

- BACILLUS THURINGIENSIS  
IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

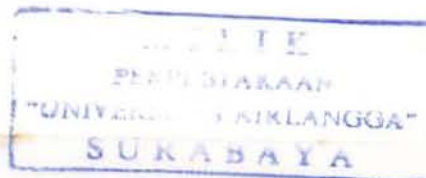
10k-A  
10k  
579 362  
Sal  
M-1

**MASA RESIDU EFEKTIF *Bacillus thuringiensis* H-14 DAN  
*Bacillus sphaericus* H-5a5b SERTA KOMBINASI NYA DI TEMPAT  
PERINDUKAN NYAMUK *Culex quinquefasciatus***

3000124973141-7

**Ketua Peneliti :**

**Drs. Salamun, M.Kes.**



30001249731417

**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA**

Dibiayai Oleh : Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan  
DIP Nomor : 292/XXIII/3/--/1996 Tanggal 30 Maret 1996  
Kontrak Nomor : 048/P2 IPT/DPPM/LITMUD/V/1996  
Ditbinlitabmas, Ditjen Dikti, Depdikbud  
Nomor Urut : 10

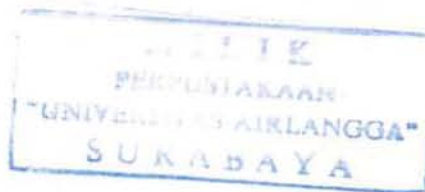


Departemen Pendidikan dan Kebudayaan  
Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi  
Universitas Airlangga

MASA RESIDU EFEKTIF *Bacillus thuringiensis* H-14 DAN  
*Bacillus sphaericus* H-5a5b SERTA KOMBINASINYA DI TEMPAT  
PERINDUKAN NYAMUK *Culex quinquefasciatus*

Peneliti :  
Drs. Salamun, M.Kes.  
Drs. J. Soemartojo  
FMIPA

3000124973141



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA  
Dibiayai : DP3M-BBI NO. 048/P2IPT/DPPM/LITMUD/V/1996  
S.K. Ketua Lemlit Unair No : 591/J03.12/PL/1996  
Tanggal : 24 Juli 1996



# LEMBAGA PENELITIAN

Jl.Darmawangsa Dalam 2 Telp. (031) 42322 Surabaya 60286

IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Masa Residu Efektif Bacillus thuringiensis H-14 dan Bacillus sphaericus H-5a5b Serta Kombinasi di Tempat Perindukan Nyamuk Culex quinquefasciatus
- b. Macam Penelitian : (v) D a s a r ( ) Terapan, ( ) Pengembangan.
- c. Kategori Penelitian : (v) I ( ) II ( ) III
2. Kepala Proyek Penelitian
- a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Drs. Salamun, M.Kes.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. Pangkat/Golongan dan NIP : Penata / III c / 131696506
- d. Jabatan Sekarang : Lektor Muda
- e. Fakultas / Jurusan : MIPA / Biologi
- f. Universitas : Airlangga
- g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Pengendalian Hayati
3. Jumlah Tim Peneliti : 2 (dua) peneliti
4. Lokasi Penelitian : Lab. Biologi Medisinal, FMIPA, Universitas Airlangga, Surabaya
5. Kerjasama dengan Instansi Lain
- a. Nama Instansi : -
- b. A l a m a t : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 8 bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 4.100.000,00 (Empat juta seratus ribu rupiah)
8. Seminar Hasil Penelitian
- a. Dilaksanakan Tanggal : 3 Februari 1997
- b. Hasil Penilaian : ( ) Baik Sekali (v) B a i k  
( ) S e d a n g ( ) K u r a n g



Mengetahui :  
Dekan Fakultas MIPA,

*[Signature]*  
Drs. Harjana, MSc.

NIP. 130355371

Surabaya, 5 Februari 19 97

Kepala Proyek Penelitian,

*[Signature]*  
Drs. Salamun, M.Kes.

NIP. 131696506



Mengetahui :  
Ketua Lembaga Penelitian Unair,

*[Signature]*  
Prof. Dr. Noor Cholies Zaini



## RINGKASAN

MASA RESIDU EFEKTIF *Bacillus thuringiensis* H-14 DAN *Bacillus sphaericus* H-5a5b SERTA KOMBINASINYA DI TEMPAT PERINDUKAN NYAMUK *Culex quinquefasciatus* (Salamun dan J. Soemartojo, 1997; 48 halaman).

*Bacillus thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* H-5a5b adalah agensia mikrobial yang berpotensi sebagai pengendali nyamuk vektor penyakit. Agensia ini sangat spesifik terhadap serangga sasaran dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup, sehingga dapat dikembangkan sebagai pengendali hayati nyamuk vektor, khususnya terhadap *Culex quinquefasciatus* di Indonesia. Masalah yang diteliti adalah ada dan tidaknya perbedaan masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* H-5a5b, kombinasi kedua bioinsektisida tersebut, dan kemampuan daur ulang di tempat perindukan nyamuk *C. quinquefasciatus*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perbedaan masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di beberapa tipe tempat penampung air, kombinasi kedua bioinsektisida tersebut, dan kemampuannya untuk melakukan daur ulang di tempat perindukan nyamuk *C. quinquefasciatus*.

Penelitian ini dilakukan dua tahap di dalam kondisi laboratorium. Tahap pertama adalah kolonisasi nyamuk untuk menyediakan larva *C. quinquefasciatus*. Tahap kedua adalah uji residu untuk menentukan masa residu efektif kedua bioinsektisida, baik *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) maupun *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat penampung air (TPA) semen, lumpur, dan plastik. Kedua bioinsektisida diperoleh dari *Vector Control Research Centre* (VCRC), India. Masa residu efektif 50% (MRE-50) ditetapkan berdasarkan analisis probit. Uji residu dilakukan dengan cara pengamatan berulang pada hari ke-1, 8, 15, ..., 78.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa masa residu efektif *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan nyamuk *C. quinquefasciatus* bertahan lebih lama daripada *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17). Masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan nyamuk *C. quinquefasciatus* bertahan paling lama di dalam tipe TPA plastik, kemudian di dalam TPA semen, dan paling pendek di dalam TPA lumpur. Ada kecenderungan semakin besar konsentrasi *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) dan semakin kecil konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B14) di dalam kombinasi bioinsektisida tersebut, menghasilkan semakin besar masa residu efektifnya. *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) menunjukkan kemampuannya untuk melakukan daur ulang, tetapi tidak bisa secara terus menerus. Angka kematian larva uji turun tajam setelah hari ke-50 dan angka kematian larva di bawah 5% pada hari ke-78. Pengembangan dalam upaya pengendalian larva nyamuk *C. quinquefasciatus* disarankan menggunakan bioinsektisida *B. sphaericus* H-5a5b daripada menggunakan *B. thuringiensis* H-14, dan penggunaan konsentrasi (dosis) kombinasi dengan proporsi dosis *B. sphaericus* H-5a5b yang lebih besar, juga perlu dipertimbangkan mengingat hasilnya lebih efektif bila dibandingkan dengan dosis non kombinasi.

(Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Airlangga : 048/P2IPT/DPPM/LITMUD/V/1996, 6-5-1996).

## SUMMARY

*RESIDUAL EFFECTIVE TIME OF Bacillus thuringiensis H-14 AND Bacillus sphaericus H-5a5b WITH COMBINATION OF THE BOTH BIOINSECTICIDES IN THE BREEDING PLACES OF Culex quinquefasciatus (Salamun dan J. Soemartojo, 1997; 48 pages)*

*Bacillus thuringiensis H-14 and B. sphaericus H-5a5b are microbial agents showing high potency for vector control. They are highly specific to target insect, and do not produce any adverse environmental impact. Such agents would be promising agents for vector control, especially mosquito vector of Culex quinquefasciatus in Indonesia. The problem of the study about difference residual effective time of B. thuringiensis H-14 and B. sphaericus H-5a5b, combination between both the bioinsecticides, and recycling potencies in the breeding places of C. quinquefasciatus.*

The study aimed at observing the difference residual effective time between *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) and *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) in some types of containers, combination both the bioinsecticides, and recycling potencies in the breeding places of *C. quinquefasciatus*.

Two steps of the studies were carried out under laboratory conditions. First steps were reared mosquitoes in the laboratory to supply larvae of *C. quinquefasciatus*. Second steps residual testings to determine of the residual effective time of both *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) and *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) in the cemented, mud, and plastic containers. Both the bioinsecticides were prepared by Vector Control Reseach Centre (VCRC), India. The residual effective time (RET-50) were decided by probitt analysis. The residual tests were carried out by time series observation on the day 1, 8, 15, ..., and 78.

The results showed that the residual effective time of *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) was longer than *B. thuringiensis* (VCRC B17) in the breeding places of *C. quinquefasciatus*. The plastic container was found to have longest of residual effective time, followed by the cemented container, and the mud container has the shortest duration residual effective time. The higher concentration of *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) and the lower concentration of *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) at combination both the bioinsecticides, will result in higher residual effective time. The *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) showed recycling potency in the breeding places of *C. quinquefasciatus*, but not forever. Percent mortality of the larvae dropped sharply after day 50, and larvae mortality under 5% after day 78.

(Department of Biology, Faculty of Mathematics and Science,  
Airlangga University : 048/P2IPT/DPPM/LITMUD/V/1996, 6-5-1996)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah subhanahu wata'ala, yang dengan rahmat dan hidayahNya telah memberikan kekuatan dan ketabahan kepada penulis, sehingga dapat melaksanakan penelitian dan menyusun laporan ini.

Pada kesempatan pertama, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas biaya penelitian ini oleh DIP APBN (DP3M) melalui Ketua Lembaga Penelitian, Universitas Airlangga, Surabaya.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. V. Dhanda yang melalui jasa baik dr. Sugeng Juwono Mardihusodo, MSc. telah mengirim bahan entomopatogen VCRC B17 dan VCRC B42 dari *Vector Control Research Centre* Pondicherry, India. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penelitian ini.

" Tiada gading yang tak retak ", penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan-kekurangan, namun penulis berharap laporan ini dapat memberikan informasi ilmiah bagi ilmu pengetahuan dan semoga berguna dalam pengembangan penelitian lebih lanjut.

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN PENELITIAN .....	ii
SUMMARY .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1. Latar Belakang Permasalahan .....	1
2. Rumusan Masalah .....	3
3. Tujuan Penelitian .....	4
4. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
1. Nyamuk <i>Culex quinquefasciatus</i> .....	6
2. Entomopatogen <i>B. thuringiensis</i> H-14 dan <i>B. sphaericus</i> H-5a5b .....	9
BAB III METODE PENELITIAN .....	20
1. Cara Penelitian .....	20
1.1. Kolonisasi larva uji .....	20
1.2. Uji masa residu efektif .....	23
2. Analisis Data .....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	26
1. Kolonisasi Larva Uji .....	26
2. Uji Masa Residu Efektif .....	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	35
1. Kesimpulan .....	42
2. Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Masa Residu Efektif 50% Konsentrasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 24 Jam .....	28
2. Masa Residu Efektif 50% Konsentrasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 48 Jam .....	30
3. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 24 Jam .....	33
4. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 48 Jam .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Pengendalian Terpadu Penyakit yang Ditularkan oleh Vektor Serangga (WHO, 1987) .....	10
2. Pola Pertumbuhan dan Perkembangan Telur <i>Culex quinquefasciatus</i> Menjadi Larva-instar I, Larva-instar II, Larva-instar III, dan Larva-instar IV .	27
3. Masa Residu Efektif 50% Konsentrasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 24 Jam .....	29
4. Masa Residu Efektif 50% Konsentrasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 48 Jam .....	31
5. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 24 Jam .....	34
6. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi <i>Bacillus thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17) dan <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 48 Jam .....	36
7. Perbedaan pola masa residu efektif 10 mg/l <i>Bacillus sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva-instar III <i>Culex quinquefasciatus</i> pada beberapa tipe TPA .....	38

## BAB I

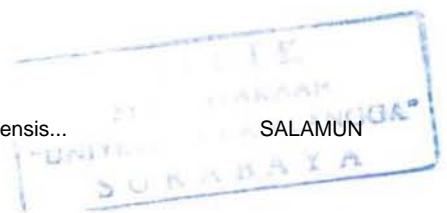
### PENDAHULUAN

#### 1. Latar Belakang Permasalahan

*Culex quinquefasciatus* adalah nyamuk yang tersebar luas di kota-kota besar dan merupakan "pencemar biologis" yang terdapat di genangan air selokan dan genangan air berlumpur yang sedikit tercemar limbah organik. Nyamuk ini sangat mengganggu kehidupan manusia terutama di malam hari, sehingga dapat mengurangi produktivitas kerja di siang harinya. Selain itu nyamuk ini juga merupakan vektor filariasis, penyakit yang disebabkan oleh cacing filaria yang sampai saat ini masih merupakan masalah kesehatan masyarakat di Indonesia, terutama di daerah-daerah transmigrasi.

Usaha untuk mengatasi masalah filariasis melalui penelitian baik mencari cara diagnosis yang cepat, tepat, dan efektif, serta pengembangan vaksin untuk pencegahan sudah banyak dilakukan, tetapi sampai saat ini hasilnya masih belum memuaskan sehingga alternatif yang memberi harapan untuk pemberantasan filariasis ini adalah dengan mengendalikan kepadatan populasi vektornya sampai di bawah ambang kendali.

Dalam upaya pengendalian nyamuk vektor, ada beberapa pendekatan entomologis. Cara yang sudah rutin dilaksanakan adalah dengan pengendalian kimiawi. Berbagai insektisida kimia, setelah dievaluasi terbukti banyak menimbulkan dampak negatif, seperti perkembangan ke arah resistensi serangga sasaran, membunuh



predator yang berguna, dan dapat menimbulkan pencemaran kimiawi kawasan lingkungan hidup karena penggunaannya harus dilakukan secara berulang-ulang. Kenyataan ini mendorong para ahli pengendalian hayati terus mencari dan mengembangkan agensia pengendali hayati sebagai salah satu pilihan untuk pengendalian nyamuk vektor, karena sasaran yang dituju lebih spesifik, lebih aman, dan berwawasan lingkungan (WHO, 1991).

Telah terbukti bahwa *Bacillus thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* sangat toksik terhadap larva nyamuk, tetapi aman terhadap parasit dan pemangsanya, tidak mencemari lingkungan, dan telah terbukti aman terhadap golongan mamalia, termasuk manusia, tidak menimbulkan resistensi serangga, dan pada kondisi habitat alamiahnya dapat melakukan daur ulang (WHO, 1991). Dengan demikian kedua bioinsektisida itu tampaknya memberi harapan baik untuk dikembangkan sebagai agensia pengendali hayati vektor filariasis di Indonesia, khususnya terhadap larva *C. quinquefasciatus*. Untuk menuju kearah penggunaan bioinsektisida *B. thuringiensis* H-14 dan atau *B. sphaericus* tersebut di lapangan khususnya terhadap vektor filariasis di Indonesia masih memerlukan data-data dasar baik dari uji laboratorium maupun dari uji coba di lapangan sehingga diharapkan hasilnya dapat digunakan sebagai dasar pijakan saat diterapkan penggunaannya di lapangan.

Variabilitas data-data dasar tersebut dapat berupa uji aktivitas larvisidal bioinsektisida terhadap larva nyamuk *C. quinquefasciatus*, formulasi bioinsektisida yang sesuai untuk tempat perindukan *C. quinquefasciatus* di Indonesia, masa residu

efektifnya di tempat perindukan *C. quinquefasciatus*, faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi aktivitas dan masa residu efektifnyanya, atau kombinasi dari berbagai variabel-variabel yang terkalt.

Mardihsodo (1992) telah mengawali meneliti aktivitas larvisidal puder baku *B. sphaericus* galur 1593 (RB 80) dan *B. thuringiensis* var. *israelensis* (IPS 82) yang diperoleh dari Institut Pasteur Paris terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* dan *C. quinquefasciatus* lokal Yogyakarta. Penelitian serupa tentang aktivitas larvisidal *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) dan *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) yang diproduksi oleh Pusat Penelitian Pengendalian Vektor India terhadap larva nyamuk *A. aegypti* lokal Surabaya juga telah dilakukan (Salamun dkk., 1995), demikian juga dengan masa residu efektifnya di beberapa tipe tempat perindukan nyamuk *A. aegypti* (Salamun, 1995), tetapi masih sedikit penelitian tentang masa residu efektif kedua biolinsektisida tersebut terhadap larva nyamuk *C. quinquefasciatus*, baik secara simulasi di laboratorium atau di lapangan.

## 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang untuk menjawab permasalahan sebagai berikut.



1. Apakah ada perbedaan masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan *C. quinquefasciatus* ?.
2. Apakah perbedaan kondisi tempat perindukan *C. quinquefasciatus* mempengaruhi masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan *C. quinquefasciatus* ?.
3. Apakah penggunaan kombinasi konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) mempengaruhi masa residu efektifnya di tempat perindukan *C. quinquefasciatus* ?.
4. Apakah *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) dapat melakukan daur ulang di tempat perindukan *C. quinquefasciatus* ?.

### 3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- (1) mengetahui perbedaan masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan *C. quinquefasciatus*;
- (2) mengetahui perbedaan masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di kondisi tempat perindukan *C. quinquefasciatus* yang berbeda;

- (3) mengetahui perbedaan masa residu efektif oleh pengaruh kombinasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan *C. quinquefasciatus*; dan
- (4) mengetahui ada tidaknya daur ulang *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan *C. quinquefasciatus* ?.

#### 4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan yang berarti di bidang pengendalian hayati nyamuk vektor penyakit di Indonesia, khususnya memberi informasi ilmiah data-data dasar mengenai masa residu efektif, perbedaan masa residu efektif, kombinasi konsentrasi, dan daya daur ulang *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di tempat perindukan nyamuk *C. quinquefasciatus*, dalam upaya memberi acuan dasar sebelum biolinsektisida tersebut diterapkan di lapangan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1. Nyamuk *Culex quinquefasciatus*

Nyamuk *C. quinquefasciatus* Say. (Diptera: Culicidae) merupakan salah satu jenis nyamuk rumah. Masa pertumbuhan dan perkembangan nyamuk *C. quinquefasciatus* dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa. Telur, larva, dan pupa nyamuk *C. quinquefasciatus* tumbuh dan berkembang di dalam air. Genangan air yang disukai sebagai tempat perindukan nyamuk ini berupa genangan-genangan air yang sedikit tercemar limbah organik, seperti yang ada di selokan atau genangan berlumpur baik di kota-kota besar maupun di pedesaan (Soedarto, 1983). Suwasono dkk. (1990), melaporkan bahwa hasil penangkapan terbesar di desa Susukan Kabupaten Semarang adalah nyamuk *C. quinquefasciatus*, demikian juga yang dilaporkan oleh Soedarto (1983,1992) di kota Surabaya.

Nyamuk *C. quinquefasciatus* dewasa hidup domestik, lebih senang tinggal di dalam dan sekitar rumah. Nyamuk betina menggigit dan mengisap darah lebih banyak di malam hari. Kesukaan mengisap darah lebih bersifat anthropofilik daripada zoofilik. Kebiasaan istirahat lebih banyak di dalam dan sekitar rumah pada benda-benda yang bergantung, berwarna gelap, dan di tempat-tempat lain yang terlindung dari sinar matahari langsung (Anonim, 1987).

Telur nyamuk *C. quinquefasciatus* di dalam air dengan suhu 20-40°C akan menetas menjadi larva dalam waktu 1-2 hari. Kemudian kecepatan pertumbuhan dan perkembangan larva dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu temperatur, tempat, keadaan air, dan kandungan zat makanan yang ada di tempat perindukannya. Pada kondisi optimum, larva berkembang menjadi pupa dalam waktu 4-9 hari, kemudian pupa menjadi dewasa dalam waktu 2-3 hari. Jadi pertumbuhan dan perkembangan telur, larva, pupa, sampai menjadi nyamuk dewasa memerlukan waktu kurang lebih 7-14 hari (Brown, 1983).

Nyamuk *C. quinquefasciatus* tersebar kosmopolitan. Di Indonesia nyamuk tersebut tersebar di seluruh pelosok tanah air, termasuk di kota-kota besar maupun pedesaan. Salah satu hal yang menarik perhatian adalah bahwa *C. quinquefasciatus* selain sebagai pencemar biologis juga salah satu nyamuk yang berperan sebagai vektor. Penyakit-penyakit yang ditularkan antara lain *Filariasis* dan *encephalitis* yang disebabkan oleh virus (Harinasuta, 1984), sehingga perlu dicari cara yang tepat untuk menekan kepadatan populasinya sampai di bawah ambang kendali.

Ada berbagai pendekatan entomologis dalam upaya pengendalian vektor yang dapat diterapkan. Secara garis besar ada 4 cara pengendalian vektor yaitu dengan (1) pengendalian kimiawi, (2) pengendalian genetik, (3) pengelolaan lingkungan, dan (4) pengendalian hayati (Anonim, 1987).

Pengendalian kimiawi dilakukan dengan menggunakan insektisida kimiawi yang sesuai baik untuk larva maupun nyamuk dewasa. Pengendalian cara kimiawi ini sudah rutin dilakukan sejak tahun

1950-an sampai sekarang, hasilnya memang cepat dan jelas terasa, tetapi telah terbukti banyak menimbulkan dampak negatif seperti perkembangan ke arah resistensi serangga sasaran, membunuh serangga non-sasaran yaitu predator maupun kompetitor, dan mengganggu kualitas lingkungan hidup (WHO, 1987; WHO, 1991).

Penelitian mengenai pengendalian genetik telah banyak dilakukan, tetapi belum pernah diterapkan di lapangan. Salah satu cara pengendalian genetik adalah dengan teknik jantan mandul, yaitu melepas sejumlah besar nyamuk-nyamuk jantan yang sudah disterilkan, diharapkan nyamuk-nyamuk jantan steril ini dapat mengawini nyamuk-nyamuk betina di alam. Karena nyamuk betina hanya kawin satu kali, maka jika nyamuk betina di alam kebetulan kawin dengan nyamuk jantan steril maka tidak akan menghasilkan keturunan. Pengendalian cara genetik ini masih dalam taraf penelitian dan secara teknis hasil penelitiannya masih sulit untuk diterapkan di lapangan, selain itu biayanya mahal (Anonim, 1987).

Pengelolaan lingkungan yang sering juga disebut pengendalian mekanik (fisik) dilakukan dengan cara menghilangkan tempat perindukan yang disukai nyamuk *C. quinquefasciatus* atau menghalangi kontak vektor dengan manusia, menutup rapat-rapat tempat penampung air yang bersifat permanen, memasang kelambu, mengatur suhu ruangan, sekat angin, dan lain-lainnya. Cara ini memang dianggap lebih aman dan menuju terciptanya lingkungan hidup yang bersih dan sehat, tetapi juga membutuhkan kesadaran serta partisipasi masyarakat secara terus menerus dan berkesinambungan.

Pengendalian hayati dilakukan dengan menggunakan kelompok mahluk hidup, baik dari golongan mikroorganisme, hewan invertebrata, atau hewan vertebrata. Sebagai pengendali hayati, kelompok mahluk hidup tersebut dapat berperan sebagai patogen, parasit, atau pemangsa. Beberapa jenis ikan seperti *Panchax panchax*, *Lebistus reticularis*, dan *Gambusia affinis* adalah pemangsa yang cocok untuk larva nyamuk. Sebagai bahan patogen seperti dari golongan virus, bakteri, atau fungi dapat dikembangkan sebagai pengendali hayati larva *C. quinquefasciatus* di tempat perindukannya (WHO, 1984).

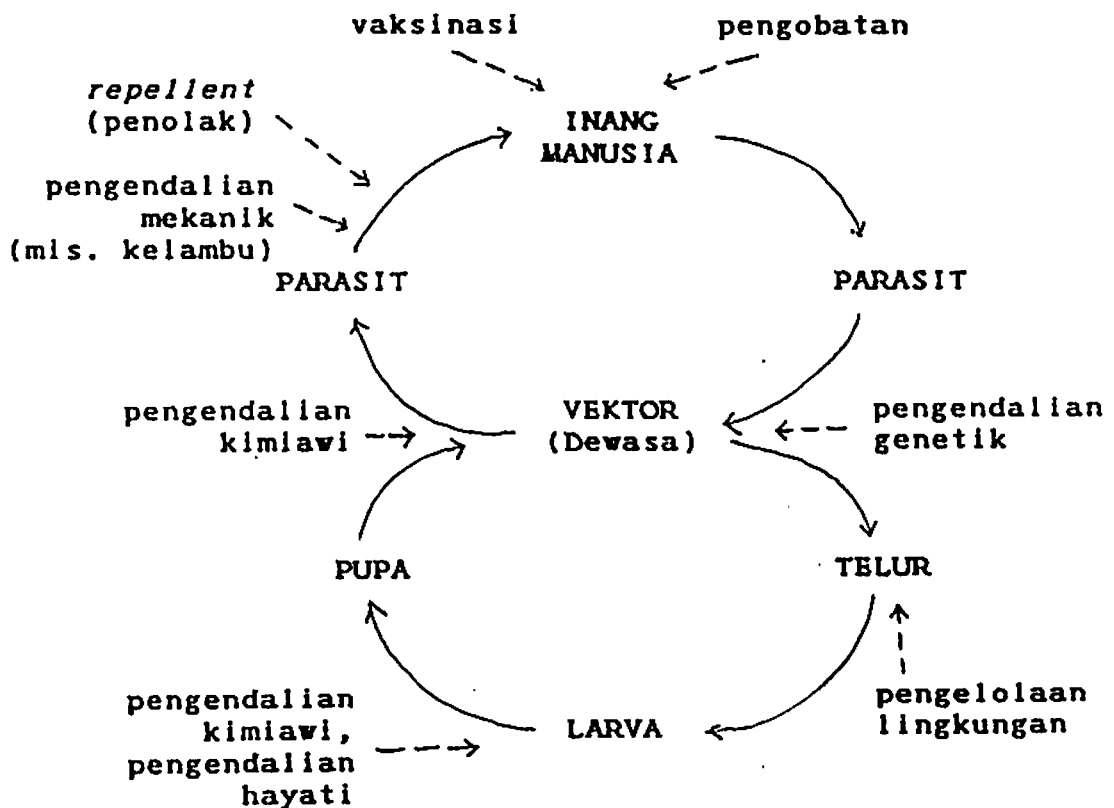
Dari cara-cara pengendalian vektor tersebut di atas ternyata tidak ada satu-pun cara yang 100% memuaskan. Karena itu konsep pengendalian terpadu (Gambar 1) dengan melibatkan semua cara dapat diterapkan sesuai dengan situasi dan kondisi biologis, bionomik, ekologis vektornya, serta mempertimbangkan keuntungan dan kerugiannya baik dalam hal biaya dan pengaruhnya terhadap kualitas lingkungan hidup.

## 2. Entomopatogen *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* H-5a5b

Entomopatogen yang berpotensi sebagai pengendali hayati nyamuk vektor antara lain golongan basilii, yaitu *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus*. Di dalam klasifikasi makhluk hidup, *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus* termasuk familia Bacillaceae, divisi Bacteria, dan kingdom Procaryotae. Anggota genus *Bacillus* tersebar di mana-mana dengan hidup saprofitik dan membentuk endospora (Buchanan dan Gibbons, 1974).



Galur (*strain*) *B. thuringiensis* yang mempunyai aktivitas larvisidal, pertama kali ditemukan oleh ilmuwan Jepang Ishiwata tahun 1901, kemudian berikutnya oleh ilmuwan Jerman Berliner tahun 1915, dan hasil penemuan tersebut mempunyai andil besar dibidang program pengendalian hama tanaman. Pada periode berikutnya Kellen *et al.*, (tahun 1965), melaporkan bahwa galur *B. sphaericus* yang mempunyai aktivitas insektisidal pertama kali berhasil diisolir dari larva-instar IV *Culiseta incidens*, di California (Balaraman dan Pillai, 1990).



Gambar 1. Skema Pengendalian Terpadu Penyakit yang Ditularkan oleh Vektor Serangga (WHO, 1987)

*B. sphaericus* adalah bakteri bentuk-batang; gram-variable; lurus; dapat bergerak; panjang 1,5-5  $\mu\text{m}$ , lebar 0,6-1  $\mu\text{m}$ ; sporangium membengkak di posisi ujung; bersifat aerobik; spora bulat sferis; tidak mereduksi nitrat; tidak meragi (*ferment*) glukosa atau gula lainnya; tetapi menggunakan asam-asam amino sebagai sumber karbon dan nitrogen (WHO, 1980).

*B. thuringiensis* adalah bakteri bentuk-batang; gram-positif; dapat bergerak; panjang 3,0-5,0  $\mu\text{m}$ , lebar 1,0-1,5  $\mu\text{m}$ ; sporangium tidak membengkak; membentuk badan parasporal atau kristal protein; dapat menggunakan gula untuk meningkatkan pertumbuhannya di samping harus ada sumber makanan lain berupa protein dan asam amino sebagai sumber utama karbon dan nitrogen (WHO, 1979).

Berdasarkan uji serologis menggunakan H antigen, galur *B. sphaericus* dan *B. thuringiensis* dapat dikelompokkan menjadi serotipe tertentu. Davidson (1982) melaporkan ada beberapa serotipe dari galur *B. sphaericus* yang penting untuk pengendalian vektor, seperti serotipe H-1a, H-2, H-5a5b, dan H-25. Saat ini, kurang lebih 25 serotipe *B. thuringiensis* juga telah berhasil diidentifikasi. Sebagian besar serotipe-serotipe tersebut mempunyai aktivitas larvisidal terhadap larva Lepidoptera, misalnya *B. thuringiensis* serotipe H-3a3b, H-8a8b, H-12, dan H-17 (Balaraman dan Pillai, 1990).

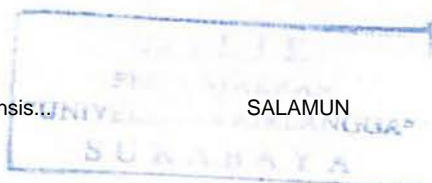
Di bidang pengendalian nyamuk vektor penyakit, *B. sphaericus* serotipe H-5a5b dan *B. thuringiensis* serotipe H-14 mendapat perhatian khusus oleh WHO, sehingga serotipe tersebut dibuat standarnya oleh Institut Pasteur Paris. Standar untuk *B.*

*sphaericus* H-5a5b diberi nama RB-80 dan SPH-88, sedangkan standar untuk *B. thuringiensis* H-14 diberi nama IPS-78 dan IPS-82, dan masing-masing standar juga sudah ditentukan potensinya dengan satuan *International Toxic Unit* per-miligram (ITU/mg) (Dulmage *et al.*, 1990).

Sejak ditemukan *B. thuringiensis* var. *israelensis* serotipe H-14 oleh Goldberg dan Margalit (1977) di Israel dan galur *B. sphaericus* oleh Kellen *et al.*, tahun 1965 di California seperti yang dikutip oleh Balaraman dan Pillai (1990), dan masing-masing telah berhasil dibuktikan aktivitas larvisidalnya terhadap larva jenis-jenis nyamuk tertentu, usaha pencarian terhadap bakteri lokal yang mempunyai aktivitas larvisidal telah banyak dilakukan di beberapa negara, termasuk negara-negara di Asia seperti Malaysia, Indonesia, dan India.

Lee dan Seleena (1990a), dengan jumlah sampel 725 yang dikoleksi dari habitat-habitat bakteri di Malaysia, telah berhasil menemukan beberapa jenis bakteri yang mempunyai aktivitas larvisidal, seperti *B. thuringiensis* H-14, *B. sphaericus* H-5a5b dan H-25, serta subspecies lokal, yaitu *B. thuringiensis* subsp. *malaysianensis*. Dilaporkan juga bahwa bakteri lokal tersebut mempunyai potensi 1,71, 1,4, dan 1,62 kali berturut-turut terhadap nyamuk *A. aegypti*, *C. quinquefasciatus*, dan *Anopheles maculatus*, jika dibandingkan dengan *B. thuringiensis* var. *israelensis* (Lee dan Seleena, 1990a).

Mardihsodo dkk. (1991), dengan jumlah sampel 203 yang dikoleksi dari 25 ekor larva nyamuk, 92 tanah, 86 air di satu lokasi daerah Jawa Timur, tiga lokasi Daerah Istimewa Yogyakarta



ta, dan enam lokasi daerah Jawa Tengah, telah berhasil menemukan empat isolat genus *Bacillus* yang mempunyai aktivitas insektisidal. Keempat isolat tersebut adalah *B. cereus* (142), *B. pumilus* (25C), dan *B. sphaericus* (23A dan 51C), tetapi semua isolat tersebut aktivitas larvisidalnya masih jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan *B. thuringiensis* H-14 pembanding (Teknar<sup>R/</sup>). Dilaporkan juga bahwa pada konsentrasi yang sama, *B. thuringiensis* H-14 dalam waktu 24 jam telah membunuh semua (100%) larva uji *C. quinquefasciatus*, sedangkan ke-4 isolat lokal dalam waktu 48 jam mematikan larva uji hanya sebesar 52,5-70%. Penelitian yang sama juga telah dilakukan oleh Blondine dan Widiarti (1994) dan juga oleh Samsumaharto dkk. (1995), dengan hasil bakteri yang potensial sebagai agensia hayati untuk dikembangkan sebagai pengendali larva nyamuk, tetapi saat ini belum sampai pada tingkat produksi untuk dipasarkan.

Pusat Penelitian Pengendalian Vector (VCRC) di India, telah menemukan beberapa isolat lokal yang mempunyai aktivitas larvisidal terhadap larva nyamuk *C. quinquefasciatus*. Dua di antara isolat yang telah berhasil dikembangkan adalah *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) yang kemudian diproduksi serta dikemas dengan nama dagang Deltafix<sup>TM</sup> dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) diproduksi dan dikemas dengan nama dagang Spherafix<sup>TM</sup> (Balaraman dan Pillai, 1990).

*B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* H-5a5b bukan penyebab penyakit infeksi pada larva, tetapi keduanya mengandung toksin yang jika ditelan oleh larva nyamuk dapat menyebabkan kematian (WHO, 1984). Toksin tersebut diproduksi selama pertumbu-

han vegetatif, dan berupa endotoksin karena selama sporulasi toksin disimpan di dalam spora atau inklusi parasporal. Ternyata bahan aktif yang mempunyai aktivitas larvisidal tersebut adalah delta-endotoksin, suatu protein yang ada di dalam inklusi parasporal pada *B. thuringiensis* H-14 dan di struktur-struktur sel termasuk spora dan dinding sel pada *B. sphaericus* (WHO, 1991).

Pada serangga, protein yang mempunyai aktivitas larvisidal tersebut bersifat sebagai protoksin, yang akan menjadi toksin aktif setelah dipengaruhi oleh cairan proteolitik yang ada di usus tengah larva sasaran (WHO, 1984). Pada *B. thuringiensis* H-14, protoksin tersebut berupa protein sub-unit tunggal dengan berat molekul 134 kD, dan pada pH alkalis serta kondisi enzim yang sesuai di usus tengah larva sasaran, dengan cepat diubah menjadi sub-unit yang lebih kecil dan lebih toksik (WHO, 1979). Sub-unit yang lebih kecil dan lebih toksik tersebut adalah toksin aktif dengan berat molekul 25 kD, dan enzim aktivatornya adalah *alkaline protease* (WHO, 1984).

Laporan lebih lanjut menunjukkan bahwa paling sedikit ada 4 fraksi protein inklusi parasporal atau spora pada *B. thuringiensis* H-14 maupun *B. sphaericus*. Empat fraksi tersebut adalah komponen polipeptida dengan berat molekul 28, 68, 125, dan 135 kD pada *B. thuringiensis* H-14 dan 42, 51, 110, dan 125 kD pada *B. sphaericus* (WHO, 1991; Porter *et al.*, 1993)).

Kerja toksin *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* terhadap larva Diptera belum diketahui dengan jelas (WHO, 1984), tetapi diduga setelah toksin aktif terbentuk dan menempel pada epitel usus tengah, maka epitel tersebut terganggu pengaturan

permeabilitas membrannya. Gangguan itu terjadi pada transpor ion lintas membran karena adanya ikatan antara protein dengan permukaan mikrofili usus tengah larva (Davidson, 1984; WHO, 1984; Margalit dan Dean, 1985).

Toksin aktif yang terbentuk di usus tengah larva tetap stabil terhadap cairan proteolitik berikutnya, dan menyebabkan perubahan histopatologis pada epitel usus tengah larva yang sama baik dari toksin *B. thuringiensis* H-14 maupun *B. sphaericus*, hanya kecepatan kerjanya yang berbeda. Toksin *B. thuringiensis* H-14 bekerja sangat cepat, hanya beberapa menit larva mati setelah pendedahan, sedangkan toksin *B. sphaericus* bekerja lebih lambat, bisa beberapa jam setelah pendedahan (WHO, 1991).

Larva-instar II ( $L_2$ ) yang terdedah selama 2 jam kepada toksin dengan dosis kematian 50% (50 $\mu$ g/ml), sel-sel epitel usus tengah (*midgut*) mengalami hipertrofi, terpisah satu dengan yang lain, lisis, dan mengelupas dari membrana basalisnya, sehingga larutan alkalis dari usus masuk ke rongga darah (*haemocoelae*) dan menyebabkan kematian larva (WHO, 1984).

Ada beberapa faktor baik fisik, kimiawi, atau biologis yang telah teridentifikasi dapat mempengaruhi stabilitas dan aktivitas larvisidal toksin *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus*. Ternyata jika toksin *B. sphaericus* 1593 masih terikat di dalam spora atau fragmen sel yang lain, toksin masih tetap stabil pada liofilisasi, refrigerasi, relatif tahan terhadap pemanasan, dan tetap stabil dengan radiasi sinar ultra violet meskipun setelah diradiasi spora-spora berkurang viabilitasnya (Burke *et al.*, 1983; WHO, 1984). Toksin *B. sphaericus* 1593 juga relatif tahan



terhadap beberapa pelarut protein, enzim proteolitik, dan oksidasi (WHO, 1980).

Ekstrak sel *B. sphaericus* 1593 yang terpapar pada berbagai temperatur selama 12 menit, menunjukkan bahwa toksin tetap stabil pada suhu 80°C walaupun ada sedikit penurunan aktivitas larvisidalnya. Pada suhu di atas 80 °C aktivitas larvisidal menurun secara mendadak, rusak jika dididihkan di dalam air selama 10 menit dan diletakkan di dalam 0,01M NaOH selama 30 menit pada suhu 22 °C (Myers dan Yousten, 1980).

Delta-endotoksin *B. thuringiensis* H-14 tetap stabil pada suhu 80 °C selama 24 jam tanpa kehilangan aktivitas larvisidalnya, tetapi jika terdedah pada 120 °C selama 15 menit sudah tidak aktif lagi. Toksin *B. thuringiensis* H-14 juga stabil terhadap pendinginan, liofilisasi, dan relatif tahan terhadap radiasi sinar matahari dan ultra violet (WHO, 1979).

Penerapan *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* sebagai larvisida di lapangan, dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk patogen yang digunakan, serangga sasaran, kondisi tempat serangga, dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Beberapa bentuk formulasi larvisida *B. thuringiensis* H-14 telah berhasil diproduksi, seperti bentuk tepung (*powders*), tepung lembab (*wettable powders*), cairan (*liquids*), granula (*granules*), briket (*briquettes*), dan pelet (*pellets*). Bentuk-bentuk formulasi tersebut mempunyai spesifikasi daya tahan terhadap faktor lingkungan yang berbeda-beda, sehingga dapat dipilih formulasi yang dianggap paling sesuai untuk kondisi lingkungan tertentu (Lacey, 1984).

*B. thuringiensis* H-14 bentuk tepung yang digunakan di bawah kondisi lapangan, aktivitas larvisidalnya menjadi lebih pendek bila dibandingkan dengan hasil ujinya di laboratorium. Tampaknya hal ini terjadi karena adanya, (1) degradasi kimiawi dan fisik toksin dibawah kondisi lapangan; (2) konsumsi dan destruksi toksin oleh larva nyamuk dan invertebrata lainnya; dan (3) pengendapan toksin menjadi sedimen sehingga menghilang dari zona makan (*feeding zone*) larva nyamuk (WHO, 1979).

Laporan-laporan lain menunjukkan bahwa efek residual entomopatogen dipengaruhi oleh (1) kualitas air di tempat perindukan nyamuk (Mulla *et al.*, 1984a) termasuk kadar garam (Lee *et al.*, 1986), kandungan zat organik (Mulligan *et al.*, 1980), zat makanan (Ramoska dan Pacey, 1979), dan kadar oksigen (Pantuwatana, *et al.*, 1989); (2) larva sasaran termasuk jenis (Mulla *et al.*, 1984b), densitas larva (Mulla *et al.*, 1985), dan laju penelanan makanan oleh larva (Ramoska dan Pacey, 1979); (3) larvisida termasuk jenis atau varietas patogen, bentuk formulasi, dan dosis yang digunakan (Arunachalam *et al.*, 1991); (4) tempat penampung air (TPA) termasuk bahan (Salamun dkk., 1994) dan macam endapannya (Ramoska *et al.*, 1982; Mulla *et al.*, 1984a); dan (5) faktor lingkungan yang lain termasuk iklim (Lee *et al.*, 1986) dan kondisi sinar matahari (Kramer, 1990).

Van Essen dan Hembree (1982), melaporkan bahwa efek residual *B. thuringiensis* H-14 terhadap larva *A. aegypti* pada tempat penampung air yang mengandung tanah, hanya efektif beberapa hari. Hal itu mungkin karena toksin masuk ke dalam partikel-partikel tanah. Lee *et al.* (1986), melaporkan bahwa efek residu-

al *B. thuringiensis* H-14 kemasan *Bactimos*<sup>R</sup> mampu bertahan sampai beberapa minggu di tempat penampung air dari plastik. Ada perbedaan efek residual entomopatogen tersebut di TPA dari plastik, semen, dan tanah liat (Salamun dkk., 1994). Efek residual *B. thuringiensis* H-14 juga dapat diperpanjang jika larva yang mati dibiarkan tertinggal di air, karena larva yang mati mengandung sel-sel vegetatif dengan kristal dan spora basili (WHO, 1979; WHO, 1980; Kramer, 1990).

Penelitian Seregeg dan Soekirno (1987) yang menggunakan *B. thuringiensis* H-14 kemasan *Sandoz*<sup>R</sup> dan *Bactimos*<sup>R</sup> terhadap *C. quinquefasciatus* di air tercemar (selokan) di Jakarta efek residualnya tidak lebih dari satu hari, tetapi Pantuwatana et al. (1989) yang menggunakan *B. sphaericus* 1593 juga di air tercemar di Thailand, efek residualnya sampai lima bulan dan angka kematian larva *C. quinquefasciatus* masih di atas 60%, serta dilaporkan bahwa *B. sphaericus* 1593 dapat mengalami daur ulang (*recycling*).

Ada perbedaan-perbedaan yang mencolok antara *B. thuringiensis* H-14 dengan *B. sphaericus* yang patut diperhatikan. Perbedaan-perbedaan tersebut antara lain terletak pada aktivitasnya terhadap larva sasaran, kemampuan melakukan daur ulang, dan daya tahan toksinnya pada kondisi lapangan. Perbedaan efek residual antara *B. thuringiensis* H-14 dengan *B. sphaericus* pada kondisi lapangan, tampaknya terjadi karena endotoksin di dalam inklusi parasporal *B. thuringiensis* H-14 lebih mudah dan lebih cepat mengalami degradasi di dalam air, sedangkan endotoksin *B. sphaericus* dilindungi oleh dinding spora yang lebih kuat sehing-

ga lebih tahan terhadap degradasi di dalam air (Lacey *et al.*, 1984). Selain itu *B. sphaericus* mempunyai potensi untuk melakukan daur ulang dan amplifikasi spora pada larva yang mati (DesRochers dan Garcia, 1984) lebih besar bila dibandingkan dengan *B. thuringiensis* H-14 (WHO, 1984; WHO, 1987).

Perbedaan aktivitas antara *B. thuringiensis* H-14 dengan *B. sphaericus* terhadap larva sasaran juga sudah dilaporkan. *B. thuringiensis* H-14 lebih aktif terhadap larva *Aedes*, sedangkan *B. sphaericus* 1593 lebih aktif terhadap larva *Culex* (WHO, 1984; Marđihusodo, 1991). Tampaknya perbedaan aktivitas tersebut terjadi karena adanya perbedaan reseptor pada usus tengah larva. Davidson (1988) melaporkan bahwa pengurangan sensitivitas larva *A. aegypti* terhadap toksin *B. sphaericus* berhubungan dengan jumlah reseptor yang ada di sel-sel usus tengah larva. Sehingga ada gagasan dilakukan fusi sel antara *B. thuringiensis* dengan *B. sphaericus* atau dengan rekayasa genetika yang hasilnya diharapkan dapat menghasilkan galur baru dengan gabungan sifat-sifat yang diinginkan dari kedua basili tersebut (WHO, 1991; Porter *et al.*, 1993).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 1. Cara Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental di dalam laboratorium dengan cara simulasi. Pekerjaan penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap kolonisasi larva nyamuk uji dan uji masa residu efektif. Setiap tahap, bahan, alat, dan cara kerja yang digunakan pada penelitian ini dirincikan sebagai berikut.

##### 1.1. Kolonisasi larva uji

Larva uji yang digunakan adalah larva-instar III (L3) nyamuk *Culex quinquefasciatus* lokal Surabaya, telah diidentifikasi (Anonim, 1989) dan dikolonisasi di dalam laboratorium.

Bahan yang digunakan untuk kolonisasi nyamuk adalah sebagai berikut.

1. Madu (Royal Jelly); untuk makanan nyamuk.
2. Larutan Gula (sukrosa) 10%; untuk makanan nyamuk.
3. Marmot; sumber makanan darah untuk nyamuk.
4. Pelet 521; untuk makanan larva.
5. Air PDAM (diendapkan 3 hari, pH (6,8+0,2)) ; untuk media penetasan telur, kolonisasi larva dan pupa.

Alat-alat yang digunakan untuk kolonisasi nyamuk adalah sebagai berikut.

1. Sangkar nyamuk, ukuran 30x30x30 cm; untuk pemeliharaan nyamuk.
2. Aspirator; untuk pemindahan nyamuk.
3. Loyang plastik ukuran 30x20x6 cm; untuk pemeliharaan larva dan pupa.
4. Pipet mulut lebar; untuk pemindahan larva dan pupa.
5. Cangkir plastik untuk koleksi telur, tempat makanan nyamuk, dan tempat pupa.
6. Sangkar kayu, ukuran 40x40x80 cm; untuk pemeliharaan marmot.
7. Sangkar kawat, ukuran 20x10x5 cm; untuk fiksasi marmot pada saat digigitkan nyamuk.

Cara kerja kolonisasi nyamuk *C. quinquefasciatus* dilakukan menurut Limsuwan *et al.* (1987). Urutan kerja kolonisasi nyamuk *C. quinquefasciatus* dikelompokkan menjadi 4 tahap, yaitu tahap koleksi telur, pemeliharaan larva, pemeliharaan pupa, dan pemeliharaan nyamuk.

Koleksi telur dilakukan dengan cara kerja sebagai berikut.

1. Cangkir plastik diisi air sampai permukaan air kurang lebih 3 cm dari bibir atas.
2. Cangkir plastik tersebut diletakkan di dalam sangkar nyamuk yang sebelumnya nyamuk-nyamuk tersebut sudah diberi makanan darah marmot 3-4 hari sebelumnya, dan cangkir dibiarkan 4-6 hari.

3. Cangkir plastik yang telah berisi telur nyamuk diambil dari dalam sangkar, untuk tahap berikutnya, yaitu pemeliharaan larva.

Pemeliharaan larva dilakukan dengan cara kerja sebagai berikut.

1. Telur pada cangkir plastik dipindahkan ke loyang plastik yang sudah diisi 2 liter air PDAM, dan penetasan dilakukan selama 24-48 jam.
2. Menyalapkan loyang-loyang plastik yang sudah diisi dengan 2 liter air PDAM.
3. Memindahkan 100-200 larva yang baru menetas dari hasil penetasan telur ke dalam loyang-loyang plastik dengan pipet.
4. Ditambahkan 4 butir makanan larva pada bagian pojok loyang, dan diulangi setiap 2 hari sampai menjadi pupa.
5. Menghilangkan lapisan yang terbentuk pada permukaan air dalam loyang dengan selebar kertas saring setiap 2 hari sebelum pemberian makanan larva.

Pemeliharaan pupa dilakukan dengan cara kerja sebagai berikut.

1. Pupa yang terbentuk dari hasil pemeliharaan larva diambil satu-persatu dengan pipet dan dipindahkan ke dalam cangkir-cangkir plastik yang berisi air PDAM.
2. Cangkir-cangkir plastik dengan jumlah kurang lebih 200 pupa diletakkan di dalam sangkar nyamuk dan dibiarkan 2-3 hari.

3. Cangkir-cangkir plastik tersebut diambil dari dalam sangkar jika semua pupa sudah menjadi nyamuk.

Pemeliharaan nyamuk dilakukan dengan cara kerja sebagai berikut.

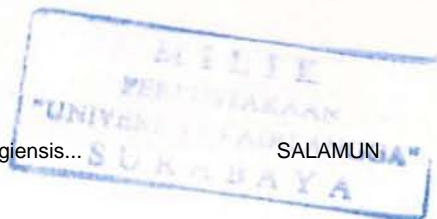
1. Nyamuk *C. quinquefasciatus* dari hasil pemeliharaan pupa diberi makan dengan 10% larutan gula dan madu pada kapas yang diletakkan di cangkir-cangkir plastik, dan makanan tersebut diganti setiap 3 hari.
2. Setelah 6-7 hari nyamuk diberi makanan darah dengan jalan memasukkan marmot yang sudah difiksasi ke dalam sangkar nyamuk, dan dibiarkan 3-4 jam.
3. Setelah diberi makanan darah, 3-4 hari berikutnya dilakukan koleksi telur.

Pekerjaan kolonisasi nyamuk dilakukan secara rutin selama penelitian berlangsung.

#### 1.2. Uji masa residu efektif

Bahan yang diuji masa residu efektifnya adalah bioinsektisida *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42), bentuk puder yang diproduksi oleh *Vector Control Research Centre*, India. Alat utama yang digunakan adalah simulasi tempat peridukan nyamuk *C. quinquefasciatus* dari plastik dengan lapisan dasar yang berbeda.

Variabel bebas terdiri dari 3 macam, yaitu (1) Jenis bioinsektisida, (2) kondisi tempat perindukan nyamuk, dan (3) kombinasi konsentrasi (dosis) bioinsektisida. Jenis





bioinsektisida yaitu *B. thuringiensis* H-14 dan *B. sphaericus* H-5a5b, kondisi (tipe) tempat perindukan yaitu dengan dasar semen, lumpur dan plastik, dan dosis adalah 0; 2,5; 5; dan 7,5 mg/l untuk masing-masing bioinsektisida dan dosis kombinasinya masing-masing adalah 2,5:7,5; 5,0:5,0; dan 7,5:2,5 mg/l.

Variabel terikat ada 2 macam yaitu (1) masa residu efektif bioinsektisida dan (2) kemampuan daur ulang. Masa residu efektif bioinsektisida adalah angka kematian (AK) larva uji >50% akibat pengaruh bioinsektisida dosis yang ditentukan, pada pengamatan selang waktu hari ke-1, 8, 15, ..., 78. Kemampuan daur ulang adalah turun naiknya angka kematian larva uji selama pengamatan yang ditentukan berdasarkan statistik deskriptif hubungan sumbu x dan y.

Kriteria sampel disamakan dan dilakukan secara acak. Ada kelompok kontrol yang dilakukan sebagai koreksi, dengan formula yang digunakan adalah menurut Abbott (1925).

Cara kerja untuk menentukan masa residu efektif bioinsektisida adalah sebagai berikut. Sejumlah loyang plastik dengan kapasitas 3 liter, dibagi secara acak menjadi 2 kelompok. Kelompok 1 lapisan dasar loyang dilapisi semen dan kelompok 2 dilapisi lumpur steril setebal 2 cm, kelompok 3 lapisan dasar loyang tidak dilapisi apa-apa. Kemudian kedua kelompok tersebut diisi secara acak masing-masing dari dua bioinsektisida dengan dosis dan kombinasi dosis yang ditentukan seperti tersebut di atas, dan masing-masing dibuat 3 replikat. Jumlah sampel larva uji untuk tiap loyang dan tiap

pendedahan pada hari ke-1, 8, 15, ..., 78, adalah 25 ekor. Setelah pendedahan selama 24 dan 48 jam, persentase angka kematian dicatat, dan perlakuan ini diulangi setiap minggu sampai angka kematian larva uji sama dengan 0%. Larva yang masih hidup diambil dari loyang dan dilakukan pengambilan-penambahan 1/4 bagian air dari loyang setiap 3 hari.

## 2. Analisis Data

Ada tidaknya perbedaan antar perlakuan dan interaksi antar perlakuan tersebut dilakukan dengan statistik inferensial, yaitu anava faktorial. Jika ada beda ( $P < 0,05$ ), maka diteruskan dengan uji Beda Nyata Terkecil BNT). Untuk mengetahui ada tidaknya daur ulang bioinsektisida di tempat perlindungan nyamuk, dilakukan dengan statistik deskriptif hubungan antara sumbu x dan y.

Formula Abbott (1925) :

$$AK (\%) = \frac{AK (\%) \text{ Uji} - AK (\%) \text{ Kontrol}}{100\% - AK (\%) \text{ Kontrol}} \times 100$$

AK = Angka Kematian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

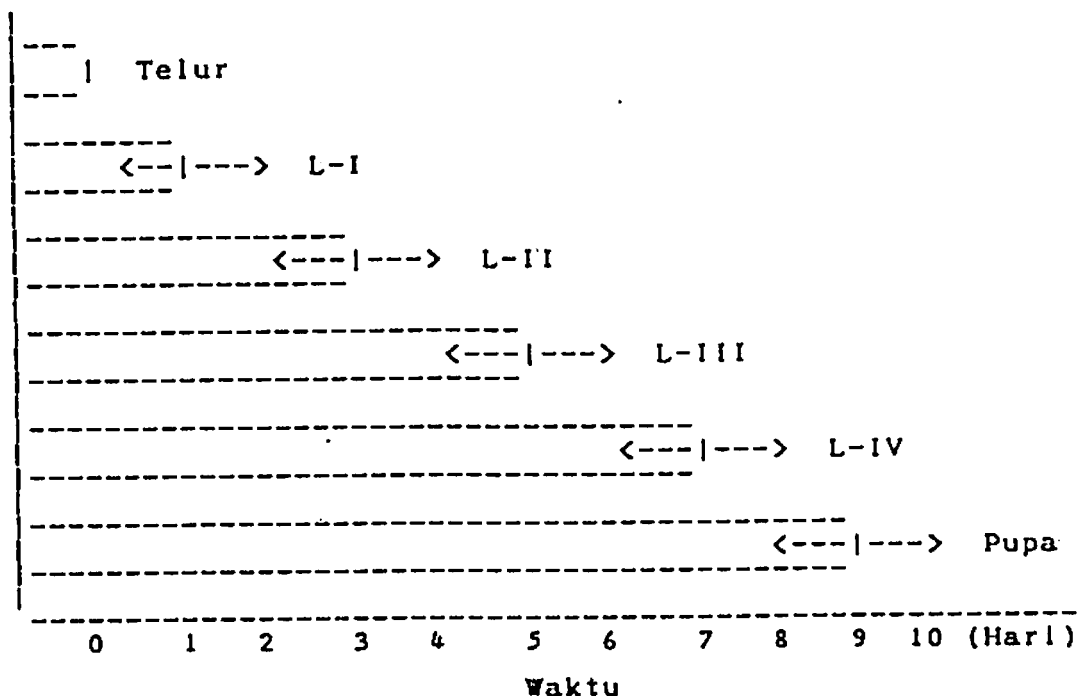
Kondisi suhu dan kelembaban nisbi udara ruang insektarium tempat penelitian yang dicatat pada siang hari masing-masing adalah  $(28,5 \pm 1,89)^{\circ}\text{C}$  dan  $(76 \pm 2,82)\%$ , sedangkan pH medium rata-rata  $(7,8 \pm 0,82)$ .

#### 1. Kolonisasi Larva Uji

Kolonisasi nyamuk *C. quinquefasciatus* dilakukan terus menerus sampai dengan penelitian selesai. Kolonisasi nyamuk *C. quinquefasciatus* bertujuan untuk penyediaan larva uji. Berdasarkan beberapa kali percobaan menunjukkan bahwa larva-3 yang diperoleh dari penetasan telur-telur *C. quinquefasciatus*, pertumbuhan dan perkembangannya mengikuti pola seperti Gambar 2.

Telur menetas menjadi larva-instar I setelah 1 jam - 2 hari. Kemudian 1-2 hari berikutnya larva-instar I menjadi larva-instar II, selanjutnya 2-3 hari berikutnya larva-instar II menjadi larva-instar III, dan 2-3 hari berikutnya larva-instar III menjadi larva-instar IV. Jadi larva-instar III yang digunakan sebagai larva uji terbentuk setelah hari ke-4 sampai dengan hari ke-6.

## Pertumbuhan dan Perkembangan



Gambar 2. Pola Pertumbuhan dan Perkembangan Telur *Culex quinquefasciatus* Menjadi Larva-Instar I, Larva-Instar III, dan Larva-Instar IV

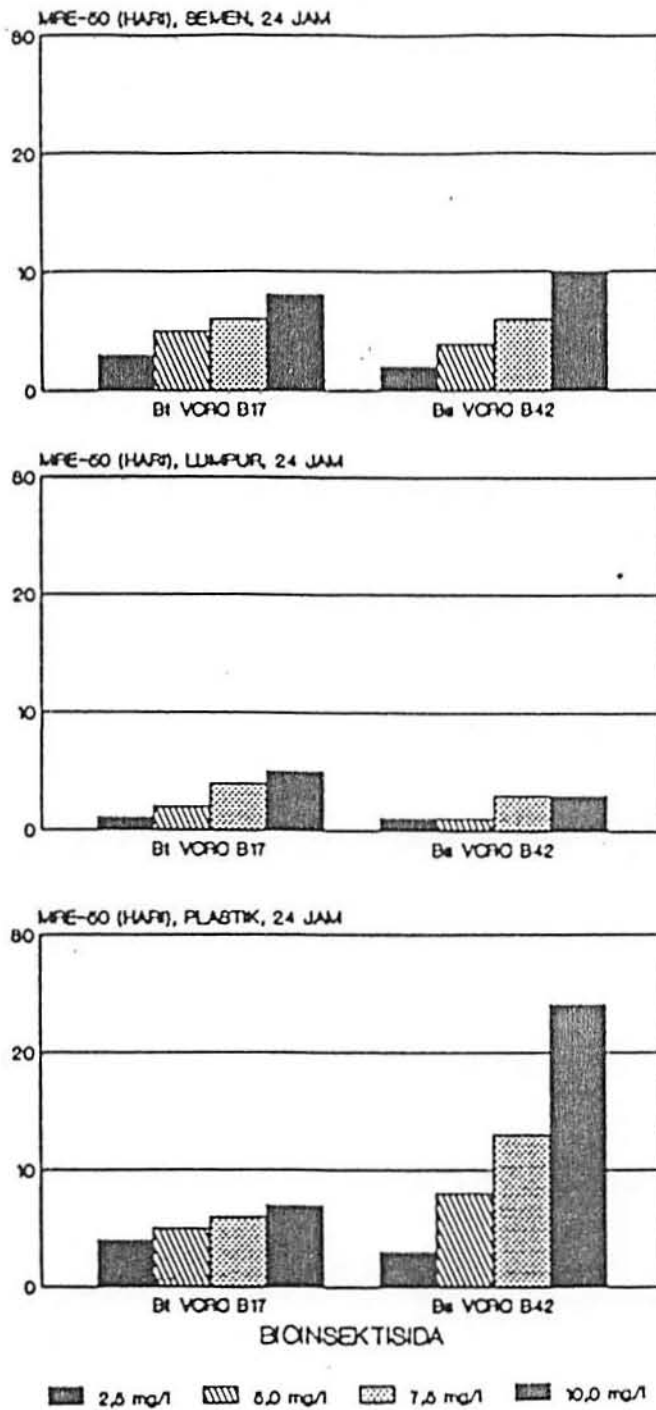
## 2. Uji Masa Residu Efektif

Masa residu efektif 50% beberapa varlesi konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva-instar III *C. quinquefasciatus* pendedahan selama 24 jam dan 48 jam berdasarkan hasil analisis probit, masing-masing dirangkum dan disajikan pada tabel 1 gambar 3 dan tabel 2 gambar 4.

Tabel 1. Masa Residu Efektif 50% *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-Instar III *Culex quinquefasciatus* pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 24 Jam

Tipe TPA	Bioinsektisida	Konsentrasi (mg/l)	Masa Residu Efektif 50% (Hari), Replikat (X ± SD)			
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
Semen	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	3	3	3	(3 ± 0)
		5	4	5	6	(5 ± 1)
		7,5	8	5	6	(6 ± 2)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	2	2	3	(2 ± 1)
		5	3	4	4	(4 ± 1)
		7,5	6	7	5	(6 ± 1)
Lumpur	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5	3	2	2	(2 ± 1)
		7,5	5	4	4	(4 ± 1)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5	2	1	1	(1 ± 1)
		7,5	3	3	3	(3 ± 0)
Plastik	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	4	4	4	(4 ± 0)
		5	5	5	6	(5 ± 1)
		7,5	6	6	7	(6 ± 1)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	3	4	2	(3 ± 1)
		5	6	10	7	(8 ± 2)
		7,5	14	14	10	(13 ± 2)

Pembulatan : > 0,5 dibulatkan ke atas  
< 0,5 dibulatkan ke bawah

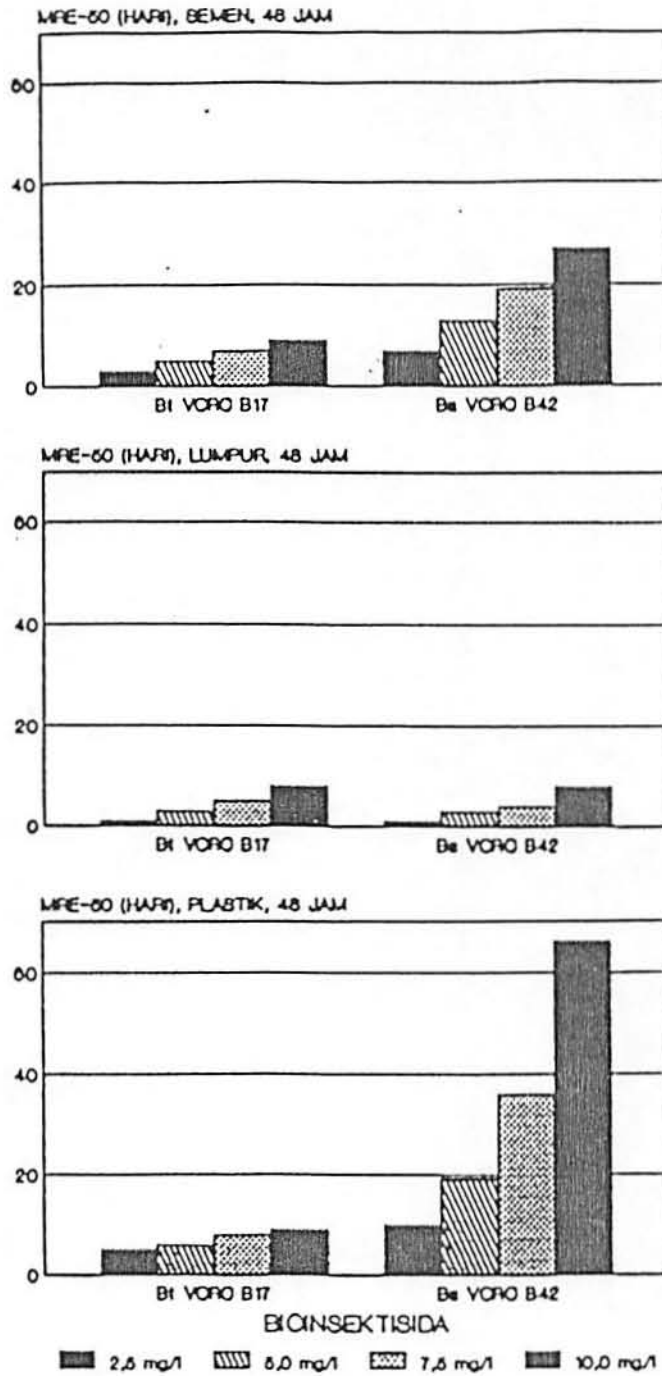


Gambar 3. Masa Residu Efektif 50% *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III *Culex quinquefasciatus* pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 24 Jam

Tabel 2. Masa Residu Efektif 50% *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-Instar III *Culex quinquefasciatus* pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 48 Jam

Tipe TPA	Bioinsektisida	Konsentrasi (mg/l)	Masa Residu Efektif 50% (Hari), Replikat ( $\bar{X} \pm SD$ )			
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
Semen	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	3	3	4	(3 ± 1)
		5	5	5	6	(5 ± 1)
		7,5	8	6	6	(7 ± 1)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	8	7	7	(7 ± 1)
		5	14	13	13	(13 ± 1)
		7,5	20	20	16	(19 ± 2)
Lumpur	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5	3	3	3	(3 ± 0)
		7,5	9	5	4	(5 ± 3)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	2	1	1	(1 ± 1)
		5	3	2	3	(3 ± 1)
		7,5	4	3	5	(4 ± 1)
Plastik	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	4	5	5	(5 ± 1)
		5	6	6	6	(6 ± 0)
		7,5	8	9	7	(8 ± 1)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	11	10	8	(10 ± 2)
		5	22	17	17	(19 ± 3)
		7,5	36	35	36	(36 ± 1)

Pembulatan : > 0,5 dibulatkan ke atas  
< 0,5 dibulatkan ke bawah



Gambar 4. Masa Residu Efektif 50% *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III *Culex quinquefasciatus* pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air (TPA) Masa Pendedahan Selama 48 Jam



Masa residu efektif 50% beberapa variasi kombinasi antara *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva-instar III *C. quinquefasciatus* pada pendedahan selama 24 dan 48 jam dari hasil analisis probit, masing-masing dirangkum pada tabel 3 gambar 5 dan tabel 4 gambar 6.

Hasil analisis varians terhadap masa residu efektif 50% beberapa variasi konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva-instar III *C. quinquefasciatus* pada beberapa tipe TPA, baik pada pendedahan selama 24 jam maupun 48 jam menunjukkan ada perbedaan yang nyata ( $p < 0,05$ ) masa residu efektif 50% bioinsektisida yang diaplikasikan pada antar tipe TPA. Berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pendedahan 48 jam, menunjukkan bahwa (1) ada perbedaan yang nyata antara tipe TPA semen dengan tipe TPA lumpur, (2) antara tipe TPA semen dengan tipe TPA plastik, dan (3) antara tipe TPA lumpur dengan plastik. Pada gambar 3 dan gambar 4 tampak bahwa rata-rata masa residu efektif 50% TPA plastik paling besar, kemudian TPA semen, dan TPA lumpur, selain itu juga tampak bahwa semakin besar konsentrasi yang diterapkan semakin besar pula masa residu efektifnya.

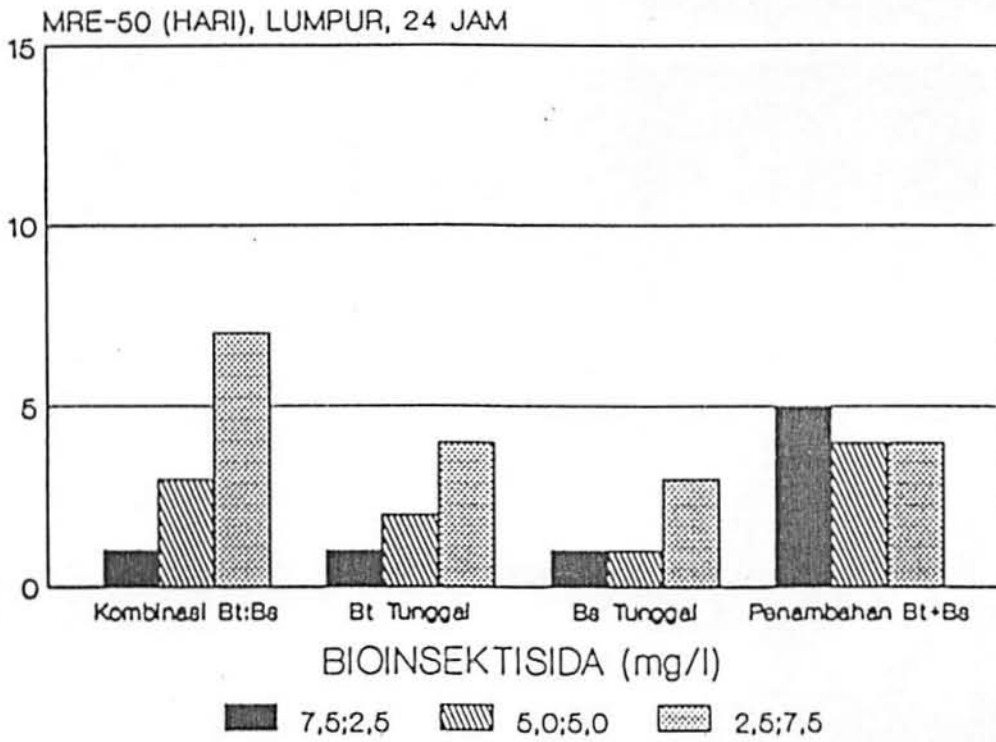
Hasil analisis varians baik pendedahan selama 24 jam maupun 48 jam menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata masa residu efektif antar bioinsektisida yang diterapkan pada tipe-tipe TPA.

Tabel 3. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III *Culex quinquefasciatus* Masa Pendedahan Selama 24 Jam

Kelompok	Bioinsektisida	Konsentrasi (mg/l)	Masa Residu Efektif 50% (Hari), Replikat ( $\bar{X} \pm SD$ )			
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
Kombinasi (A)	<i>B. thuringiensis</i> H-14 : <i>B. sphaericus</i> H-5a5b	7,5:2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5,0:5,0	3	3	2	(3 ± 1)
		2,5:7,5	6	10	6	(7 ± 2)
Non Kombinasi (B)	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5	3	2	2	(2 ± 1)
		7,5	5	4	4	(4 ± 1)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5	2	1	1	(1 ± 1)
		7,5	3	3	3	(3 ± 0)
Hasil Penambahan (B)	<i>B. thuringiensis</i> H-14 + <i>B. sphaericus</i> H-5a5b	7,5+2,5	6	5	5	(5 ± 1)
		5,0+5,0	5	3	3	(4 ± 1)
		2,5+7,5	4	4	4	(4 ± 0)

Pembulatan : > 0,5 dibulatkan ke atas

< 0,5 dibulatkan ke bawah

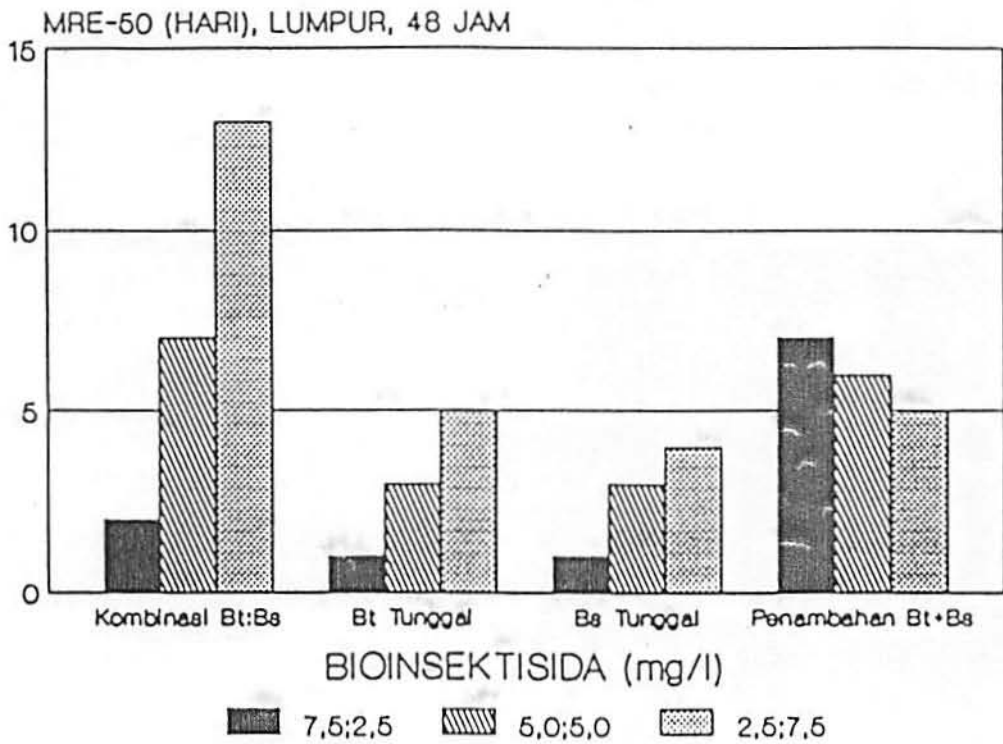


Gambar 5. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III *Culex quinquefasciatus* Masa Pendedahan Selama 24 Jam

Tabel 4. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-instar III *Culex quinquefasciatus* Masa Pendedahan Selama 48 Jam

Kelompok	Bioinsektisida	Konsentrasi (mg/l)	Masa Residu Efektif 50% (Hari), Replikat ( $X \pm SD$ )			
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
Kombinasi (A)	<i>B. thuringiensis</i> H-14 : <i>B. sphaericus</i> H-5a5b	7,5:2,5	2	1	3	(2 ± 1)
		5,0:5,0	9	10	3	(7 ± 4)
		2,5:7,5	8	13	17	(13 ± 5)
Non Kombinasi (B)	<i>B. thuringiensis</i> H-14 (VCRC B17)	2,5	1	1	1	(1 ± 0)
		5	3	3	3	(3 ± 0)
		7,5	9	5	4	(5 ± 3)
	<i>B. sphaericus</i> H-5a5b (VCRC B42)	2,5	2	1	1	(1 ± 1)
		5	3	2	3	(3 ± 1)
		7,5	4	3	5	(4 ± 1)
Hasil Penambahan B	<i>B. thuringiensis</i> H-14 + <i>B. sphaericus</i> H-5a5b	7,5+2,5	11	6	5	(7 ± 4)
		5,0+5,0	6	5	6	(6 ± 1)
		2,5+7,5	5	4	6	(5 ± 1)

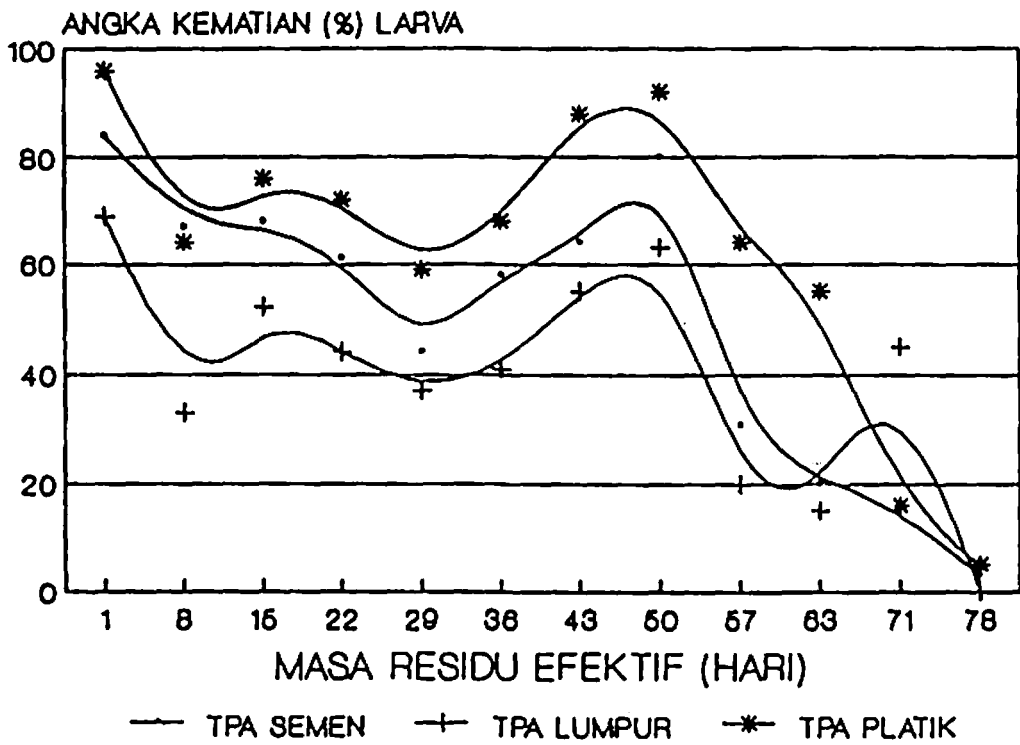
Pembulatan : > 0,5 dibulatkan ke atas  
< 0,5 dibulatkan ke bawah



Gambar 6. Masa Residu Efektif 50% Kombinasi *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) Terhadap Larva-Instar III *Culex quinquefasciatus* Masa Pendedahan Selama 48 Jam

Berdasarkan hasil uji BNT untuk pendedahan selama 48 jam, menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dengan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42). Pada seluruh konsentrasi yang diaplikasikan, masa residu efektif 50% *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) lebih besar bila dibandingkan dengan *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17). Perbedaan antara kedua bioinsektisida tersebut terutama disebabkan oleh aktivitas *B. sphaericus* H-5a5b yang lebih besar terhadap larva *C. quinquefasciatus* daripada *B. thuringiensis* H-14.

Hasil analisis varians, baik pada pendedahan selama 24 jam maupun 48 jam, menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata masa residu efektif antar variasi konsentrasi bioinsektisida yang diaplikasikan pada tipe-tipe TPA. Pada seluruh konsentrasi yang diaplikasikan, masa residu efektif 50% *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) jauh lebih besar bila dibandingkan dengan *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17). Hal ini berarti bahwa *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) dapat bertahan lebih lama di tempat-tempat penampung air daripada *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17). Dengan demikian *B. sphaericus* H-5a5b lebih efektif bila digunakan sebagai agensi pengendali populasi nyamuk *C. quinquefasciatus* di tempat perindukannya daripada *B. thuringiensis* H-14.



Gambar 7. Perbedaan pola masa residu efektif 10 mg/l *Bacillus sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva-instar III *Culex quinquefasciatus* pada beberapa tipe TPA

Dari beberapa variasi konsentrasi bioinsektisida yang diaplikasikan tampaknya konsentrasi 10 mg/l *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) merupakan konsentrasi yang dapat disarankan, sebab masa residu efektifnya relatif lebih menguntungkan dibanding konsentrasi yang lain. Perbedaan pola masa residu efektif untuk 10 mg/l *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) pada beberapa tipe TPA, disajikan pada gambar 7. Pada hari pengamatan ke-1, *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) konsentrasi 10 mg/l pada TPA semen dan plastik mampu menyebabkan angka kematian larva uji di atas 80%, sedangkan pada TPA lumpur di atas 60%, kemudian masa residu efektifnya menurun berlahan-lahan menjadi di bawah 60% untuk semua tipe TPA pada hari ke-29. Pada hari ke-36 mulai naik lagi sampai hari ke-50, tipe TPA Plastik paling tinggi mencapai di atas 80%, kemudian semua tipe TPA turun dengan tajam sampai dengan di bawah 5% pada hari ke-78.

Hasil uji masa residu efektif 50% beberapa variasi kombinasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva-instar III *C. quinquefasciatus* di TPA lumpur baik pada masa pendedahan selama 24 maupun 48 Jam (tabel 4 dan 5, gambar 5 dan 6), menunjukkan ada kecenderungan semakin kecil konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 dan semakin besar konsentrasi *B. sphaericus* H-5a5b di dalam kombinasi, maka menghasilkan semakin besar masa residu efektifnya. Hasil analisis varian menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara kombinasi dengan non kombinasi, demikian juga antar konsentrasi-konsentrasi yang ada pada kombinasi. Dari hasil penelitian ini tampak bahwa pasangan kombinasi dengan konsentrasi 2,5 mg/l *B. thuringiensis*



H-14 dengan 7,5 *B. sphaericus* H-5a5b menghasilkan masa residu efektif 50% paling besar, dan lebih besar bila dibandingkan dengan pasangan non kombinasi pada konsentrasi yang sama.

Mekanisme yang menyebabkan perbedaan masa residu efektif bioinsektisida pada tipe-tipe TPA tersebut belum dapat diketahui dengan jelas dari hasil penelitian ini. Faktor-faktor penting yang telah teridentifikasi dapat mempengaruhi efek residual bioinsektisida adalah adanya : (1) degradasi kristal endotoksin di lapisan dasar lingkungan akuatik setelah terjadi pengendapan (Lacey *et al.*, 1984; Balaraman dan Pillai, 1990); (2) deteriorasi kimiawi toksin di dalam TPA ; (3) adsorpsi fisik toksin dengan partikel-partikel yang ada di dalam TPA (Balaraman dan Pillai, 1990); (4) biodegradasi jika spora teraktivasi dan mengalami germinasi (Weiser, 1982); dan (5) faktor pengenceran di TPA akibat pengambilan dan penambahan air (Lee, *et al.*, 1986). Faktor-faktor lain yang juga dapat mempengaruhi efek residual bioinsektisida adalah : (1) bentuk formulasi (Lacey, *et al.*, 1986); (2) adanya rintangan perilaku makan larva (Van Essen dan Hembree, 1982); (3) kondisi air alamiah; (4) bahan TPA (Lee, *et al.*, 1986); dan (5) besarnya konsentrasi yang diaplikasikan (Lacey, *et al.*, 1984).

Perbedaan masa residu efektif bioinsektisida pada tipe-tipe TPA hasil kajian ini diduga terutama terjadi karena adanya perbedaan afinitas dan adsorpsi spora kedua basilli tersebut terhadap bahan tipe-tipe TPA setelah terjadi pengendapan. Perbedaan afinitas dan adsorpsi tersebut menyebabkan perbedaan deteriorasi kimiawi dan degradasi bioinsektisida, sehingga menghasilkan masa

residu efektif pada tipe-tipe TPA yang berbeda pula.

Van Essen dan Hembree (1982) melaporkan bahwa pada TPA yang mengandung partikel-partikel tanah, efek residu *B. thuringiensis* H-14 menjadi berkurang. Laporan tersebut mendukung kajian ini, yang menghasilkan bahwa pada tipe TPA lumpur masa residu efeknya paling rendah. Diduga ada faktor tambahan selain degradasi kimiawi, yaitu karena ada sebagian bioinsektisida yang masuk ke dalam lumpur waktu terjadi pengendapan, sehingga hilang dari jangkauan makan larva nyamuk.

Baik pada tipe TPA semen, lumpur, maupun plastik, tampak semakin besar konsentrasi bioinsektisida yang diaplikasikan semakin besar pula masa residu efektifnya. Sampai akhir pengamatan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) menunjukkan adanya daur ulang, tetapi kurang berarti karena tampaknya daur-ulang tersebut tidak bisa secara terus menerus, angka kematian larva uji di bawah 5% pada hari ke-78.

## BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

## 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Ada perbedaan masa residu efektif yang nyata antara *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dengan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) pada tiap-tiap tipe TPA, masa residu efektif *B. sphaericus* H-5a5b terhadap larva nyamuk *C. quinquefasciatus* bertahan lebih lama daripada *B. thuringiensis* H-14.
2. Masa residu efektif *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B17) dan *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) terhadap larva nyamuk *C. quinquefasciatus* dipengaruhi oleh perbedaan tipe TPA, urutan masa residu efektifnya berturut-turut dari tinggi ke rendah adalah di dalam tipe TPA plastik, semen dan lumpur.
3. Ada kecenderungan semakin kecil konsentrasi *B. thuringiensis* H-14 (VCRC B14) dan semakin besar konsentrasi *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) di dalam kombinasi menghasilkan semakin besar masa residu efektifnya, pasangan kombinasi dengan konsentrasi 2,5 mg/l. *B. thuringiensis* H-14 dengan 7,5 *B. sphaericus* H-5a5b menghasilkan masa residu efektif paling besar, dan lebih besar bila dibandingkan dengan pasangan non kombinasi pada konsentrasi yang sama.

4. Sampai akhir pengamatan, kedua bioinsektisida menunjukkan adanya daur ulang, tetapi kurang berarti karena tampaknya daur-ulang terbesar yang terjadi pada *B. sphaericus* H-5a5b (VCRC B42) tidak bisa secara terus menerus, angka kematian larva uji di bawah 5% pada hari ke-78.

## 2. Saran

Pengembangan dalam upaya pengendalian larva nyamuk *C. quinquefasciatus* disarankan menggunakan bioinsektisida *B. sphaericus* H-5a5b daripada menggunakan *B. thuringiensis* H-14, dan penggunaan konsentrasi (dosis) kombinasi dengan proporsi dosis *B. sphaericus* H-5a5b yang lebih besar, juga perlu dipertimbangkan mengingat hasilnya lebih efektif bila dibandingkan dengan dosis non kombinasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W.S., 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267
- Anonim, 1987. *Pemberantasan Vektor dan Cara-Cara Evaluasinya*. Dit. Jen. PPM dan PLP, Dep. Kes. RI, Jakarta
- Anonim, 1989. *Kunci Identifikasi Culex, Jentik dan Dewasa di Jawa*. Dit. Jen. PPM dan PLP, Dep. Kes. RI, Jakarta
- Arunachalam, N., C.M.R. Reddy, S.L. Hoti, M. Kuppusamy and K. Balaraman, 1991. Evaluation of *Bacillus sphaericus* Formulations Against the Vector of Bancroftian Filariasis. *South-east Asian J. Trop. Med. Public Health* 22(2): 160-164
- Balaraman, R.E. and J.S. Pillai, 1990. *Review of Biological Control Research at Vector Control Research Centre Pondicherry*. Indian Council of Medical Research, New Delhi.
- Blondine, Ch.P. dan U. Widarti, 1994. Pencarian dan Isolasi Patogen serta Pengujian Potensinya Sebagai Pengendali Jentik Nyamuk. *Bul. Penelit. Kesehat.*, 22(1): 18-24
- Brown, W.H., 1983. *Dasar Parasitologi Klinik* (Terjemahan : Bintari R., dkk). Cetakan ke-3, Gramedia, Jakarta
- Buchanan, R.E. and N.E. Gibbons (eds.), 1974. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. The Williams and Wilkins Company, 8th Edition, Baltimore, USA.
- Burke, Jr, W.F., K.O. McDonald and E.W. Davidson, 1983. Effect of UV light on Spore Viability and Mosquito Larvicidal Activity of *Bacillus sphaericus* 1593. *App. Environ. Microbiol.* 46(4): 954-956
- Davidson, E.W., 1979. Ultrastructure of Midgut Events in the Pathogenesis of *Bacillus sphaericus* Strain SSII-1 Infections of *Culex pipiens quinquefasciatus* Larvae. *Can. J. Microbiol.* 25: 178-184
- Davidson, E.W., 1982. Insecticidal Factors from *Bacillus sphaericus* and Production of Bioicides from this Organism. Dalam F. Michal (ed.), *Basic Biology of Microbial Larvicides of Vector of Human Diseases*. UNDP/WORLD BANK/WHO, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, Geneva, Switzerland : 53-63
- Davidson, E.W., 1984. Microbiology, Pathology and Genetics of *Bacillus sphaericus* : Biological Aspects Which are Important to Field Use. *Mosq. News* 44(2-Part 1): 147-152

- Davidson, E.W., 1986. Effects of *Bacillus sphaericus* 1593 and 2362 Spore / Crystal Toxin on Cultured Mosquito Cells. *J. Invert. Pathol.* 47: 21-31
- Davidson, E.W., 1988. Binding of the *Bacillus sphaericus* (Eubacteriales : Bacillaceae) Toxin to Midgut Cells of Mosquito (Diptera: Culicidae) Larvae : Relationship to Host Range. *J. Med. Entomol.* 25(3): 151-157
- DesRochers, B. and R. Garcia, 1984. Evidence for Persistence and Recycling of *Bacillus sphaericus*. *Mosq. News.* 44(2-Part 1): 160-165
- Dulmage, T., A.A. Yousten, S. Singer and L.A. Lacey, 1990. *Guidelines for Production of Bacillus thuringiensis H-14 and Bacillus sphaericus*. UNDP/WORLD BANK/WHO, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, Geneva.
- Goldberg, L.J. and J. Margalit, 1977. A Bacterial Spore Demonstrating Rapid Larvicidal Activity Against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti*, and *Culex pipiens*. *Mosq. News* 37(3): 355-358
- Harinasuta, C., 1984. Mosquito-Borne Diseases in Southeast Asia. *Mosq. Born. Dis. Bull.* 1(1): 1-11
- Kramer, V.L., 1990. Efficacy and Persistence of *Bacillus sphaericus*, *Bacillus thuringiensis* var *israelensis*, and Methoprene Against *Culiseta incidens* (Diptera: Culicidae) in Tires. *J. Econ. Entomol.* 83(4): 1280-1285
- Lacey, L.A., 1984. Production and Formulation of *Bacillus sphaericus*. *Mosq. News* 44(2-Part 1): 153-159
- Lacey, L.A., M.J. Urbina, and C.M. Heitzman, 1984. Sustained Release Formulations of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* (H-14) for Control of Container-Breeding *Culex quinquefasciatus*. *Mosq. News* 44(1): 26-32
- Lee, H.L., 1988. Isolation and Evaluation of Two Isolates of *Bacillus sphaericus* for the Control of Mosquitoes of Public Importance in Malaysia. *Mosq. Born. Dis. Bull.* 5(3-4): 39-47
- Lee, H.L., T.H. Pe and W.H. Cheong, 1986. Laboratory Evaluation of the Persistence of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* Against *Aedes aegypti* Larvae. *Mosq. Born. Dis. Bull.* 2(3): 61-66
- Lee, H.L. and P. Seleena, 1990. Preliminary Field Evaluation of a Malaysian Isolate of *Bacillus thuringiensis* Serotype H-14 Against *Culex pseudovishnui*. *Southeast Asian J. Trop. Med.*

- Public Health* 21(1): 143-144
- Lee, H.L. and P. Seleena, 1990a. Isolation of Indigenous Larvicidal Microbial Control Agent of Mosquitoes the Malaysian Experiancements. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 21(2): 281-287
- Limsuwan, S., Y. Rongsriyam, V. Kerdpibule, C. Apiwathnasorn, G.L. Chiang and W.H. Cheong, 1987. Rearing Techniques for Mosquitoes. Dalam S. Sucarit and S. Supavej (eds.), *Practical Entomology, Malaria, and Filariasis*. MRC Trop Med, Mahidol University, Thai
- Mardihsodo, S.J., 1991. Sensitivitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap *Bacillus thuringiensis* H-14 dan *Bacillus sphaericus* 1593. *B. Kesehat. Masy.* 7(1): 44-49
- Mardihsodo, S.J., 1992. Aktivitas Larvisidal *Bacillus thuringiensis* H-14 dan *Bacillus sphaericus* 1593 Terhadap Tiga Spesies Nyamuk Vektor Penyakit di Jawa. *B. I. Ked.* XXIV(2): 51-57
- Mardihsodo, S.J., M.A. Romas, J. Situmorang dan M.M.I. Hajar, 1991. Isolasi dan Karakterisasi Basilli Pembentuk Spora yang Patogenik Terhadap Larva Nyamuk di Jawa. *B. I. Ked.* XXIII(1): 25-33
- Margalit, J. and D. Dean, 1985. The story of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (B.t.i). *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 1(1): 1-7
- Mulla, M.S., H.A. Darwazeh, E.W. Davidson and H.T. Dulmage, 1984a. Efficacy and Persistence of the Microbial Agent *Bacillus sphaericus* Against Mosquito Larvae in Organically Enriched Habitats. *Mosq. News* 44(2-Part 1): 166-173
- Mulla, M.S., H.A. Darwazeh, E.W. Davidson and H.T. Dulmage and S. Singer, 1984b. Larvisidal Activity and Field Efficacy of *Bacillus sphaericus* Strains Against Mosquito Larvae and Their Safety to Nontarget Organisms. *Mosq. News*, 44(3): 336-342
- Mulla, M.S., L. Ede, B. Kennedy and H.T. Dulmage, 1985. Efficacy and Field Evaluation of *Bacillus thuringiensis* (H-14) and *B. sphaericus* Against Floodwater Mosquitoes in California. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 1(3): 310-315

- Mulligan, III, F.S., C.H. Schaefer and W.H. Wilder, 1980. Efficacy and Persistence of *Bacillus sphaericus* and *B. thuringiensis* H-14 Against Mosquitoes Under Laboratory and Field Conditions. *J. Econ. Entomol.* 73: 684-688
- Myers, P.S. and A.A. Yousten, 1980. Localization of a Mosquito-Larval Toxin of *Bacillus sphaericus* 1593. *App. Environ. Microbiol.* 39(6): 1205-1211
- Pantuwatana, S., R. Maneeroj and E.S. Upatham, 1989. Long Residual Activity of *Bacillus sphaericus* 1593 Against *Culex quinquefasciatus* Larvae in Artificial Pools. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 20(3): 421-427
- Porter, A.G., E.W. Davidson, and Jia-Wei Liu, 1993. Mosquitocidal Toxins of Bacilli and Their Genetic Manipulation for Effective Biological Control of Mosquitoes. *Microbiol. Rev.*, 57(4): 838-855
- Ramoska, W.A. and C. Pacey, 1979. Food Availability and Period of Exposure as Factors and *Bacillus sphaericus* Efficacy on Mosquito Larvae. *J. Econ. Entomol.* 72(4): 523-525
- Ramoska, W.A., S. Watts and R.E. Rodrigues, 1982. Influence of Suspended Particulates on the Activity of *Bacillus thuringiensis* Serotype H-14 Against Mosquito Larvae. *J. Econ. Entomol.* 75: 1-4
- Salamun, 1995. Studi Komparatif Efek Residual *Bacillus thuringiensis* H-14 dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b Terhadap Larva *Aedes aegypti* pada Beberapa Tipe Tempat Penampung Air. *Bul. Penelit. Kesehat.*, 23(4): 19-29
- Salamun, S.J. Mardihusodo, dan M.A. Romas, 1994. Residual Toxicity of *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B17) In Some Types of Breeding Places of *Aedes aegypti*. *Bul. Penelit. Kesehat.*, 22(2): 63-68
- Salamun, A. Hayati, R.A. Samsuharto, Ni'matuzahroh, dan S.A. Husen, 1995. *Sensitivitas Larva Nyamuk Aedes aegypti* L. Terhadap Beberapa Galur Entomopatogen *Bacillus thuringiensis* H-14 dan *Bacillus sphaericus* H-5a5b. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya
- Samsuharto, R.A., Salamun, dan A. Hayati, 1995. *Isolasi Bakteri Tanah Entomopatogenik Jenis Bacillus thuringiensis yang Berpotensi sebagai Agensia Hayati Terhadap Larva Nyamuk.* Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya



- Seregeg, I.G. dan M. Soekirno, 1987. Perbandingan Pengaruh Biosida Sandoz dengan Bactimos Terhadap Pencemar Biologis, *Culex quinquefasciatus* dalam Satu Uji Coba Lapangan di Jakarta, Indonesia. *Bull. Penelit. Kesehat.* 15(1): 45-51
- Soedarto, 1983. Hubungan antara Lingkungan Hidup di Kotamadya Surabaya dengan Populasi Nyamuk *Culex* dan Kemungkinan Filariasis pada Penduduk. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya
- Soedarto, 1992. Penelitian Lanjutan Pola Kekebalan Nyamuk *Culex fatigans* di Surabaya Terhadap Insektisida. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya
- Suwasono, H., Widiarti, Sumardi, dan T. Suwaryono, 1990. Hasil Penangkapan Nyamuk Culicinae di Kecamatan Ungaran Kabupaten Semarang. *Bul. Penelit. Kesehat.*, 18(2): 16-20
- Van Essen, F.W. and S.C. Hembree, 1982. Simulated Field Studies with Four Formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Against Mosquitoes : Residual Activity and Effect of Soil Constituents. *Mosq. News* 42(1): 66-73
- World Health Organization (WHO), 1979. Data Sheet on the Biological Control Agent, *Bacillus thuringiensis* Serotype H-14 (de Barjac 1978). WHO/VBC/79.750 Rev.1, VBC/BCDS/79.01
- WHO, 1980. Data Sheet on the Biological Control Agent, *Bacillus sphaericus*, Strain 1593. WHO/VBC/80.777, VBC/BCDS/80.10
- WHO, 1984. Report of the Seven Meeting of the Scientific Working Group on Biological Control of Vector. TDR/BCV/SWG-7/84-3, Geneva
- WHO, 1987. Biological Control of Vectors. UNDP/WORLD BANK/WHO, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, Geneva : 125-133
- WHO, 1991. Biological Control of Vectors. UNDP/WORLD BANK/WHO, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, Geneva : 97-101

