

Penggunaan *Bacillus thuringiensis israelensis* untuk Memberantas *Aedes aegypti*

Darnely

Fakultas Biologi Universitas Nasional

Abstrak

Untuk memberantas DBD diperlukan upaya pemberantasan dengan biaya murah, tidak mencemari lingkungan, dan bersifat jangka panjang. Dewasa ini telah diproduksi agen biologik yaitu *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) yang toksik untuk larva Diptera tetapi aman bagi manusia dan bersifat jangka panjang sehingga diharapkan dapat digunakan untuk memberantas vektor DBD yaitu *Ae. aegypti*. Bti adalah bakteri gram positif berbentuk batang yang membentuk spora bersifat entomotoksik sehingga dapat digunakan untuk membunuh serangga khususnya larva nyamuk yaitu *Anopheles*, *Cules*, *Aedes* dan lalat hitam (*Simulium*). Terdapat dua jenis toksin yaitu Cyt (*cytolytic*) dan Cry (*crystal*) yang mampu membentuk pori di saluran cerna serangga sehingga terjadi kebocoran cairan yang berakibat pada kematian larva. Bti diaplikasikan di tempat berkembangbiak nyamuk yang permanen dan airnya tidak mengalir misalnya tempat penampungan air. Untuk memberantas larva *Ae. aegypti* di lapangan, Bti sebaiknya digunakan dalam bentuk *slow release* agar efektivitasnya dapat bertahan lama.

Kata kunci: pemberantasan biologik, *Bacillus thuringiensis israelensis*, vektor, *Ae. aegypti*

The application of *Bacillus thuringiensis israelensis* to Control *Aedes aegypti*

Abstract

To control dengue haemorrhagic fever (DHF) it is necessary to apply an effective method. Furthermore, it should not contaminate the environment and has a long term effect. A biological agent namely *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) which is toxic for Diptera larvae has been used. It is safe for humans and has a long term effect to control the DHF vector *Ae. aegypti*. Bti is a rod-shaped spore-forming gram positive bacteria which is entomotoxic. It could be applied as an agent to eliminate larvae. The especially targets are the *Anopheles*, *Culex*, *Aedes* mosquitoes larvae and black flies (*Simulium*). There are two types of toxin: CYT (*cytolytic*) and Cry (*crystal*). They have the capability to form pores in the insect gut. Then, it causes the fluid leakage, resulting in the larvae death. Bti was applied in the permanent mosquito breeding places in which the water does not flow. For example the water in the container. To control the *Ae. Aegypti* larvae in the field, Bti should be applied in a slow release form. Therefore, the effectiveness could last longer.

Key words: biologic eradication, *Bacillus thuringiensis israelensis*, vector, *Aedes aegypti*

Pendahuluan

Demam berdarah dengue (DBD) merupakan masalah kesehatan masyarakat di Indonesia karena insidensinya tinggi dan penyebarannya luas. Upaya yang telah dilakukan oleh pemerintah untuk memberantas DBD adalah melakukan pemberantasan sarang nyamuk (PSN) dengan cara 3M (menguras bak mandi, menyingkirkan barang bekas dan menutup tempat penampungan air).¹ Upaya tersebut belum berhasil menurunkan kasus DBD karena warga belum melakukan PSN secara serentak dan terus menerus. Alasannya adalah warga sibuk sehingga tidak sempat melakukan PSN. Di daerah sulit air, warga keberatan untuk menguras bak mandi dan tangki air seminggu sekali. Upaya pemberantasan lainnya adalah menggunakan insektisida untuk membunuh nyamuk dewasa dengan cara pengasapan/*fogging* dan memberantas larva digunakan temefos. Penggunaan insektisida dapat memberantas vektor dengan cepat namun upaya tersebut tidak dapat dilakukan terus menerus karena mahal, mencemari lingkungan, membunuh organisme bukan sasaran dan menimbulkan resistensi. Dengan demikian, diperlukan upaya pemberantasan dengan biaya murah, tidak mencemari lingkungan dan bersifat jangka panjang sehingga masyarakat tidak perlu melakukan PSN seminggu sekali.

Dewasa ini telah diproduksi agen biologik yaitu *Bacillus thuringiensis* yang aman bagi manusia, tidak mencemari lingkungan dan bersifat jangka panjang sehingga diharapkan dapat digunakan untuk memberantas vektor DBD.

Tujuan penulisan makalah ini adalah mengevaluasi penggunaan *Bacillus thuringiensis* dalam memberantas vektor DBD.

Karakteristik *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis adalah bakteri gram positif berbentuk batang yang bersifat saprofit dan sering ditemukan di

tanah terutama tanah yang kontak dengan feces hewan. *Bacillus thuringiensis* membentuk spora jika berada dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Spora tersebut merupakan kristal protein yang bersifat entomotoksik sehingga dapat digunakan untuk membunuh serangga khususnya larva nyamuk dan lalat hitam. Beberapa strain *B. thuringiensis* juga bersifat moluskisida sehingga berpotensi untuk digunakan pada pemberantasan skistosomiasis.²

Bacillus thuringiensis mempunyai berbagai strain, namun hanya strain tertentu yang digunakan sebagai insektisida alami yaitu *B.t. israelensis* (*Bti*), *B.t. kurstaki*, *B.t. berlinier*, dan *B.t. alesti*. *Bti* digunakan secara luas sebagai insektisida di bidang pertanian dan biomedik untuk memberantas serangga vektor karena spesifik untuk diptera sehingga aman bagi manusia, organisme nontarget dan tumbuhan. Selain itu, toksin *Bti* dapat didegradasi secara biologis. Karena sifat tersebut, *Bti* dapat dijadikan alternatif untuk memberantas vektor penyakit terutama sebagai larvisida nyamuk *Anopheles*, *Culex*, *Aedes* dan lalat hitam (*Simulium*, vektor *Onchocerca volvulus*).²

Toksin *Bti*

Bti dapat membunuh serangga karena mensekresi delta-endotoksin yang dibentuk dalam badan parasporal pada saat sporulasi. Terdapat dua jenis delta-endotoksin yaitu Cyt (*cytolytic*) dan Cry (*crystal*). Cyt bekerja dengan menyisipkan monomer yang dapat membentuk kompleks pori raksasa sedangkan Cry membentuk struktur poliheliks transmembran. Cyt lebih toksik terhadap Diptera sedangkan Cry lebih toksik terhadap Lepidoptera dan Coleoptera. Toksin Cry dan Cyt bekerja secara sinergis, karena satu jenis toksin saja tidak cukup untuk menimbulkan efek toksik.³

Bti bekerja sebagai racun perut sehingga *Bti* harus dimakan oleh larva.

Dengan demikian, Bti harus mempunyai rasa yang disukai agar larva mau memakannya. Setelah dimakan larva, toksin akan teraktivasi oleh suasana basa di saluran cerna. Selanjutnya terjadi gangguan penyerapan dan keseimbangan ion lalu terbentuk pori di saluran cerna yang mengganggu permeabilitas cairan serta mengakibatkan kebocoran cairan. Selanjutnya, toksin masuk ke cairan hemolimfe serangga sehingga terjadi bakteremia yang mengakibatkan kematian larva. Toksisitas Bti juga dipengaruhi oleh keberadaan flora normal di dalam saluran cerna serangga.^{2,3}

Penggunaan Bti

Bti tidak memberantas nyamuk dewasa sehingga hanya digunakan untuk membunuh larva di tempat berkembang biaknya. Oleh karena itu Bti diproduksi dalam bentuk cair, granula, pelet dan briket agar dapat digunakan sesuai dengan kondisi tempat berkembang biak vektor.⁴

Bti bentuk cair digunakan untuk memberantas larva di tempat yang luas dan banyak tanaman air. Bentuk granul dibuat dalam formulasi terapung di permukaan air karena disesuaikan dengan sifat *Anopheles* yang senang makan di permukaan air (*surface feeder*). Pelet dan briket bersifat *slow release* sehingga dapat bertahan lebih lama di tempat berkembangbiak nyamuk dengan kepadatan tinggi misalnya *Culex*. Untuk memberantas *Aedes*, Bti dibuat dalam formulasi granula yang mengendap di dasar untuk menyesuaikan dengan sifat *Aedes* yang senang makan di dasar *container* (*bottom feeder*).⁴

Konsentrasi yang diperlukan untuk membunuh larva bergantung pada tempat berkembangbiak nyamuk. Untuk kondisi air jernih konsentrasi yang dibutuhkan lebih kecil daripada tempat berkembangbiak dengan air yang kotor. Sebagai panduan, LC₅₀ (konsentrasi yang dapat membunuh 50% populasi larva) adalah 10 ng/mL atau 1 mg/m³ yang mengandung ± 10³ sel bakteri.²

Bti diaplikasikan langsung di tempat berkembangbiak nyamuk yang permanen dan airnya tidak mengalir, misalnya rawa, sawah atau tempat penampungan air (tangki air atau bak mandi dll). Bti tidak efektif di air yang mengalir deras karena Bti akan hanyut terbawa arus air.²

Setelah diaplikasikan, Bti akan cepat mengendap sehingga aktivitas dan efektivitas sekali pakai cepat menurun. Tingkat persistensi Bti di lingkungan sekitar 10-70 hari sehingga efek negatif pada lingkungan minimal.² Oleh karena itu, Bti harus diaplikasikan berulang-ulang untuk mendapat efek maksimal. Bti harus digunakan dengan hati-hati karena mampu mentransfer efek toksiknya kepada sesama *Bacillus* terutama *Bacillus cereus* dan *Bacillus anthracis*.²

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Bti

Efektivitas Bti di lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu faktor yang berasal dari organisme target (spesies larva) dan kondisi lingkungan. Berdasarkan spesies, Bti lebih efektif terhadap *Aedes* dibandingkan *Culex* dan lebih efektif terhadap *Culex* daripada *Anopheles*.⁵

Larva muda lebih sensitif terhadap Bti karena larva muda lebih banyak makan dibandingkan larva yang berusia lebih tua. Pre-pupa dan pupa, resisten terhadap Bti karena stadium tersebut tidak makan lagi. Meskipun demikian, Benjamin *et al.*,⁶ melaporkan bahwa Bti tidak memiliki efek terhadap larva muda instar 1-2 karena larva tersebut makannya masih sedikit dan tidak sebanyak larva instar 3.

Kepadatan larva akan mempengaruhi efektivitas Bti. Semakin padat larva di dalam air, semakin banyak Bti yang dibutuhkan. *Container* dengan kepadatan larva tinggi (50-100 larva/gayung) memerlukan konsentrasi Bti lebih banyak, yaitu 1,5-2 kali konsentrasi yang diperlukan untuk tempat yang kepadatan larvanya rendah (5-20 larva/gayung).⁵

Organisme pemakan bakteri akan menurunkan jumlah Bti. Klorin bersifat bakterisida sehingga dapat membunuh Bti yang akan menurunkan efektivitas Bti. Keberadaan lumpur dan tanah lempung di dalam air menyebabkan Bti teradsorpsi dan cepat mengendap. Tanaman air seperti eceng gondok, kiambang, ganggang dan alga juga dapat menurunkan efektivitas Bti karena menyulitkan penetrasi Bti ke dalam air.⁵

Bti efektif pada air yang suhunya 19°C-33°C. Efektivitas Bti menurun tajam pada suhu di bawah 19°C karena larva lambat bergerak dan kebiasaan makannya juga menurun pada suhu tersebut.⁵

Sinar ultra violet dapat merusak Bti sehingga Bti tidak efektif jika digunakan di tempat yang terkena sinar matahari langsung. Dengan demikian, Bti sebaiknya digunakan di tempat berkembangbiak larva lalat dan nyamuk yang tidak terpajan sinar matahari langsung.⁵

Efektivitas Bti tidak dipengaruhi oleh kadar keasaman sumber air, meskipun terdapat penelitian yang melaporkan penurunan efektivitas Bti pada pH di atas 8.⁵

Selain faktor-faktor di atas, efektivitas Bti juga dipengaruhi oleh dinding tempat penampungan air (*container*). Bti mudah melekat di dinding *container* yang kasar dan sulit melekat di dinding yang licin. Oleh karena itu Bti lebih efektif jika digunakan pada *container* berdinding kasar misalnya tempayan atau bak semen dibandingkan keramik atau kaca. Benjamin *et al.*,⁶ melaporkan bahwa aplikasi Bti pada *container* berbahan tanah liat memiliki angka persistensi lebih tinggi dibandingkan *container* plastik.

Efektivitas Bti dalam Memberantas Vektor DBD

Bti telah digunakan untuk memberantas nyamuk sejak tahun 1982 di berbagai negara terutama untuk memberantas vektor malaria yaitu *Anopheles*. Untuk memberantas vektor DBD yaitu *Ae. aegypti*, penelitian lebih banyak dilakukan

di laboratorium atau bersifat *semi-field* dan masih sedikit di lapangan.

Benjamin *et al.*,⁶ melakukan penelitian di Malaysia untuk menguji efikasi Bti terhadap *Ae. aegypti*. Penelitian tersebut menggunakan Bti formulasi tablet yang dicelupkan ke dalam tiga *container* berisi *Ae. aegypti*. Ketiga kelompok *container* tersebut berbeda bahan dasarnya, yaitu terbuat dari tanah liat (tempayan), fiber, dan plastik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa populasi larva di dalam *container* yang diberikan Bti lebih rendah 5-8 kali dibandingkan populasi larva di dalam *container* kontrol. Efikasi dan persistensi Bti paling tinggi di tempayan dan didapatkan perbedaan bermakna dengan kedua *container* lainnya. Bti masih efektif selama 5,5 bulan setelah pemberian Bti di tempayan, sedangkan di bak fiber dan plastik efikasi Bti hanya bertahan 1,8 bulan. Efikasi dan persistensi tersebut disebabkan Bti yang digunakan adalah formulasi tablet *slow release* yang melepaskan toksin Bti secara perlahan dan bertahap.

Benjamin *et al.*,⁶ juga melaporkan bahwa pada tempayan efek Bti bertahan hingga 23 minggu bila dikuras seminggu sekali dan hingga 11 minggu bila dikuras setiap hari. Sebaliknya, pada *container* plastik, efek Bti hanya bertahan hingga 9 minggu bila dikuras seminggu sekali. Perbedaan persistensi Bti di tempayan dengan bak plastik dan fiber terjadi karena tempayan permukaannya kasar sehingga Bti mudah melekat. Bak plastik dan fiber mempunyai dinding permukaan yang licin sehingga Bti sulit melekat dan mudah terbuang.

Fansiri *et al.*,⁷ di Thailand meneliti efikasi dan efektivitas Bti bentuk tablet serta durasi Bti dalam membunuh larva *Ae. aegypti* di tempat penampungan air. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa konsentrasi yang diperlukan untuk membunuh 50% dan 95% larva *Ae. aegypti* adalah 1,02 ppm dan 1,86 ppm. Dari penelitian tersebut juga diketahui bahwa Bti bentuk tablet *slow release* dapat

membunuh larva *Ae. aegypti* di dalam tempayan berisi 200 liter air dan daya bunuhnya dapat bertahan sampai 11 minggu.

Di Klaten, Boewono *et al.*,⁸ menguji efikasi dan persistensi Bti bentuk granula (*wetable granule*) dan tablet *slow release* terhadap *Ae. aegypti* di dalam tempayan berbahan dasar tanah liat lalu dibandingkan dengan temefos bentuk granul. Dari penelitian tersebut, diketahui bahwa efikasi Bti bentuk granul dan tablet dapat bertahan selama 7-9 minggu sedangkan efektivitas temefos dapat bertahan hingga 17 minggu.

Hasil penelitian laboratorium menunjukkan bahwa Bti dapat membunuh *Ae. aegypti* dengan LD₅₀ 1,732 ppm dan LD₉₀ 21,876 ppm untuk larva koloni laboratorium dan LD₅₀ 4,769 ppm dan LD₉₀ 68,229 ppm untuk larva yang berasal dari daerah endemis di Jawa Tengah.⁹

Untuk mengetahui efektivitas Bti di lapangan, Sungkar¹⁰ melakukan penelitian di Kelurahan Cempaka Putih Timur. Survei entomologi dilakukan di 100 rumah lalu *container* tempat penampungan air/TPA (bak mandi, tangki air, ember) yang terdapat di rumah tersebut diberikan Bti cair dengan konsentrasi 4 mg/m². Satu bulan setelah aplikasi Bti dilakukan survei entomologi ulang (*post-test*). Hasilnya menunjukkan, kepadatan *Ae. aegypti* secara keseluruhan menurun secara bermakna, namun penurunan tersebut lebih banyak di *container* non-TPA dibandingkan TPA. Hal tersebut terjadi karena setelah Bti diteteskan ke air di dalam TPA, Bti segera larut dan jika air TPA tersebut digunakan, maka air yang mengandung Bti akan terbuang. Selanjutnya air yang terpakai akan diganti dengan mengisi ulang TPA sehingga terjadi pengenceran dan konsentrasi Bti berkurang. Akibatnya, Bti tidak mampu lagi membunuh larva karena konsentrasi minimum Bti yang diperlukan untuk membunuh larva *Aedes* adalah 10 ng/mL atau 1 mg/m³; yang mengandung kurang lebih 10³ sel bakteri. Sementara itu, warga

tidak membersihkan TPA karena TPA tersebut telah diberikan Bti padahal Bti di TPA telah berkurang konsentrasinya dan tidak lagi dapat membunuh larva. Pada *container* non-TPA yang justru tidak mendapat Bti, populasi *Ae. aegypti* menurun karena warga melakukan pemberantasan sarang nyamuk di *container* tersebut. Berdasarkan hasil penelitian ini, pemberantasan sarang nyamuk lebih efektif dalam memberantas *Ae. aegypti* dibandingkan Bti jika dilakukan dengan sungguh-sungguh.¹⁰

Pada penelitian di atas, Bti tidak efektif dalam memberantas *Ae. aegypti* di Kelurahan Cempaka Putih Timur karena Bti yang digunakan adalah formulasi cair yang mudah larut dan terbuang pada penggunaan sehari-hari. Pontes *et al.*,¹¹ melaporkan walaupun bak mandi tidak dikuras dan hanya ditambahkan air saja, persistensi dan efektivitas Bti tetap menurun. Persistensi Bti juga akan menurun bila bak mandi diisi ulang dengan air kran yang mengalir deras.

Oleh karena itu, untuk memberantas *Ae. aegypti* di lapangan, sebaiknya digunakan formulasi *slow-release* yang akan melepas toksin secara perlahan-lahan ke dalam air. Dengan demikian jika air digunakan, konsentrasi Bti akan tetap stabil karena partikel toksin terus-menerus dilepaskan sehingga konsentrasi Bti tidak berkurang dan tetap efektif untuk membunuh larva.

Resistensi Bti

Resistensi larva diptera terhadap Bti belum dilaporkan. Benjamin *et al.*,⁶ melakukan penelitian terhadap larva yang telah resisten terhadap temefos. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa larva *Aedes* yang resisten terhadap temefos dengan dosis 0,012 mg/L ternyata masih sensitif terhadap Bti. Sementara itu *Insecticide Research Unit of University of Mahidol* melaporkan meskipun persistensi temefos jauh lebih lama dibandingkan Bti, resistensi mudah terjadi dalam waktu singkat.¹²

Penutup

Bti adalah agen biologik yang dapat digunakan untuk memberantas larva Diptera khususnya larva nyamuk. Bti aman terhadap lingkungan dan belum dilaporkan mengalami resistensi. Untuk memberantas larva di lapangan, Bti sebaiknya digunakan dalam bentuk *slow release* agar efektivitasnya dapat bertahan lama.

Daftar Pustaka

1. Kusriastuti R. Data kasus DBD per bulan di Indonesia tahun 2010, 2009, dan tahun 2008. Jakarta: PPBB; 2010.
2. Moazami. Biological control. Workshop of biological malaria vector control. Qeshm, 23-27 February 2008.
3. Bravo A, Gill SS, Soberon M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential of insect control. *Toxicon* 2007;49:423-35.
4. WHO. *Bacillus thuringiensis* in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking water: 2009.
5. Lee HL, Chen CD, Masri SM, Chooi KH, Benjamin S. Impact of larvasiding with a *Bacillus thuringiensis* formulation, Vectobar WG[®], on dengue mosquito vectors in a dengue endemic site in Selangor State, Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2008;39:601-9.
6. Benjamin S, Rath A, Fook CY, Lim LH. Efficacy of a *Bacillus thuringiensis israelensis* tablet formulation, Vectobac DT[®], for control of dengue mosquito vectors in potable water containers. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2005;36:879-92.
7. Fansiri T, Thavara U, Tawatsin. Laboratory and semi-field evaluation of mosquito dunks against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* larvae. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2006;37(1):62-6.
8. Boewono DT, Widyastuti U. The effectiveness and residual effect of Vectobac tablets, Vectobac WG, and temephos in controlling *Aedes aegypti* larvae in earthen water jars. *Bul Penel Kesehatan* 2002;30:102-12.
9. Widyastuti U, Yuniarti RA, Ariati Y, Blondine CP. Uji coba Culinex T untuk pengendalian jentik *Aedes aegypti* di Kecamatan Ambarawa, Jawa Tengah. *Cermin Dunia Kedokteran* 2001;131:16-9.
10. Sungkar S. Efektivitas *bacillus thuringiensis israelensis* dalam pemberantasan *Aedes aegypti* di Kelurahan Cempaka Putih Timur. Makara (in press).
11. Pontes RJS, Filho FFD, Alencar CHMd, Regazzi ACF, Cavalcanti LPdG, Ramos Jr ANR, *et al.* Impact of water renewal on the residual effect of larvicides in the control of *Aedes aegypti*. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2010;105:220-4.
12. Insecticide Research Unit of University of Mahidol. Temephos resistance in two forms of *Aedes aegypti* and its significance in resistance mechanism. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2003;34(4):786-92.