

UJI EFEKTIVITAS BENTUK SEDIAAN CAIR
HASIL FERMENTASI BAKTERI *Bacillus thuringiensis* SEBAGAI
LARVASIDA NYAMUK *Aedes sp*

NURBAETI
H 511 98 075



| PERPUSTAKAAN PUSAT UPT. HASANUDDIN | |
|------------------------------------|------------|
| Tgl. Terima | 00-2-2005 |
| Asal Dari | Fak. Mipa. |
| Banyaknya | 1 ek |
| Harga | hadiang |
| No. Inventaris | 050802 223 |
| | 24250 Mip) |

JURUSAN FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2003

SKRIPSI

OLEH :
NURBAETI
H511 98 075



JURUSAN FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2003

**UJI EFEKTIVITAS BENTUK SEDIAAN CAIR
HASIL FERMENTASI BAKTERI *Bacillus thuringiensis*
SEBAGAI LARVASIDA NYAMUK *Aedes sp***

OLEH :

**NURBAETI
H 511 98 075**

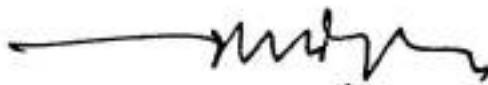
**Skripsi untuk melengkapi tugas dan memenuhi
syarat untuk mencapai gelar sarjana**

**JURUSAN FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2003**

**UJI EFEKTIVITAS BENTUK SEDIAAN CAIR
HASIL FERMENTASI BAKTERI *Bacillus thuringiensis* SEBAGAI
LARVASIDA NYAMUK *Aedes sp***

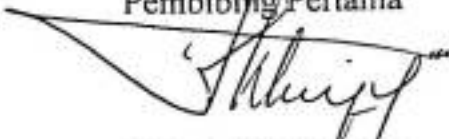
Disetujui oleh

Pembimbing Utama



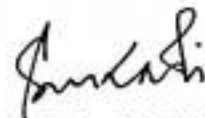
(Drs. M. Natsir Djide, M.S)
NIP: 130 785 083

Pembimbing Pertama



(Dra. Aliyah, M.S)
NIP: 131 630 988

Pembimbing Kedua



(Dra. Sukati Kadis, M.S)
NIP: 130 446 089

Pada tanggal : 15 Desember 2003

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah *swt* atas rahmat dan hidayah-Nya, skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Dalam menyusun skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, petunjuk, arahan dan sumbangan pemikiran, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Drs. M. Natsir Djide, M.S, selaku pembimbing utama
2. Ibu Dra. Aliyah, M.S, selaku pembimbing pertama
3. Ibu Dra. Sukati Kadis, M.S, selaku pembimbing kedua dan penasihat akademik.

Demikian pula penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin
2. Ketua Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin
3. Bapak/Ibu dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, khususnya Jurusan Farmasi
4. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin
5. Pimpinan dan staf laboratorium Biokimia dan Mikrobiologi Farmasi, Universitas Hasanuddin

atas segala bantuan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Rasa hormat dan terima kasih yang sedalam-dalamnya penulis haturkan kepada A'ba dan Ummi yang dengan sabar dan tak henti-hentinya memberikan dorongan dan do'a selama kami menuntut ilmu hingga selesai. Pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih pada kakak Nasir, Kakak Iwan, kakak Asma, adik-adikku tersayang Ida, Dina dan Nu', serta seluruh keluarga di Simbang, teman-teman di pondokan utamanya Kak AA dan Uut, juga semua rekan-rekan mahasiswa farmasi khususnya angkatan 98 terlebih untuk Reni, Anchy, Dhian, Hajar, Iraw dan Dhena, atas bantuan dan semangat yang diberikan selama penelitian dan penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan semoga Allah *swt* senantiasa melindungi kita semua, Amin.

Makassar, Oktober 2003

Wassalam,

Penulis

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian uji efektivitas hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dalam bentuk sediaan cair sebagai larvasida terhadap larva nyamuk *Aedes sp.* Penelitian ini bertujuan untuk menentukam konsentrasi yang efektif dari *Bacillus thuringiensis* dalam bentuk sediaan cair untuk membunuh larva nyamuk *Aedes sp.*

Penelitian ini menggunakan 5 variasi konsentrasi bakteri *Bacillus thuringiensis* yaitu 0,0001%, 0,001%, 0,01% , 0,1% dan 1% b/v yang dibuat suspensi dengan pensuspensi natrium karboksimetilselulosa (Na CMC) dan pengawet metilparaben. Sediaan ini diujikan pada 20 ekor larva nyamuk *Aedes sp* dan diamati kematian larva uji selama 1 hari (24 jam).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sediaan cair hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* memberikan daya bunuh yang berbeda-beda tergantung dari konsentrasi yang diberikan, yaitu makin tinggi konsentrasi bakteri *Bacillus thuringiensis*, makin besar daya membunuhnya. Sediaan cair hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan konsentrasi 1% mampu membunuh larva uji sebanyak 100%, sehingga sediaan ini paling efektif sebagai larvasida.

ABSTRACT

An investigation had been made on the effectivity test of the fermentation product of bacteria *Bacillus thuringiensis* in liquid dosage form as larvacide against larvae of *Aedes sp* mosquitoes. The aim of investigation was to find the effective lethal concentration of those fermentation product in liquid dosage form against larvae of *Aedes sp* mosquitoes.

This investigation use 5 concentration varians of bacteria *Bacillus thuringiensis*, that were 0.0001%, 0.001%, 0.01%, 0.1% dan 1%, which were suspended with carboxymethylcellulose sodium and methylparaben as preservative and then the preparations were tested on 20 mosquitoes of *Aedes sp* larvae and were examined for one day (24 hours).

The result of this investigation showed that liquid dosage form of fermentation product bacteria *Bacillus thuringiensis* had different capabilities as larvacide. Their efficacy depended on the concentration, the higher the concentration, the more lethal the product were, concentration 1% could kill all of larvae test, therefore it could be concluded that fermentation product of bacteria *Bacillus thuringiensis* in liquid dosage form most effective as larvacide.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| JUDUL..... | i |
| UCAPAN TERIMA KASIH | ii |
| ABSTRAK..... | iii |
| ABSTRACT | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | viii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| BAB II POLA PENELITIAN | 4 |
| BAB III TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| III.1 Uraian Umum Insektisida..... | 7 |
| III.2 Umum Larvasida | 7 |
| III.3 Insektisida Mikrobial..... | 8 |
| III.4 Uraian Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> | 9 |
| III.5 Uraian Nyamuk <i>Aedes</i> sp | 10 |
| III.6 Uraian Suspensi..... | 13 |
| III.7 Uraian Bahan..... | 16 |
| BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN | 18 |
| IV.1 Alat dan Bahan | 18 |
| IV.1.1 Alat-alat yang Digunakan..... | 18 |
| IV.1.2 Bahan-bahan yang Digunakan..... | 18 |

| | | |
|----------------|---|----|
| IV.2 | Cara Kerja | 15 |
| IV.2.1 | Penyiapan Alat dan bahan | 15 |
| IV.2.2 | Pembuatan Medium | 16 |
| IV.2.3 | Penyiapan Suspensi Bakteri | 17 |
| IV.2.4 | Penyiapan Starter Bakteri..... | 18 |
| IV.2.5 | Fermentasi Larvasida | 18 |
| IV.2.6 | Pengambilan dan Pengembangan Larva Nyamuk <i>Aedes</i> sp ... | 18 |
| IV.2.7 | Pembuatan Sediaan Hasil Fermentasi | 18 |
| IV.2.8 | Pengujian Sediaan Hasil Fermentasi Terhadap Larva Nyamuk | 20 |
| BAB V | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 21 |
| V.1 | Hasil..... | 21 |
| V.2 | Pembahasan | 21 |
| BAB VI | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 25 |
| VI.1 | Kesimpulan | 25 |
| VI.2 | Saran..... | 25 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 30 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | | Halaman |
|-------|--|---------|
| 1 | Rancangan Formula Hasil Fermentasi Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> .. | 30 |
| 2 | Kematian Larva Uji Setelah Pemberian Sediaan Cair Hasil Fermentasi Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> | 31 |
| 3 | Data Persentase Kematian Tiap Kelompok Larva Uji Setelah Pemberian Hasil Fermentasi Sediaan Cair Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> | 32 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| A PERHITUNGAN STATISTIK KEMATIAN LARVA NYAMUK <i>Aedes sp</i> OLEH SEDIAAN CAIR HASIL FERMENTASI BAKTERI <i>Bacillus thuringiensis</i> | 33 |
| B SKEMA KERJA PENGUJIAN HASIL FERMENTASI BAKTERI <i>Bacillus thuringiensis</i> | 37 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | | Halaman |
|--------|---|---------|
| 1 | Telur nyamuk <i>Anopheles sp</i> , <i>Aedes sp</i> , dan <i>Culex sp</i> | 11 |
| 2 | Larva nyamuk <i>Anopheles sp</i> , <i>Aedes sp</i> , dan <i>Culex sp</i> | 12 |
| 3 | Pupa nyamuk <i>Anopheles sp</i> , <i>Aedes sp</i> , dan <i>Culex sp</i> | 12 |
| 4 | Nyamuk dewasa <i>Anopheles sp</i> , <i>Aedes sp</i> , dan <i>Culex sp</i> | 13 |

BAB I

PENDAHULUAN



Upaya kesehatan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk sosial budaya, ekonomi, lingkungan fisik dan biologik yang bersifat dinamis dan kompleks. Indonesia yang beriklim tropis memungkinkan tumbuhnya berbagai penyakit dan memudahkan penyebarannya. (1)

Salah satu jenis penyakit yang sangat sering muncul di musim penghujan adalah demam berdarah dengue. Penyakit ini mulai berjangkit di Indonesia sejak tahun 1968 dan merupakan salah satu penyakit endemis di Indonesia. Dengue adalah penyakit tropis yang ditimbulkan oleh virus yang disebarkan oleh nyamuk *Aedes sp.* Gejalanya muncul 5 sampai 8 hari setelah digigit nyamuk pembawa virus tersebut, yaitu penderita mengalami demam, ruam, nyeri hebat pada otot dan persendian, serta sakit kepala. Serangan dapat mereda setelah 3 hari dan muncul lagi beberapa hari kemudian (2). Penyakit ini sebagian besar menyerang anak-anak dan dapat berakibat fatal apabila tidak ditangani secara benar. Keberhasilan penanganan penyakit ini sangat tergantung pada kecepatan dan ketepatan penegakkan diagnosis penyakit itu sendiri (3). Sampai saat ini belum ditemukan obat untuk membunuh virus dengue (demam berdarah), oleh sebab itu diperlukan suatu usaha untuk menanggulangi penyakit tersebut melalui perawatan penderita dan pemberantasan vektornya. Pengendalian vektor secara kimia untuk memutuskan penyebaran penyakit dilakukan dengan cara pengasapan ("fogging") guna membunuh nyamuk dewasa, sedangkan

untuk membunuh larva atau jentik-jentik nyamuk dilakukan dengan pemberian larvasida, misalnya dengan menebar Abate pada tempat pembiakan nyamuk. Secara umum, cara penanggulangan tersebut sangat berhasil dalam mengendalikan penyebaran penyakit demam berdarah, namun penggunaan bahan kimia yang terus menerus akan menyebabkan dampak negatif berupa timbulnya varietas baru yang resisten, timbulnya pencemaran lingkungan dan terbunuhnya organisme bukan sasaran, sehingga salah satu cara menanggulangi masalah tersebut adalah pengendalian dengan biotik atau cara hayati dengan memanfaatkan bakteri (4).

Diantara banyak jenis entamopatogen yang pernah ditemukan dari berbagai macam sumber, ada beberapa jenis dan galur basili pembentuk spora yang sangat potensial sebagai larvasida, diantaranya dari jenis *Bacillus thuringiensis* (5). Kemampuan bakteri *Bacillus thuringiensis* sebagai pengendali hama biologi pertama kali diperkenalkan oleh Berliner (1915), sejak saat itu sekitar 80 – 90% bioinsektisida menggunakan bahan dasar bakteri tersebut, walaupun belum diproduksi secara besar-besaran. Setelah kira-kira tahun 1977 seorang peneliti bernama Goldberg menemukan bahwa bakteri *Bacillus thuringiensis* sangat efektif untuk membasmi hama dari bangsa Diptera dan kemampuannya sama dengan insektisida kimia (6). Namun efektivitas bakteri ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor formulasi. Penelitian sebelumnya, oleh Munif, A (4) menggunakan bentuk tepung dari bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan dosis masing-masing 832 mg/m², 624 mg/m², 416 mg/m² dan 208 mg/m² yang diberikan pada larva nyamuk *Aedes sp* diperoleh hasil bahwa pada dosis tertinggi (832 mg/m²) efektif

membunuh larva uji sampai 100%, sedangkan pada dosis terendah (208mg/m^2) masih membunuh separuh dari larva uji.

Berdasarkan hal tersebut, maka telah dilakukan penelitian mengenai uji efektivitas hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* yang dibuat dalam bentuk sediaan cair dengan berbagai konsentrasi yaitu 0,0001%, 0,001%, 0,01%, 0,1% dan 1%, yang diujikan pada larva nyamuk *Aedes sp.* Selanjutnya diamati larva nyamuk yang mati selama 24 jam (1 hari).

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas *Bacillus thuringiensis* sebagai larvasida bila diformulasi dalam bentuk sediaan cair dengan tujuan untuk memperoleh suatu larvasida dari bakteri *Bacillus thuringiensis* dan menentukan konsentrasi yang efektif untuk membunuh larva nyamuk *Aedes sp.*, sehingga diharapkan dapat dijadikan alternatif sumber larvasida untuk menanggulangi nyamuk *Aedes sp* sebagai vektor virus dengue penyebab penyakit demam berdarah.

BAB II

POLA PENELITIAN

II.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan disiapkan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

II.2 Prosedur Penelitian

II.2.1 Penyiapan Alat dan Sterilisasi

Alat-alat yang telah disiapkan disterilkan sesuai dengan metode masing-masing.

II.2.2 Pembuatan Medium

Dibuat medium Nutrient Agar (NA) untuk peremajaan bakteri, medium Maltosa Yeast Ekstrak Broth (MYE Broth) untuk perbanyakan bakteri dan medium produksi untuk fermentasi bakteri.

II.2.3 Penyiapan Bakteri Uji

Bakteri yang digunakan adalah bakteri *Bacillus thuringiensis*

II.2.4 Peremajaan Bakteri Uji

Bakteri uji diambil 1 ose dari biakan murni dan diinokulasi dalam media NA miring, kemudian diinkubasi pada suhu 37⁰ C selama 24 jam.

II.2.5 Pembuatan Suspensi Bakteri

Bacillus thuringiensis yang telah diremajakan, dipanen dan ditambahkan larutan NaCl 0,9 %.



II.2.6 Penyiapan Starter Bakteri

Suspensi bakteri yang dipanen dimasukkan ke dalam medium Maltosa Yeast Ekstrak Broth (MYE Broth).

II.2.7 Fermentasi Larvasida

Inokulum *Bacillus thuringiensis* yang diperoleh dimasukkan ke dalam medium produksi dan difermentasikan pada suhu ruangan, dilakukan pengocokan selama 3 x 24 jam. Hasil fermentasi lalu diliofilisasi.

II.2.8 Pengambilan dan Pengembangbiakan Larva Nyamuk *Aedes sp*

Nyamuk diperoleh dari alam, diidentifikasi, dibiarkan dalam ruangan tertutup kaca hingga bertelur dan menetas menjadi jentik yang siap pakai.

II.2.9 Pembuatan Sediaan Hasil Fermentasi

a. Rancangan formula

Formula dirancang mengandung bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan konsentrasi 0,0001%, 0,001%, 0,01%, 0,1% dan 1%, pensuspensi Na CMC, pengawet metilparaben dan air suling.

b. Pembuatan Sediaan

Sediaan dibuat dengan cara mendispersikan bakteri *Bacillus thuringiensis* dalam pensuspensi Na CMC.

II.2.10 Pengujian Sediaan Hasil Fermentasi Terhadap Larva Nyamuk *Aedes sp*

Hasil fermentasi yang telah diformulasi dalam bentuk sediaan cair dituang ke dalam wadah yang berisi larva nyamuk *Aedes sp*

II.3 Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan berupa adanya larva nyamuk yang mati setelah 24 jam (1 hari)

II.4 Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian aktivitas hasil fermentasi *Bacillus thuringiensis* terhadap larva nyamuk *Aedes sp* dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

II.5 Pembahasan Hasil

Pembahasan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian dan analisis data.

II.5 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan hasil pembahasan.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

III.1 Uraian Umum Insektisida

Insektisida merupakan bagian dari pestisida, berasal dari kata "Insect" yang berarti serangga dan "Cide" berarti membunuh. Insektisida mencakup bahan-bahan kimia dan nonkimia yang digunakan untuk mengendalikan populasi jasad hidup yang merugikan manusia, ternak dan tumbuh-tumbuhan yang diusahakan manusia (7).

Berdasarkan atas stadium serangga yang dibunuh, maka insektisida dibagi menjadi beberapa istilah, yaitu imagosida yakni insektisida yang ditujukan pada serangga dewasa, larvasida ditujukan pada larva serangga dan ovisida ditujukan untuk membunuh telur dari serangga; sedangkan, berdasarkan tempat masuk ke dalam tubuh serangga, insektisida dapat digolongkan atas racun kontak, yang masuk melalui kulit serangga, racun perut yang masuk melalui mulut atau saluran pencernaan serangga dan fumigans yang masuk melalui saluran pernafasan serangga (8).

III.2 Uraian Umum Larvasida

Larvasida berasal dari kata "Larva" berarti jentik dan "Cide" berarti membunuh. Jadi larvasida merupakan bahan kimia yang bersifat racun yang digunakan untuk membunuh jentik (7). Pengendalian secara kimia dengan menggunakan larvasida banyak mengandung resiko, tetapi hingga kini masih digunakan secara intensif karena mengandung beberapa keuntungan yaitu (9):

1. Efektif dan efeknya terlihat dalam waktu relatif singkat
2. Mudah dikerjakan
3. Biaya relatif murah

Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan penggunaan larvasida kimiawi, maka dikembangkan cara baru untuk mengendalikan populasi larva dengan memperhatikan prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan hidup, yang disebut pengendalian secara hayati. Pengendalian secara hayati atau "Biological control" merupakan pemanfaatan kegiatan patogen, parasit atau predator suatu organisme dalam mengatur jumlah suatu populasi sampai pada tingkat minimal tanpa membinasakan seluruhnya (10).

III.3 Insektisida Mikrobial

Insektisida mikrobial merupakan insektisida yang berasal dari mikroba, seperti jamur, bakteri, dan virus. Beberapa jenis mikroba ini telah berhasil diisolasi dan dikembangbiakkan secara massal dan digunakan sebagai insektisida. Jenis mikroba yang digunakan sebagai insektisida harus mempunyai sifat yang spesifik, artinya hanya menyerang serangga yang menjadi sasaran, tidak pada serangga jenis lain dan tidak pula menimbulkan gangguan pada hewan lain maupun tumbuh-tumbuhan (8).

Pada saat ini hanya beberapa insektisida mikrobial yang sudah digunakan dan diperdagangkan secara luas, salah satunya adalah *Bacillus thuringiensis* yang sporanya sangat diperlukan karena mampu menghasilkan senyawa yang dapat menghancurkan saluran pencernaan serangga (6).

III.4 Uraian Bakteri *Bacillus thuringiensis* (11)

III.4.1 Klasifikasi

| | |
|--------|---------------------------------|
| Divisi | : Protophyta |
| Kelas | : Schizomycetes |
| Bangsa | : Eubacteriales |
| Suku | : Bacillaceae |
| Marga | : Bacillus |
| Jenis | : <i>Bacillus thuringiensis</i> |

III.4.2 Ciri-Ciri Morfologi dan Biokimia

Bacillus thuringiensis adalah bakteri yang mempunyai sel vegetatif berbentuk batang dengan ukuran panjang 3 – 5 μ dan lebar 1,0 -1,2 μ , mempunyai flagella dan membentuk spora. Sifat-sifat bakteri ini adalah gram positif, aerob tapi umumnya anaerob fakultatif, dapat tumbuh pada media buatan dan suhu untuk pertumbuhan berkisar antara 15 – 40 $^{\circ}$ C. Spora bakteri relatif tahan terhadap pengaruh fisik dan kimia. Ciri khas bakteri *Bacillus thuringiensis* yaitu mampu membentuk kristal bersamaan dengan pembentukan spora. Kristal tersebut merupakan kompleks protein yang mengandung toksin (u-endotoksin). Sembilan puluh lima persen kristal terdiri atas protein dengan asam amino terbanyak yaitu asam glutamat, asam aspartat dan arginin, sedangkan lima persen terdiri atas karbohidrat yaitu mannososa dan glukosa (11).



III.5 Uraian Nyamuk *Aedes sp*

III.5.1 Klasifikasi Nyamuk *Aedes sp* (12)

| | |
|--------|-------------------|
| Divisi | : Artropoda |
| Kelas | : Hexapoda |
| Bangsa | : Diptera |
| Suku | : Culicidae |
| Marga | : <i>Aedes</i> |
| Jenis | : <i>Aedes sp</i> |

III.5.2 Morfologi Nyamuk *Aedes sp*

Ciri khas dari nyamuk dewasa adalah mempunyai bercak-bercak putih keperakan atau putih kekuningan pada tubuhnya yang berwarna hitam. Di bagian dorsal dari toraks terdapat bentuk bercak yang khas berupa 2 garis sejajar di bagian tengah dan 2 garis lengkung di tepinya. Nyamuk betina mempunyai antena dengan bulu yang tidak lebat, sedangkan nyamuk jantan mempunyai antena dengan bulu yang lebat, kaki dan sayap nyamuk ini berukuran lebih kecil dari nyamuk yang lain (13).

III.5.3 Siklus Hidup Nyamuk (14)

Dalam hidupnya, nyamuk mengalami perkembangan mulai dari telur, jentik atau larva, kepompong atau pupa dan nyamuk dewasa. Larva dan pupa memerlukan air untuk kehidupannya, sedangkan telur pada beberapa spesies dapat bertahan lama tanpa air, namun telur akan

menetas lebih kurang 2 hari setelah terendam dalam air. Stadium larva biasanya berlangsung 6 – 8 hari, stadium kepompong antara 2-4 hari, pertumbuhan dari telur menjadi nyamuk dewasa mencapai 9 –10 hari.

III.5.4 Perbedaan Nyamuk *Aedes sp* Dengan Nyamuk Lain

Perbedaan *Aedes sp* dengan nyamuk *Anopheles sp* dan *Culex sp* pada berbagai tingkatan tingkatan yaitu sebagai berikut (13):

1. Telur

Aedes sp : Tidak ada pelampung

Anopheles sp : Nampak ada pelampung

Culex sp : Tidak ada pelampung



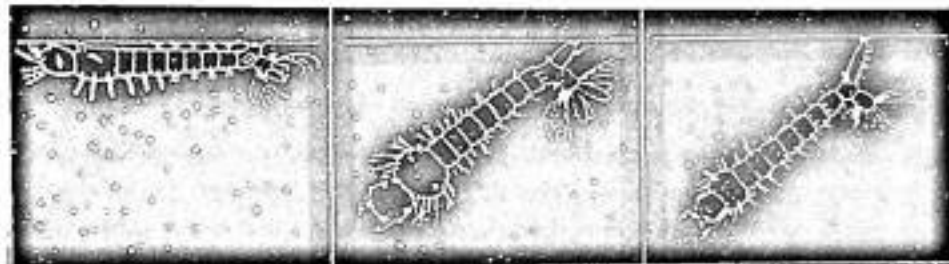
Gambar 1. Telur nyamuk *Anopheles sp*, *Aedes sp*, dan *Culex sp* (13)

2 Larva

Aedes sp : Posisi saat istirahat membentuk sudut dengan permukaan air dan memiliki sifon dengan satu kumpulan rambut

Anopheles sp : Posisi saat istirahat sejajar dengan permukaan air dan memiliki sifon dengan beberapa kumpulan rambut

Culex sp : Posisi saat istirahat membentuk sudut dengan permukaan air dan memiliki sifon dengan beberapa kumpulan rambut.

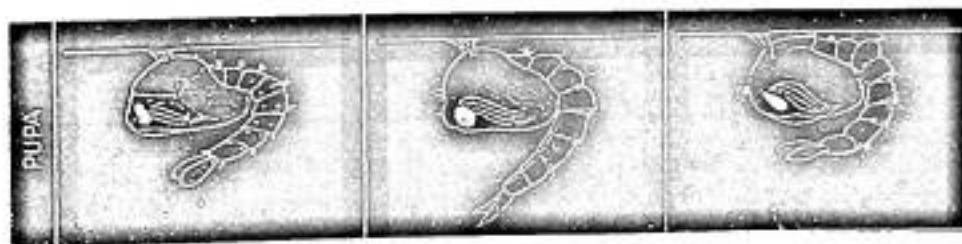


Gambar 2. Larva nyamuk *Anopheles sp*, *Aedes sp*, dan *Culex sp* (13)

3. Pupa

Aedes sp : Berbentuk terompet yang panjang dan ramping

Anopheles sp dan *Culex sp* : Berbentuk terompet yang pendek dan tumpul



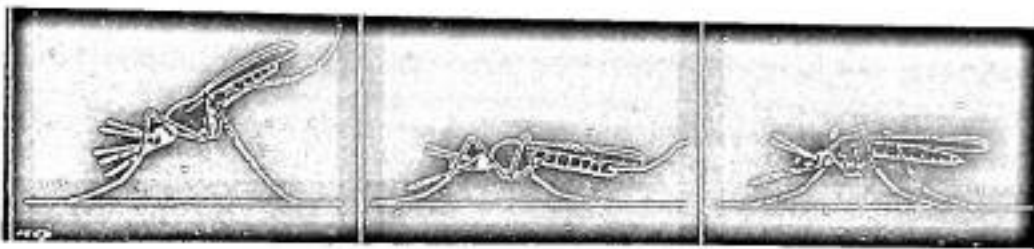
Gambar 3. Pupa nyamuk *Anopheles sp*, *Aedes sp*, dan *Culex sp* (13)

4. Nyamuk Dewasa

Aedes sp : Pada kepala memiliki palpi yang pendek dan posisi istirahat sejajar dengan permukaan air, terdapat bercak putih keperakan pada bagian tubuhnya

Anopheles sp : Pada kepala memiliki palpi yang panjang dan posisi istirahat membentuk sudut 45° dengan permukaan air

Culex sp : Kepala memiliki palpi yang pendek, posisi istirahat sejajar dengan permukaan air



Gambar 4. Nyamuk dewasa *Anopheles sp*, *Aedes sp*, dan *Culex sp* (13)

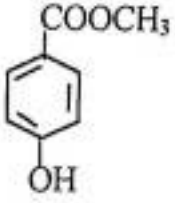
III.6 Uraian Suspensi

Suspensi merupakan sistem heterogen yang terdiri atas dua fase, yaitu fase kontinu atau fase luar umumnya merupakan cairan atau semi padat, dan fase terdispersi atau fase dalam terdiri atas partikel-partikel kecil yang pada dasarnya tidak larut, tetapi terdispersi seluruhnya dalam fase kontinu (15).

Suspensi yang baik harus mudah didispersikan kembali dengan pengocokan, harus tetap tersuspensi cukup lama untuk menarik dosis yang tepat pada pemberian dan harus mempunyai sifat-sifat alir yang dikehendaki. Karakteristik sifat aliran dari suatu suspensi merupakan faktor penentu yang penting dalam menjaga kestabilan fisika sistem suspensi tersebut. Suspensi yang diinginkan adalah suspensi yang mempunyai aliran tiksotropi. Suspensi seperti ini bila diformulasi dengan tepat dapat mencegah sedimentasi, agregasi dan caking, karena pada pengocokan viskositasnya berkurang, sehingga sediaan dapat dituang, namun pada keadaan istirahat viskositas tinggi dapat terbentuk kembali dengan cepat (15).

III.7 Uraian Zat Tambahan

III.7.1 Metil paraben (16, 17)

| | |
|------------------|---|
| Nama resmi | : Methylis parabenum |
| Nama lain | : Nipagin |
| Rumus molekul | : $C_8H_8O_3$ |
| Bobot molekul | : 152,15 |
| Rumus bangun | :  |
| Pemerian | : Putih, hampir putih, hampir tidak berbau, tidak mempunyai rasa dan agak membakar diikuti rasa tebal |
| Kelarutan | : Satu bagian larut dalam 500 bagian air, dalam 20 bagian air mendidih, 3,5 bagian etanol (95%) dan dalam 3 bagian aseton P |
| Stabilitas | : Larutan encer pada pH 3 – 6 stabil hingga 4 tahun |
| Inkompatibilitas | : Efek anti mikroba berkurang dengan adanya surfaktan nonionik. |
| Kegunaan | : Sebagai pengawet dengan konsentrasi 0,05 % – 0,25 % |
| Penyimpanan | : Dalam wadah tertutup rapat |

III.7.2 Na CMC (17)

| | |
|------------------|--|
| Nama resmi | : Natrium Karboksimetilselulosa |
| Nama lain | : Na Carmellosa, CMC |
| Pemerian | : Putih agak kekuningan, serbuk atau granul, higroskopis |
| Kelarutan | : Larut dalam air panas dan dingin, praktis tidak larut dalam pelarut organik |
| Stabilitas | : Sterilisasi cara kering dan basah dapat mengurangi viskositasnya |
| Inkompatibilitas | : Na CMC diendapkan oleh asam kuat dan larutan garam |
| Kegunaan | : Sebagai pensuspensi dengan konsentrasi 0,5 - 2 % |

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

IV.1 Alat dan Bahan

IV.1.1 Alat-alat yang Digunakan

- Autoklaf (All American model no. 1925X)
- Batang pengaduk
- Erlenmeyer
- Gelas piala
- Gelasukur
- Inkubator (Mommert)
- Ose
- Lampu spirtus
- "Laminar Air Flow"
- Oven
- Pengaduk elektrik
- Pinset
- Rak tabung
- Sendok tanduk
- "Shaker"
- Spoit
- Timbangan analitik (Chyo)

IV.1.2 Bahan-bahan yang Digunakan

- Air suling
- Alkohol 70 %
- Bakteri *Bacillus thuringiensis*
- Larutan NaCl fisiologis 0,9 %
- Larva nyamuk *Aedes sp*
- Na CMC
- Medium Nutrient Agar (NA) (Difco)
- Medium Yeast Extract Broth (MYE Broth) (Merck)
- Medium Produksi
- Metil paraben

IV.2 Prosedur Kerja

IV.2.1 Penyiapan Alat dan Sterilisasi

Alat-alat yang digunakan dicuci dengan detergen sampai bersih, dibilas dengan air. Selanjutnya direndam dalam larutan HCl 1%, dicuci dengan air suling, dan dikeringkan di udara terbuka. Setelah kering, alat-alat yang tahan pemanasan dibungkus dengan aluminium foil dan disterilkan dalam oven, sedangkan alat-alat yang tidak tahan pemanasan disterilkan dalam autoklaf.

IV.2.2 Pembuatan Medium

1. Medium Nutrient Agar (NA)

a. Komposisi:

- Ekstrak daging 3 g
- Pepton 5 g
- Agar 15 g
- Air suling sampai 1000 ml

b. Cara membuat :

Bahan-bahan tersebut dilarutkan dalam 800 ml air suling, kemudian dipanaskan sampai mendidih dan dicek pH = 7,0 lalu dicukupkan volumenya dengan air suling hingga 1000 ml. Selanjutnya disterilkan di dalam autoklaf pada suhu 121⁰C selama 15 menit, kemudian dituang sebanyak 9 ml ke dalam tabung reaksi dan didinginkan dalam posisi miring.

2. Medium Maltosa Yeast Ekstrak Broth (MYE Broth)

a. Komposisi:

- Maltosa 10 g
- Ekstrak khamir 4 g
- Air suling hingga 1000 ml

b. Cara membuat:

Bahan-bahan tersebut dilarutkan dalam 800 ml air suling dan dicek pH = 7,0 dicukupkan volumenya hingga 1000 ml, kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121⁰ C selama 15 menit.

3. Medium Produksi

a. Komposisi :

| | |
|---------------------|---------|
| - Glukosa | 10 g |
| - Pati terlarut | 20 g |
| - Tepung kedelai | 25 g |
| - Ekstrak daging | 1 g |
| - Ekstrak khamir | 1 g |
| - NaCl | 2 g |
| - Air suling hingga | 1000 ml |

b. Cara membuat :

Semua bahan kecuali glukosa dimasukkan ke dalam 800 ml air suling, kemudian dipanaskan hingga larut dan dicek pH = 7,0. Selanjutnya disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121⁰C selama 15 menit. Glukosa dilarutkan dalam 200 ml air suling dan dicek pH = 4,0, kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 110⁰C selama 40 menit. Setelah medium agak dingin dicampur dengan glukosa steril secara aseptis dan kembali dicek pH = 7,0.

200ml?



IV.2.3 Penyiapan Bakteri Uji

Bakteri uji yang digunakan adalah bakteri *Bacillus thuringiensis*

IV.2.4 Peremajaan Bakteri Uji

Biakan bakteri *Bacillus thuringiensis* diremajakan dengan cara: disiapkan 3 tabung reaksi yang berisi medium NA miring, kemudian masing-masing digores dengan 1 ose biakan bakteri murni, diinkubasi selama 24 jam

IV.2.5 Pembuatan Suspensi Bakteri

Bakteri *Bacillus thuringiensis* yang telah diremajakan masing-masing ditambah larutan NaCl fisiologis 0,9 % steril sebanyak 3 ml.

IV.2.6 Penyiapan Starter Bakteri

Suspensi *Bacillus thuringiensis* yang telah diperoleh dimasukkan sebanyak 12,5 ml ke dalam 250 ml medium MYE Broth dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 25°C sambil dikocok dengan "Shaker" dengan kecepatan 170 rpm.

IV.2.7 Fermentasi Larvasida

Starter bakteri *Bacillus thuringiensis* yang diperoleh kemudian dimasukkan sebanyak 25 ml ke dalam 250 ml medium produksi dan difermentasikan pada suhu 25°C sambil dikocok dengan "Shaker" dengan kecepatan 170 rpm selama 3 x 24 jam, lalu diliofilisasi.

IV.2.8 Pengambilan dan Pengembangbiakan Larva Nyamuk *Aedes sp*

Larva nyamuk yang diperoleh dari wadah penampungan air dipindahkan dalam wadah khusus dan dibiarkan berkembangbiak dalam ruangan tertutup kaca, kemudian diidentifikasi.

IV.2.9 Pembuatan Sediaan Hasil Fermentasi

a. Rancangan Formula

Dibuat 5 formula suspensi hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan konsentrasi divariasikan yaitu 0,0001 %, 0,001%, 0,01%, 0,1% dan 1%, menggunakan pensuspensi Na CMC dan pengawet metilparaben. Juga dibuat formula suspensi tanpa bakteri *Bacillus thuringiensis* sebagai pembanding. Rancangan formula lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

b. Cara kerja

Untuk membuat sediaan bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan konsentrasi 0,0001 % adalah sebagai berikut:

- Ditimbang 100 mg metilparaben, dimasukkan ke dalam 70 ml air suling yang bersuhu 90° C diaduk hingga larut, kemudian ditambahkan 1 g Na CMC sedikit demi sedikit dan diaduk dengan cepat menggunakan pengaduk elektrik hingga homogen.
- Ditimbang hasil fermentasi bakteri sebanyak 0,0001 g, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan mucilago Na CMC dan diaduk hingga homogen.

- Volume sediaan dicukupkan dengan air suling hingga 100 ml

Untuk membuat sediaan dengan konsentrasi 0,001%, 0,01%, 0,1% dan 1% dilakukan seperti di atas dengan menimbang bakteri *Bacillus thuringiensis* masing-masing sebanyak 0,001g, 0,01g, 0,1g dan 1 g.

Untuk membuat sediaan pembanding dilakukan seperti di atas tanpa menggunakan bakteri *Bacillus thuringiensis*

IV.2.10 Pengujian Aktivitas Hasil Fermentasi Terhadap Larva Nyamuk *Aedes sp*

1. Disiapkan 6 buah gelas piala berkapasitas 400 ml, yang berisi air sebanyak 200 ml, kemudian dimasukkan 20 ekor larva uji
2. Pembanding dan sediaan yang telah dibuat masing-masing diambil sebanyak 25 ml, kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi larva uji
3. Diamati kematian larva setelah 1 hari (24 jam) pada masing-masing wadah.
4. Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1 Hasil

Hasil penelitian uji efektivitas bakteri *Bacillus thuringiensis* sebagai larvasida dalam bentuk sediaan cair terhadap larva nyamuk *Aedes sp* adalah sebagai berikut:

- Konsentrasi 0% (pembanding) tidak memberikan efek larvasida terhadap larva uji
- Konsentrasi 0,0001% dapat mematikan larva uji rata-rata sebanyak 2,67 ekor
- Konsentrasi 0,001% dapat mematikan larva uji rata-rata sebanyak 5,67 ekor
- Konsentrasi 0,01% dapat mematikan larva uji rata-rata sebanyak 9,67 ekor
- Konsentrasi 0,1% dapat mematikan larva uji rata-rata sebanyak 16,33 ekor
- Konsentrasi 1% dapat mematikan larva uji rata-rata sebanyak 20 ekor atau mati seluruhnya.

V.2 Pembahasan

Pada penelitian ini telah dilakukan penentuan konsentrasi efektif dari bakteri *Bacillus thuringiensis* sebagai larvasida dalam bentuk sediaan cair terhadap larva nyamuk *Aedes sp*. Pada waktu fermentasi terjadi proses metabolisme dimana akan terbentuk metabolit sekunder yang bersifat toksis, fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dilakukan pada suhu 25 °C selama 72

jam (3 x 24 jam) dan dikocok dengan kecepatan 170 rpm agar nutrien-nutrien yang ada dalam medium produksi homogen sehingga proses fermentasi berlangsung dengan sempurna. Waktu fermentasi ditentukan berdasarkan kurva pertumbuhan *Bacillus thuringiensis* yang diperkirakan selama 72 jam pertumbuhan bakteri mengalami fase stasioner, dimana pada fase tersebut jumlah pertumbuhan sel bakteri maksimum dan diasumsikan bahwa jumlah metabolit sekunder (toksin) yang dihasilkan juga maksimum, karena toksin inilah yang memberi efek larvasida terhadap larva nyamuk.

Bakteri *Bacillus thuringiensis* menginfeksi inang beberapa menit setelah masuk ke dalam saluran pencernaan serangga, kemudian toksin akan melewati membran dan terikat pada reseptor khusus yang terdapat pada mikrofilia sel epitelium mesenteron. Setelah berikatan, toksin akan membentuk pori-pori kecil, yang menyebabkan keseimbangan osmotik dari sel terganggu, sehingga ion-ion dan air mudah masuk ke dalam sel yang menyebabkan sel mengembang dan pecah, dan akhirnya lisis (hancur). Tanda-tanda awal serangan bakteri pada serangga berhubungan dengan aktivitas makan dan pengolahan bahan makanan. Pada tahap awal, aktivitas makan serangga menurun, bahkan dapat terhenti. Pada saluran makanan dapat terjadi paralisis, serangga juga menunjukkan penurunan aktivitas gerakan, serangga menjadi lemah dan kurang tanggap sentuhan. Pada infeksi lebih lanjut, paralisis dapat terjadi di seluruh tubuh dan diikuti septisemi dan berakhir kematian pada serangga. Tubuh serangga kemudian mengering dan mengkerut dengan integumen masih utuh. Kadang-kadang infeksi *Bacillus*

thuringiensis tidak mematikan larva, dimana larva masih mampu bertahan hidup dan berhasil menjadi pupa dan imago, tetapi imago yang dihasilkan biasanya berukuran kecil, cacat, lama hidup lebih pendek dan kemampuan meletakkan teluranya berkurang atau mandul.

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa konsentrasi terkecil dari bakteri yang diberikan dapat mematikan sebanyak 13,35% larva uji. Jumlah larva uji yang mati meningkat dengan meningkatnya konsentrasi bakteri dari yang diberikan, hal ini berarti bahwa hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* mempunyai efektivitas sebagai larvasida, dimana konsentrasi yang paling tinggi yaitu 1% dapat mematikan 100% larva uji. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ponda (20) dan Munif (4) yang menggunakan bentuk tepung dari hasil fermentasi *Bacillus thuringiensis* diperoleh bahwa makin tinggi konsentrasi yang diberikan pada larva uji, makin tinggi pula daya bunuhnya terhadap larva uji tersebut. Dari hasil penelitian Ponda (20) diperoleh bahwa pada pemberian bentuk tepung hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dengan konsentrasi 1% dapat mematikan larva uji 100%. Ini berarti efektivitas hasil fermentasi dalam bentuk tepung tidak berbeda bila dibuat dalam bentuk sediaan cair. Dari hasil perhitungan statistika dengan menggunakan rancangan acak lengkap diperoleh bahwa nilai F hitung yaitu 838,45 lebih besar dari F tabel pada taraf 5% dan 1% yang masing-masing bernilai 3,11 dan 5,06, sehingga perlu dilakukan uji lanjutan yaitu uji beda nyata terkecil (BNT) untuk mengetahui konsentrasi mana yang memberikan perbedaan,

terlihat bahwa variasi konsentrasi yang digunakan memberikan hasil yang berbeda sangat nyata.

Toksisitas bakteri *Bacillus thuringiensis* terhadap larva juga sangat dipengaruhi oleh strain bakteri dan spesies serangga yang terinfeksi. Faktor yang mempengaruhi toksisitasnya adalah struktur kristalnya, yang pada salah satu strain mungkin mempunyai ikatan yang lebih mudah dipecah oleh enzim yang dihasilkan serangga dan ukuran molekul protein yang menyusun kristal, serta susunan molekul asam amino dan kandungan karbohidrat dalam kristal. Faktor yang ada pada serangga adalah perbedaan keadaan saluran pencernaan serangga, seperti pH dalam mesenteron yang mempengaruhi kelarutan kristal protein, faktor lainnya adalah kemampuan enzim protease yang ada dalam saluran pencernaan serangga untuk melarutkan kristal protein menjadi molekul yang toksik .

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis* dalam bentuk sediaan cair efektif sebagai larvasida
2. Pengaruh konsentrasi terhadap efektivitas sediaan cair *Bacillus thuringiensis* memperlihatkan hasil yang berbeda sangat nyata. Konsentrasi yang paling efektif sebagai larvasida adalah 1%, karena mampu membunuh larva uji sebanyak 100%.

VI.2 SARAN

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bentuk formulasi tablet yang larut dalam air dari hasil fermentasi bakteri *Bacillus thuringiensis*.
2. Sebaiknya dilakukan isolasi senyawa endospora dari bakteri *Bacillus thuringiensis*.
3. Sebaiknya dilakukan uji keamanan sediaan pada manusia dan lingkungan.
4. Sebaiknya dilakukan pengujian menggunakan jenis serangga lain

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, (1985), "Sistem Kesehatan Nasional", Departemen Kesehatan RI, Jakarta, 3-8.
2. Soetomo., (2002), "Demam Berdarah dan Pengobatannya", www.Nusaindah.tripod.com.
3. Wanta, Mikail., (2002), "Demam Berdarah Dengue", www.infosehat.com.
4. Munif, A., (1992), "Pengaruh *Bacillus thuringiensis* H-14 Formula Tepung Pada Berbagai Instar Larva *Aedes sp*", Cermin Dunia Kedokteran, V, (119), 27.
5. Mardihusodo, S.J., et al., (1991), "Pengkajian Toksisitas *Bacillus sp*", Berkala Ilmu Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 42.
6. Entwistle, P.F., et al., (1993), "*Bacillus thuringiensis* An Enviromental Biopeptide; Theory and practice", John Wiley & Sons Ltd, England, 255.
7. Tarumingkeng, R.C., (1992), "Insektisida Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaan", PT Ukrida, Jakarta, 6,8.
8. Sastroutomo, S., (1992), "Pestisida Dasar-Dasar dan Dampak Penggunaannya", PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 49-50, 148-150.
9. Direktorat Jendral Pemberantasan Penyakit Menular, (1983), "Pemberantasan Vektor dan Cara Evaluasinya", Departemen Kesehatan RI, Jakarta, 11, 14.
10. Sardjono., (1992), "Pemanfaatan Berbagai Jenis Mikroba Dalam Pemberantasan Larva Nyamuk", Tesis Program Pasca Sarjana UNHAS, Makassar.
11. Tarumingkeng, R.C., (2001), "Ciri-Ciri Morfologi dan Biokimia *Bacillus thuringiensis*",
12. Sumbung, P.P., (1974), "Demam Berdarah", Majalah Kesehatan, (465), 12.
13. Soedarto., (1992), "Entomologi Kedokteran", Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 101 - 102.

14. Soewandhie, M., (1998), "**Mengenal Penyakit Demam Berdarah**", www.indomedia.com.
15. Lachman, L., Lieberman, H., Kanig J., (1994), "**Teori dan Praktek Farmasi Industri**", Diterjemahkan oleh Siti Suyatmi, UI Press, Jakarta, 986..
16. Direktorat Pengawasan Obat dan Makanan, (1979), "**Farmakope Indonesia**", Edisi III, Departemen Kesehatan RI, Jakarta, 378.
17. Boylan J.C., (1986), "**Handbook of Pharmaceutical Excipients**", American Pharmaceutical Association Production, Washinton DC, 181.
18. Dwidjoseputro, D., (1980), "**Dasar-Dasar Mikrobiologi**", Djambatan, Malang, 11-40.
19. Dipco., (1980), "**Culture Media Handbook**", E Merc Darmstadt, Federal Republik of Germany, 124.
20. Ponda, I., (2003), "**Uji LC₅₀ Hasil Fermentasi Bakteri *Bacillus thuringiensis* sebagai Larvasida Dalam Bentuk Tepung Terhadap Larva Nyamuk *Aedes sp***", Skripsi Farmasi, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar,

Tabel 1. Rancangan Formula Hasil Fermentasi Bakteri *Bacillus thuringiensis*

| Bahan | Formula | | | | | Kontrol (VI) |
|--|---------|---------|--------|--------|--------|--------------|
| | I | II | III | IV | V | |
| Hasil fermentasi <i>Bacillus thuringiensis</i> | 0,0001g | 0,001 g | 0,01 g | 0,1 g | 1 g | - |
| Na CMC | 1g | 1 g | 1 g | 1 g | 1 g | 1 g |
| Metilparaben | 0,1 g | 0,1 g | 0,1g | 0,1g | 0,1g | 0,1g |
| Air suling sampai | 100 ml | 100 ml | 100 ml | 100 ml | 100 ml | 100 ml |
| | | | | | | |

Tabel 2. Kematian Larva Uji Setelah Pemberian Sediaan Cair Hasil Fermentasi Bakteri *Bacillus thuringiensis*

| Konsentrasi Bakteri (%) | Jumlah Larva Uji | Jumlah Larva yang Mati | | | Rata-Rata Kematian Larva (ekor) |
|-------------------------|------------------|------------------------|----|----|---------------------------------|
| | | I | II | II | |
| 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,0001 | 20 | 3 | 2 | 3 | 2,67 |
| 0,001 | 20 | 6 | 6 | 5 | 5,67 |
| 0,01 | 20 | 9 | 10 | 10 | 9,67 |
| 0,1 | 20 | 17 | 16 | 16 | 16,33 |
| 1 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

Tabel 3. Data Persentase Kematian Tiap Kelompok Larva Uji Setelah Pemberian Sediaan Cair Hasil Fermentasi Bakteri *Bacillus thuringiensis*

| Kelompok Larva Uji | Konsentrasi Bakteri (%) | Rata-rata Kematian Larva Uji (ekor) | % Kematian Larva Uji |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| I | 0 | 0 | 0 |
| II | 0,0001 | 2,67 | 13,35 |
| III | 0,001 | 5,67 | 28,35 |
| IV | 0,01 | 9,67 | 48,35 |
| V | 0,1 | 16,33 | 81,65 |
| VI | 1 | 20 | 100 |

Lampiran A

PERHITUNGAN STATISTIK KEMATIAN LARVA NYAMUK *Aedes sp* OLEH SEDIAAN CAIR BAKTERI *Bacillus thuringiensis* PADA BERBAGAI KONSENTRASI.

| Konsentrasi (%) | Replikasi | | | Total | Rata-rata |
|-----------------|-----------|----|-----|-------|-----------|
| | I | II | III | | |
| 0,0001 | 3 | 2 | 3 | 8 | 2,67 |
| 0,001 | 6 | 6 | 5 | 17 | 5,67 |
| 0,01 | 9 | 10 | 10 | 29 | 9,67 |
| 0,1 | 17 | 16 | 16 | 49 | 16,33 |
| 1 | 20 | 20 | 20 | 60 | 20 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jumlah Total | | | | 163 | |

$$\text{DB perlakuan} : 6 - 1 = 5$$

$$\text{DB total} : 18 - 1 = 17$$

$$\text{DB galat} : 17 - 5 = 12$$

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

1. JK perlakuan

$$\begin{aligned} \text{JK perlakuan} &= \frac{(0)^2 + (8)^2 + (17)^2 + (29)^2 + (49)^2 + (60)^2}{3} - \frac{(163)^2}{18} \\ &= \frac{0 + 64 + 289 + 841 + 2401 + 3600}{3} - \frac{26569}{18} \\ &= 2398,33 - 1476,05 \\ &= 922,28 \end{aligned}$$

2. JK total

$$\begin{aligned}
 \text{JK total} &= 0^2 + 0^2 + 0^2 + 3^2 + 2^2 + 3^2 + 6^2 + 6^2 + 5^2 + 9^2 + 10^2 + 10^2 + 17^2 + \\
 &\quad 16^2 + 16^2 + 20^2 + 20^2 + 20^2 - \frac{(163)^2}{18} \\
 &= 9 + 4 + 9 + 36 + 36 + 25 + 81 + 100 + 100 + 289 + 256 + \\
 &\quad 256 + 400 + 400 + 400 - 1476,05 \\
 &= 2401 - 1476,05 \\
 &= 924,95
 \end{aligned}$$

3. JK Galat

$$\begin{aligned}
 \text{JK Galat} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 924,95 - 922,28 \\
 &= 2,67
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kuadrat Rata-Rata (KR)

1. KR perlakuan

$$\begin{aligned}
 \text{KR perlakuan} &= \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{DB Perlakuan}} \\
 &= \frac{922,28}{5} \\
 &= 184,46
 \end{aligned}$$

2. KR Galat

$$\begin{aligned}
 \text{KR Galat} &= \frac{\text{JK Galat}}{\text{DB Galat}} \\
 &= \frac{2,67}{12} \\
 &= 0,22
 \end{aligned}$$

Tabel Anava

| Sumber Keragaman | DB | JK | KR | FH | FT | |
|------------------|----|--------|--------|--------|------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 5 | 922,28 | 184,46 | 838,45 | 3,11 | 5,06 |
| Galat | 12 | 2,67 | 0,22 | | | |
| Total | 17 | 924,95 | | | | |

Ket : FH >> FT : Sangat Signifikan, H_0 ditolak

Analisis lanjutan dengan uji beda nyata terkecil (BNT)

$$\text{Rumus : } \frac{t_{\alpha/2, N-a}}{\sqrt{2KRG/n}}$$

Dimana : α = Taraf Signifikan yang Dikehendaki (5%/1%)

N = Banyaknya Data Pada RAL

a = Banyaknya Taraf Perlakuan

N - a = Derajat Bebas Galat

KRG = Kuadrat Rata-Rata Galat

n = Banyaknya Replikasi

$$\begin{aligned} \text{BNT 5\%} &= \frac{0,05}{2,17-5} \sqrt{\frac{2(0,22)}{3}} \\ &= 2,179 \times 0,383 \\ &= 0,835 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT 1\%} &= \frac{0,01}{2,17-5} \sqrt{\frac{2(0,22)}{3}} \\ &= 3,055 \times 0,383 \\ &= 1,170 \end{aligned}$$

Lampiran B

SKEMA KERJA

