam bentuk sediaan tablet agar mudah untuk diaplikasikan. Keuntungan menggunakan sediaan bentuk tablet yaitu praktis, mudah dibawa, mudah disimpan, mudah diaplikasikan. Formulasi tablet dibuat tenggelam, disesuaikan perilaku jentik nyamuk *Ae. aegypti* dan dibuat dalam bentuk lepas lambat bertujuan agar memiliki efek residu yang lebih lama dengan ditambahkan matriks dalam formula tablet.²⁰ Tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga yang dihasilkan berbentuk bulat pipih dengan 2 permukaan rata dan

halus. Uji mutu fisik granul dan tablet diperlukan untuk menentukan kualitas fisik tablet apakah sudah sesuai persyaratan yang berpengaruh pada efektivitas tablet. Hasil pengujian kandungan kelembaban granul yang dibuat adalah 2,98%. Kandungan kelembaban granul yang baik adalah 2-4%. Hal ini menunjukkan bahwa granul yang dihasilkan sudah memenuhi persyaratan. Kandungan kelembaban granul akan berpengaruh terhadap proses pencetakan, granul tidak boleh terlalu lembab dan kering. Kandungan kelembaban granul yang rendah menyebabkan kohesi tablet rendah, kerapuhan makin tinggi dan tablet

akan pecah.¹⁷ Uji keseragaman bobot dilihat dari nilai keseragaman bobot (CV). Hasil pengujian keseragaman bobot diperoleh nilai CV sebesar 1,93%, hal ini berarti sudah memenuhi persyaratan untuk keseragaman bobot yang baik jika memiliki nilai CV kurang dari 5%. Keseragaman bobot berpengaruh terhadap dosis obat tablet, jika keseragaman bobotnya baik, maka dosis bahan aktif tablet juga merata.¹⁸ Hasil uji kompaktilitas tablet diperoleh nilai 4,25 kg, syarat kompaktilitas tablet yang baik adalah 4-8 kg. Kompaktilitas tablet berpengaruh pada pelepasan bahan aktif tablet. Semakin besar kompaktilitas tablet menyebabkan tablet sulit pecah dan pelepasan bahan aktif tablet semakin lambat.¹⁷ Hasil uji kerapuhan diperoleh nilai kerapuhan tablet sebesar 0,04%. Tablet yang baik memiliki nilai standar kerapuhan di bawah 1%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kerapuhan tablet baik. Uji kerapuhan berhubungan dengan kehilangan bobot akibat abrasi pada permukaan tablet. Kerapuhan yang tinggi akan mempengaruhi bobot tablet dan kadar zat aktif tablet.¹⁹

Hasil uji efikasi tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga terhadap jentik *Ae. aegypti* menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi berbanding lurus dengan kenaikan jumlah kematian selama pengamatan 24 jam. Hasil pengamatan 24 jam memperlihatkan jumlah kematian lebih dari 80% pada konsentrasi 1,2 ppm. Hal ini dapat disebabkan karena tablet dibuat dalam bentuk sediaan lepas lambat, sehingga pelepasan bahan aktif tablet terjadi secara perlahan-lahan dibandingkan tablet konvensional yang lebih cepat pecah dan terlarut. Formulasi tablet ditambahkan HPMC yang dapat membuat bahan aktif tablet keluar secara perlahan-lahan dan tidak mudah pecah sehingga efeknya lebih lama yaitu hidrokspilmetilselulosa atau HPMC.²¹ Pembuatan tablet *B. thuringiensis* dalam bentuk lepas lambat dapat membuat efek residu lebih panjang.^{22,23} Analisa probit uji efikasi di laboratorium menghasilkan LC₅₀ sebesar 0,436 ppm dan LC₉₀ sebesar 2,440 ppm, menunjukkan bahwa konsentrasi yang

dapat membunuh 50% hewan uji adalah 0,436 ppm dan konsentrasi yang dapat membunuh 90% hewan uji adalah 2,440 ppm. *Bacillus thuringiensis* mengandung toksin yang mampu membunuh jentik nyamuk.²⁴ Toksin *B. thuringiensis* aktif terhadap jentik nyamuk dengan merusak usus jentik dan menyebabkan lisis sehingga bakteri ini efektif digunakan untuk pengendalian vektor.^{24,25} Keuntungan penggunaan bahan biologi untuk pengendalian jentik nyamuk yaitu aman dan tidak berbahaya terhadap organisme non-target.^{26,27}

Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi uji dapat membunuh jentik $\geq 80\%$ pada pengamatan 24 jam. Peningkatan persen kematian jentik dapat disebabkan oleh pelepasan bahan aktif yang lebih banyak pada hari kedua, karena formulasi tablet dibuat dalam bentuk sediaan lepas lambat. Pengamatan berikutnya pada hari ke 3, 4, 5, 7, dan 14 terjadi penurunan efektivitas, dilihat dari penurunan persentase kematian jentik. Persen kematian jentik pada hari kelima cenderung meningkat disebabkan oleh sifat tablet lepas lambat di mana pada hari kelima masih ada bahan aktif yang tersisa sehingga masih melepaskan bahan aktif untuk mematikan jentik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga efektif membunuh jentik nyamuk di lapangan lebih dari 80% hingga hari ke-7, sedangkan pada hari ke-14 sudah tidak efektif membunuh jentik *Ae. aegypti*. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Gómez-Vargas *et al* di Kolombia bahwa penggunaan *Bti* formulasi tablet mampu mengendalikan jentik *Ae. aegypti* di lapangan selama 7 hari *pasca* aplikasi.¹⁰ Penurunan persentase kematian dapat disebabkan berkurangnya residu *B. thuringiensis* H-14 tiap harinya. Penyebab penurunan residu *B. thuringiensis* H-14 di lapangan dapat disebabkan oleh paparan intensitas cahaya matahari.²⁸ Hal tersebut disebabkan pada saat pengujian dilakukan di sekitar lingkungan rumah penduduk di mana berpotensi terpapar sinar matahari secara langsung. Kontrol positif yang diuji efektif hingga hari ke-7, sedangkan hari

ke-14 sudah tidak efektif. Tablet *B. thuringiensis* H-14 yang dihasilkan tidak berbeda dengan kontrol positif.

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa nilai *p value* lebih besar dari 0,05, sehingga disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan nilai efektivitas tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga yang diuji pada air sumur dan air PDAM. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan efektivitas apabila tablet *B. thuringiensis* H-14 diaplikasikan pada rumah penduduk yang menggunakan air sumur dan air PDAM. Air PDAM umumnya mengandung klorin, digunakan untuk membunuh bakteri dalam air.²⁹ Spora *B. thuringiensis* H-14 lebih tahan terhadap klorin.³⁰ Oleh sebab itu klorin tidak mempengaruhi efektivitas bakteri *B. thuringiensis* H-14 terhadap kemampuan membunuh jentik nyamuk.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan efektivitas tablet *B. thuringiensis* H-14 terhadap dua sumber air, yaitu air sumur dan air PDAM. Konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 sebesar 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; dan 4,5 ppm masih efektif mengendalikan jentik *Ae. aegypti* lebih dari 80% hingga hari ke-7 pada pengujian lapangan.

SARAN

Penelitian lebih lanjut yang bertujuan mengetahui efektivitas tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga terhadap jentik nyamuk vektor lainnya perlu dilakukan. Penelitian tentang keamanan pengaplikasian tablet *B. thuringiensis* H-14 isolat Salatiga terhadap organisme lain juga perlu dilakukan.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis pertama, ATW, berkontribusi utama pada pengkonsep artikel, penulis artikel, analisis data, metodologi, visualisasi, investigasi, dan sumber daya. Penulis kedua, RAW berkontribusi utama pada penulisan dan pengeditan artikel. Penulis ketiga, ER berkontribusi utama pada penelitian, penulisan

dan pengeditan artikel. Penulis keempat, RW berkontribusi utama sebagai investigasi dan sumber daya. Penulis kelima, AN, berkontribusi utama sebagai investigasi, penulis dan pengeditan artikel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Badan Litbangkes dan Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit yang telah memberikan dukungan pada penelitian ini. Ucapan terima kasih pula kepada Kepala Dinas Kesehatan Kota Salatiga dan jajaran stafnya atas bantuan dan kerja sama selama pelaksanaan penelitian lapangan. Terima kasih kepada Bapak Haryanto Fakultas MIPA UII yang telah membantu selama pembuatan tablet. Terima kasih Ibu Dra. Blondine Ch.P, M.Kes dan Ibu Lulus Susanti, SKM, MPH yang telah memberikan bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan karya tulis ilmiah. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada peneliti dan teknisi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Harapan H, Michie A, Mudatsir M, Sasmono RT, Imrie A. Epidemiology of dengue hemorrhagic fever in Indonesia: analysis of five decades data from the National Disease Surveillance. BMC Res Notes [Internet]. 2019;12(1):4-9. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4379-9>.
2. Wang WH, Urbina AN, Chang MR, Assavalapsakul W, Lu PL, Chen YH, et al. Dengue hemorrhagic fever – a systemic literature review of current perspectives on pathogenesis, prevention and control. J Microbiol Immunol Infect [Internet]. 2020;53(6):963-78. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.007>.
3. Kementerian Kesehatan RI. InfoDatin Situasi penyakit demam berdarah di Indonesia Tahun 2017 [Internet]. Jakarta; Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI; 2018 [cited 7 April 2020]. Available from: <https://pusdatin.kemkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/InfoDatin-Situasi-Demam-Berdarah-Dengue.pdf>.

4. Legorreta-Soberanis J, Paredes-Solís S, Morales-Pérez A, Nava-Aguilera E, De Los Santos FRS, Sánchez-Gervacio BM, et al. Coverage and beliefs about temephos application for control of dengue vectors and impact of a community-based prevention intervention: secondary analysis from the Camino Verde trial in Mexico. *BMC Public Health*. 2017;17(Suppl 1):426. doi: 10.1186/s12889-017-4297-5.
5. Valle D, Bellinato DF, Viana-Medeiros PF, Lima JBP, Martins Junior ADJ. Resistance to temephos and deltamethrin in *Aedes aegypti* from Brazil between 1985 and 2017. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2019;114(3):1–17. doi: 10.1590/0074-02760180544.
6. Corte R La, Melo VAD, Dolabella SS, Marteis LS. Variation in temephos resistance in field populations of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the state of Sergipe, Northeast Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2018;51(3):284–90. doi: 10.1590/0037-8682-0449-2017.
7. Vieira Santos VS, Caixeta ES, Campos Júnior EO de, Pereira BB. Ecotoxicological effects of larvicide used in the control of *Aedes aegypti* on nontarget organisms: redefining the use of pyriproxyfen. *J Toxicol Environ Heal - Part A Curr Issues [Internet]*. 2017;80(3):155–60. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2016.1266721>.
8. SETHA T, Chantha N, Benjamin S, Socheat D. Bacterial larvicide, *Bacillus thuringiensis israelensis* strain AM 65-52 water dispersible granule formulation impacts both dengue vector, *Aedes aegypti* (L.) population density and disease transmission in Cambodia. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016;10(9):1–17. doi: 10.1371/journal.pntd.0004973.
9. Pruszyński CA, Hribar LJ, Mickle R, Leal AL. A large scale biorational approach using *Bacillus thuringiensis israeliensis* (Strain AM65-52) for managing *Aedes aegypti* populations to prevent Dengue, Chikungunya and Zika transmission. *PLoS One*. 2017;12(2):1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0170079.
10. Gómez-Vargas W, Valencia-Jiménez K, Correa-Londoño G, Jaramillo-Yepes F. Novel larvicide tablets of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*: assessment of larvicidal effect on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Colombia. *Biomedica*. 2018;38:95–105. doi: 10.7705/biomedica.v38i0.3940.
11. Sanahuja G, Banakar R, Twyman RM, Capell T, Christou P. *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. *Plant Biotechnol J*. 2011;9(3):283–300. doi: 10.1111/j.1467-7652.2011.00595.x.
12. Anggraeni YM, Rahardianingtyas E, Wianto R. Efikasi *Bacillus thuringiensis* H-14 isolat Salatiga sediaan bubuk dan cair terhadap jentik *Culex quinquefasciatus*. *Vektora*. 2015;7(2):51–6. doi:10.22435/vk.v7i2.4499.51-56.
13. Hazra DK, Samanta AK, Sen K, Bakshi P. Mosquito vector management knowledge, attitude, practices and future of user & environment friendly new generation botanical mosquitocide formulations: a review. *Int J Chem Stud*. 2017;5(3):32–7.
14. Lachman L, Lieberman H, Kanig J. Teori dan praktek farmasi industri. Jakarta: UI Press. 1994. 699–712 p.
15. World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. World Health Organization Communicable Disease Control, Prevention and Eradication WHO Pesticide Evaluation Scheme; 2005. 1–41 p.
16. Lima JBP, De Melo NV, Valle D. Residual effect of two *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* products assayed against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in laboratory and outdoors at Rio De Janeiro, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2005;47(3):125–30. doi: 10.1590/s0036-46652005000300002.
17. Ansel H. Pengantar bentuk sediaan farmasi. Jakarta: UI Press; 1989. p. 244–71.
18. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Farmakope Indonesia edisi V. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2014.
19. Chavan H, Gurmeet C, Nayan G, Anil J. Comparative study of in-process and finished products quality control test for tablet and capsules according to pharmacopoeias. *Asian J Pharm Res Dev*. 2018;6(3):60–8. doi: 10.22270/ajprd.v6i3.370.
20. Nagendrakumar D, Keshavshetti GG, Shardor AG. An overview: matrix tablets as sustained release. *Recent Research in Science and*

- Technology. 2013;5(4):36-45.
21. El Yahya IR, Abdassah M. Review : matriks polimer yang digunakan pada tablet sustained release. *Farmasetika*. 2019;4(3):79-86. doi:10.24198/farmasetika.v4i3.22961.
 22. Zhang L, Zhang X, Zhang Y, Wu S, Gelbiç I, Xu L, et al. A new formulation of *Bacillus thuringiensis*: UV protection and sustained release mosquito larvae studies. *Sci Rep*. 2016;6(December):1–8. doi:10.1038/srep39425
 23. Lawler SP. Environmental safety review of methoprene and bacterially-derived pesticides commonly used for sustained mosquito control. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2017;139:335–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.12.038>.
 24. Zhang Q, Hua G, Adang MJ. Effect and mechanisms of *Bacillus thuringiensis* crystal toxins for mosquito larvae. *Insect Sci*. 2016;24(5):714–29.
 25. Palma L, Berry C. Understanding the structure and function of *Bacillus thuringiensis* toxins. *Toxicon*. 2016;109:1–3. doi:10.1016/j.toxicon.2015.10.020.
 26. Kachhawa D. Microorganisms as a biopesticides. *J Entomol Zool Stud*. 2017;5(3):468–73.
 27. Barratt BIP, Moran VC, Bigler F, van Lenteren JC. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*. 2018;63:155–67. doi:10.1007/s10526-017-9831-y.
 28. Zequi J, Lopes J, Santos FP, Vilas-Boas GT. Efficacy and persistence of two *Bacillus thuringiensis israelensis* formulations for the control of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) under simulated field conditions. *Int J Mosq Res*. 2015;2(3):5–9.
 29. World Health Organisation. Principles and practices of drinking-water chlorination [Internet]. 2017 [cited 7 April 2020]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/25514>.
 30. González-Rizo A, Castañet CE, Companioni A, Menéndez Z, Hernández H, Magdalena-Rodríguez M, et al. Effect of chlorine and temperature on larvicidal activity of cuban *bacillus thuringiensis* isolates. *J Arthropod Borne Dis*. 2019;13(1):39–49.