UJI TOKSISITAS *Bacillus thuringiensis* TERHADAP TINGKAT MORTALITAS LARVA *Musca domestica*

(Skripsi)

Oleh

ARUM ZAHARA
2057021015

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ABSTRAK

UJI TOKSISITAS *Bacillus thuringiensis* TERHADAP TINGKAT MORTALITAS LARVA *Musca domestica*

Oleh

ARUM ZAHARA

Musca domestica (lalat rumah) sering dijumpai di kehidupan hampir pada semua jenis lingkungan. Lalat rumah memiliki kedekatan dengan pemukiman dan aktivitas manusia serta populasinya di alam sangat tinggi. *M. domestica* merupakan vektor mekanis beberapa penyakit pada manusia dan hewan. Hingga saat ini, salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk mengendalikan lalat rumah adalah dengan menggunakan insektisida. Namun, penggunaan insektisida tersebut telah menimbulkan dampak negatif. Pengendalian *M. domestica* secara hayati menjadi salah satu pilihan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang memiliki aktivitas sebagai agen biokontrol yaitu *Bacillus thuringiensis*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui isolat *B. thuringiensis* yang paling efektif dan mengetahui tingkat mortalitas larva *M. domestica*. Rancangan penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Jenis isolat bakteri *B. thuringiensis* yang digunakan sebanyak 5 isolat. Penelitian ini menggunakan kontrol negatif dengan aquades steril dan kontrol positif menggunakan Vliegen racun lalat. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah isolat *B. thuringiensis* yang paling efektif dalam membunuh larva *M. domestica* dan persentase tingkat mortalitas larva. Data mortalitas larva dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan diuji lanjut dengan uji *Duncan*. Hasil yang diperoleh rata-rata mortalitas larva *M. domestica* yang tertinggi menggunakan isolat $Bt1_{TBA4}$ sebesar 80%, $Bt4_{TSR6}$ 73,3% dan $Bt2_{TMA26}$ 46,6%. Dapat disimpulkan isolat *B. thuringiensis* yang paling baik dalam membunuh larva *M. domestica* adalah $Bt1_{TBA4}$ dan cukup mampu dimanfaatkan sebagai agen biokontrol dalam mengendalikan larva *M. domestica* yang merupakan vektor mekanis beberapa penyakit pada manusia dan hewan.

Kata kunci: *Bacillus thuringiensis, Musca domestica,* Toksisitas, Mortalitas

ABSTRACT

TOXICITY TEST OF *Bacillus thuringiensis* ON MORTALITY RATE OF LARVA *Musca domestica*

By

ARUM ZAHARA

Musca domestica (housefly) is often found in life in almost all types of environments. House flies have close proximity to human settlements and activities and their population in nature is very high. *M. domestica* is a mechanical vector of several human and animal diseases. Until now, one of the most common ways to control houseflies is by using insecticides. However, the use of insecticides has caused negative impacts. Biological control of *M. domestica* is one option by utilizing microorganisms that have activity as biocontrol agents, namely *Bacillus thuringiensis*. The purpose of this study was to determine the most effective isolate of *B. thuringiensis* and determine the mortality rate of *M. domestica* larvae. The design of this study was a completely randomized design (CRD). The types of *B. thuringiensis* isolates used were 5 isolates. This study used negative control with sterile distilled water and positive control using Vliegen fly poison. The parameters observed in this study were the most effective *B. thuringiensis* isolates in killing *M. domestica* larvae and the percentage of larval mortality rate. Larval mortality data were analyzed using *Analysis of Variance (*ANOVA) and further tested with Duncan's test. The results obtained the highest average mortality of *M. domestica* larvae using isolate $Bt1_{TBA4}$ at 80%, $Bt4_{TSR6}$ 73.3% and $Bt2_{TMA26}$ 46.6%. It can be concluded that the best *B. thuringiensis* isolate in killing *M. domestica* larvae is $Bt1_{TBA4}$ and is quite capable of being utilized as a biocontrol agent in controlling *M. domestica* larvae which are mechanical vectors of several diseases in humans and animals.

***Key words*:** *Bacillus thuringiensis, Musca domestica*, Toxicity, Mortality

UJI TOKSISITAS *Bacillus thuringiensis* TERHADAP TINGKAT MORTALITAS LARVA *Musca domestica*

Oleh

ARUM ZAHARA

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

Judul Skripsi	: **UJI TOKSISITAS *Bacillus thuringiensis* TERHADAP TINGKAT MORTALITAS LARVA *Musca domestica***
Nama Mahasiswa	: Arum Zahara
Nomor Pokok Mahasiswa	: 2057021015
Jurusan/Program Studi	: Biologi/S1 Biologi
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Kusuma Handayani, M.Si	**Gina Dania Pratami, S. Si., M.Si**
NIP. 197808192008012018	NIP. 198804222015042001

Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Kusuma Handayani, M.Si** .....

Anggota : **Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si** .....

Penguji Utama : **Drs. M. Kanedi, M.Si** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **1 Juli 2024**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Arum Zahara
NPM	: 2057021015
Jurusan	: Biologi
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tunggi	: Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

"UJI TOKSISITAS *Bacillus thuringiensis* TERHADAP TINGKAT MORTALITAS LARVA *Musca domestica*"

Bahwa keseluruhan dari karya ilmiah ini baik data, hasil analisis, dan kajian ilmiah adalah BENAR hasil karya orisinil yang saya susun berdasarkan riset ilmiah melalui arahan komisi pembimbing dan pembahas. Karya ilmiah ini disusun dengan berpedoman pada norma serta etika akademik dan penulisan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat pernyataan yang tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 1 Juli 2024

Yang Menyatakan,

Arum Zahara

NPM. 2057021015

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Arum Zahara yang dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 10 Maret 2002, merupakan anak bungsu, dari pasangan Bapak Amroni (Alm) dan Ibu Suminah. Penulis mempunyai 3 kakak perempuan dan 1 kakak laki-laki. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Al-Azhar 6 Jatimulyo pada tahun 2008 kemudian melanjutkannya di SDN 1 Jatimulyo dan lulus pada tahun 2014. Pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Al-Azhar 3 Bandar Lampung lulus pada tahun 2017 dan penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 9 Bandar Lampung dan menyelesaikannya pada tahun 2020. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMM PTN-Barat).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum di beberapa mata kuliah lebih tepatnya di laboratorium Mikrobiologi. Selain itu, penulis juga melaksanakan kuliah praktik di PT Phillips Seafoods Indonesia Lampung Plant dari Januari-Februari 2023 di Bandar Lampung dan telah menyelesaikan Laporan Kerja Praktik dengan judul **"Deteksi Cemaran *Salmonella sp.* Pada Produk *Crab Meat* Di Laboratorium PT Phillips Seafoods Indonesia Lampung Plant"** dan telah terbit pada prosiding nasional. Penulis juga aktif di dunia organisasi kampus. Organisasi kampus yang diikuti oleh penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota bidang Sains dan Teknologi (Periode 2020-2022), mengikuti

Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FMIPA sebagai staff komisi IV Hubungan Luar dan Kemediaan (Periode 2022-2023). Selama berkuliah penulis juga aktif mengikuti kegiatan diluar kampus seperti Komunitas sosial yaitu Ruang Pangan sebagai anggota Sosial Impact (Periode 2023) dan manager Sosial Impact (Periode 2024). Kemudian, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Juni-Agustus 2023 di Desa Sidorejo, Kecamatan Bangun Rejo, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilalamin. Puji dan Syukur kepada Allah Swt. atas segala nikmat kesehatan dan rahmat Nya yang selalu dicurahkan kepada seluruh hamba-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Saya dengan segenap hati dan penuh rasa syukur mempersembahkan karya ini kepada:

Kedua orangtua yang sangat saya cintai dan sangat saya banggakan, Bapak Amroni (Alm) dan Ibu Suminah. Dengan segala doa-doa yang selalu dicurahkan, perjuangan, dukungan dan semangat sehingga putri bungsunya ini mampu meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.);

Ayuk, Cicik, Mbak, Kakak, Kakak-kakak Iparku dan keponakan tercinta, yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi untukku.

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing yang senantiasa sabar, tak pernah lelah, dan dengan sepenuh hati meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan dukungan dan memberikan ilmu.

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

MOTTO

"Cukuplah Allah menjadi penolong bagi kami dan Dia sebaik-baik Pelindung"

(QS Ali Imran: 173)

"Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan"

(QS Al-Insyirah: 5)

"Stay Hungry, Stay Foolish"

(Steve Jobs)

"In Order To Love Who You Are, You Cannot Hate The Experiences That Shaped You"

(Andrea Dykstra)

SANWACANA

Bissmillahirahmanirrahim

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT. Karena berkat karunia dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"UJI TOKSISITAS *Bacillus thuringiensis* TERHADAP TINGKAT MORTALITAS LARVA *Musca domestica*"** yang merupakan salah satu syarat kelulusan dalam menyelesaikan kuliah dan memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Melalui skripsi ini tentunya dalam penyusunan dan penulisan tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, serta dukungan untuk itu penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi, Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing I yang senantiasa membimbing penulis dari awal perkuliahan hingga akhir dan telah memberi arahan, dukungan, motivasi, serta sebagai tempat bercerita baik mengenai perkuliahan maupun selama proses penelitian sehingga terselesaikannya skripsi ini;

4. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, saran, dan masukan yang membangun dengan penuh kesabaran kepada penulis;
5. Bapak Drs. M. Kanedi, M.Si selaku Dosen Penguji yang selalu memberikan arahan, saran, dan masukan serta pemahaman konsep atas praktik ilmu metode penelitian dan analisis data;
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen Jurusan Biologi atas ilmu yang telah diberikan selama mengikuti perkuliahan;
7. Ibu Oni Mastuti, S.Si selaku Laboran Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan saran, arahan, dan semangat untuk penulis dari awal hingga akhir selama proses penelitian;
8. Kedua orangtua ku tercinta bapak Amroni (Alm) dan mamak Suminah, terima kasih Mak atas segala doa yang tak henti, perjuangan dan pengorbanan yang telah diberikan untuk membesarkan ku seorang diri hingga aku sampai di titik ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan menjaga mu dimanapun berada;
9. Saudara-saudaraku tersayang ayuk, cicik, mba, kakak dan kakak iparku yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan kerja keras yang tiada hentinya bagi penulis;
10. Sahabatku Salsa terima kasih sudah menemani dari awal duduk di bangku SMA hingga saat ini kita meraih gelar sarjana bersama. Terima kasih sudah saling menguatkan dan memberikan dukungan untuk melalui kehidupan yang sulit ini. Semoga Allah jaga persahabatan kita selalu ya Aamiin;
11. Manda terima kasih ya sudah menemani proses penelitian yang berat ini dengan penuh canda tawa dan *life hack* kehidupan yang sangat berguna. Serta untuk Tina terima kasih juga sudah hadir mewarnai kehidupan perkuliahan ini dan memberikan pelajaran. Terima kasih atas uluran tangan dan kehangatan yang kalian beri. Semoga kalian berdua selalu diberikan kebahagiaan Aamiin;
12. Sahabat-sahabatku Eci, Sabrin, dan ‘Semua Sukses’ terimakasih atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis;

13. Seluruh teman-teman satu angkatan (S1 Biologi dan S1 Biologi Terapan 2020) yang hingga saat ini masih bertahan dan berjuang bersama.

Akhir kata, penulis menyadari betul dalam skripsi masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat menerima kritik, saran, dan masukan yang membangun untuk perbaikan kedepannya sehingga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Bandar Lampung, 30 Juni 2024
Penulis

Arum Zahara

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN DEPAN ..... **i**
ABSTRAK ..... **ii**
HALAMAN JUDUL ..... **iii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iv**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **v**
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... **vi**
RIWAYAT HIDUP ..... **vii**
PERSEMBAHAN ..... **ix**
MOTTO ..... **x**
SANWACANA ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiv**
DAFTAR TABEL ..... **xvi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**

I. PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan Penelitian 4
1.3 Manfaat Penelitian 4
1.4 Kerangka Pikir Penelitian 4

II. TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 *Musca domestica* 6

2.1.1 Taksonomi *Musca domestica* 6
2.1.2 Morfologi *Musca domestica* 7
2.1.3 Siklus Hidup *Musca domestica* 9
2.1.4 Bionomik *Musca domestica* 12
2.2 *Bacillus thuringiensis* 15
2.2.1 Taksonomi *Bacillus thuringiensis* 16
2.2.2 Morfologi *Bacillus thuringiensis* 17
2.2.3 Kristal Protein *Bacillus thuringiensis* 18
2.2.4 Toksisitas *Bacillus thuringiensis* 21

III. METODE PENELITIAN 24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitiaan 24
3.2 Alat dan Bahan 24
3.3 Rancangan Penelitian 25
3.4 Prosedur Kerja 26
3.6 Diagram Alir Penelitian 31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Hasil Pengamatan 32
4.2 Pembahasan 38

V. SIMPULAN DAN SARAN 46
5.1 Simpulan 46
5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA 47

LAMPIRAN 57

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Tata Letak Percobaan..... 25

Tabel 2. Persentase Mortalitas Larva *M. domestica* 32

Tabel 3. Hasil Uji Duncan Mortalitas Larva *M. domestica* 34

Tabel 4. Tabel Uji Homogenitas Mortalitas Hari ke-2 dan ke-3..... 57

Tabel 5. Tabel Uji *Analysis of Variance* (ANOVA) Mortalitas Hari ke-2 dan ke-3..... 57

Tabel 6. Tabel Uji Lanjut Selang Ganda Duncan Mortalitas Hari ke-2..... 58

Tabel 7. Tabel Uji Lanjut Selang Ganda Duncan Mortalitas Hari ke-3..... 58

Tabel 8. Perubahan Morfologi Larva *M. domestica* 63

Tabel 9. Data Jumlah Mortalitas Larva *M. domestica* Selama 3 Hari Pengamatan.....64

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Morfologi *M. domestica* 8

Gambar 2. Siklus Hidup *M. domestica* 9

Gambar 3. Telur *M. domestica* 10

Gambar 4. Larva Instar 3 *M. domestica*. 10

Gambar 5. Pupa *M. domestica* 11

Gambar 6. Morfologi sel *B. thuringiensis* 18

Gambar 7. Pengamatan Mikroskopik Pengecatan Endospora pada Isolat *B.Thuringiensis* (TBA 4) 20

Gambar 8. Hasil SEM Pada Isolat Bt 4 Menunjukkan 5 Variasi Morfologi Kristal……..22

Gambar 9. Struktur 3D (model) protein Cry yang memiliki toksisitas terhadap serangga Diptera 23

Gambar 10. Kotak Hitung *Haemocytometer* 28

Gambar 11. Diagram Alir Penelitian 31

Gambar 12. Perubahan Morfologi Larva Pada Hari Pertama Hingga Ketiga Setelah Kematian Pada Perlakuan Isolat $Bt1_{TBA4}$ 35

Gambar 13. Perubahan Morfologi Larva Pada Hari Pertama Hingga Ketiga Setelah Kematian Pada Perlakuan Isolat $Bt4_{TSR6}$ 36

Gambar 14. Perubahan Morfologi Larva Pada Hari Pertama Hingga Ketiga Setelah Kematian Pada Perlakuan Isolat $Bt2_{TMA26}$. 37

Gambar 15. Representasi Diagram Usus Tengah Larva *M. domestica*..... 39

Gambar 16. Hasil Peremajaan Isolat Bakteri *B. thuringiensis*..... 59

Gambar 17. Suspensi *B. thuringiensis* Setelah Inkubasi 72 Jam 59

Gambar 18. Perhitungan Isolat Bakteri *B. thuringiensis* Menggunakan *Haemocytometer* 60

Gambar 19. *Manure* Media Aklimatisasi Larva *M. domestica* 61

Gambar 20. Sampel Larva *M. domestica* 61

Gambar 21. Kentang Untuk Pakan Larva 61

Gambar 22. Larutan Konsentrasi Suspensi (Perlakuan $Bt1_{TBA4}$ - Perlakuan $Bt5_{BT5}$) 62

Gambar 23. Larutan Kontrol (Perlakuan K+ dan K-) 62

Gambar 24. Perlakuan $Bt1_{TBA4}$ - Perlakuan $Bt5_{BT5}$..... 62

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Musca domestica (lalat rumah) atau sering disebut *house fly* termasuk dalam subordo Cyclorrhapha (ordo Diptera) dan sering dijumpai di kehidupan hampir pada semua jenis lingkungan. Sebagian besar (95%) dari jenis lalat rumah dijumpai di sekitar rumah dan kandang (Djarot dkk., 2019). Lalat rumah memiliki kedekatan dengan pemukiman dan aktivitas manusia serta populasinya di alam sangat tinggi, hal ini dipengaruhi oleh morfologi tubuh lalat berukuran kecil, kemampuan terbang jauh, serta siklus hidup yang pendek. Lalat ini juga mempunyai daya reproduksi yang cukup tinggi dan merupakan *multivoltine* (beberapa generasi dalam satu tahun) (Daswito dkk., 2019).

M. domestica dianggap sebagai serangga pengganggu di bidang kesehatan, karena merupakan vektor mekanis beberapa penyakit pada manusia dan hewan yang disebabkan oleh virus, bakteri, protozoa, dan cacing (Yunizar, 2018). Penyebaran penyakit oleh lalat terjadi dari penderita ke orang lain atau dari suatu bahan tercemar (makanan, minuman, air) ke orang sehat melalui perantara bagian tubuh lalat, contohnya lewat *proboscis*, tungkai, kaki, sayap dan badan lalat (Yolanda, 2017). Lalat dapat membawa sekitar 100 jenis bakteri yang bersifat patogen terhadap manusia dan hewan.

Permukaan tubuh luar dari *M. domestica* merupakan organ yang kontak secara langsung dengan habitat tempat hidupnya, hal ini memungkinkan banyaknya jenis jamur dan bakteri yang dapat terbawa oleh tubuh *M. domestica* karena tubuhnya memiliki banyak bulu dan terdapat cairan perekat pada kakinya (Melsilawati dkk., 2012). Berdasarkan penelitian Melsilawati dkk. (2012) didapatkan 7 genus jamur yang berasal dari tubuh dan usus *M. domestica,* yaitu *Acremonium, Aspergillus*, *Debaryomyces*, *Hanseniaspora, Fusarium, Penicillium,* dan *Geotrichum*. Sedangkan pada hasil penelitian Sukmawati dkk. (2019) isolasi bakteri dari *M. domestica* yang berasal dari kios pemotongan unggas terdapat adanya jenis bakteri *Salmonella* sp., *Escherichia coli*, dan *Vibrio vulnificus*.

Penyakit yang umumnya disebabkan oleh *M. domestica* seperti diare, disentri, kolera, demam tifoid dan paratifoid. Demam tifoid dan paratifoid merupakan salah satu masalah kesehatan yang penting yang dapat menular dan menyerang banyak orang sehingga menimbulkan wabah. Pada hewan ternak lalat rumah tidak menggigit tetapi sangat mengganggu sehingga bisa mengurangi kenyamanan yang pada akhirnya dapat menurunkan produksi (Ihsan dkk., 2016). *M. domestica* juga berperan sebagai vektor penularan penyakit *pink eye*, yaitu penyakit mata menular pada ternak, terutama sapi, kerbau, domba, dan kambing (Ditjennak Keswan, 2014). Melihat kerugian yang ditimbulkan lalat rumah maka perlu adanya tindakan pengendalian terhadap populasi lalat.

Hingga saat ini, salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk mengendalikan lalat rumah adalah dengan menggunakan insektisida. Namun, penggunaan insektisida tersebut telah menimbulkan dampak negatif diantaranya adalah kematian musuh alami dari organisme pengganggu, kematian organisme yang menguntungkan, mengganggu kualitas dan keseimbangan lingkungan hidup akibat adanya residu serta timbulnya resistensi pada lalat rumah (Hidana dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya pengendalian secara hayati dengan

memanfaatkan mikroorganisme yang memiliki aktivitas sebagai agen biokontrol. Salah satu agen biokontrol asal mikroorganisme yang telah digunakan di beberapa negara yaitu *Bacillus thuringiensis*.

B. thuringiensis merupakan bakteri Gram-positif, bersifat aerob, saprofit pembentuk endospora yang terdapat di tanah, air, dan di permukaan tumbuhan (Nair *et al*., 2018). Berbagai jenis isolat dan subspesies *B. thuringiensis* sangat dikenal sebagai sumber yang bernilai untuk agen biokontrol komersial. Semua subspesies *B. thuringiensis* yang dikenal memproduksi sejumlah besar protein kristal insektisida yang bersegregasi dalam tubuh paraspora (δ-endotoksin) selama masa sporulasi yang ketika ditelan, bersifat toksik untuk berbagai macam serangga (Jain *et al*., 2017). Pada umumnya kristal protein dan spora dapat dipanen setelah 48-72 jam (Pujiastuti dkk., 2017).

Kristal protein ini memiliki aktivitas toksik spesies terhadap serangga tertentu (Dagga *et al*., 2016). Kristal protein *B. thuringiensis* yang bersifat toksik terhadap beberapa serangga termasuk Lepidoptera dan Diptera karena usus serangga tersebut dalam kondisi alkali dan memiliki enzim protease. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya aktifitas proteolisis, sehingga kristal protein yang merupakan protoksin diubah menjadi toksin. Toksin akan bereaksi dalam usus serangga dan menyebabkan terbentuknya pori-pori di sel membran saluran pencernaan, hal itu akan mengganggu keseimbangan osmotik sel di dalam usus (Bahagiawati, 2002). Karena keseimbangan osmotik terganggu, sel menjadi bengkak dan pecah dan menyebabkan matinya serangga (Hofte and Whiteley, 1989).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan B. *thuringiensis* memiliki toksisitas terhadap larva S*podoptera exigua* (Karya dan Wisnu, 2021), larva S*podoptera frugiperda* (Janah, 2017), dan larva S*podoptera litura* (Sutriono dan Intan, 2022). Dari ketiga hasil penelitian tersebut serangga yang digunakan termasuk dalam ordo Lepidoptera. Sedangkan untuk

penelitian toksisitas *B. thuringiensis* terhadap ordo Diptera masih sedikitnya informasi, khususnya pada subordo Cyclorrhapha. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai uji toksisitas isolat *B. thuringiensis* untuk membunuh larva *M. domestica*.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui isolat *B. thuringiensis* yang paling efektif dalam membunuh larva *M. domestica*.
2. Mengetahui tingkat mortalitas larva *M. domestica* yang terinfeksi bakteri *B. thuringiensis*.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan isolat *B. thuringiensis* sebagai agen biokontrol dalam membunuh larva *M. domestica*.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Musca domestica (lalat rumah) memiliki kedekatan dengan pemukiman dan aktivitas manusia serta populasinya di alam sangat tinggi, sehingga dianggap sebagai serangga pengganggu di bidang kesehatan, karena merupakan vektor mekanis beberapa penyakit pada manusia dan hewan. Penyebaran penyakit oleh *M. domestica* melalui perantara bagian tubuhnya, contohnya melalui *proboscis*, tungkai, kaki, sayap dan badan, karena *M. domestica* membawa jamur dan bakteri dari permukaan luar tubuhnya dan dipindahkan pada makanan manusia atau pakan hewan/ternak.

Penyakit yang umumnya disebabkan oleh *M. domestica* seperti diare, disentri, kolera, demam tifoid dan paratifoid. Oleh karena itu, populasi *M. domestica* perlu dikendalikan keberadaannya menggunakan agen biokontrol *Bacillus thuringiensis*. *B. thuringiensis* termasuk bakteri Gram positif yang menghasilkan kristal protein pada saat bersporulasi yang dikenal sebagai δ-toksin. Kristal protein *B. thuringiensis* diketahui bersifat toksik terhadap beberapa serangga termasuk Lepidoptera dan Diptera.

Usus serangga yang termasuk dalam ordo Lepidoptera dan Diptera dalam kondisi alkali dan memiliki enzim protease. Keadaan tersebut menyebabkan toksin terikat pada reseptor khusus yang terdapat pada sel membran saluran pencernaan. Adanya ikatan ini menyebabkan terganggunya keseimbangan osmotik sel di dalam usus. Karena keseimbangan osmotik terganggu, sel menjadi bengkak dan pecah sehingga menyebabkan matinya serangga. Oleh karena itu, bakteri ini memiliki potensi yang cukup tinggi sebagai agen biokontrol khususnya larva *M. domestica* yang merupakan vektor mekanis beberapa penyakit pada manusia.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu beberapa isolat bakteri *B. thuringiensis* efektif dalam membunuh larva *M. domestica*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Musca domestica*

Musca domestica (lalat rumah) termasuk ke dalam famili Muscidae dan ordo Diptera subordo Cyclorappha. *M. domestica* yang penyebarannya di seluruh dunia merupakan serangga yang keberadaan dangat dekat dengan manusia maupun hewan. Lalat ini aktif pada cuaca cerah, hangat dan kecepatan angin kurang dari 16 km/jam, ketika melakukan aktifitas suhu udara di atas 16°C dan puncak aktifitas pada suhu antara 25 dan 29°C (Djenaan dkk., 2019). Lalat ini berpindah-pindah tempat dari tempat-tempat yang kotor seperti tempat pembuangan sampah, bangkai, bahkan kotoran. *M. domestica* termasuk hewan omnivora (pemakan segala) karena menyukai sayuran, karbohidrat dan sedikit protein. Selain itu, lalat ini juga mempunyai daya reproduksi yang cukup tinggi dan mampu membentuk generasi dalam satu musim (Rina, 2017).

2.1.1 Taksonomi *Musca domestica*

Lalat rumah termasuk ke dalam Famili Muscidae dan masuk ke dalam genus *Musca*. Dalam Katalog Diptera Australia/Oceania dinyatakan bahwa ada sekitar 3.880 spesies lalat yang ditemukan berdasarkan sebaran zoogeografinya. Dikawasan

Australia/Oceania terdapat kurang lebih 1000 spesies dari Famili Muscidae (Wahyudi dkk., 2015). Genus *Musca* mencakup sekitar 60 spesies, yang sebagian besar hanya ditemukan di *old world*. Dua spesies terpenting yang menginvasi wilayah beriklim sedang adalah lalat rumah (*Musca domestica*) dan lalat rumah musim gugur (*Musca autumnalis*) (Mullen and Lance, 2019).

Klasifikasi *M. domestica* menurut Borror *et al*., (1992) adalah sebagai berikut :

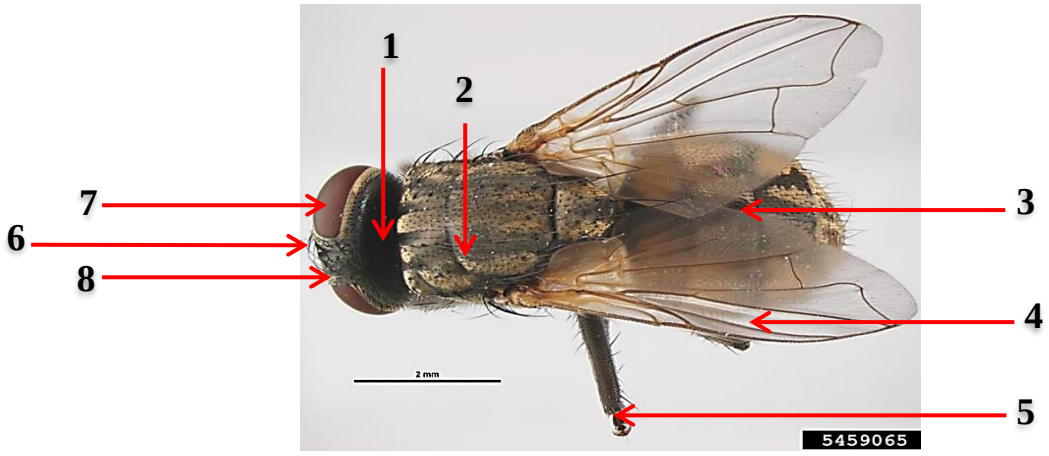
Kingdom : Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Muscidae
Genus : *Musca*
Species : *Musca domestica*

2.1.2 Morfologi *Musca domestica*

M. domestica berukuran sebesar biji kacang tanah, berwarna hitam kekuningan. *M. domestica* jantan berukuran panjang tubuh 5,8-6,5 mm dan lalat betina berukuran panjang tubuh 6,5-7,5 mm. Lalat ini secara umum mempunyai ciri berwarna kelabu. Tubuh terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian kepala dengan sepasang antena, thoraks dan abdomen. Kepala *M. domestica* relatif besar dengan dua mata majemuk yang bertemu di garis tengah untuk lalat jantan, sedangkan lalat betina dua mata majemuk terpisahkan oleh ruang muka. Bagian mulut (*proboscis*) lalat seperti paruh yang menjulur digunakan untuk menghisap makanan berupa cairan atau sedikit lembek dengan

tipe mulut lalat adalah *sponging*, disesuaikan dengan jenis makanannya yang berupa cairan. Bagian mulut lalat digunakan sebagai alat penghisap makanan yang disebut dengan labium. Pada ujung labium terdapat labella yang menghubungkan antara labium dengan rongga tubuh (Rahmi dkk., 2019).

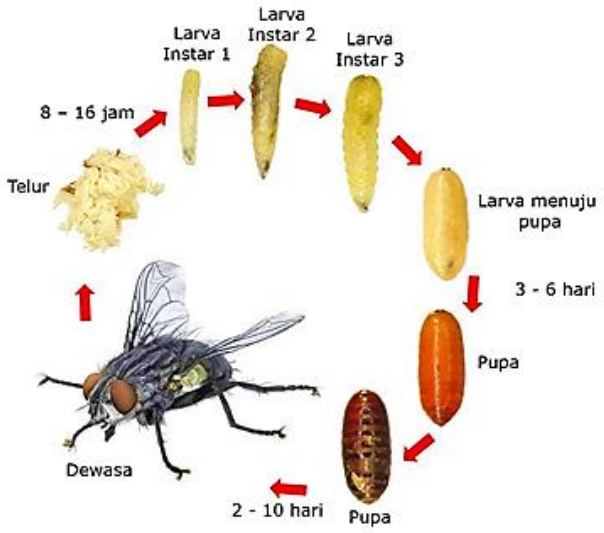
Thoraks *M. domestica* terbagi atas tiga bagian yaitu prothoraks, mesothoraks dan metathoraks. Thoraks berwarna abu-abu kekuningan sampai gelap dan mempunyai empat baris garis hitam longitudinal dengan lebar yang sama dan membentang sampai ke tepi skutum, dengan tiga pasang kaki dan sepasang sayap. Abdomen ditandai dengan warna dasar kekuningan serta didapatkan garis hitam di bagian median (Hastutiek dan Loeki, 2007). Sayap dari lalat rumah memiliki ciri terdapat pembuluh darah yang saling berhubungan. Hal ini dapat membedakannya dengan jenis spesies Musca lainnya. Hewan dari ordo ini mempunyai dua pasang sayap depan, sedangkan sayap belakang berubah bentuknya menjadi suatu bulatan kecil yang disebut *haltere*. *Haltere* ini digunakan sebagai alat keseimbangan dan alat untuk mengetahui keadaan angin (Rusyana, 2014). Morfologi dari *M. domestica* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi *M. domestica*
Keterangan: 1. Caput (kepala) 2. Thorax (dada) 3. Abdomen (perut) 4. Sayap 5. Tungkai. 6. Antena 7. Mata majemuk 8. Mulut.

2.1.3 Siklus Hidup *Musca domestica*

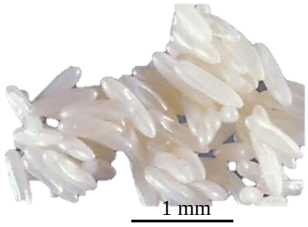
Dalam satu siklus hidupnya, *M. domestica* mengalami empat stadia yaitu telur, larva, pupa dan imago atau lalat dewasa. Pada setiap stadia, suhu lingkungan mempengaruhi daya tahan hidup dan waktu perkembangan pradewasa (Ihsan dkk., 2016). Siklus hidup dari *M. domestica* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Siklus Hidup *M. domestica* (TMC, 2019).

a. Telur

M. domestica betina dapat bertelur sebanyak 100 telur dalam sehari dan hal tersebut dilakukan setiap 10 hari. Telurnya berwarna putih dan panjangnya sekitar 1 mm. Telur lalat tidak dapat menetas pada suhu rendah yakni kurang dari 12 hingga 13ºC. Pada temperatur 25-35ºC telur menetas dalam kurun waktu 8-12 jam. Telur berubah menjadi larva dalam waktu 8 sampai 20 jam (Masri dkk., 2020). Telur *M. domestica* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Telur *M. domestica* (Buss, 2014).

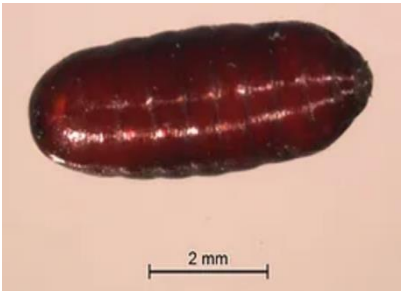
b. Larva

Larva merupakan stadia lanjutan setelah telur menetas, pada *M. domestica* larva mengalami tiga instar. Larva instar 1 mempunyai panjang 2 mm, stadia ini berlangsung selama 24-36 jam tergantung temperatur dan tempat yang cocok. Larva instar 2 berlangsung selama 24 jam pada temperatur 25-35ºC, yang kemudian dilanjutkan dengan instar 3 yang berlangsung selama 3-4 hari pada temperatur 35ºC dengan ukuran 12 mm (Hastutiek dan Loeki, 2007). Suhu optimal untuk perkembangan larva adalah 35-38°C, meskipun kelangsungan hidup larva terbesar berada pada suhu 17-32°C. Larva menyelesaikan perkembangannya dalam empat hingga 13 hari pada suhu optimal, tetapi membutuhkan 14-30 hari pada suhu 12-17°C. Larva instar 3 *M. domestica* dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Larva Instar 3 *M. domestica* (Hung and Gery, 2013).

c. Pupa

Untuk berkembang menjadi pupa, larva instar 3 harus berpindah ke tempat yang lebih kering (suhu 35^{o}C). Pupa *M. domestica* memiliki warna cokelat tua dengan panjang 12 mm. Pada suhu 39^{o}C pupa menjadi dewasa setelah 3 hari sedangkan pada suhu 16^{o}C masa pupa berlangsung selama 6-7 hari (Ihsan dkk., 2016). Ketika terjadi pupasi, kulit larva mengkerut dan membentuk puparium seperti peluru dengan mengembangkan kantong berisi darah ke depan kepala. Pada fase ini pupa kurang bergerak bahkan tidak bergerak sama sekali (Sucipto, 2011). Pupa *M. domestica* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pupa *M. domestica* (Hung and Gery, 2013).

d. Imago (Lalat dewasa)

Lalat muda, awalnya lalat tampak lunak, pucat abu-abu dan tanpa sayap. Setelah istirahat, sayap dikembangkan dan kutikula mengeras serta warnanya gelap, lalat muda mencari makan setelah sayapnya mengembang selama waktu 2- 24 jam setelah muncul dari pupa (Sucipto,2011). Sebelum terbang meninggalkan tempatnya, lalat memerlukan waktu sekitar 1 jam untuk mengeringkan tubuh dan sayapnya. Kemudian setelah beristirahat selama kurang lebih 15 jam, lalat ini memulai kehidupannya sebagai layaknya lalat dewasa. Usia lalat dewasa biasanya antara 2-4 minggu, tetapi dapat bertahan lebih lama jika udara

dingin (Nainggolan, 2017). Siklus hidup dari telur hingga menjadi lalat dewasa 6-20 hari.

2.1.4 Bionomik *Musca domestica*

Bionomik merupakan suatu sifat biologik dari setiap individu atau makhluk hidup yang dikaitkan dengan lingkungan hidupnya (Adrianto dan Yuwono, 2018). Berikut ini merupakan bionomik dari *M. domestica*:

a. Tempat perindukan
   M. domestica meletakkan telurnya pada material organik yang membusuk (fermentasi) seperti kotoran ternak, sampah organik pasar, dan sampah makanan (Wahyudi dkk., 2015). *M. domestica* ditemukan paling banyak di lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah yang banyak terdapat sampah dan kotoran. *M. domestica* dapat tumbuh di setiap medium yang terdiri dari zat organik yang lembab dan hangat, sehingga dapat memberi makan larva-larvanya (Sukmawati dkk., 2018).

b. Jarak terbang
   Jarak terbang lalat tergantung ada atau tidaknya makanan yang tersedia. Lalat bisa terbang sejauh 1 kilometer, akan tetapi lalat tidak bisa terbang menantang arah angin. Penyebaran vektor dari tempat pembiakannya dilakukan dengan cara terbang, lari atau pasif dibawa oleh pejamu. Pengetahuan tentang penyebaran vektor penting diketahui untuk menentukan luasnya wilayah pengendalian vektor agar penduduk terlindungi dari transmisi penyakit yang ditularkan vektor (Nugraheni dkk., 2020).

c. Kebiasaan makan

M. domestica termasuk hewan omnivora (pemakan segala) karena menyukai sayuran, karbohidrat dan sedikit protein. Makanannya adalah zat gula yang ada pada makanan manusia. Pada saat hinggap lalat mempunyai mekanisme mengeluarkan air liur dan melakukan defekasi (Onyenwe *et al*., 2016). Air sangat penting pada kehidupan lalat dewasa. Lalat hanya mampu hidup tidak lebih dari 48 jam tanpa air. Waktu mendarat, lalat mengeluarkan air liur dan kotoran. Penumpukan air liur serta feses akan membuat titik-titik hitam, hal ini sangat penting untuk mengetahui keberadaan daerah istirahat lalat (Nainggolan, 2022).

d. Tempat istirahat

Lalat beristirahat di lantai, dinding, langit-langit, rerumputan, dan tempat sejuk disiang hari. Tempat istirahat lalat di dalam rumah adalah pinggiran tempat makanan dan kawat listrik. Lalat tidak melakukan aktivitas pada malam hari, tempat hinggap lalat biasanya pada ketinggian tidak lebih dari lima meter. Tempat yang disukai lalat yaitu berdekatan dengan makanan dan tempat berbiaknya, serta terlindung dari angin dan matahari (Nugraheni dkk., 2020).

e. Suhu dan kelembaban

Suhu lingkungan dan kelembaban saling berkaitan dimana suhu lingkungan tinggi maka kelembaban rendah, begitupun sebaliknya jika kelembaban tinggi maka suhu lingkungan juga rendah sehingga mempengaruhi aktivitas pada vektor lalat. Pada saat musim hujan suhu lingkungan akan turun berkisar 20-25℃, bila suhu turun kelembabanpun akan meningkat. Kelembaban optimum untuk lalat adalah 90%. Pada saat itu kepadatan lalat

menjadi meningkat. Sebaliknya, pada saat musim panas suhu akan meningkat dan kelembaban akan menurun sehingga membuat kepadatan lalat menurun bahkan dapat menyebabkan kematian pada lalat (Inna dkk., 2023).

f. Cahaya

Lalat merupakan serangga *fototropik* artinya selalu bergerak menuju cahaya dan tidak aktif pada malam hari, namun bisa aktif dengan keberadaan cahaya buatan (Inna dkk., 2023).

2.1.5 *Musca domestica* Sebagai Vektor Penyakit

M. domestica adalah spesies lalat yang banyak berperan sebagai vektor mekanis pada beberapa penyakit. Seekor *M. domestica* dapat membawa sekitar lebih dari 100 macam organisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan. Selama ini lalat rumah dikenal hanya dapat menyebabkan penyakit secara tidak langsung karena perannya sebagai vektor mekanik atau perantara berbagai penyakit. Lalat berkembang biak pada media berupa tinja atau feses, karkas, sampah, kotoran hewan dan limbah buangan yang banyak mengandung agen penyakit, dengan demikian lalat mudah tercemari oleh agen penyakit baik di dalam perut, bagian mulut dan kaki. Kontaminasi terjadi pada bagian mulut atau bagian tubuh lalat yang lain seperti kaki, ketika lalat tersebut makan feses yang mengandung agen penyakit, kemudian terbang dan hinggap pada makanan sehat sambil memindahkan agen penyebab penyakit (Masri dkk., 2020).

Beberapa penyakit yang disebabkan oleh makanan yang terkontaminasi mikroba patogen antara lain diare, tifus, kolera,

dan disentri (Sukmawati dkk., 2019). Berbagai jenis bakteri yang berhasil diisolasi dari *M. domestica* yang dikoleksi dari tempat sampah dan kandang ayam antara lain adalah *Acinetobacter sp, Cirtobacter freundii, Enterobacter aerogenes, Enterobacter aggolerans, Escherichia coli, Hafnia alvei, Klebsiella pneumoniae, Morganella morganii, Proteus vulgaris, Pseudomonas* sp. dan *Salmonella* sp. Penelitian adanya jamur pada lalat rumah didaerah kandang babi dan perkotaan diperoleh 10 jenis jamur, diantaranya ialah *Aspergillus flavus*, *A. niger var niger*, *Penicillium corylophilum*, *P. fellutanum*, *Cladosporium cladosporoides*, *Fussarium s*p. dan *Curvularia brac*. Lalat rumah juga berperan sebagai vektor biologis cacing *Habronema muscae* (Djarot dkk., 2019).

2.2 *Bacillus thuringiensis*

B. thuringiensis telah dikenal sebagai agen biokontrol sejak tahun 50-an. Bakteri ini tersebar di berbagai penjuru dunia. Pertama kali dijumpai di Jepang pada tahun 1901, yang membunuh ulat sutera di tempat pemeliharaan. Sepuluh tahun kemudian, di Jerman ditemukan strain baru dari *B. thuringiensis* pada larva yang menyerang biji-bijian (serealia) di gudang penyimpanan. Karena strain berikutnya ditemukan di Provinsi Thuringen, maka bakteri ini disebut *Bacillus thuringiensis*, yaitu nama yang diberikan pada famili bakteri yang memproduksi kristal paraspora yang bersifat insektisidal (Karya dan Wisnu, 2021). Dilihat dari sifat morfologi maupun fisiologinya *B. thuringiensis* memiliki persamaan dengan *B. cereus*, yang membedakan dengan *B. cereus* yaitu *B. thuringiensis* memiliki kristal protein yang bersifat toksin terhadap serangga dari ordo Coleoptera, Diptera, dan Lepidoptera (Putriawati dkk., 2018).

Produksi bioinsektisida Bt berkembang dengan pesat dari 24 juta dolar Amerika Serikat pada 1980 menjadi 107 juta dolar Amerika Serikat pada tahun 1989. Bt

yang dikomersialkan dalam bentuk spora yang membentuk inklusi bodi. Inklusi bodi ini mengandung Kristal protein yang dikeluarkan pada saat bakteri lisis pada masa *phase stationary*. Penggunaan Bt tidak hanya dalam bentuk *microbial spray* yang berkembang di lapang, tetapi juga dalam bentuk tanaman transgenik Bt. Namun demikian, insektisidal mikrobial ini mempunyai beberapa kelemahan, antara lain peka terhadap sinar ultraviolet sehingga efektifitasnya terbatas dalam waktu yang pendek. Selain itu, beberapa hama tanaman menyerang pada lokasi yang sulit dicapai oleh insektisidal mikrobial yang umumnya berbentuk tepung atau granular. Dengan berkembangnya teknik rekombinan, beberapa gen yang mengkode Bt-toksin telah berhasil diklon dan diintroduksikan ke dalam tanaman. Sebagai contoh luas penanaman transgenik Bt di USA meningkat hampir 3 kali lipat, yaitu dari 4 juta ha pada tahun 1997 menjadi 11,5 ha pada tahun 2000 (Suwarno dkk., 2015).

2.2.1 Taksonomi *Bacillus thuringiensis*

Klasifikasi *B. thuringiensis* menurut Wick (2013) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria
Phylum : Firmicutes
Class : Bacilli
Order : Bacillales
Family : Bacillaceae
Genus : *Bacillus*
Species : *Bacillus thuringiensis*

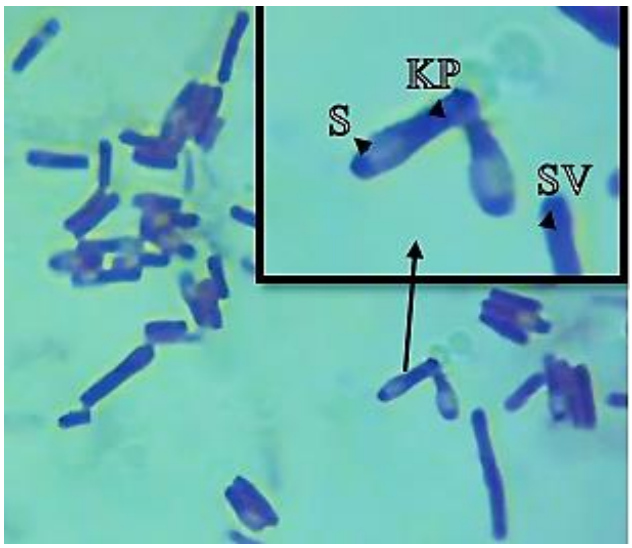
Sedikitnya terdapat 34 subspesies dari *B. thuringiensis* yang disebut serotype atau varietas dari *B. thuringiensis* dan lebih dari 800 keturunan atau benih *B. thuringiensis* telah diisolasi (Swadener, 1994; Prameswari, 2016). Pada beberapa subspesies dari bakteri *B. thuringiensis* yaitu kurstaki, aizawai, sotto

entomocidus, berliner, san diego, tenebroid, morrisoni dan israelensis, dijumpai beberapa jenis strain, seperti HD-1, HD-5 dan sebagainya dalam satu subspesies (Bahagiawati, 2002; Prameswari, 2016). Suatu strain Bt pada umumnya memproduksi lebih dari satu jenis kristal protein. Gen yang menyandi pembentukan kristal protein Bt telah diisolasi dan dikarakterisasi. Gen ini disebut gen *cry* yang merupakan singkatan dari kata *crystal*.

2.2.2 Morfologi *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis merupakan bakteri patogen terhadap serangga, oleh karena itu disebut *entomofaga*. *B. thuringiensis* juga merupakan bakteri tanah yang memberikan reaksi pewarnaan Gram positif, berbentuk batang dengan panjang 3-5 mikrometer dan lebar 1-1.2 mikrometer, bergerak aktif (*motil*) dengan *flagella peritrich* (diseluruh dinding sel), bersifat fakultatif aerob. *B. thuringiensis* termasuk bakteri mesofil dengan kisaran suhu pertumbuhan 15-45°C (suhu optimum 26-37°C) dan kisaran pH 5,5-8,5 (pH optimum 6,5-7,5) (Jusuf, 2006). Suhu lingkungan maksimum *B. thuringiensis* untuk dapat hidup hanya sampai 55^0C-60^0C, namun karena memiliki kemampuan membentuk endospora dalam lingkungan ekstrim, maka bakteri *B. thuringiensis* mampu bertahan pada suhu tinggi (Bahri dkk., 2021). Spora berbentuk oval berwarna hijau kebiruan, berukuran 1,0-1,3 µm dengan posisi terminal, sedangkan protein kristal berukuran 0,6 sampai 2,0 µm bergantung dari tipenya masing-masing (Zeigler, 1999). Habitat bakteri ini sangat luas, didapatkan di tanah, pada makanan ternak, pada batang dan daun pepohonan dan lingkungan perairan (Martin dan Travers, 1989).

Bangkai serangga merupakan sumber nutrisi yang memenuhi dalam kelangsungan hidup bakteri ini, dimana pada saat nutrisi akan habis maka *B. thuringiensis* akan membentuk spora dan mensintesis protein kristal toksik terhadap jenis serangga tertentu (Hermanto dkk., 2013). Kristal toksik dari *B. thuringiensis* memiliki berbagai bentuk seperti bipiramidal, kuboid, jajaran genjang, bulat atau komposit dengan dua jenis kristal. Racun ini terutama aktif terhadap spesies lepidoptera dan beberapa juga menunjukkan toksisitas terhadap spesies diptera dan koleoptera serta organisme lain tergantung pada varietas spesies (Martin, 2010: Rahman, 2014). Morfologi sel dari *B. thuringiensis* dapat dilihat pada Gambar 6.



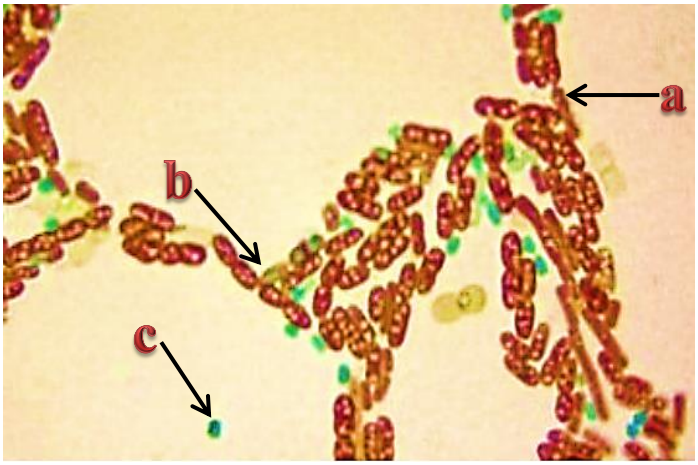
Gambar 6. Morfologi sel *B. thuringiensis*
Keterangan: (KP) Kristal Protein, (S) Spora, (SV) Sel Vegetatif *Bacillus thuringiensis* (Indra, 2023).

2.2.3 Kristal Protein *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis adalah salah satu spesies bakteri yang diketahui memiliki kemampuan membunuh serangga yang yang

tergolong ke dalam ordo Lepidoptera, Diptera, Coleoptera dan Hymenoptera, serta nematoda (Schnep *et al*., 1998; Wei *et al*., 2003). Penelitian yang dilakukan oleh Crickmore *et al*. (1998) menunjukkan bahwa bakteri ini bekerja sebagai insektisida alami dengan menggunakan protein kristal yang terkandung di dalam selnya. Kristal protein adalah ciri khas dari bakteri *B. thuringiensis* karena kemampuannya membentuk kristal bersamaan dengan pembentukan spora. Kristal protein yang terbentuk tersebut merupakan kompleks protein yang mengandung toksin (δ-endotoksin) yang terbentuk di dalam sel 2-3 jam setelah akhir fase eksponensial dan baru keluar dari sel pada waktu sel mengalami sporulasi (Trizelia, 2001).

Pembentukan spora terjadi karena kemampuan *B. thuringiensis* untuk bertahan hidup hingga beberapa generasi dalam kondisi yang ekstrim disebabkan oleh kemampuannya membentuk spora. Spora tersebut terbentuk melalui sintesis protoplasma baru di dalam sitoplasma sel vegetatifnya (Pelczar, 1986: Bahri dkk., 2021). Tahapan pembentukan spora bakteri atau sporulasi terbagi ke dalam tujuh tahap. Proses ini diawali dengan terhentinya proses penggandaan DNA dan diakhiri dengan penghancuran dinding sel secara enzimatis untuk membebaskan spora (Ray, 2004: Bahri dkk., 2021). Spora dari *B. thuringiensis* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengamatan Mikroskopik Pengecatan Endospora pada Isolat *B.Thuringiensis* (TBA 4) dengan Perbesaran 1000x Keterangan: (a) Sel vegetatif, (b) Spora, (c) Spora yang terlepas dari sel vegetatif (Janah, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian Indra (2023), enam isolat *B. thuringiensis* yang dianalisis terdapat tujuh bentuk kristal dengan variasi yang berbeda pada tiap isolat. Adapun ketujuh bentuk yang berhasil dianalisis adalah *ovoid* (oval), *spherical* (bulat), bipiramidal segitiga, *rectangle* (empat persegi panjang), *elongate* (memanjang), *cuboid* (kotak), serta *geometrical.* Terkait perbedaan tersebut, setiap bentuk kristal diekspresikan oleh jenis gen yang berbeda pula dan menjadikannya sebagai keunikan sifat dari *B. thuringiensis.* Kristal protein memiliki daya bunuh untuk ordo Lepidoptera yaitu berbentuk bipiramida yang jumlahnya hanya satu tiap sel, sedangkan yang berbentuk kubus, oval dan amorf umumnya toksik terhadap serangga ordo Diptera dan jumlahnya dapat lebih dari satu tiap sel. Kristal yang mempunyai daya bunuh terhadap serangga ordo Coleoptera berbentuk empat persegi panjang dan datar atau pipih (Khaeruni dkk., 2012).

Menurut Wahyuni dan Heni (2019) umumnya lebih dari satu jenis kristal protein ditemukan dalam strain gen yang mengkode

kristal protein yang dihasilkan oleh Bt setelah diisolasi dan dikarakterisasi dikenal dengan sebutan gen cry yang berasal dari kata crystal. Kristal endotoksin Bt telah dikelompokkan menjadi delapan kelas utama, yaitu cry1A sampai cryX berdasarkan homologi sekuen asam amino di Nterminalnya, berat molekulnya, dan aktivitas insektisidalnya. Delapan kelas tersebut adalah:

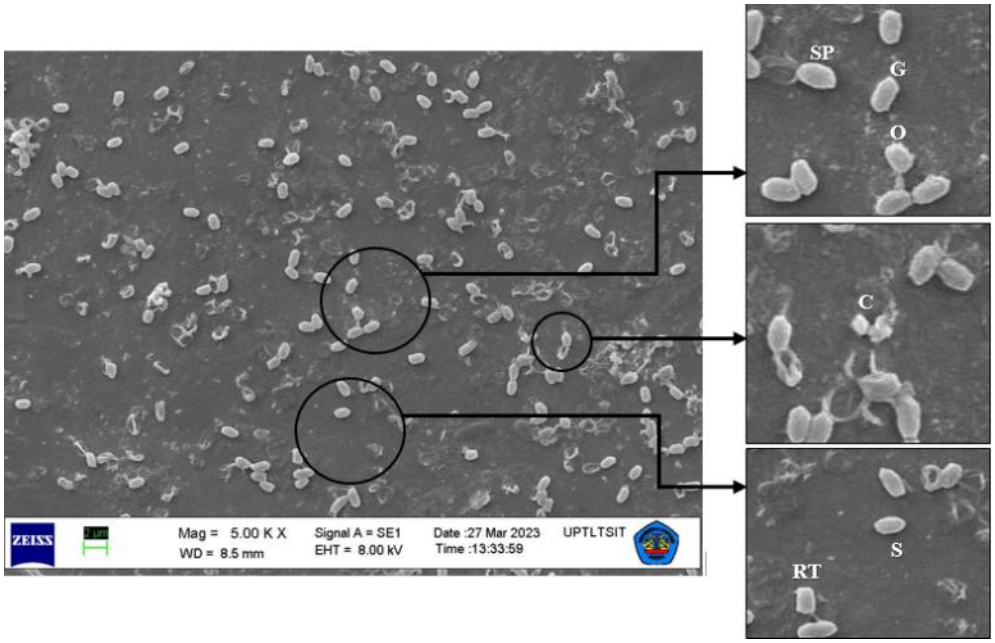
1. Cry1 yang menyerang serangga lepidoptera
2. CryII yang menyerang lepidoptera dan diptera
3. CryIII yang menyerang koleoptera
4. CryIV yang menyerang diptera
5. CryV yang menyerang lepidoptera dan koleoptera
6. CryVI yang menyerang nematoda
7. CryIXF yang menyerang lepidoptera
8. CryX yang menyerang lepidoptera

Cry1A sampai cryX memberikan derajat toksisitas dan aktivitas insektisida yang berbeda. Perlu diketahui marka molekuler yang dapat membedakan antar strain gen protein kristal insektisida terdapat dalam plasmid konjugasi dan tersusun dalam klaster atau dalam operon diperantarai oleh insertion sequences. Karakterisasi koleksi strain B. *thuringiensis* dapat membantu mengetahui peran bakteri ini di lingkungan dan distribusi gen Cry (Suryanto, 2017).

2.2.4 Toksisitas *Bacillus thuringiensis*

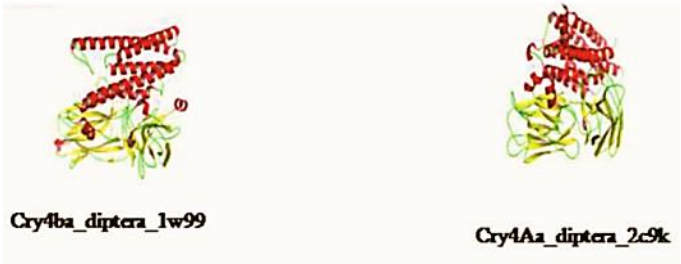
Kristal protein yang bersifat insektisida ini sebetulnya hanya protoksin yang jika larut dalam usus serangga akan berubah menjadi rantai polipeptida yang lebih pendek (27-149 kd). Kristal protein di alam yang bersifat protoksin ini tidak akan

bereaksi pada organisme yang bukan target. Pada organisme target, akan terjadi aktivitas proteolisis dalam sistem pencernaan serangga (Bahagiawati, 2002). Bentuk kristal protein yang memiliki daya bunuh untuk ordo Diptera dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil SEM Pada Isolat Bt Isolat Bt 4 Menunjukkan 5 Variasi Morfologi Kristal
Keterangan : (G) *Geometrical*, (O) Ovoid dan (SP) Spora, (C) *Cuboid*, (S) *Spherical*, dan (RT) *Rectangle* (Indra, 2023).

Khusus Diptera Cry4-Ba dan Cry4A menunjukkan kekhususan insektisida yang sangat berbeda, pola pelipatannya secara keseluruhan strukturnya sangat mirip, terdiri dari 3 domain. Domain (I) adalah kumpulan heliks 7–8 α yang terlibat dalam poriformasi, domain (II) adalah prisma β dengan loop terbuka daerah yang terlibat dalam pengikatan reseptor, dan domain (III) adalah sandwich β dan memiliki pengaruh pada pengikatan reseptor, ion pembentukan saluran khusus serangga (Das *et al*., 2021). Struktur 3D (model) protein Cry yang memiliki toksisitas terhadap serangga Diptera dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur 3D (model) protein Cry yang memiliki toksisitas terhadap serangga Diptera (Das *et al*., 2021).

Kristal protein yang masuk dalam saluran pencernaan serangga yang rentan terhadap toksin, akan berubah menjadi aktif setelah melalui serangkaian proses, yaitu: (a) kristal masuk ke cairan usus tengah serangga yang bersifat basa akan larut, (b) dalam bentuk protoksin kristal terurai oleh enzim protease dalam usus tengah serangga menjadi fragmen yang lebih beracun, (c) fragmen beracun tersebut terikat pada reseptor khusus yang terdapat pada membran sel ephitelium usus tengah, (d) ikatan reseptor fragmen beracun menyebabkan kebocoran pada epithelium usus tengah, sehingga permeabilitas sel berubah dan mengganggu transfer ion Na+ dan K+, dan (e) sel epithelium usus tengah yangmengalami kebocoran akan mempermudah masuknya spora *B. thuringiensis* dan bakteri lain yang ada di saluran pencernaan ke dalam rongga tubuh serangga. Gejala awal dari infeksi *B. thuringiensis* adalah berhubungan dengan perilaku makan dan metabolisme. Larva yang terinfeksi akan terlihat kehilangan nafsu makan, diare, paralisis saluran pencernaan dan regurgitasi. Selanjutnya menjadi lemah, tidak mengadakan respon terhadap iritasi, kejang-kejang dan gerakan menjadi tidak teratur (Jati dkk., 2013).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitiaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, pada bulan November sampai Februari 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan bahan. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *autoclave* untuk sterilisasi, *Biological Safety Cabinet* (BSC) untuk isolasi bakteri, cawan Petri, tabung reaksi, *orbital shaker* inkubasi pada media cair, *haemocytometer* untuk menghitung kepadatan sel bakteri, mikroskop, mikropipet, pipet volumetrik, jarum ose, erlenmeyer, gelas ukur, *beaker glass*, *hot plate stirrer* untuk memasak media, busen, pot salep, botol kaca, toples plastik, karet gelang, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat murni *B. thuringiensis*, larva instar 3 *M. domestica*, kentang, Vliegen racun lalat sebagai kontrol positif, media T3 untuk peremajaan bakteri pada media padat dan untuk sporulasi bakteri pada media cair, aquades, alkohol 70%,

perekat Adjuvant, plastik wrab, aluminium foil, dan tisu.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Bakteri yang digunakan terdiri dari 5 jenis isolat bakteri *B. thuringiensis* koleksi Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung yang diisolasi dari Tanah Kebun Raya Liwa. Isolat yang digunakan yaitu $Bt1_{TBA4}$ (berasal dari tanah biasa *araceae*), $Bt2_{TMA26}$ (berasal dari tanah miring *araceae*), $Bt3_{BP14}$ (berasal dari tanah biopori), $Bt4_{TSR6}$ (berasal dari tanah serasah), dan $Bt5_{TB5}$ (berasal dari tanah biasa). Kepadatan yang digunakan pada penelitian ini adalah kepadatan sel 10^7 sel/ml (Martin, 2007) dengan konsentrasi suspensi *B. thuringiensis* yang digunakan 80%. Kontrol negatif menggunakan aquades steril dan kontrol positif menggunakan Vliegen racun lalat. Terdapat 7 perlakuan uji yang dilakukan diulang sebanyak tiga kali pengulangan. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah isolat *B. thuringiensis* yang paling efektif dalam membunuh larva *M. domestica*. Pengujian dilakukan dengan menginduksikan suspensi *B. thuringiensis* pada makanan larva *M. domestica* berupa kentang yang telah dihaluskan, selanjutnya diamati mortalitasnya selama 3 hari. Metode pengujian toksisitas *B. thuringiensis* terhadap larva *M. domestica* dilakukan dengan modifikasi dari metode (Firmansah, 2023) dengan rincian tata letak sebagai berikut.

Tabel 1. Tata Letak Percobaan

K-U2	Bt3U2	Bt5U3	Bt5U1	K-U3	Bt2U3	Bt1U3
Bt2U2	Bt1U1	Bt5U2	K+U3	Bt4U1	Bt1U2	Bt4U2
Bt2U3	Bt4U3	K-U2	K-U1	Bt2U1	Bt3U1	K+U1

3.4 Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Penyediaan dan Pemeliharaan Sampel Larva Uji

Serangga uji yang digunakan pada penelitian ini adalah larva instar ke-3 lalat rumah (*M. domestica*). Larva *M. domestica* diperoleh dari PT. Juang Jaya Abdi Alam yang berlokasi di daerah Sidomulyo, Lampung Selatan. Larva-larva tersebut diambil dan dibawa ke laboratorium zoologi untuk diaklimatisasi dalam tempat pemeliharaan yang baru yaitu toples diisikan 130 gram *manure* (kotoran sapi). Kemudian dari tempat pemeliharaan yang baru larva siap digunakan sebagai serangga uji yang akan dipindahkan dalam wadah perlakuan dengan media kentang yang sudah dihaluskan.

3.4.2 Pembuatan Media T3

Media T3 menjadi media pertumbuhan yang digunakan untuk sub kultur atau peremajaan isolat *B. thuringiensis* dan media T3 juga digunakan sebagai media sporulasi. Media T3 per liter mengandung 3 g tripton, 2 g triptosa, 1.5 g *yeast extract*, 0.005 g $MnCl_2$, 6 g NaH_2PO_4, dan 7.1 g Na_2HPO_4 (Hassan *et al*., 2021) kemudian media T3 dibuat dengan melarutkan semua komponen media dalam 1 L aquades. Media T3 dipanaskan dan dihomogenkan menggunakan *hot plate stirrer* hingga mendidih. Media yang telah mendidih disterilisasi menggunakan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121^0C dibawah tekanan 1 atm. Media T3 yang telah steril dituang ke dalam tabung reaksi untuk membuat agar miring sebanyak 6 ml dan di diamkan

hingga memadat lalu digunakan untuk sub kultur. Media T3 untuk media sporulasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu disterilisasi setelah itu siap digunakan.

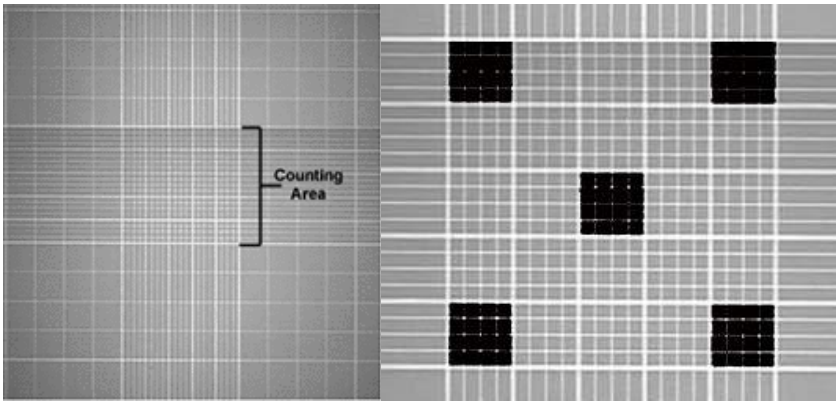
3.4.3 Sub Kultur Isolat *B. thuringiensis*

Isolat yang digunakan pada penelitian ini adalah *B.thuringiensis* merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Isolat *B. thuringiensis* ini diisolasi dari tanah Kebun Raya Liwa yang diberi kode isolat $Bt1T_{BA4}$, $Bt2_{TMA26}$, $Bt3_{BP14}$, $Bt4_{TSR6}$, dan $Bt5_{TB5}$, untuk melakukan sub kultur isolat *B. thuringiensis* dilakukan dengan cara diambil 1 ose isolat bakteri dan dimurnikan dengan metode *streak* pada tabung reaksi menggunakan media T3 lalu diinkubasi selama 72 jam pada suhu 37^0 C di inkubator.

3.4.4 Persiapan Suspensi *B. thuringiensis*

Masing-masing isolat *B. thuringiensis* yang sudah dilakukan sub kultur diambil sebanyak 1 ose dan diinokulasikan pada 100 ml medium T3 cair dalam Erlenmeyer, selanjutnya di inkubasi selama 72 jam di atas *orbital shaker* pada suhu ruang untuk memastikan waktu terbentuknya kristal protein (Indra, 2023). Kemudian kultur *B. thuringiensis* tersebut dilakukan penghitungan kepadatan sel dengan *haemocytometer* dan mikroskop binokuler. Kepadatan sel yang digunakan untuk uji sebanyak 10^7 sel/ml (Martin, 2007). Penentuan kepadatan sel dengan cara suspensi bakteri dari perlakuan diambil sebanyak 1 ml kemudian dengan menggunakan *haemocytometer* yang telah ditetesi suspensi tersebut dihitung kepadatan selnya di bawah

mikroskop binokuler. Kotak hitung *haemocytometer* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kotak Hitung *Haemocytometer* (Rouge, 2002).

Kepadatan sel dihitung dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

$$C = \frac{t}{(n \times 0{,}25)} \times 10^6$$

Keterangan:

C : Kepadatan sel
t : Jumlah total sel bakteri dalam kotak sampel yang diamati
n : Jumlah kotak sampel yang digunakan
0,25 : Faktor koreksi kotak sampel skala kecil

3.4.5 Pembuatan Suspensi *B. thuringiensis*

Suspensi dengan kerapatan spora 10^7 sel/ml, dibuat perlakuan uji dengan konsentrasi 80% yaitu suspensi 80 ml *B. thuringiensis* ditambahkan 20 ml aquades steril dan ditambahkan dengan perekat Adjuvant sebanyak 0,2 ml. Perlakuan kontrol negatif (K-) hanya digunakan aquades steril tanpa penambahan suspensi *B. thuringiensis*

sedangkan pada perlakuan kontrol positif (K+) digunakan Vliegen racun lalat sebanyak 10 gram ditambahkan 100 ml aquades steril.

3.4.6 Aplikasi Bakteri *B. thuringiensis* pada Larva Uji

Pengaplikasian ini dilakukan dengan menginduksikan suspensi *B. thuringiensis* dengan konsentrasi 80% sebanyak 6 ml pada makanan larva *M. domestica* berupa 10 gram kentang yang telah dihaluskan. Pakan yang telah diberi suspensi tersebut dimasukan ke dalam wadah perlakuan berupa pot salep. Setiap wadah perlakuan diinvestasikan sebanyak 5 ekor larva instar ke-3 *M. domestica*. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali pengulangan.

3.4.7 Pengamatan dan Perhitungan Persentase Mortalitas Larva (*M. domestica*)

Pengamatan mortalitas larva dilakukan setiap hari selama tiga hari. Data mortalitas larva diperoleh dari persentase larva yang mati dibandingkan dengan jumlah larva keseluruhan. Mortalitas larva dihitung pada setiap perlakuan konsentrasi. Hasil dari pengamatan, kemudian dihitung persentase mortalitas (kematian) larva dengan menggunakan rumus Pujiastuti dkk. (2017) sebagai berikut:

$$P = \frac{\mathbf{LM}}{\mathbf{LK}} \text{ x } 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase kematian larva *M. domestica* (%)

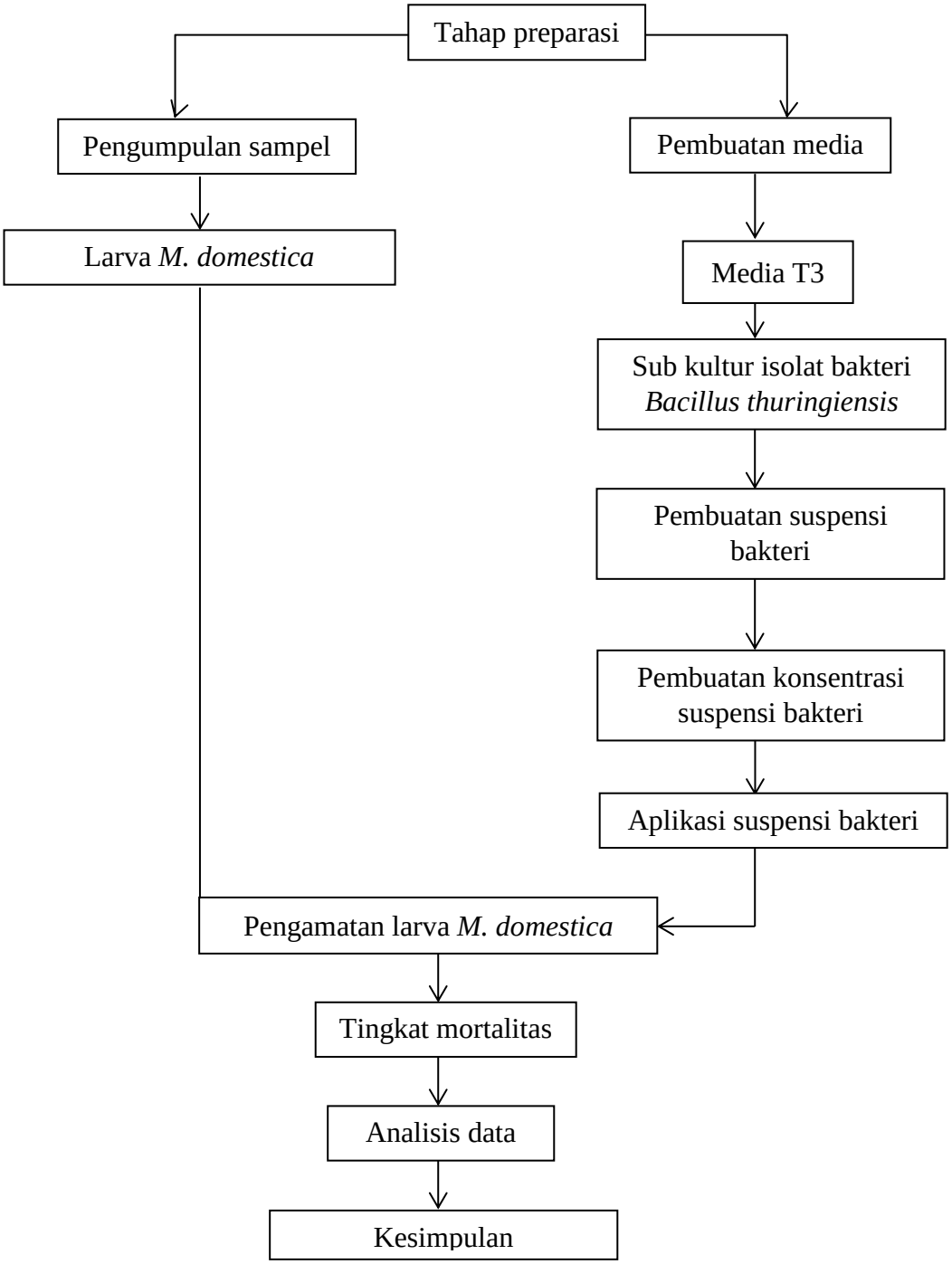
LM = Jumlah larva *M. domestica* yang mati (ekor)

LK = Jumlah larva *M. domestica* yang diuji (ekor)

3.5 Analisis Data

Data mortalitas larva lalat rumah (*M. domestica*) dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan disajikan dalam bentuk tabel. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan dilakukan uji lanjutan menggunakan Uji Selang Ganda Duncan pada taraf signifikan 5%.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Isolat bakteri *B. thuringiensis* yang paling efektif dalam membunuh larva *M. domestica* adalah $Bt1_{TBA4.}$
2. Tingkat mortalitas larva *M. domestica* yang terinfeksi isolat $Bt1_{TBA4}$ sebesar 80%.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai bentuk kristal protein pada tingkat molekuler pada setiap isolat *B. thuringiensis* guna menentukan varietas dan tingkat toksisitas bakteri tersebut.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi efektivitas isolat *B. thuringiensis* terhadap larva serangga dari ordo selain diptera.

DAFTAR PUSTAKA

Adrianto, H., dan Yuwono, N. 2018. *Pengantar Blok Penyakit Tropis dari Zaman Kuno Hingga Abad 21 Terkini*. Jember: Pustaka Abadi.

Adam, T., Juliana, R., Nurhayati., dan Thalib, R. 2014. Bioesai Bioinsektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* asal Tanah Lebak terhadap Larva *Spodoptera litura*. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 74: 1-7.

Angus, T. A. 1956. General Characteristic of Certain Insect Pathogens Related to *Bacillus cereus*. *Canadian Jurnal of Microbiology*. 2: 111-121.

Antonio, A., Jose, M. P., and Benito, J. R. 1999. Intestinal Myiasis Caused by *Eristalis tena*. *Journal Of Clinical Microbiology*. 37(9): 3082.

Arsi, A., Pujiastuti, Y., Herlinda, S., Suparman., dan Gunawan, B. 2019. Efikasi Bakteri Entomopatogen *Bacillus thuringiensis* Barliner sebagai Agens Hayati *Spodoptera litura* Fabricus pada Lahan Pasang Surut dan Rawa Lebak. In S. Herlinda (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019*. 1: 254-263. Universitas Sriwijaya.

Bahagiawati. 2002. Penggunaan *Bacillus thuringiensis* Sebagai Bioinsektisida. *Bulletin Agrobio*. 5(1): 21-28.

Bahri, S., Lalu, Z., Dewa, A. C. R., dan Prapti, S. 2021. Isolation, Purification, and Toxicity Test Of *Bacillus thuringiensis* From Cows Cage Soil Againts *Drosophila melanogaster*. *Jurnal Biologi Tropis*. 21(3): 1106-1114.

Borror, D. J., Triplehorn, C. A., and Johnson, N. F. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Edisi Keenam. Diterjemahkan oleh: Partosoedjono, S. dan Brotowidjoyo, M. D. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Buss, L. 2014. *Beneficial Organisms-Parasitoids Photographs Of Species Commonly Encountered in Florida*. Gainesville: Department of Entomology and Nematology, University of Florida.

Crickmore N., D.R. Zeigler., J. Feitelson., E. Schnep., J Van Rie., D. Lerectus., J. Baum., D.H. Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* Toxin Nomenclature. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62: 807-813.

Dagga, A., Aziz, M. A., Al amnama., A. A., Al-Sharif, M., and El Hindi, M. 2016. Isolation and Molecular Characterization of Cry Gene for *Bacillus thuringiesnsis* Isolated From Soil of Gaza Strip. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 5(4): 59-66.

Dass, S. K., Sukanta, K. P., Kailash, C. S., and Nihar, R. S. 2021. Structural, Functional, and Evolutionary Analysis Of Cry toxins of *Bacillus thuringiensis*: An *In Silico* Study. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 31(44): 2-14.

Daswito, R., Rima, F., dan M. Yusuf, MF. 2019. Efektifitas Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper Betle*) sebagai Insektisida Nabati terhadap Mortalitas Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Jurnal Kesehatan Terpadu*. 10(2): 44-49.

Dini, Y. W. 2005. *Profil Protein Kristal dan DNA Genom Total Galur-Galur Bakteri Bacillus thuringiensis*. (Skripsi). Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjennak). 2014. *Pemerintah Pusat dan Daerah Berkomitmen Melaksanakan Pembangunan Peternakan dan Kesehatan Hewan Nasional*. (Online). http://ditjennak.pertanian.go.id, diakses pada tanggal 10 Oktober 2023.

Djarot, P., Moerfiah., dan Dwi, A. 2019. Lilin Aromatik Minyak Atsiri Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Sebagai Repelen Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*. 19(2): 55-64.

Djeenaan, F., G. J. V. Assa., Z. Poli., dan A. Lomboan. 2019. Jenis dan Populasi Lalat Pada Ternak Sapi Di Desa Tolok, Kecamatan Tompaso, Kabupaten Minahasa. *Zootec*. 39(1): 51-56.

Dubovskiy, I. M., Whitten, M. M. A., Kryukov, V. Y., Yaroslavtseva, O. N., Grizanova, E. V., Greig, C., Mukherjee, K., Vilcinskas, A., Mitkovets, P.V., Glupov, V. V., and Butt, T. M. 2013. More Than a Colour Change: Insect Melanism, Disease Resistance and Fecundity. *Procedings Of The Royal Society B*. 280: 2-10.

E. A. Martin. 2007. *Oxford Concise Medical Dictionary, 7th ed*. New York: Oxford University Press.

Ervina, E., Cristina, N. E., Sumardi., dan Emantis, R. 2020. Lipolytic-screening of *Bacillus* genera as Biocontrol candidate In Coffee Plantation. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 7(1): 31-34.

Firmansah, A. 2023. Uji Efektivitas Kandidat Bakteri Entomopatogen *Bacillus thuringiensis* Terhadap Larva *Spodoptera frugiperda*. (Skripsi). Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Gabriel, B. P., dan Riyatno. 1989. Metarhizium anisopliae (Metch) Sor: Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Jakarta: Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian.

H. Hofte., and H. R. Whiteley. 1989. Insecticidal Crystal Proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev*. 53(2): 242–255.

Hanifati, S. 2013. Produksi *Bacillus Thuringiensis israelensis* Menggunakan Medium Kelapa. *eJKI*. 1(1): 70–74.

Hannay, C. L., and Fitz-James, P. 1955. The Protein Crystal Of *Bacillus thuringiensis* Berliner. *J. Microbiol*. 1: 694-709.

Hassan, A. A., Youssef, M. A., Elashtokhy, M. M. A., Ismail, I. M., Aldayel, M., and Afkar, E. 2021. Isolation and Identification of *Bacillus thuringiensis* Strains Native of the Eastern Province of Saudi Arabia. *Egyptian Journal Of Biological Pest Control*. 31(1).

Hastutiek, P., dan Loeki, E. F. 2007. Potensi *Musca domestica* Linn. Sebagai Vektor Beberapa Penyakit. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*. XXIII(3): 125-136.

Hermanto, S., Eddy, J., dan M. Hero, S. 2013. Eksplorasi Protein Toksin *Bacillus thuringiensis* dari Tanah di Kabupaten Tangerang. *Jurnal Valensi*. 3(1): 48-56.

Hidana, R., Undang, R., dan Delis, H. N. 2017. Kematian Lalat Rumah (*Musca domestica*) Pada Ekstrak Air Daun Bandotan (*Ageratum conyzoides* L.). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada : Jurnal Ilmu Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan dan Farmasi*. 20(2): 235-241.

Hidayat, M. R. 2023. *Eksplorasi Protein Toksin Isolat Bacillus thuringiensis Asal Kebun Raya Liwa, Kabupaten Lampung Barat*. (Skripsi). Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Hung, K. Y., and Gerry, A. 2013. *House Fly (Musca domestica L.)*. Riverside: University of California.

Ihsan, I. M., Hidayati, R., dan Hadi, U. K. 2016. Pengaruh Suhu Udara terhadap Fekunditas dan Perkembangan Pradewasa Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 17(2): 100– 107.

Indra, R. N. 2023. *Studi Morfologi dan Karakterisasi Kristal Protein Isolat Bacillus thuringiensis*. (Skripsi). Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Inna, O. R., Petrus, R., dan Soleman, L. 2023. Hubungan Suhu, Kelembaban, Pencahayaan, Dan Pengelolaan Sampah Dengan Tingkat Kepadatan Lalat Di Pasar Oeba Kecamatan Kota Lama Kota Kupang. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*. 8(3): 69-74.

Jain, D., Sunda, S. D., Sanadhya, S., Nath, D. J., and Khandelwal, S. K. 2017. Molecular Characterization and PCR-Based Screening Of Cry Genes From *Bacillus thuringiensis* strains. *3 Biotech*. 7(1): 1-8.

Janah, S. M. 2022. *Potensi Bacillus sp. Asal Tanag Kebun Raya Liwa Kabupaten Lampung Barat Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Serangga*. (Skripsi). Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Jani, R., Samharinto, dan Elly, L. 2013. Kemampuan *Bacillus thuringiensis* untuk Mengendalikan *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. *Proteksi Tanaman Tropika*. 6(2): 630-637.

Jati., Wibowo, N., Indah, M., dan Felicia, Z. 2013. *Isolasi,Purifikasi dan Uji Patogenisitas Isolat Bacillus thuringiensis berliner Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta terhadap Larva Nyamuk Aedes aegypti linn*. Laporan Akhir Hasil Penelitian Hibah Fundamental. Yogyakarta: Fakultas Tehnobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Jouzani, G. S., Ali, P. A., Ali, S., Rasoul, M., Khalil, K., and Bahram M. 2008. Distribution and Diversity Of Dipteran-specific Cry and Cyt Genes in Native *Bacillus thuringiensis* Strains Obtained From Different Ecosystems of Iran. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 35: 83-94.

Jusuf, E. 2006. Keanekaragaman Bakteri *Bacillus thuringiensis,* Biologi Molekuler Dan Upaya Bioteknologi Untuk Ketahanan Pangan Dan Kesehatan. *Bio Trends*. 1(2): 38-39.

Karya. dan Wisnu, G. S. 2021. Efikasi Konsentrasi Insektisisda Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* dan Emamektin Benzoat Terhadap Ulat Bawang (*Spodoptera exigua*) Pada Tanaman Bawang Daun (*Allium fistulosum L.*). Jurnal AgroTatanan. 3(1): 23-28.

Khaeruni, A. dan H. S, Gusnawati. 2012. Penggunaan *Baccillus sp* sebagai Agens Biokontrol Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium Pada Tanaman Cabai. *Jurnal Agroteknos*. 2(3): 182-189.

Kinasih, I., Astuti, K., dan Asep, K. 2014. *Pengaruh Tiga Jenis Insektisida Karbamat Terhadap Kematian dan Bobot Tubuh Cacing Eisinea fetida*. ISSN: 1979-8911.

Koller, C. N., L. S. Bauer., and R. M. Hollingworth. 1992. Characterization of the pa-Mediated Solubility of *Bacillus thuringiensis* var. san diego Native b-

Endotoxin Crystals. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 184(2): 692-699.

Lantang, D., dan Dirky, Y. R. 2012. Karakterisasi Bakteri *Bacillus thuringiensis* asal Hutan Lindung Kampus Uncen Jayapura, serta Deteksi Toksisitasnya terhadap Larva Nyamuk *Anopheles*. *Jurnal Biologi Papua*. 4(1): 19-24.

Lee, Dae-Weon., Yeon, H. J., and Young, H. K. 2012. *Bacillus thuringiensis* Isolates From Korean Forest Environments. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 15: 237:239.

Martin, P. A. W dan Travers, R. S. 1989. Worldwide Abundance and Distribution of *Bacillus thuringiensis* Isolates. *Apllied and Enviromental Microbiology*. 55(10).

Martin, P. A., Gundersen, D. E., and Blackburn, M. B. 2010. Distribution Of Phenotypes Among *Bacillus thuringiensis* Strains. *Systematic and Applied Microbiology*. Vol. 33.

Masri, M., Subair., Handayani, H., Novita, S., Mukarramah., dan Rusny. 2020. *Bakteri Pada Sayap Lalat Rumah dan Lalat Hijau*. Makassar: Bitread Publishing.

Melsilawati, W., Siti, K., dan Rizalinda. 2012. Jamur yang Terdapat pada Tubuh Lalat Rumah (*Musca domestica* L., 1758). *Protobiont*. 1(1): 12-19.

Mendoza-Almanza, G., Edgar, L. E-I., Jorge, L. A-L., Marisa, M-R., Susana G-G., Marisa, H-B., and Jorge O-S. 2020. The Cytocidal Spectrum of *Bacillus thuringiensis* Toxins: From Insects to Human Cancer Cells. *Toxins*. 12(301): 1-22.

Mullen, G. R., and Lance, A. D. 2019. *Medical and Veterinary Entomology (Third Edition)*. US: Elsevier Inc.

Nainggolan, E. 2022. *Analisis Sanitasi Pasar dan Pengetahuan Pedagang Kaki Lima serta Kepadatan Lalat di Pasar Sei Sikambing Kota Medan Tahun 2022*. (Skripsi). Medan: FKM, Universitas Sumatera Utara.

Nainggolan, S. 2017. *Monograf Vektor Penting dalam Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: FK, Universitas Kristen Indonesia.

Nair, K., Al-Thani, R., Al-Thani, D., Al-YafeiF., Ahmed. T., and & Jaoua, S. 2018. Diversity Of *Bacillus thuringiensis* Strains From Qatar As Shown By Crystal Morphology, Endotoxins and Cry Gene Content. *Frontiers In Microbiology*. 1-10.

Nugraheni, P. N., Anita, D. M., dan Prehatin, T. N. 2020. Penggunaan Serbuk *Piper ornatum* terhadap Kematian Larva *Musca domestica*. *Bioeduscience*. 4(1): 106-112.

Onyenwe, E., Oghale, O. O., Prince, C. U., and Chika, A. 2016. Housefly-Borne Helminth Parasites of Mouauand Its Publis Health Implication for The University Community. *Animal Research International*. 13(1).

Padilha, M. H. P., Andre, C. P., Alberto, F. R., and Walter, R. T. 2009. Sequence and Function of Lysosomal and Digestive Cathepsin D-like Proteinases of *Musca domestica* Midgut. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 39: 782-791.

Park, H. W., Bideshi, D. K., and Federici, B. A. 2005. Synthesis Of Additional Endotoxins In *Bacillus thuringiensis* subsp. *morrisoni* PG-14 and *Bacillus thuringiensis* subsp. *jegathesan* Significantly Improves Their mosquitocidal efficacy. *J. Med. Entomol*. 42: 337–341.

Pelczar., Michael, J., dan Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI-Press.

Prameswari, A. 2016. *Uji Efektivitas Isolat Bacillus thuringiensis Dari Tanah Naungan Beringin Di Lingkungan Universitas Lampung Sebagai Larvasida Aedes aegypti*. (Skripsi). Bandar Lampung: Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Lampung.

Prawitasari, H., dan Murni, Y. 2019. Pembuatan Serbuk Pewarna Alami Tekstil Dari Ekstrak Daun Jati Muda (*Tectona grandis Linn*, F.). Metode Foam-Mat Drying Dengan Pelarut Etanol.

Pujiastuti, Y., Irfan, M. H., Suparman, SHK., Abu, U., Bambang, G., dan Weri, H. 2023. Kajian *Bacillus thuringiensis* Diperbanyak Pada Media Padat Hasil Samping Agroindustri Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* Di Rumah Bayang. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(4): 651-660.

Pujiastuti, Y., Triyansyah, H. Hamidson., Effendy., dan Suparman. 2017. Produksi Spora *Bacillus thuringiensis* Pada Media Limbah Dengan Penambahan Tepung Cangkang Keong Mas dan Toksisitasnya Terhadap *Spodoptera litura* Fabr, (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal Lahan Suboptimal*. 6(2): 150-157.

Putra, I. L. I., dan Sadda, S. Y. 2021. Flies Larva On White Rat Carcass (*Rattus norvegicus Berkenhout*, 1769) With Various Treatment Outdoor. *Jurnal Medika Veterinaria*. 15(1): 12-20.

Putri, Y. P. 2018. Taksonomi Lalat di Pasar Induk Jakabaring Kota Palembang. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 15(2): 105-111.

Putriawati., Nurul, I., dan Agrijanti. 2018. Inventarisasi *Bacillus thuringiensis* Dengan Metode Cawan Sebar Pada Habitat Hidup Larva Anopheles sp Pada Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Di Kabupaten

Lombok Tengah. *Jurnal Analis Medika Bio Sains*. ISSN: 2656-2456 (Online).

Rahman, N. F. 2014. *Isolat Bakteri Bacillus thuringiensis Dari Tanah Kota Makassar Dan Uji Aktivitas Bioinsektisida Terhadap Larva Nyamuk Aedes aegypti*. (Skripsi). Makassar: Jurusan Farmasi FIK, UIN Alauddin Makassar.

Rahmi, A., Yudha, F., dan M. Hasan. 2019. Jenis Lalat Penghisap Darah Sebagai Vektor Potensial Surra Pada Kuda Di Aceh Tengah. *JIMVET*. 3(3): 133-141.

Ramadania, E., Norfai., Eddy, K. 2020. Potensi Ekstrak Kayu Manis (*Cinnamomum Burmanii Blume*) Sebagai Larvasida Alami Terhadap *Aedes Albopictus*. *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 7(2): 104-109.

Rina. 2017. *Identifikasi Protozoa Usus dan Bakteri Coliform dari Berbagai Jenis Lalat Di Pasar Pasir Gintung Bandar Lampung*. (Skripsi). Bandar Lampung: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Lampung.

Rouge, M. 2002. Counting Cells with a Hemacytometer. (Online). http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/reprod/semeneval/hemacytometer.html, diakses pada tanggal 3 Januari 2024.

Rusyana, A. 2014. *Zoologi Invertebrata (Teori dan Praktik)*. Bandung: Alfabeta.

Sahayaraj, K. 2014. *Basic and Applied Aspect of Biopesticides*. India: Departement of Zoology.

Sari, V. I., Mudasir., dan Sylvia, M. 2022. Pengendalian Hama Belalang (*Valanga nigricornis*) Dengan Bioinsektida Batang Brotowali (*Tinospora crispa*). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan*. 3(2): 46-53.

Sayono. 2004. *Pengaruh Posisi dan Warna Impregnated Cord Terhadap Jumlah Lalat yang Terperangkap*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang.

Schenepf, E., N. Crickmore., J. V. Rie., D. Lereclus., J. Baum., J. Feitelson., D. R. Zeigler., and D. H. Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. *Microbiol Mol Biol Rev*. 62: 705-806.

Sharaswati, D. 2019. *Gambaran Kondisi Sanitasi Warung Makan dan Tingkat Kepadatan Lalat Pada Warung Makan Di Pasar Pagi Kota Tegal*. (Skripsi). Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Showket, A. D., Bashir, A. R., and Ajaz, A. K. 2017. Insect Pest Management by Entomopathogenic Fungi. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(3): 1185-1190.

Soarez-da-Silva, J., Valeria, C. S. P., Eleilza, L-A., Ricardo, A. P., and Wanderli, P, A. 2015. Isolation of *Bacillus thuringiensis* from The State Of Amazonas, In Brazil, and Screening Against *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. 59: 1-6.

Sucipto, C. D. 2011. *Vektor Penyakit Tropis*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.

Sukmawati, N. L., Praba, G., dan Retno, H. 2019. Keanekaragaman Spesies Lalat Dan Jenis Bakteri Kontaminan Yang Dibawa Lalat Di Rumah Pemotongan Unggas (RPU) Semarang Tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 7(1): 252-259.

Suryanto, D. 2017. Amplifikasi Gen Cry1 dan Analisis Genom isolate *Bacillus thuringiensis* Lokal. *Journal of Biological Researches*. 15(1) : 1–4.

Sutriono., dan Intan, Z. 2022. Perbandingan Efektivitas *Bacillus thuringiensis* dengan Teknologi Ozon dalam pengendalian hama *Spodoptera litura* pada daun cabai (*Capsicum annum*). *Rona Teknik Pertanian*. 15(2): 13-22.

Suwarno., Maridi., dan Dewi, P. S. 2015. Uji Toksisitas Isolat Kristal Protein *Bacillus thuringensis* (Bt) sebagai Agen Pengendali Hama Terpadu Wereng Hijau (*Nepotettix virescens*) Vektor Penyakit Tungro sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan Nasional. BIOEDUKASI. 8(1): 16-19.

Swadener, C. 1994. *Bacillus thuringiensis* Northwest Coalition for Alternative to Pesticides. Ottawa. *Journal of Pesticides Reform*. 14(3): 13-20.

TMC. 2019. Penanganan Lalat di Peternakan. (Online). http://temanc.rakarsa.com/berita/penanganan-lalat-di-peternakan, diakses pada tanggal 16 Oktober 2023.

Trizelia. 2001. Pemanfaatan *Bacillus thuringiensis* Untuk Pengendalian Hama *Crocidolomia binotalis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *Reregistration Eligibility Decision (RED) Bacillus thuringiensis*; Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. U.S. Government Printing Office: Washington, DC.

Wahyuni, F. D., dan Henny, S. 2019. Penapisan gen *cry*I *Bacillus thuringiensis* Isolat Lokal Dengan Metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). (Laporan Penelitian). Jakarta: Universitas Esa Unggul.

Wei J. Z., K. Hale., L. Carta., E. Platzer., C. Wong., S.C. Fang., and R.V. Aroian. 2003. *Bacillus thuringiensis* Crustal Protein That Target Nematodes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 100(5): 2760- 2765.

Wick, C. H. 2013. *Identifying Microbes by Mass Spectrometry Proteomics*. New York : Taylor and Francis Group.

Widyaningsih, I., dan Bambang, S. 2011. Miasis. *Jurnal Ilmu Kesehatan*. 2(1): 26-31.

Wientarsih, I., Mustika, A. A., Wardhana, A. H., Darmakusumah, D., Sutardi, L. N. 2017. Daun Binahong (*Andredera cordifolia Steenis*) Sebagai Alternatif Insektisida Terhadap Myiasis yang Disebabkan Lalat *Chrysomya bezziana*. *J. Vet*. 18: 121–127.

Ye, W., Lei, Z., Yingying, L., Neil, C., Donghai, P., Lifang, R., and Ming, S. 2012. Mining New Crystal Protein Genes from *Bacillus thuringiensis* on the Basis of Mixed Plasmid-Enriched Genome Sequencing and a Computational Pipeline. *Applied and Environmental Microbiology*. 4795-4801.

Yolanda, S. 2017. Pemanfaatan Daun Tithonia Diversifolia (Kipahit) Sebagai Insektisida Nabati Pada *Musca domestica* (Lalat Rumah) Berdasarkan jenis Media. *Karya Tulis Ilmiah*. Medan: Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Medan.

Yunizar, N., Rahmawati., dan Kustati. 2018. Patogenitas Isolat Jamur Entomopatogenik *Metarhizium anisopliae* terhadap Lalat Rumah *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Protobiont*. 7(3): 77-82.

Zulaika, E., U. Sholikah., dan A. Prasetya. 2012. *Potensi Bakteri Bacillus sebagai Agensia Bioremediasi Limbah Industri yang Mengandung Merkuri*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Zuleika, P. 2015. Penatalaksanaan Tiga Kasus Miasis Hidung. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 2(3): 325-331.

Zulfiana, D., Ni Putu, R. A. K., Bramantyi, dan W., Apriwi, Z. 2017. Bakteri Entomopatogen Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Larva *Spodoptera litura* (F). *Berita Biologi*. 16(1): 13-21.