

LEITZ WETZLAR GERMANY



Pengembangan **Bioinsektisida Mikrobial**

*dari tahap Eksplorasi
menuju tahap Aplikasi*

SALAMUN

Pengembangan
**Bioinsektisida
Mikrobia**

*dari tahap Eksplorasi
menuju tahap Aplikasi*

Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Pengembangan **Bioinsektisida Mikrobial**

*dari tahap Eksplorasi
menuju tahap Aplikasi*

SALAMUN



PENGEMBANGAN BIOINSEKTISIDA MIKROBIAL
dari tahap Eksplorasi menuju tahap Aplikasi

Salamun

ISBN :

© 2023 Penerbit **Airlangga University Press**

Anggota IKAPI dan APPTI Jawa Timur
Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya 60115
Telp. (031) 5992246, 5992247 Fax. (031) 5992248
E-mail: adm@aup.unair.ac.id

Redaktur (Anas Abadi)

Layout (Djaiful Eko Suharto)

Cover (Erie Febrianto)

AUP (1368/02.24)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip dan/atau memperbanyak tanpa izin tertulis
dari Penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun.



Prakata

Setelah membaca dan mencermati buku ini, pembaca akan dapat mengembangkan bioinsektisida mikrobial melalui tahapan eksplorasi bahan hayati mikrobial dari tempat alamiah menuju tahap aplikasinya di lapangan. Secara rinci, setelah membaca buku ini, pembaca akan dapat melakukan tahap eksplorasi diteruskan menuju tahap aplikasi, yaitu:

1. Melakukan pengambilan sampel mikroba di lapangan dan dapat menentukan titik koordinat tempat pengambilan sampel dari lapangan.
2. Melakukan isolasi bakteri entomopatogen *Bacillus* sp. yang berpotensi sebagai biolarvasida terhadap larva *A. Aegypti*.
3. Melakukan uji potensi entomopatogen *Bacillus* sp. hasil isolasi dari lapangan.
4. Melakukan karakterisasi morfologis dan fisiologis entomopatogen *Bacillus* sp. hasil isolasi dari lapangan.
5. Menentukan nama spesies dan posisi kekerabatan genetik entomopatogen *Bacillus* sp. yang potensial hasil isolasi dari lapangan.
6. Menetapkan kekuatan toksisitas dengan cara uji hayati entomopatogen *Bacillus* sp. yang paling potensial terhadap larva *A. aegypti*.
7. Mendeteksi gen penyandi toksin *Cry* entomopatogen *Bacillus* sp. yang paling potensial terhadap larva *A. aegypti*.

8. Mendeteksi struktur inklusi paraspora toksin *Cry* entomopatogen *Bacillus* sp. yang paling potensial terhadap larva *A. aegypti*.
9. Mendeteksi aktivitas hemolitik metabolit sekunder yang dihasilkan pada fase vegetatif entomopatogen *Bacillus* sp. yang paling potensial terhadap larva *A. aegypti*.

Menentukan kemampuan bertahan toksisitas entomopatogen *Bacillus* sp. yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida di tempat perindukan nyamuk *A. aegypti*, dilihat dari mortalitas larva uji (%) pada minggu ke-1, 2, 3, dst.

Menentukan keamanan biologis entomopatogen *Bacillus* sp. yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida di tempat perindukan nyamuk *A. aegypti* terhadap non-target, yaitu mendeteksi respons inflamasi pada kulit hewan uji mencit dan keamanannya pada ikan hias.

Buku ini terbagi menjadi 6 bab. Diawali dengan bab 1 pendahuluan, berisi memberikan pengantar pentingnya pengendalian vektor dengan menggunakan bioinsektisida mikrobial dan manfaatnya bagi kehidupan manusia. Bab 2 membahas tentang nyamuk *Aedes aegypti* vektor penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) dan cara-cara pengendaliannya. Bab 3 berisi tentang bioinsektisida mikrobial dan upaya pengembangannya. Bab 4 berisi tahapan eksplorasi bahan hayati mikroba, yaitu dimulai dari pengambilan sampel, isolasi mikroba, uji potensi kultur mikroba, karakterisasi morfologis dan fisiologis, dan karakterisasi genetik. Bab 5 berisi menuju tahapan aplikasi bahan hayati mikroba, diawali uji hayati dan mekanisme kerja bioinsektisida, diteruskan uji kemampuan bertahan toksisitas dan uji keamanan biologis melalui uji sensitivitas kulit dan keamanan non-target. Bab 6 berisi penutup berisi ringkasan, contoh hasil dari tahap eksplorasi menuju tahap aplikasi.

Alhamdulillah buku ini telah dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu selesainya buku ini. Penulis menyadari bahwa buku ini masih belum sempurna, sehingga kritik, saran, dan masukan dari pembaca masih sangat diperlukan untuk perbaikan buku ini pada edisi berikutnya.



Kata Pengantar

Buku Referensi ini membahas tentang Pengembangan Bioinsektisida Mikrobial dengan cara eksplorasi mikroba dari alamiah menuju aplikasi di lapangan dalam upaya pengendalian hayati nyamuk vektor penyakit. Buku ini diperuntukkan terutama bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian maupun para peneliti di bidang mikrobiologi terapan. Namun demikian tidak menutup kemungkinan membantu mahasiswa atau peneliti yang mendalami eksplorasi mikroba, baik di bidang peternakan, perikanan, pertanian, farmasi, kesehatan masyarakat, maupun kedokteran. Buku ini disusun dengan bahasa yang mudah dipahami dan disertai tabel dan gambar yang menarik sehingga memudahkan pembaca untuk dapat menerapkannya dalam upaya pengembangan bioinsektisida mikrobial, melalui eksplorasi mikroba dari alam dan mengarah menuju aplikasinya di lapangan.

Buku ini, diharapkan dapat meluaskan wawasan pembaca, khususnya mendalami salah satu bidang ilmu mikrobiologi yang diminati, serta diharapkan sebagai sumbangan berharga untuk memperkaya khazanah ilmu pengetahuan, khususnya di bidang usaha pengendalian hayati vektor penyakit DBD yang menggunakan bioinsektisida lokal di Indonesia. Selain itu juga untuk

meningkatkan pembangunan nasional, dengan mengembangkan potensi lokal bahan hayati dalam upaya pengendalian kepadatan populasi nyamuk vektor penyakit DBD di Indonesia. Buku ini, diharapkan dapat menambah khazanah pemanfaatan unggulan lokal dan penerapannya untuk kemaslahatan nasional/ internasional, dalam upaya pengembangan bioinsektisida mikrobial sebagai salah satu pengendali hayati untuk mengatasi masalah DBD, khususnya di Indonesia.

Prof. Dr. NI'MATUZHROH

Guru Besar Mikrobiologi Lingkungan Universitas Airlangga



Daftar Isi

Prakata	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xxi
Daftar Singkatan	xxiii
1 PENDAHULUAN	1
2 NYAMUK VEKTOR PENYAKIT	7
2.1 Biologi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	7
2.2 Pengendalian Populasi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	10
3 BIOINSEKTISIDA MIKROBIAL	13
3.1 Sejarah Penemuan <i>Bacillus thuringiensis</i>	13
3.2 Karakter Morfologis, Fisiologis, dan Genomik <i>Bacillus thuringiensis</i>	15

3.3	Karakter Proteomik dan Toksisitas <i>Bacillus thuringiensis</i> .	20
3.4	Penerapan Bioinsektisida <i>Bacillus thuringiensis</i>	24
4	TAHAP EKSPLORASI.....	27
4.1	Pengambilan Sampel	27
4.2	Isolasi dan Uji Potensi Awal Isolat <i>Bacillus</i> sp.	34
4.3	Uji Potensi Lanjutan Isolat <i>Bacillus</i> sp.	36
4.4	Karakterisasi Morfologis dan Fisiologis	40
4.5	Karakterisasi Genetik.....	49
5	MENUJU TAHAP APLIKASI.....	65
5.1	Uji Hayati	65
5.2	Karakterisasi Gen Penyandi Protein Toksin.....	77
5.3	Uji Aktivitas Hemolitik.....	86
5.4	Uji Kemampuan Bertahan Toksisitas	93
5.5	Uji Sensitivitas Kulit	100
5.6	Uji Keamanan Biologis.....	109
6	PENUTUP.....	115
	Lampiran	119
	Daftar Pustaka	133
	Biodata Penulis	145



Daftar Tabel

Tabel 4.1	Ringkasan metode dan deskripsi kerja subtahap I.1 yang meliputi pengambilan sampel, isolasi mikroba, uji potensi awal, dan uji potensi lanjutan entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. sampel dari tanah alamiah, endapan TPA domestik, dan larva <i>A. Aegypti</i>	29
Tabel 4.2	Kode isolat, lokasi pengambilan sampel, bentuk sampel, dan titik koordinat pengambilan sampel tanah alamiah di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur, Indonesia	31
Tabel 4.3	Kode isolat, lokasi pengambilan sampel, bentuk sampel, dan titik koordinat pengambilan sampel endapan TPA di kota Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia.	32
Tabel 4.4	Kode isolat, lokasi pengambilan sampel, bentuk sampel, dan titik koordinat pengambilan sampel larva <i>A. aegypti</i> di kota Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia.	33

Tabel 4.5	Ringkasan metode dan deskripsi kerja subtahap I.2., yaitu karakterisasi morfologis dan fisiologis entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. yang potensial hasil isolasi dari tanah alamiah, endapan TPA domestik, dan larva <i>A. aegypti</i> yang berpotensi membunuh larva <i>A. aegypti</i>	41
Tabel 4.6	Hasil karakterisasi makroskopis koloni 9 isolat entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. potensial terhadap larva <i>Aedes aegypti</i> yang berasal dari sampel tanah alamiah, endapan domestik, dan larva <i>Aedes aegypti</i>	44
Tabel 4.7	Hasil karakterisasi mikroskopis 9 isolat entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. potensial terhadap larva <i>Aedes aegypti</i> yang berasal dari sampel tanah alamiah, endapan domestik, dan larva <i>Aedes aegypti</i>	46
Tabel 4.8	Karakteristik fisiologis isolat-isolat <i>Bacillus</i> sp. dari Taman Nasional Baluran, endapan tempat penampung air (TPA), dan larva <i>Aedes aegypti</i>	47
Tabel 4.9	Hasil analisis indeks kesamaan berdasarkan karakter morfologis dan fisiologis isolat dari tanah alamiah Taman Nasional Baluran (BT = Batangan, BK = Bekol, BM = Bama), endapan TPA (ES = Surabaya, ESD = Sidoarjo, EG = Gresik), dan larva <i>Aedes aegypti</i> (LS = Surabaya, LSD = Sidoarjo, EG = Gresik).	48
Tabel 4.10	Ringkasan metode dan deskripsi kerja subtahap I.3. yaitu karakterisasi genetik untuk menentukan nama spesies dan kekerabatan entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. yang paling potensial yang diisolasi dari tanah alamiah, endapan TPA domestik, dan larva <i>A. Aegypti</i>	49
Tabel 4.11	Hasil evaluasi nilai kemurnian dan konsentrasi DNA isolat <i>Bacillus</i> sp. Bk7.2, BK5.2, LS9.1, ES7.3, dan EG6.4.	57
Tabel 4.12	Hasil analisis <i>Basic Local Alignment Search Tools</i> (BLAST) gen 16SrRNA isolat <i>Bacillus</i> sp. BK7.2, BK5.2, EG6.4, ES7.3, dan LS9.1.	59

Tabel 5.1	Ringkasan metode dan deskripsi kerja subtahap II.1, status toksisitas entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 terhadap larva <i>Aedes aegypti</i> yang dilihat dari nilai LC ₅₀ , LC ₉₀ , LT ₅₀ , dan LT ₉₀	66
Tabel 5.2	Hubungan <i>Optical Density</i> 600nm (OD _{600nm}) dengan <i>Colony Forming Unit</i> per mL (CFU/mL) isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2.	69
Tabel 5.3	Hasil uji toksisitas isolat bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 terhadap larva instar III <i>Aedes aegypti</i> waktu pendedahan 24 jam dan 48 jam.....	69
Tabel 5.4	Hasil uji kekuatan toksisitas isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK52 terhadap larva instar III <i>Aedes aegypti</i> , waktu pendedahan 24 jam dan 48 jam.....	71
Tabel 5.5	Hasil uji kecepatan toksisitas isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK52 terhadap larva instar III <i>Aedes aegypti</i> , waktu pendedahan 24 jam.....	76
Tabel 5.6	Ringkasan metode dan deskripsi kerja tahap II.2, deteksi gen penyandi toksin entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2.	78
Tabel 5.7	Ringkasan metode dan deskripsi kerja tahap II.3, deteksi ultra struktur sel dan inklusi paraspora entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2.	79
Tabel 5.8	Hasil analisis <i>Basic Local Alignment Search Tools</i> (BLAST) gen <i>Cry</i> isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2. ..	80
Tabel 5.9	Ringkasan metode dan deskripsi kerja tahap II.4, aktivitas hemolitik entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada media agar darah.	87
Tabel 5.10	Ringkasan metode dan deskripsi kerja tahap III.1 kemampuan bertahan toksisitas entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida di tempat perindukan nyamuk <i>Aedes aegypti</i> , yang dilihat dari mortalitas larva uji (%) pada minggu ke-1, 2, 3, dst.....	94

Tabel 5.11	Ringkasan metode dan deskripsi kerja tahap III.2 untuk menentukan keamanan entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida di tempat perindukan nyamuk <i>Aedes aegypti</i> terhadap nontarget.	101
Tabel 5.12	Nilai skoring berdasarkan tabel <i>Magnusson</i> dan <i>Kligman</i> pada olesan di kulit punggung. Keterangan: Replikasi = 3x; K(-) = Media NYSM; K(+) = Deterjen; Skor 0 = tidak ada respons; 1 = respons ringan; 2 = respons sedang; 3 = respons berat.	106
Tabel 5.13	Nilai skoring berdasarkan tabel <i>Magnusson</i> dan <i>Kligman</i> pada olesan di kulit telinga. Keterangan: Replikasi = 3x; K(-) = Media NYSM; K(+) = Deterjen; Skor 0 = tidak ada respons; 1 = respons ringan; 2 = respons sedang; 3 = respons berat.	107



Daftar Gambar

Gambar 3.1	<i>Transmission electron microscopy (TEM) Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki strain HD1 saat pembentukan spora (sporulasi) pada tahap I-VII.....</i>	16
Gambar 3.2	<i>Transmission electron microscopy (TEM), morfologi kristal toksin Bacillus thuringiensis subsp. Thuringiensis strain IS5056 saat sel sporulasi</i>	17
Gambar 3.3	<i>Bacillus thuringiensis subsp. morrisoni strain C18, Spora dan Paraspora Crystals tampak Jelas (TEM x 44.000)</i>	17
Gambar 3.4	<i>Transmission electron microscopy (TEM) Bacillus sphaericus strain 2362</i>	18
Gambar 3.5	<i>Transmission electron microscopy (TEM) Bacillus sphaericus strain 2297 rekombinan.....</i>	18
Gambar 3.6	<i>Scanning electron microscopy (SEM) kristal toksin dan spora Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis strain Xd3</i>	19

Gambar 3.7	<i>Scanning electron microscopy (SEM)</i> variasi morfologi kristal toksin dan spora <i>Bacillus thuringiensis (Bt)</i> subsp. <i>israelensis</i>	19
Gambar 3.8	Kekerabatan genetik <i>Bacillus</i> sp	21
Gambar 3.9	Perubahan morfologis sel akibat toksin <i>Cry</i>	22
Gambar 3.10	Mekanisme kerja toksin <i>Cry</i> monomer dan oligomer pada sel serangga sasaran	23
Gambar 3.11	Skema arah pengembangan bioinsektisida berbahan baku <i>Bacillus thuringiensis</i>	24
Gambar 4.1	Tahapan Operasional dari Eksplorasi Menuju Aplikasi.....	28
Gambar 4.2	Tahapan Operasional Tahap I Ekplorasi.....	29
Gambar 4.3	Jumlah sampel dari tempat perindukan alamiah di Taman Nasional Baluran, endapan tempat penampung air (TPA) di Surabaya, Sidoarjo, dan Gresik, serta dari larva <i>Aedes aegypti</i> di Surabaya, Sidoarjo, dan Gresik.....	31
Gambar 4.4	Jumlah isolat bakteri entomopatogen yang didapatkan dari berbagai lokasi dan kategori potensi sebagai biolarvasida setelah dilakukan uji potensi awal terhadap larva instar III <i>Aedes aegypti</i>	36
Gambar 4.5	Persentase mortalitas larva <i>Aedes aegypti</i> akibat pendedahan berbagai jenis isolat entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. Hasil uji potensi lanjutan yang didapatkan dari tempat yang berbeda	38
Gambar 4.6	Karakteristik makroskopis koloni 9 isolat lokal <i>Bacillus</i> sp. potensial isolat dari tanah alamiah, endapan TPA, dan larva <i>Aedes aegypti</i>	43
Gambar 4.7	Bentuk dan lokasi endospora dengan pewarnaan spora dari 3 isolat bakteri paling potensial entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. yang diisolasi dari tanah alamiah di Taman Nasional Baluran	44

Gambar 4.8	Bentuk dan lokasi endospora dengan pewarnaan spora dari 3 isolat paling potensial entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. dari tanah endapan tempat perindukan <i>Aedes aegypti</i>	45
Gambar 4.9	Bentuk dan lokasi endospora dengan pewarnaan spora dari 3 isolat paling potensial entomopatogen <i>Bacillus</i> sp. dari larva <i>Aedes aegypti</i>	45
Gambar 4.10	Hasil elektroforesis DNA genom isolat <i>Bacillus</i> sp. BK7.2, LS9.1, BK5.2, ES7.3, dan EG6.4 pada agarose gel 1%.....	56
Gambar 4.11	Hasil elektroforesis gen 16SrRNA isolat <i>Bacillus</i> sp. ES7.3, BK5.2, LS9.1, EG6.4, dan BK7.2 pada agarose gel 1%.....	58
Gambar 4.12	Hasil urutan nukleotida gen 16SrRNA isolat potensial <i>Bacillus</i> sp. BK7.2,	58
Gambar 4.13	Pohon filogeni kekerabatan entomopatogen <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2.....	62
Gambar 5.1	Rancangan Operasional Tahap II Menuju Aplikasi.....	66
Gambar 5.2	Persentase mortalitas larva oleh isolat bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada variasi waktu pendedahan.....	70
Gambar 5.3	Nilai <i>Lethal Concentration</i> 50% (LC_{50}) dan <i>Lethal Concentration</i> (LC_{90}) isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada pendedahan 24 dan 48 jam.....	71
Gambar 5.4	Larva <i>Aedes aegypti</i> kontrol dan perlakuan.....	74
Gambar 5.5	Contoh morfologi larva <i>Aedes aegypti</i> yang mati pada uji potensi awal dan uji potensi lanjutan	74
Gambar 5.6	Nilai <i>Lethal Time</i> 50% (LT_{50}) dan <i>Lethal Time</i> 90% (LT_{90}) isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 terhadap larva <i>Aedes aegypti</i> pada variasi observasi (Jam).....	77

Gambar 5.7	Hasil elektroforesis amplifikasi gen <i>Cry</i> bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada gel agarose 0.8%.....	80
Gambar 5.8	<i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM) <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2.....	82
Gambar 5.9	Hasil <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) entomopatogen lokal <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2	82
Gambar 5.10	Struktur endospora dan inklusi paraspora <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 yang diamati menggunakan <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM) dan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	83
Gambar 5.11	Indeks hemolisis isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada media <i>blood agar</i> . Keterangan: OD_{600nm} = <i>Optical Density</i> pada 600nm; (a)=notasi hasil uji anova	90
Gambar 5.12	Aktivitas hemolitik isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada media <i>blood agar</i>	90
Gambar 5.13	Tahapan Operasional Tahap III Menuju Aplikasi	93
Gambar 5.14	Persentase mortalitas larva <i>Aedes aegypti</i> akibat terpapar variasi konsentrasi <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada minggu I, waktu pendedahan 24 jam dan 48 jam	97
Gambar 5.15	Persentase mortalitas larva <i>Aedes aegypti</i> akibat terpapar Bactivec ^(R) SL (K+) pada 2x dosis di tempat perindukan <i>Aedes aegypti</i>	98
Gambar 5.16	Skoring berdasarkan skala <i>Magnusson</i> dan <i>Kligman</i>	105
Gambar 5.17	Hasil pengamatan respons inflamasi pada kulit punggung mencit	108
Gambar 5.18	Hasil pengamatan respons inflamasi pada kulit belakang daun telinga mencit.....	109

Gambar 5.19	Persentase kelolosan hidup ikan hias Moly Balon <i>Poecilia latipinna</i> , setelah diberi pemaparan variasi konsentrasi <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada tempat hidupnya	112
Gambar 5.20	Foto ikan hias Moly (<i>Poecilia latipinna</i>) jantan dan betina dan contoh uji keamanan biologis hasil observasi 72 jam dan 168 jam (minggu ke-1)	113



Daftar Lampiran

Lampiran 4.1	Pohon filogeni 4 isolat potensial <i>Bacillus</i> sp. BK7.2, LS9.1, ES7.3, dan EG6.4 sebagai biolarvasida terhadap larva <i>Aedes aegypti</i>	119
Lampiran 5.1	Penghitungan nilai <i>Lethal Concentration</i> (LC) isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada pendedahan 24 dan 48 jam dengan Aplikasi MINITAB 17	121
Lampiran 5.2	Penghitungan nilai <i>Lethal Time</i> (LT) <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada pengamatan per-waktu selama 24 jam dengan Aplikasi MINITAB 17	125
Lampiran 5.3	Hasil analisis statistik kemampuan bertahan toksisitas <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 pada minggu pertama waktu pengamatan 24 jam dan 48 jam di tempat perindukan larva <i>Aedes aegypti</i> (<i>in vitro</i>)	127



Daftar Singkatan

AC	: <i>Adhenil Cyclase</i>
Bti	: <i>Bacillus thuringiensis var. israelensis</i>
BK5.2	: Bekol, isolat 5.2
BK7.1	: Bekol, isolat 7.1
BK7.2	: Bekol, isolat 7.2
BLAST	: <i>Basic Lokal Alignment Search Tools</i>
Cry	: Crystal
CFU	: <i>Colony Forming Unit</i>
DBD	: Demam Berdarah Dengue
DNA	: Deoxiribo-Nucleic-Acid
EG6.4	: Endapan Gresik, isolat 6.4
ES4.3	: Endapan Surabaya, isolat 4.3
ES7.3	: Endapan Surabaya, isolat 7.3
G α	: Protein G α
G β	: Protein G β
G γ	: Protien G γ
L-I	: Larva instar kesatu
L-II	: Larva instar kedua

L-III	: Larva instar ketiga
LB	: Luria Bertani
LC	: <i>Lethal Concentration</i>
LT	: <i>Lethal Time</i>
LS3.3	: Larva Surabaya, isolat 3.3
LS9.1	: Larva Surabaya, isolat 9.1
LSD4.2	: Larva Sidoarjo, isolat 4.2
NA	: <i>Nutrien Agar</i>
NB	: <i>Nutrien Broth</i>
NYSM	: <i>Nutrien Yeast Salt Medium</i>
OD	: <i>Optical Density</i>
PKA	: <i>Protein Kinase A</i>
RNA	: Ribo-Nucleic-Acid
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
TEM	: <i>Transmission Electron Microscope</i>
TPA	: Tempat Penampung Air
TPC	: <i>Total Plate Count</i>
%ID	: <i>Persen Identity</i>