

**UJI POTENSI EKSTRAK *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens*
SEBAGAI BAKTERI ENTOMOPATOGEN TERHADAP
MORTALITAS SERTA PERUBAHAN MORFOLOGI
LARVA *Aedes aegypti* L.**

(Skripsi)

Oleh

**UMI YULIA SARI
NPM 2117061003**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

UJI POTENSI EKSTRAK *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens* SEBAGAI BAKTERI ENTOMOPATOGEN TERHADAP MORTALITAS SERTA PERUBAHAN MORFOLOGI LARVA *Aedes aegypti* L.

Oleh

UMI YULIA SARI

Ae. aegypti merupakan vektor utama penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Upaya pengendalian yang telah banyak dilakukan dalam menangani penyakit DBD, yaitu Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) 3M Plus (menguras, menutup, dan mendaur ulang barang bekas) dan plus (memasang kawat kasa, memasang kelambu, dan tidak menggantung pakaian), selain itu dilakukan pengendalian secara kimia seperti *fogging*, pemberian *abate*, pemberian larvasida sintetik dan insektisida kimia. Pengendalian yang sering digunakan oleh masyarakat yaitu penggunaan insektisida kimia, apabila dilakukan secara terus menerus dapat menyebabkan nyamuk menjadi resisten dan meninggalkan residu dalam mengganggu keseimbangan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan biolarvasida merupakan alternatif untuk pengganti insektisida sintetik seperti penggunaan bakteri. Bakteri entomopatogen diketahui memiliki potensi sebagai agensia hayati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi ekstrak *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* dan perubahan morfologi terhadap larva *Ae. aegypti*. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu jenis bakteri entomopatogen dan konsentrasi suspensi. Jenis bakteri yang digunakan yaitu *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* dengan konsentrasi 60 mL, 70 mL, dan 80 mL. Setiap unit perlakuan menggunakan 10 ekor larva *Ae. aegypti* instar III dengan 3 kali pengulangan. Analisis data mortalitas larva *Ae. aegypti* menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan pemberian *B. thuringiensis* menyebabkan mortalitas sebesar 100% pada konsentrasi 60 mL, 70 mL, 80 mL, sedangkan pemberian *S. marcescens* konsentrasi 60 mL sebesar 70%, konsentrasi 70 mL sebesar 53%, dan konsentrasi 80 mL sebesar 50%. Perubahan morfologi larva ditunjukkan dengan perubahan warna, tekstur, dan kerusakan sistem pencernaan.

Kata kunci: Demam Berdarah Dengue, larva *Ae. aegypti*, biolarvasida, bakteri entomopatogen

ABSTRACT

POTENTIAL TEST OF *Bacillus thuringiensis* and *Serratia marcescens* EXTRACTS AS ENTOMOPATHOGEN BACTERIES ON MORTALITY AND MORPHOLOGICAL CHANGES OF *Aedes aegypti* L. LARVAE

By

UMI YULIA SARI

Ae. aegypti is the main vector of dengue fever. Many control efforts have been made to deal with DHF, including the 3M Plus Mosquito Nest Eradication method (draining, covering, and recycling used goods), as well as installing wire mesh and mosquito nets and not hanging clothes. Chemical control methods include fogging, administering Abate, and using synthetic larvicides and chemical insecticides. The community often uses chemical insecticides for control, but continuous use can cause mosquitoes to become resistant and leave residues that disturb the environmental balance. Therefore, an alternative to synthetic insecticides is the use of biolarvicides, such as bacteria. Entomopathogenic bacteria are known to have potential as biological agents. This study aims to determine the efficacy of *B. thuringiensis* and *S. marcescens* extracts against *Ae. aegypti* larvae, as well as the associated morphological changes. The research was conducted using a randomized group design with two factors: the type of entomopathogenic bacteria and the concentration of the bacterial suspension. The bacteria used were *B. thuringiensis* and *S. marcescens* at concentrations of 60, 70, and 80 mL. Each treatment unit consisted of 10 *Ae. aegypti* instar III larvae and had three repetitions. The data on the mortality of *Ae. aegypti* larvae were analyzed using ANOVA at the 5% level. The results showed that administration of *B. thuringiensis* caused 100% mortality at concentrations of 60, 70, and 80 mL. Administration of *S. marcescens* caused 70% mortality at a concentration of 60 mL, 53% at a concentration of 70 mL, and 50% at a concentration of 80 mL. Changes in larval morphology were evident through changes in color, texture, and digestive system damage.

Key words: Dengue Fever, *Ae. aegypti* larvae, biolarvicide, entomopathogenic bacteria.

**UJI POTENSI EKSTRAK *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens*
SEBAGAI BAKTERI ENTOMOPATOGEN TERHADAP
MORTALITAS SERTA PERUBAHAN MORFOLOGI
LARVA *Aedes aegypti* L.**

Oleh

UMI YULIA SARI

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
2025**

Judul Skripsi

: **UJI POTENSI EKSTRAK *Bacillus thuringiensis*
DAN *Serratia marcescens* SEBAGAI BAKTERI
ENTOMOPATOGEN TERHADAP
MORTALITAS SERTA PERUBAHAN
MORFOLOGI LARVA *Aedes aegypti* L.**

Nama Mahasiswa

: **Umi Yulia Sari**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2117061003**

Program Studi

: **Biologi Terapan**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Prof. Dr. Emantis Rosa, M. Biomed.
NIP 195806151986032001

Pembimbing II

Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M. Si.
NIP 197808192008012018

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Emantis Rosa, M. Biomed

Anggota : Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M. Si.

Penguji Utama : Prof. Dr. Hendri Busman, M. Biomed

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juli 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Umi Yulia Sari
NPM : 2117061003
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya berjudul:

**“UJI POTENSI EKSTRAK *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens*
SEBAGAI BAKTERI ENTOMOPATOGEN TERHADAP MORTALITAS
SERTA PERUBAHAN MORFOLOGI LARVA *Aedes aegypti* L.”**

Baik gagasan dan pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang disusun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik baik berupa pencabutan gelar sarjana akademik serta bersedia menerima tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 14 Juli 2025
Yang menyatakan,



Umi Yulia Sari
NPM. 2117061003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 13 Oktober 2002, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Juwari dan Ibu Sumarni.

Penulis menyelesaikan pendidikan mulai dari Taman Kanak-kanak di TK Bangsa Ratu Sukabumi Bandar Lampung pada tahun 2008 - 2009. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Sukarame Bandar Lampung pada tahun

2009 - 2015. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 05 Bandar Lampung pada tahun 2015 - 2018 dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 12 Bandar Lampung pada tahun 2018 - 2021. Penulis resmi diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Biologi Terapan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan akademik di Jurusan Biologi, penulis pernah mengikuti kegiatan sosial seperti Karya Wisata Ilmiah (KWI) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila pada tahun 2021. Penulis pernah mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota Bidang Komunikasi, Informasi, dan Hubungan Masyarakat pada periode 2021/2022 dan anggota Bidang Kesekretariatan dan Logistik pada periode 2022/2023. Pada bulan Desember 2023 - Februari 2024, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Karantina Hewan, Ikan dan Tumbuhan Lampung dan pengambilan data di PT. Great Giant Pineapple Lampung Timur dengan judul “Pemeriksaan Dengan Sistem *In Line Inspection* Pada Ekspor Buah Nanas Segar (*Ananas comosus* L.)”. Penulis juga pernah melaksanakan Kuliah

Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Juni - Agustus 2024 di Desa Rejomulyo, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum di mata kuliah Mikrobiologi Lingkungan dan Parasitologi Klinis pada tahun akademik 2024/2025, Teknik Pengujian Mikroba pada tahun akademik 2025/2026 di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penulis melaksanakan penelitian pada bulan Februari - April 2025 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Unila.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur dengan mengucapkan Alhamdulillah hirobbil alamin kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan dan kemudahan untuk menyelesaikan skripsi ini.

Kupersembahkan hasil karya ini dengan penuh kasih dan sayang kepada:

Kedua orangtuaku, Bapak Juwari dan Ibu Sumarni tercinta yang telah mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang serta memberi dukungan dan doa yang tulus disetiap pilihanku.

Kedua kakakku: Suhendra dan Handika, serta adikku tercinta Annisa Hayu, yang selalu membantu dan memberi semangat serta doa untukku.

Bapak dan Ibu dosen pembimbing yang senantiasa telah membimbing, mengarahkan, memberikan ilmu dengan penuh kesabaran.

Teman-teman seperjuangan dan partner penelitian yang senantiasa saling memberikan semangat dan motivasi untukku.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi yang berjudul **“Uji Potensi Ekstrak *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens* Sebagai Bakteri Entomopatogen Terhadap Mortalitas Serta Perubahan Morfologi Larva *Aedes aegypti* L.”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung.

Selama proses penyusunan skripsi, penulis menyadari banyak pihak yang sangat membantu, mendukung dan memberi semangat dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria., S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Terapan, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Prof. Dr. Emantis Rosa, M. Biomed., selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar membimbing, mendukung, memberikan ilmu pengetahuan serta kritik dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi dengan baik.
6. Ibu Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang turut membimbing, mendukung, memberikan ilmu pengetahuan serta kritik dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi dengan baik.

7. Bapak Prof. Dr. Hendri Busman, M. Biomed., selaku Dosen Penguji yang telah turut memberikan ilmu, kritik dan saran serta bimbingan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
8. Ibu Dr. Endah Setyaningrum, M. Biomed., selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bantuan selama berada di bangku perkuliahan.
9. Seluruh Bapak/Ibu dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu bermanfaat selama mengikuti perkuliahan.
10. Ibu Oni Mastuti, S.Si., selaku Laboran Lab. Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung atas bantuan, motivasi, semangat, dan mendoakan penulis serta seluruh rekan-rekan peneliti di bidang mikrobiologi.
11. Sahabat SMA, Aqilah Yunda Putria Sari, Mulya Rahma Shintya, A.Md.T., Ghina Syifa Hanun, dan Putri Sindi Nabila yang selalu menjadi tempat berbagi suka duka, memberikan doa, semangat, motivasi, bantuan, saran dan masukkan kepada penulis.
12. Sahabat seperjuangan “Hidup seperti pupa”, Septi Wahyu Lestari, Vivin Stevani, Nur Eka Darmayanti, Ronna Assyifa, Yulia Puspita Dewi, dan Lathifa Rahma Rosyida yang selalu membantu, memberikan semangat, motivasi, dukungan, doa, dan menemani penulis selama menempuh perkuliahan.
13. Partner penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, Jeni Ayu Maulika dan Vivin Stevani yang selalu membantu dan memberikan semangat selama penelitian berlangsung.
14. Kakak-kakak tingkat yang telah menjadi tempat bertanya selama menempuh perkuliahan, memberikan masukan, semangat, motivasi serta adik-adik tingkat yang juga telah memberikan semangat dan mendoakan kelancaran dalam proses penyusunan skripsi.
15. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu atas bantuan selama perjalanan penulisan skripsi ini sehingga diberi kemudahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diperlukan dalam penyusunan karya tulis ilmiah yang akan ditulis di kemudian hari.

Bandar Lampung, Juli 2025

Penulis

Umi Yulia Sari

MOTTO

“Tidak ada yang dapat menolak takdir ketentuan Allah selain doa”

(HR At-Tirmidzi)

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya.”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Setiap jiwa punya waktunya masing-masing, jangan bandingkan perjalananmu dengan orang lain. Allah tahu lelahmu, dan Dia selalu bersamamu.”

“Jalan menuju Allah adalah perjalanan sunyi, namun yakinlah langkahmu tidak akan pernah sia-sia.”

“Allah plan will always be more beautiful than your disappointments”

“Sun is alone too, but it still shine”

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Kerangka Teoritis	4
1.5 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bakteri Entomopatogen	6
2.2 Bakteri	7
2.3 <i>Bacillus thuringiensis</i>	7
2.3.1 Klasifikasi	8
2.3.2 Mekanisme Infeksi <i>B. thuringiensis</i> Ke Dalam Tubuh Serangga	8
2.4 <i>Serratia marcescens</i>	9
2.4.1 Klasifikasi	10
2.4.2 Mekanisme Infeksi <i>S. marcescens</i> Ke Dalam Tubuh Serangga	10
2.5 Pengendalian Hayati	10
2.6 <i>Aedes aegypti</i> L.	11
2.6.1 Klasifikasi	11
2.6.2 Morfologi <i>Aedes aegypti</i> L.	12
2.6.3 Siklus Hidup <i>Aedes aegypti</i> L.	15
2.6.4 Habitat Larva <i>Aedes aegypti</i> L.	16
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat dan Bahan Persiapan Pembuatan Suspensi	18
3.2.2 Alat dan Bahan Pengujian Pengembangbiakan Hewan Uji	19
3.3 Rancangan Penelitian	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian	20
3.4.1. Persiapan Hewan Uji	20
3.4.2. Peremajaan Isolat Bakteri	20
3.4.3. Persiapan Larutan Stok Bakteri	21

3.5 Uji Potensi Ekstrak Bakteri Entomopatogen Terhadap Larva <i>Ae. aegypti</i>	21
3.6 Pengamatan Jumlah Larva yang Mati Setelah Pemberian Ekstrak Bakteri Entomopatogen	21
3.7 Perhitungan Persentase Mortalitas	22
3.8 Analisis Data	22
3.9 Diagram Alir	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian	24
4.1.1 Potensi Bakteri Entomopatogen terhadap Mortalitas Larva <i>Aedes aegypti</i> L.	24
4.1.2 Perubahan Morfologi Larva <i>Aedes aegypti</i> L. Setelah Pemberian Ekstrak Bakteri Entomopatogen.....	27
4.2 Pembahasan.....	31
4.2.1 Potensi Bakteri Entomopatogen Terhadap Mortalitas Larva <i>Aedes aegypti</i> L.	31
4.2.2 Perubahan Morfologi Larva <i>Aedes aegypti</i> L. Setelah Pemberian Bakteri Entomopatogen.....	34
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata Letak Perlakuan.....	19
2. Dosis pemberian pakan hewan uji	20
3. Persentase mortalitas larva <i>Ae. aegypti</i> pada konsentrasi 60 mL	24
4. Persentase mortalitas larva <i>Ae. aegypti</i> pada konsentrasi 70 mL	25
5. Persentase mortalitas larva <i>Ae. aegypti</i> pada konsentrasi 80 mL	25
6. Hasil Uji ANOVA Terhadap Mortalitas Larva <i>Ae. aegypti</i>	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. A Telur <i>Ae. aegypti</i> pada kertas saring.....	13
2. Morfologi pupa <i>Ae. aegypti</i> secara mikroskopis.....	14
3. Siklus Hidup <i>Ae. aegypti</i>	16
4. Diagram Alir Penelitian	23
5. (a) Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> normal	27
6. (a) Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> normal	28
7. (a) Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> normal	29
8. (a) Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> normal	29
9. (a) Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> normal	30
10. (a) Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> normal	31

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data dari *World Health Organization* (WHO), diperkirakan bahwa sekitar 2,5 miliar penduduk dunia berisiko terinfeksi Demam Berdarah Dengue (DBD). Populasi penduduk di dunia sebanyak 40% baik negara tropis maupun subtropis mempunyai risiko tertular virus Dengue. Secara global di seluruh dunia terdapat 50-100 juta kasus yang terus berkembang. Jumlah kematian yang disebabkan oleh DBD sebanyak 22.000 jiwa dari 500.000 kasus setiap tahunnya (WHO, 2005).

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) yang cukup tinggi di Asia Tenggara. Di Indonesia jumlah kasus yang cukup tinggi ditemukan di beberapa daerah yaitu Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung dan Nusa Tenggara Timur (Pusdatin Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2022). Pada tahun 2021 tercatat kasus DBD di Indonesia sebanyak 73.518 kasus dengan 705 kasus kematian. Tahun 2022, mengalami peningkatan kasus morbiditas yang signifikan tercatat sebanyak 143.184 kasus dengan penurunan angka mortalitas 124 kasus kematian. Data kasus DBD selanjutnya pada tahun 2023 tercatat sebanyak 57.884 dengan 422 kasus kematian. Kemudian kasus terbaru pada tahun 2024 per minggu ke-12 tercatat sebanyak 46.168 kasus dengan 350 kasus kematian (Kemenkes RI, 2021).

Dinas Kesehatan Provinsi Lampung mencatat, hingga bulan Februari 2020 terdapat 1.408 kasus di seluruh wilayah Lampung dengan angka kematian

mencapai 10 orang sepanjang Januari-Februari 2020. Terdapat 5 kabupaten/kota di Provinsi Lampung dengan jumlah kasus DBD tertinggi, yaitu kabupaten Lampung Selatan (408 kasus), Lampung Tengah (212 kasus), Lampung Timur (203 kasus), Pringsewu (129 kasus), dan Kota Bandar Lampung (70 kasus) pada bulan Februari 2020. Faktor musim penghujan merupakan salah satu penyebab terjadinya peningkatan kasus DBD. Kasus DBD di Lampung pada tahun 2019 telah mencapai angka 5.592 kasus dengan angka kematian sebanyak 17 kasus (Dinkes Provinsi Lampung, 2020).

Kota Bandar Lampung termasuk daerah dengan jumlah kasus DBD yang cukup tinggi. Bandar Lampung memiliki angka kesakitan pada tahun 2019 sebesar 91,25 per 100.000, angka *Incidence Rate* (IR) tersebut > 49 per 100.000 penduduk, dan disimpulkan telah melebihi target. *Incidence Rate* yang ditetapkan yaitu sebesar < 49 per 100.000 (Dinas Kesehatan Provinsi Lampung, 2019). Laporan data Puskesmas di Bandar Lampung pada tahun 2018 jumlah penderita DBD mencapai 1.045 kasus. Kelurahan Way Kandis menjadi kasus pertama yang tertinggi yaitu 138 kasus, Kecamatan Kemiling dengan jumlah kasus sebanyak 94 kasus. Kecamatan Kemiling menjadi salah satu Kelurahan Kemiling Raya yang mendominasi adanya kasus DBD di Kota Bandar Lampung (Dinas Kesehatan Kota Bandar Lampung, 2019).

Tingginya kasus DBD dipengaruhi oleh tiga faktor utama diantaranya agen, *host* (manusia), dan lingkungan sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti*. Pada kasus DBD faktor agen meliputi virus Dengue melalui vektor nyamuk *Ae. aegypti* yang menular. Faktor *host* (manusia) meliputi usia, status imunitas dan status gizi. Faktor lingkungan berupa kondisi geografis wilayah (ketinggian dari permukaan laut, curah hujan, angin, kelembaban, serta musim/ iklim), dan demografis wilayah seperti kepadatan penduduk (Ciptono dkk., 2021).

Upaya pengendalian yang telah banyak dilakukan dalam menangani penyakit DBD, diantaranya Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) 3M (menguras, menutup, mendaur ulang barang-barang bekas) dan plus (pemasangan kawat kasa, penggunaan kelambu saat tidur dan terbiasa tidak menggantung pakaian di dalam rumah). PSN 3M Plus yaitu menguras tempat penampungan air minimal seminggu sekali, menutup rapat tempat air, memanfaatkan kembali barang bekas sebagai tempat penampung air yang memiliki potensi perkembangbiakan nyamuk penular DBD. PSN 3M Plus merupakan salah program pemerintah dalam mengendalikan kepadatan telur, jentik, dan pupa *Ae. aegypti* di tempat perkembangbiakannya (Kurniawati dkk., 2020).

Selain itu juga banyak dilakukan pengendalian secara kimia yaitu dengan *fogging*, pemberian *abate*, pemberian larvasida sintetik dan insektisida kimia. Namun belum memberikan hasil yang memuaskan. Penggunaan insektisida kimia secara terus menerus dapat menyebabkan nyamuk menjadi resisten dan dampak lainnya dapat meninggalkan residu yang membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu keseimbangan lingkungan seperti membunuh hewan peliharaan bahkan manusia (Juariah dkk., 2024). Pengendalian menggunakan biolarvasida yang ramah lingkungan merupakan salah satu alternatif untuk pengganti insektisida sintetik seperti penggunaan bakteri. Pada penelitian ini digunakan isolat bakteri entomopatogen yaitu *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens* sebagai upaya pengendalian terhadap larva *Ae. aegypti*.

Penelitian Santi dan Purnama, (2016) menunjukkan bahwa *B. thuringiensis* merupakan salah satu alternatif pengganti insektisida kimia yang memiliki potensi sebagai larvasida terhadap *Ae. aegypti*. Persentase mortalitas larva *Aedes* sp. ditunjukkan sebesar 100%. Pratiwi dan Hariani, (2020) juga meneliti pemberian *B. thuringiensis* var *Israelensis* yang menunjukkan persentase mortalitas larva *Ae. aegypti* sebesar 95%. Penelitian Lestari dkk., (2022) menyatakan bahwa ekstrak *S. marcescens* menunjukkan aktivitas larvasida terhadap *Ae. aegypti*. Namun dalam penelitiannya persentase

mortalitas larva *Ae. aegypti* yang hanya mampu membunuh sebesar 1% pada konsentrasi 500 ppm dan 1000 ppm. Sedangkan Zahra, (2024) meneliti pemberian *Serratia* sp. terhadap larva *Ae. aegypti* menunjukkan tingkat mortalitas sebesar 75% setelah pemberian ekstrak bakteri pada konsentrasi 5,3%.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui potensi ekstrak bakteri *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* terhadap mortalitas larva *Ae. aegypti*.
2. Mengetahui perubahan morfologi larva *Ae. aegypti* setelah pemberian ekstrak bakteri *B. thuringiensis* dan *S. marcescens*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat memberikan informasi ilmiah bagi peneliti dan masyarakat dalam upaya pengendalian nyamuk *Ae. aegypti* sebagai vektor utama penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) menggunakan pengendalian hayati berupa bakteri entomopatogen *B. thuringiensis* dan *S. marcescens*.

1.4 Kerangka Teoritis

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) masih menjadi permasalahan penting di dunia. Asia Tenggara termasuk ke dalam bagian wilayah beriklim tropis, dimana perubahan iklim dapat berpengaruh terhadap siklus hidup dan pengembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti*. Wilayah Asia Tenggara memiliki risiko cukup tinggi terjangkit kasus DBD. Indonesia tercatat sebagai negara di Asia Tenggara dengan jumlah kasus DBD cukup tinggi. Hal ini karena di Indonesia masih terdapat banyak daerah endemik serta adanya musim hujan setiap tahun. Penyebaran penyakit ini menyebar luas ke seluruh Indonesia yang dipengaruhi dengan beberapa faktor, seperti agen, *host*, dan lingkungan.

Hingga saat ini masih belum ditemukannya obat dan vaksin yang dapat mengobati penyakit tersebut.

Kepadatan populasi nyamuk *Ae. aegypti* dapat diukur melalui kepadatan larva. Keberadaan larva *Ae. aegypti* merupakan pembawa virus Dengue yang disebarkan oleh stadium nyamuk dewasa melalui gigitan. Salah satu cara pengendalian nyamuk dapat dilakukan pada tahap larva, umumnya masyarakat melakukan pengendalian menggunakan insektisida. Namun penggunaan insektisida secara terus menerus dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Pestisida kimiawi dapat menimbulkan sifat resistensi terhadap larva *Ae. aegypti*. Pengendalian pertumbuhan vektor ini bertujuan untuk mengurangi bahkan menekan populasi vektor serendah-rendahnya.

Alternatif yang dapat digunakan dalam pengendalian larva *Ae. aegypti* yaitu penggunaan insektisida alami dengan memanfaatkan bakteri entomopatogen. Bakteri entomopatogen bersifat agen pengendali yang mempunyai toksin (racun) bagi serangga. Bakteri entomopatogen merupakan bakteri yang menyebabkan infeksi bahkan penyakit terhadap serangga target. Efek samping dan risiko yang dimiliki bakteri entomopatogen cukup rendah saat menyerang target tertentu karena sifat spesifik dari bakteri entomopatogen terhadap organisme non target.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ekstrak bakteri *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* berpotensi terhadap mortalitas larva *Ae. aegypti*.
2. Ekstrak bakteri *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* dapat menyebabkan perubahan morfologi larva *Ae. aegypti*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri Entomopatogen

Bakteri entomopatogen merupakan bakteri yang mampu menginfeksi serangga melalui sistem pencernaan. Bakteri entomopatogen hingga saat ini banyak dijadikan agensia hayati yang dapat menanggulangi serangan hama. Bakteri entomopatogen yang memiliki potensi terhadap hama serangga yaitu berasal dari family Bacillaceae, Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae, Streptococcaceae, dan Micrococcaceae. Family bakteri-bakteri tersebut terdapat beberapa di antaranya sangat mematikan bagi inangnya. Beberapa spesies bakteri tanah yang dapat menular, yaitu spesies *Bacillus* dan *Paenibacillus*. Bakteri tersebut memiliki sifat patogen bagi serangga coleoptera, diptera, dan lepidoptera (Muliani dkk., 2022).

Kematian serangga genus entomopatogenik dapat disebabkan oleh beberapa mikroba dari kelompok bakteri dan cendawan. Manfaat dari eksplorasi entomopatogen antara lain untuk menyeleksi strain-strain baru yang adaptif terhadap perubahan lingkungan, meningkatkan efek kematian kandidat agen biokontrol melalui rekayasa genetika, dan aplikasi teknologi formulasi mikroba yang lebih virulen untuk mengendalikan serangga hama (Pasarua dan Wahid, 2024). Bakteri patogen dapat memproduksi protein yang bersifat racun terhadap serangga. Bakteri dapat melisiskan dinding usus hingga menyebabkan usus menjadi rusak dan rongga tubuh (*hemocoel*) terinfeksi. Hal ini terjadi karena bakteri masuk melalui mulut atau bersama dengan makanan ketika bakteri tersebut sampai di usus tengah (pH asam). Bakteri dengan kemampuan potensi entomopatogen biasanya dapat membunuh inang kurang dari 48 jam seperti insektisida kimia (Istiqomah dkk., 2022).

2.2 Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme berupa sel sederhana dan termasuk ke dalam golongan prokariot. Bakteri hanya memiliki ukuran beberapa mikron sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, maka diperlukan mikroskop untuk melihatnya. Adapun ciri-ciri bakteri sebagai berikut:

- a. Ukuran tubuh bervariasi, umumnya berukuran 1-5 μ
- b. Bentuk tubuh beraneka ragam, seperti batang (basil), bola/ bulat (kokus), spiral/ heliks (spirochetes), dan lainnya
- c. Terdiri dari satu sel tunggal (uniseluler)
- d. Tidak memiliki membran inti sel (prokariot)
- e. Tidak memiliki klorofil
- f. Memiliki endospora
- g. Mempunyai flagel pada bakteri yang bergerak (motil) (Muliani dkk., 2022).

2.3 *Bacillus thuringiensis*

B. thuringiensis tergolong ke dalam bakteri gram positif, berbentuk basil dan dapat melakukan pembentukan spora. Bakteri *B. thuringiensis* merupakan salah satu spesies bakteri yang mampu memiliki kemampuan membunuh terhadap serangga, diantaranya tergolong ke dalam ordo Lepidoptera, Diptera, Coleoptera dan Hymenoptera. Selain kelompok serangga tersebut, *B. thuringiensis* dapat membunuh kelompok cacing yang berasal dari filum nematoda. Habitat alami dari bakteri *B. thuringiensis* adalah tanah, apabila tekstur tanah cukup padat dan lembab maka memungkinkan untuk bakteri *B. thuringiensis* dapat tumbuh dengan baik. Bakteri *B. thuringiensis* termasuk dalam kategori termofilik yang mampu bertahan hidup pada suhu tinggi. Suhu pertumbuhannya berada pada rentang 40°C - 75°C dengan suhu optimum 55°C - 60°C. Namun suhu maksimum kehidupan dari *B. thuringiensis* mencapai 55°C - 60°C. Bakteri *B. thuringiensis* memiliki kemampuan membentuk *endospore*, hal ini karena bakteri dapat hidup dalam lingkungan yang ekstrem (Bahri dkk., 2021).

Menurut Saraswati dkk., (2019) *B. thuringiensis* bersifat toksik terhadap serangga dan nematoda selama masa sporulasi karena merupakan bakteri penghasil protein kristal. Protein kristal yang terkandung di dalam sel bakteri tersebut digunakan sebagai insektisida alami (Bahri dkk., 2021). Salah satu keunggulan dari penggunaan bakteri *B. thuringiensis* sebagai biopestisida. Protein yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* yaitu bersifat antiserangga, hal ini disebut sebagai protein Cry atau δ -endotoksin. Protein Cry bersifat toksik hanya terhadap jenis serangga tertentu saja, namun tidak toksik terhadap serangga maupun organisme lainnya (non-target). Persentase efektivitas dari bioinsektisida yang dihasilkan oleh bakteri *B. thuringiensis* merupakan sebesar 90-95% (Saraswati dkk., 2019). Saadah dan Rahmadhini, (2023) menyatakan bahwa manfaat dari penggunaan genus *Bacillus* sp. tidak menimbulkan efek negatif bagi lingkungan atau ramah lingkungan, hal ini karena tidak meninggalkan residu.

2.3.1 Klasifikasi

Merujuk kepada Berliner (1915) dalam GBIF Backbone Taxonomy (2023), bakteri *Bacillus thuringiensis* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Class	: Bacilli
Order	: Bacillales
Family	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>
Species	: <i>Bacillus thuringiensis</i>

2.3.2 Mekanisme Infeksi *B. thuringiensis* Ke Dalam Tubuh Serangga

Mekanisme kerja bakteri entomopatogen *Bacillus* adalah ketika δ -endotoksin terikat pada reseptor sel usus, maka akan terbentuk pori-pori pada membran sel kemudian ion-ion dari luar masuk untuk menyeimbangkan cairan intra seluler dengan cairan ekstraseluler. Hal

ini mengakibatkan usus mengalami paralisa secara cepat, sel epitel lisis dan serangga yang terinfeksi akan berhenti makan. Serangga target yang terinfeksi akan mati perlahan karena kelaparan atau tidak memperoleh nutrisi. Perubahan morfologi terhadap larva yang terinfeksi toksin *Bacillus* akan mengalami pembengkakan sel dan pecahnya isi sel ke bagian lumen (Husniyah, 2024).

2.4 *Serratia marcescens*

S. marcescens tergolong ke dalam bakteri gram negatif, bersifat motil karena memiliki flagella peritrik. Bakteri *S. marcescens* termasuk dalam family Enterobacteriaceae yang bersifat patogen oportunistik atau bakteri yang akan menyerang tubuh inangnya ketika dalam kondisi kurang baik. Habitat alami dari bakteri *S. marcescens* adalah di air, tanah, permukaan daun, dan di dalam tubuh serangga maupun tubuh manusia. Bakteri *S. marcescens* juga bersifat fakultatif anaerob karena mampu hidup dalam tempat ekstrim dengan suhu 5°C - 40°C dan pH 5-9 (Variani dkk., 2021).

Genus *Serratia* memiliki salah satu ciri yaitu terdapat pigmen merah pada koloni bakteri yang diproduksi oleh prodigiosin. Pigmen merah prodigiosin mengandung 4 methoxy, ring 2-2 bipyrolle yang tergolong ke dalam family pigmen merah tripyrole. Prodigiosin merupakan senyawa metabolit sekunder yang mempunyai beberapa aktivitas sebagai antibakteri, antifungi, dan antiprotozoa dari genus *Serratia*. Beberapa spesies dari *Serratia* dapat hidup pada insekta (serangga), mamalia, air, tanah dan tumbuhan. Hal ini karena genus *Serratia* memiliki distribusi yang sangat luas di alam. Adapun contoh spesies dari genus *Serratia* yang dapat hidup di air, tanah, serangga dan mamalia diantaranya *S. liquifaciens*, *S. marcescens*, *S. plymutica*, *S. proteamaculans*, dan *S. quiniforans* (Rukmana dan Utami, 2019).

2.4.1 Klasifikasi

Merujuk kepada Bizio (1823) dalam GBIF Backbone Taxonomy (2023), bakteri *Serratia marcescens* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gammaproteobacteria
Order	: Enterobacterales
Family	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Serratia</i>
Species	: <i>Serratia marcescens</i>

2.4.2 Mekanisme Infeksi *S. marcescens* Ke Dalam Tubuh Serangga

Mekanisme kerja dari *Serratia* atau bakteri merah adalah mematikan tubuh serangga secara oral yang masuk atau tertelan, ketika bakteri berada di dalam pencernaan dapat merusak sistem pencernaan makanan serangga tersebut (Latifah dkk., 2018). Bakteri *S. marcescens* dikenal sebagai bakteri penghasil kitinase yang berperan secara signifikan sebagai entomopatogen. Bakteri *S. marcescens* menginfeksi serangga dengan menghasilkan senyawa sekunder yaitu prodigiosin, serralyisin, kitinasi, protease, karbohidrase dan nuklease. Enzim kitinase dapat mendegradasi senyawa kitin yang merupakan penyusun membran peritropik dalam saluran pencernaan serangga dan mereduksi penyerapan nutrisi (Vajri dkk., 2021).

2.5 Pengendalian Hayati

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan dalam pengendalian ramah lingkungan adalah menggunakan pengendalian hayati. Pengendalian hayati merupakan pengendalian organisme dengan memanfaatkan makhluk hidup. Agen hayati yang dapat dimanfaatkan seperti jasad renik adalah bakteri entomopatogen. Adapun kendala dalam pemanfaatan jasad renik (mikroba)

sebagai agen pengendali hayati, yaitu masih terbatasnya strain/ jenis bakteri entomopatogen dan sering mengalami kegagalan pada strain bakteri yang diaplikasi ke daerah bukan asal eksplorasi karena tidak adaptif. Kelebihan dari pemanfaatan mikroba sebagai agen hayati yaitu lebih adaptif di lingkungan dibandingkan dengan mikroba dari daerah lainnya. Isolat yang akan digunakan perlu diuji efektivitas terlebih dahulu sebelum dikembangkan dan diperbanyak. Hal ini bertujuan sebagai pemanfaatannya dalam pengendali atau bahan pengembangan entomopatogen (Rahim dkk., 2022).

2.6 *Aedes aegypti* L.

Ae. aegypti merupakan jenis nyamuk pembawa virus Dengue sebagai penyebab penyakit demam berdarah. Nyamuk *Ae. aegypti* hingga saat ini masih menjadi vektor utama dalam penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Selain penyakit Dengue, nyamuk *Ae. aegypti* juga menjadi pembawa virus demam kuning (*yellow fever*), chikungunya, dan demam Zika yang disebabkan oleh virus Zika. DBD dapat menyerang berbagai tingkat umur pada anak-anak, remaja, dewasa, dan lansia yang muncul disepanjang tahun (Juariah dkk., 2024).

Nyamuk merupakan salah satu jenis serangga yang memiliki tubuh berukuran kecil, halus, langsing, tungkai panjang dan langsing. Nyamuk mempunyai tipe mulut menusuk dan menghisap melalui probosis. Nyamuk telah melewati suatu proses evolusi yang panjang sehingga tergolong ke dalam serangga yang cukup tua di alam. Oleh karena itu, nyamuk memiliki sifat spesifik dan sangat adaptif untuk dapat tinggal bersama manusia (Lema dkk., 2021).

2.6.1 Klasifikasi

Merujuk kepada Linneaus (1762) dalam Wilkerson *et. al* (2021), nyamuk *Aedes aegypti* L. memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda

Class	: Insekta
Order	: Diptera
Family	: Culicinae
Genus	: <i>Aedes</i>
Species	: <i>Aedes aegypti</i>

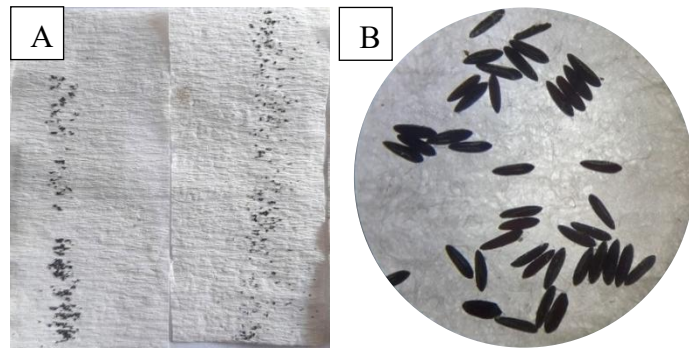
2.6.2 Morfologi *Aedes aegypti* L.

Nyamuk *Ae. aegypti* tersebar luas di seluruh provinsi di Indonesia. Spesies ini mengalami metamorfosis sempurna melalui empat tahap, yaitu telur, larva (jentik), pupa (kepompong) dan nyamuk dewasa. Berikut tahap-tahap metamorfosis nyamuk *Ae. aegypti*.

A. Stadium Telur

Telur *Ae. aegypti* diletakkan satu persatu oleh induknya pada dinding bejana yang berisi air karena telur ini tidak mempunyai pelampung. Dinding luar telur mempunyai bahan yang lengket (glikoprotein) yang akan mengeras bila kering (Mawardi dan Busra, 2019). Telur *Ae. aegypti* berwarna putih dan mengalami perubahan warna menjadi hitam dalam kisaran waktu 30 menit. Telur *Ae. aegypti* berbentuk lonjong, berukuran kecil, panjang sekitar 6,6 mm, berat sekitar 0,0113 mg, mempunyai torpedo, dan ujung telur meruncing (Hary dkk., 2024).

Nyamuk *Ae. aegypti* betina setiap kali bertelur menghasilkan 80-100 butir telur (Hary dkk., 2024). Perkembangan embrio berlangsung selama 48 jam pada lingkungan yang hangat dan lembab (Dwiyanti dkk., 2023). Pada suhu antara 23°C - 30°C dan kelembaban 60-80% telur akan menetas selama 1-3 hari. Telur *Ae. aegypti* dalam keadaan kering dapat bertahan selama 6 bulan pada kondisi optimum. Telur yang disimpan dalam keadaan kering semakin lama maka akan menunjukkan kemampuan daya tetas rendah (Mawardi dan Busra, 2019). Telur nyamuk *Ae. aegypti* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. A Telur *Ae. aegypti* pada kertas saring dan B Telur *Ae. aegypti* pada mikroskop (perbesaran 4×) (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

B. Stadium Larva

Larva merupakan stadium setelah telur menetas atau tahap kedua dalam siklus hidup nyamuk. Stadium larva terdiri dari empat instar dan mengalami pergantian kulit sebanyak empat kali. Lama stadium larva yaitu 6-9 hari, berikut tahapan perkembangan larva *Ae. aegypti*:

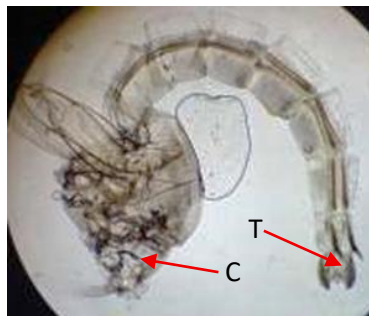
- Larva instar I, tubuhnya sangat kecil, warna transparan, panjang 1-2 mm, duri-duri (*spinae*) pada dada (*thorax*) belum begitu jelas, dan corong pernapasan (*siphon*) belum menghitam.
- Larva instar II, bertambah besar yang berukuran 2,5-3,9 mm, duri pada dada belum jelas, dan corong pernapasan sudah berwarna hitam.
- Larva instar III, berukuran 4-5 mm, duri-duri pada dada mulai jelas dan corong pernapasan berwarna coklat kehitaman.
- Larva instar IV, berukuran 5-6 mm struktur anatominya telah lengkap dan tubuhnya terbagi menjadi bagian kepala (*caput*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*) (Lema dkk., 2021).

Larva *Ae. aegypti* memiliki ciri khas yaitu *siphon* yang pendek, besar, dan berwarna hitam (Dwiyanti dkk., 2023). Larva *Ae. aegypti* bernapas menggunakan pektin yang berada di ruas ke delapan dari abdomen. Rambut-rambut yang ada di kepala seperti sikat berfungsi untuk mengambil makanan. Makanan yang dibutuhkan untuk larva

yang dipelihara biasanya mengandung karbohidrat, protein dan asam amino. Apabila larva kekurangan protein dan asam amino maka tidak akan mencapai pada tahap instar kedua (Mawardi dan Busra, 2019).

C. Stadium Pupa

Pupa merupakan fase tanpa makan dan sangat sensitif terhadap pergerakan air. Stadium pupa hanya berlangsung 2-3 hari namun jika berada suhu $<10^{\circ}\text{C}$ tidak akan ada perkembangan. Pupa berbentuk seperti koma, lebih besar namun lebih ramping dibandingkan larvanya. Pupa *Ae. aegypti* memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata pupa nyamuk lainnya. Pupa terdiri atas sefalotoraks, abdomen, dan kaki pengayuh. Sefalotoraks mempunyai sepasang corong pernapasan berbentuk segitiga. Pada bagian distal abdomen terdapat sepasang kaki pengayuh yang lurus dan runcing. Waktu yang diperlukan untuk menjadi nyamuk dewasa jantan yaitu selama 45 jam sedangkan untuk nyamuk betina 60 jam (Mawardi dan Busra, 2019). Pupa *Ae. aegypti* secara makroskopis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Morfologi pupa *Ae. aegypti* secara mikroskopis
C (*caput*) T (*thorax*) (perbesaran 10×)
(Sumber: Hotijah, 2023)

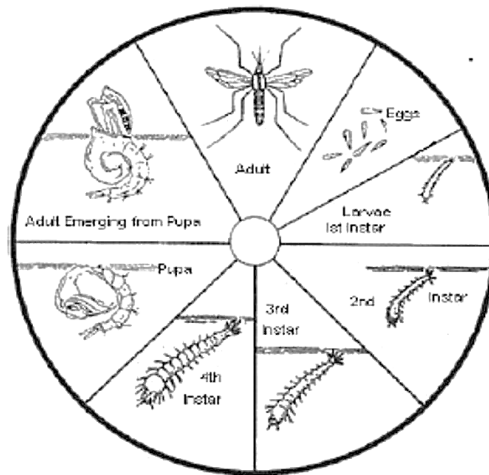
D. Stadium Nyamuk Dewasa

Nyamuk dewasa *Ae. aegypti* memiliki ukuran yang kecil, berwarna dasar hitam, dengan garis-garis (loreng) putih sepanjang toraks dan abdomen, serta bercak-bercak putih pada sayap dan kakinya. Tubuh

nyamuk dewasa terdiri atas 3 bagian yaitu, kepala, toraks, dan *abdomen*. Ciri khas nyamuk *Ae. aegypti* yaitu terdapat lyre pada bagian dorsal (mesonotum) yang merupakan sepasang garis putih sejajar di tengah dan garis lengkung putih lebih tebal pada setiap sisinya. Probosis berwarna hitam, skutelum bersisik lebar berwarna putih dan *abdomen* berpita putih pada bagian basal dan pada ruas tarsus kaki belakang berpita putih. Bagian mulut (probosis) nyamuk betina panjang yang berfungsi untuk menusuk dan menghisap darah. Antena nyamuk cukup panjang dan langsing yang terdiri dari 15 segmen. Antena nyamuk jantan memiliki banyak bulu (plumose), sedangkan pada nyamuk betina memiliki sedikit bulu (pilose).

2.6.3 Siklus Hidup *Aedes aegypti* L.

Siklus hidup nyamuk *Ae. aegypti* mengalami metamorphosis sempurna (holometabola) yang terdiri dari 4 stadium yaitu telur, larva, pupa, dan nyamuk dewasa (Alifariki, 2024). Stadium telur, larva dan pupa hidup berada di dalam air, sedangkan stadium dewasa hidup berada di luar air (Hidayati, 2023). Siklus hidup nyamuk *Ae. aegypti* di dalam air yaitu pada suhu 20°C-40°C dan menetas menjadi larva dalam waktu 1-2 hari. Pertumbuhan dan perkembangan larva dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu temperatur, keadaan air dan kandungan zat makanan yang ada di dalam tempat perindukan. Kemudian larva berkembang menjadi pupa dalam waktu 4-9 hari pada kondisi optimum. Fase pupa menjadi nyamuk dewasa yaitu 2-3 hari. Jadi siklus hidup pertumbuhan dan perkembangan *Ae. aegypti* dari telur, larva, pupa, hingga nyamuk dewasa memerlukan waktu kurang lebih 7-14 hari (Hidayat dkk., 2023). Siklus hidup nyamuk *Ae. aegypti* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Siklus Hidup *Ae. aegypti* (Sumber: Nurul, 2023)

2.6.4 Habitat Larva *Aedes aegypti* L.

Keberadaan nyamuk *Ae. aegypti* banyak ditemukan di dalam rumah atau suatu bangunan dan memiliki kecenderungan menghisap darah manusia. Tempat media hidup yang paling disukai oleh nyamuk *Ae. aegypti* yaitu pada intensitas cahaya rendah (gelap) serta di benda-benda yang menggantung dan berwarna hitam/ gelap. Ciri-ciri kontainer atau tempat penampungan air yang sangat disukai nyamuk *Ae. aegypti* adalah berwarna gelap seperti hitam, abu-abu dan coklat tua. Kontainer atau penampungan air yang terbuat dari bahan-bahan seperti kayu-kayuan, tanah liat, bahan keramik, logam, dan mempunyai warna gelap yang berisi air jernih berasal dari air sumur dan air hujan menjadi tempat perkembangbiakan larva *Ae. aegypti* (Repelita, 2024).

Adapun ciri-ciri tempat perindukan nyamuk *Ae. aegypti*, sebagai berikut:

- Berkembang biak di habitat perairan yang tergenang dan juga pada wadah buatan manusia seperti tempat penampungan air bersih.
- Tidak ditemukan bereproduksi di saluran air terbuka seperti got (selokan) maupun kolam yang airnya berasal dari tanah.
- Ditemukan pada area permukiman dan tempat-tempat umum, baik di dalam maupun di sekitar rumah.

- Kemampuan terbang nyamuk dapat mencapai radius hingga 100 meter dari lokasi perindukan.
- Nyamuk betina aktif mencari darah sebagai sumber protein untuk pematangan telur.
- Nyamuk jantan hanya hanya mengonsumsi nectar atau sumber gula dari tumbuhan.
- Masa hidup nyamuk *Ae. aegypti* berkisar 14 hari, namun beberapa individu dapat bertahan hidup dua hingga tiga bulan (Mawardi dan Busra, 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - April 2025. Tahap preparasi, pengembangbiakan bakteri, dan pembuatan suspensi pakan larva *Aedes aegypti* L. dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung. Sedangkan tahap uji potensi dilaksanakan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat dan Bahan Persiapan Pembuatan Suspensi

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan suspensi antara lain, *Biological Safety Cabinet* (BSC), *autoclave*, *incubator*, oven, neraca analitik, *shaker incubator*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, bunsen, jarum ose (*loop*), tabung subkultur, rak tabung reaksi, erlenmeyer, *beaker glass*, gelas ukur, *object glass*, batang pengaduk, pipet volumetri, *rubber bulb*, dan mikroskop binokuler.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan suspensi antara lain, isolat bakteri *Bacillus thuringiensis* dan *Serratia marcescens* (koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung), media *Nutrient Agar* (NA), media *Nutrient Broth* (NB), alkohol 70%, aquades, spirtus, aluminium foil, plastik wrap, tisu, plastik tahan panas, kapas, kasa, label dan karet gelang.

3.2.2 Alat dan Bahan Pengujian Pengembangbiakan Hewan Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pengembangbiakan hewan uji antara lain, kotak plastik *thinwall* (10,9 cm × 8,2 cm × 5 cm) dan (20 cm × 20 cm × 10 cm), pipet tetes plastik 3 mL, kuas, kertas, alat tulis, tisu, *microscope digital*, dan *microscope binocular*.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pengembangbiakan hewan uji antara lain, telur nyamuk *Ae. aegypti* (diperoleh dari Loka Laboratorium Kesehatan Masyarakat Baturaja, Sumatera Selatan), pellet ikan (Katari), dan air sumur.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu jenis isolat bakteri entomopatogen dan konsentrasi suspensi. Isolat yang digunakan merupakan isolat murni bakteri *B. thuringiensis* dan *S. marcescens*. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 60 mL, 70 mL, dan 80 mL. Masing-masing perlakuan pada penelitian ini menggunakan 10 ekor larva *Ae. aegypti* instar III dengan tiga kali pengulangan. Tata letak perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tata Letak Perlakuan

No.	Jenis Bakteri	Jumlah Larva	Perlakuan			
			P1	P2	P3	K (-)
1.	<i>Bacillus thuringiensis</i>	10 ekor	U1	U1	U1	U1
		10 ekor	U2	U2	U2	
		10 ekor	U3	U3	U3	
2.	<i>Serratia marcescens</i>	10 ekor	U1	U1	U1	U1
		10 ekor	U2	U2	U2	
		10 ekor	U3	U3	U3	

Keterangan:

P1 = 60 mL suspensi bakteri + 40 mL aquades steril

P2 = 70 mL suspensi bakteri + 30 mL aquades steril

P3 = 80 mL suspensi bakteri + 20 mL aquades steril

K (-) = kontrol negatif menggunakan aquades steril 100 mL

U = Ulangan

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah larva *Ae. aegypti* instar III. Telur nyamuk *Ae. aegypti* diperoleh dari Loka Laboratorium Kesehatan Masyarakat Baturaja, Sumatera Selatan dan dilakukan penetasan dalam kotak plastik *thinwall* (20 cm × 20 cm × 10 cm) berisi air sumur. Kemudian telur nyamuk *Ae. aegypti* didiamkan selama 4-5 hari sampai menetas menjadi larva instar III. Menurut Imam *et al.*, (2014) telur yang telah menetas diberi pakan pellet ikan (Takari) dengan dosis 0,22 % (b/v). Pemberian pakan larva dilakukan satu kali sehari dan dilakukan dengan menaburkan pellet ikan pada bagian pojok-pojok tempat penetasan bertujuan untuk menjaga salinitas air agar tidak cepat kotor (Armyandi dkk., 2022 dan Rahmawati dkk., 2013). Dosis pemberian pakan larva *Ae. aegypti* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Dosis pemberian pakan hewan uji

Pellet ikan (g)	Air (mL)
0,22	100
1,1	500
2,2	1000

3.4.2. Peremajaan Isolat Bakteri

Isolat murni bakteri *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* diremajakan pada media *Nutrient Agar* (NA). Serbuk media NA ditimbang (20 g/ 1000 mL) menggunakan neraca analitik dan dilarutkan dalam aquades. Media NA dipanaskan di atas *hotplate stirrer* hingga mendidih, selanjutnya media NA diangkat dan dituang ke dalam tabung subkultur steril sebanyak 5 mL dan ditutup menggunakan kapas sumbat. Media NA dalam tabung subkultur disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121°C tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah steril, media NA diletakkan secara miring dan dibiarkan hingga padat dalam BSC (Hayati dkk., 2022). Ose *loop* disterilisasi dengan bunsen hingga

memijar sebelum digunakan untuk menginokulasi bakteri ke dalam media pertumbuhan bakteri. Peremajaan dilakukan dengan diambil 1 ose biakan murni stok bakteri, lalu diinokulasi pada media NA miring. Isolat bakteri dimasukkan ke dalam inkubator untuk diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C (Hasrawati dan Aslam, 2024).

3.4.3. Persiapan Larutan Stok Bakteri

Isolat *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* yang telah diremajakan diambil 1 ose dan diinokulasi pada 10 mL media *Nutrient Broth* (NB) dalam erlenmeyer 50 mL sebagai larutan starter. Larutan starter diinkubasi selama 24 jam menggunakan *shaker incubator* pada suhu ruang. Selanjutnya kultur bakteri dimasukkan ke dalam 90 mL media NB dan diinkubasi kembali di *shaker incubator* selama ± 72 jam pada suhu ruang (Alvian, 2023). Larutan stok bakteri siap digunakan.

3.5 Uji Potensi Ekstrak Bakteri Entomopatogen Terhadap Larva *Ae. aegypti*

Uji potensi ekstrak bakteri entomopatogen dilakukan dengan beberapa tahap. Tahapan pertama dipersiapkan kotak plastik *thinwall* (10,9 cm × 8,2 cm × 5 cm) untuk menampung suspensi bakteri dan aquades steril sebanyak 100 mL. Pemberian suspensi *B. thuringiensis* dan *S. marcescens* pada konsentrasi 60 mL, 70 mL dan 80 mL. Setelah suspensi bakteri tercampur merata dengan aquades steril, sebanyak 10 ekor larva *Ae. aegypti* instar III dimasukkan ke dalam wadah perlakuan (Pratiwi dan Hariani, 2020).

3.6 Pengamatan Jumlah Larva yang Mati Setelah Pemberian Ekstrak Bakteri Entomopatogen

Merujuk pada penelitian Kristiana dkk. (2015), pengamatan mortalitas dilakukan pada 12, 24, 36, dan 48 jam setelah pemberian ekstrak bakteri entomopatogen. Pengamatan ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu:

- a. Pengamatan jumlah mortalitas larva *Ae. aegypti* setelah pemberian suspensi ekstrak bakteri entomopatogen ke dalam kotak plastik *thinwall*.

- b. Pengamatan perubahan morfologi larva *Ae. aegypti* setelah pemberian, meliputi tekstur, bentuk tubuh, dan warna tubuh.

3.7 Perhitungan Persentase Mortalitas

Pada penelitian ini persentase mortalitas larva *Ae. aegypti* dihitung menggunakan rumus Yuliana dkk., (2021) sebagai berikut:

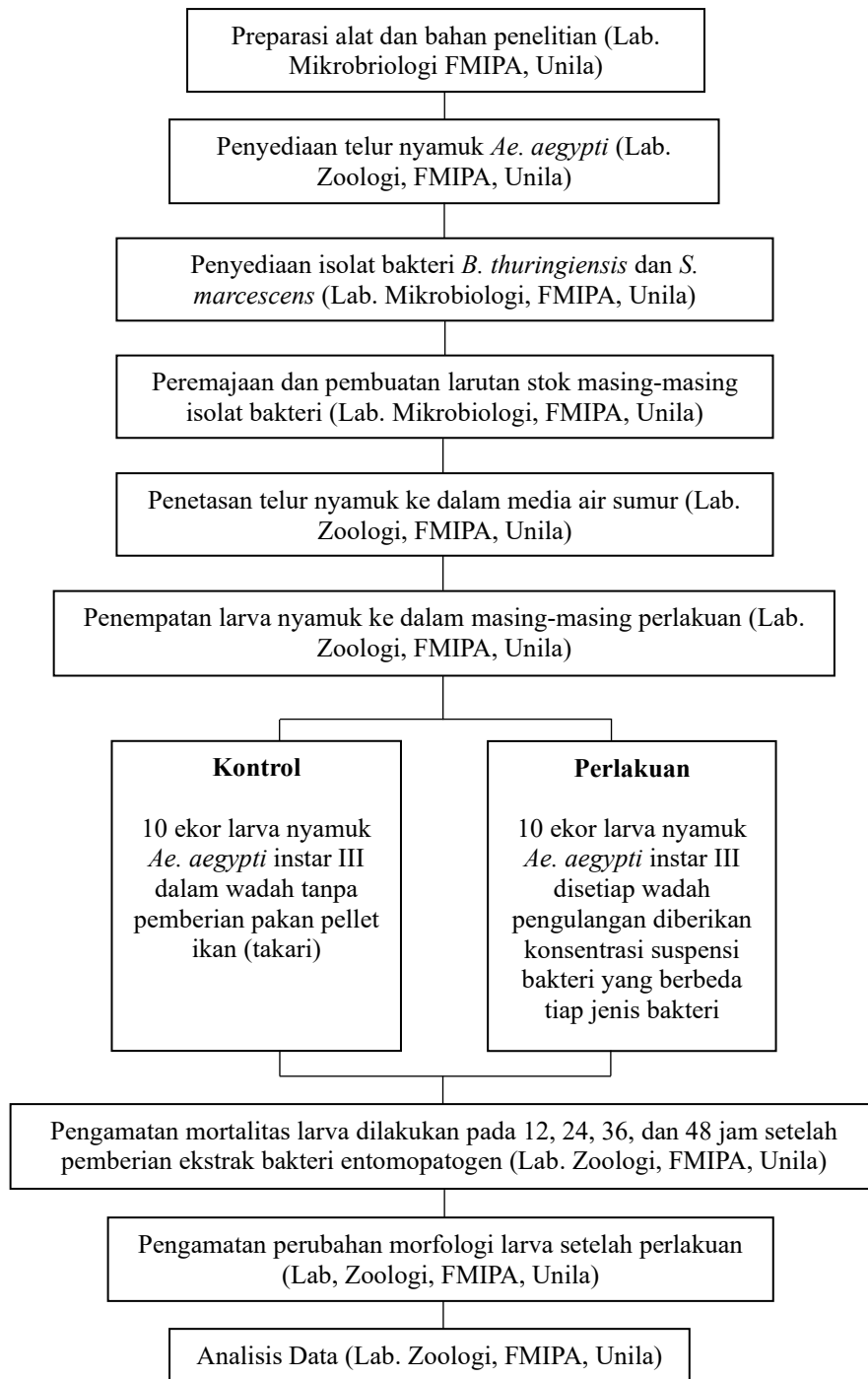
$$\text{Persentase Mortalitas (\%)} = \frac{\text{jumlah larva mati}}{\text{jumlah larva uji}} \times 100\%$$

3.8 Analisis Data

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu jenis bakteri entomopatogen dan konsentrasi ekstrak bakteri. Data mortalitas larva *Ae. aegypti* dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dua arah. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan dilakukan uji lanjutan menggunakan Uji Duncan pada taraf signifikan 5%. Data perubahan morfologi larva *Ae. aegypti* setelah pemberian ekstrak bakteri di analisis secara deskriptif sedangkan hasil disajikan dalam bentuk gambar.

3.9 Diagram Alir

Adapun diagram penelitian yang dilakukan pada Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Zoologi, FMIPA, Universitas Lampung dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Ekstrak *B. thuringiensis* berpotensi terhadap mortalitas larva *Ae. aegypti* instar III yang ditunjukkan dari jumlah persentase mortalitas sebesar 100% pada konsentrasi 60 mL, 70 mL, dan 80 mL. Pemberian ekstrak *S. marcescens* ditunjukkan dari jumlah persentase mortalitas larva *Ae. aegypti* sebesar 70% pada konsentrasi 60 mL, 53% pada konsentrasi 70 mL, dan 50% pada konsentrasi 80 mL.
2. Perubahan morfologi larva *Ae. aegypti* setelah pemberian ekstrak *B. thuringiensis* terjadi perubahan warna larva menjadi putih susu (pucat), antena terputus, sistem pencernaan usus rusak dan terurai. Perubahan morfologi akibat *S. marcescens* yaitu warna larva menjadi putih kekuningan, antena terputus, sistem pencernaan usus rusak hingga terurai, dan kepala yang hampir putus.

5.2 Saran

Saran penelitian:

1. Hasil penelitian ini merupakan salah satu alternatif dalam upaya pengendalian vektor penyakit DBD dengan penggunaan *B. thuringiensis* dan *S. marcescens*.
2. Perlu dilakukan pengamatan kerusakan organ-organ bagian dalam larva *Ae. aegypti* secara mikroskopis setelah pemberian bakteri entomopatogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifariki, La. Ode. 2024. *Bunga Rampai Pengendalian Vektor*. PT Media Pustaka Indo. 1-198
- Alvian, F. 2023. *Uji Efektivitas Kandidat Bakteri Entomopatogen Bacillus thuringiensis Terhadap Larva Spodoptera frugiperda*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Anindita, R., Ningsih, M. M., dan Inggraini, M. 2023. Kepadatan Populasi Larva *Aedes aegypti* Pada Tempat Penampungan Air di Kelurahan Tengah Kecamatan Kramat Jati Jakarta Timur. *Jurnal Kesehatan Hesti Wira Sakti*. 11 (01): 20-33.
- Armyandi, A. R., Wahyuni, D., dan Fikri, K. 2022. Toksisitas Ekstrak Terpurifikasi Dengan N-heksan Buah Kecubung (*Datura metel* L.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Saintifika*. 24 (1): 55-67.
- Bahri, S., Zulkifli, L., Rasmi, D. A. C., dan Sedijani, P. 2021. Isolation, Purification, and Toxicity Test of *Bacillus thuringiensis* from Cows Cage Soil Against *Drosophila melanogaster*. *Jurnal Biologi Tropis*. 21 (3): 1106-1114.
- Berliner (1915). in GBIF Secretariat. 2023. *Bacillus thuringiensis* GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2024-09-06.
- Bizio (1823). in GBIF Secretariat. 2023. *Serratia marcescens* GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2024-09-06.
- Candra, D., Santi, I. S., dan Kristalisasi, E. N. 2018. Efektifitas Penggunaan *Bacillus thuringiensis* dan Lamda Sihalotrin Pada Ulat Api. *Jurnal Agromast*. 3 (1): 1-9.
- Ciptono, F. A., Martini, M., Yuliawati, S., dan Saraswati, L. D. 2021. Gambaran Demam Berdarah Dengue Kota Semarang Tahun 2014-2019. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*. 11 (1): 1-5.

- Dinas Kesehatan Kota Bandar Lampung. 2019. *Evaluasi Program Pengendalian Malaria Tahun 2019*. Dinkes Kota Bandar Lampung. Bandar Lampung.
- Dinas Kesehatan Provinsi Lampung. 2019. *Profil Kesehatan Provinsi Lampung*. Dinkes Provinsi Lampung. Bandar Lampung.
- Dinkes Provinsi Lampung. 2020. *Profil Kesehatan Provinsi Lampung*. Pusat Data dan Informasi Lampung.
- Dwiyanti, F., Kurniawan, B., Lisiswanti, R., dan Mutiara, H. 2023. Hubungan pH Air Terhadap Pertumbuhan Jentik Nyamuk *Aedes aegypti*. *Medical Profession Journal of Lampung*. 13 (2): 158-163.
- Hary, W., Putriningtyas, N. D., Nugroho, E., Maulidah, H., Sari, E. Y. U., Putri, E. Y., dan Rahmawati, A. 2024. *Potensi Ekstrak Kayu Manis Sebagai Insektisida Aedes aegypti*. Bookchapter Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang. (5): 56-85.
- Hasrawati, A., dan Aslam, D. K. 2024. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Stevia (*Stevia rebaudiana*) terhadap Bakteri Uji Penyebab Infeksi Saluran Pencernaan secara Klt-Bioautografi. *Jurnal Kesehatan Cendikia Jenius*. 1 (3): 41-48.
- Hayati, A. R., Singkam, A. R., dan Jumiarni, D. 2022. Uji Antibakteri Ekstrak Etanol Daun *Theobroma cacao* L. Terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* dengan Metode Difusi Cakram. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. 5 (1): 31-40.
- Heu, K., Romoli, O., Schönbeck, J. C., Ajenoe, R., Epelboin, Y., Kircher, V., and Gendrin, M. 2021. The effect of secondary metabolites produced by *Serratia marcescens* on *Aedes aegypti* and its microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 12, 645701.
- Hidayati, L. 2023. Evaluation of Catching Adult Mosquitos Using the Human Landing Collection (HLC) method. *Jurnal Penelitian Multidisiplin*. 1 (2): 77-84.
- Hidayat, M., Hadi, L., dan Mugianto, M. 2023. Pengaruh Ekstrak Daun Cengkeh (*Syzigium aromaticum*) Terhadap Pertumbuhan Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *JBES: Journal of Biology Education and Science*. 3 (1): 33-40.
- Hitipeuw, D., Martini, M., Hestiningasih, R., Udijono, A., dan Yuliawati, S. 2023. Efikasi Larvasida *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Terhadap Larva *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex*. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*. 7 (2): 312-321.

- Hitipeuw, D., Martini, M., Hestningsih, R., dan Udijono, A. 2022. Uji Efektivitas Larvasida *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Terhadap Kematian Larva *Aedes*. *Jurnal Riset Kesehatan Masyarakat*. 2 (4): 163-172.
- Hotijah, H. 2023. *Identifikasi Nyamuk Aedes aegypti di Asrama STIKES Ngudia Husada M.* (Doctoral Dissertation, STIKES Ngudia Husada Madura).
- Husniyah, H. 2024. Skrining dan Uji Potensi Entomopatogen Lokal (*Bacillus* sp.) dari Larva *Aedes aegypti*. *Science Math: Jurnal Ilmu Sains dan Matematika*. 1 (1): 43-56.
- Imam, H., Sofi, G., and Seikh, A. 2014. The Basic Rules and Methods of Mosquito Rearing (*Aedes aegypti*). *Tropical Parasitology*. 4 (1): 53-55.
- Istiqomah, D., Irwandhi, I., Rakhman, H. I., dan Nurtiati, N. 2022. Komunitas Bakteri Perakaran dan Potensi *Polygala paniculata* Sebagai Pestisida Nabati Pada Tanaman Tomat. *Agronomika: Jurnal Budidaya Pertanian Berkelanjutan*. 21 (1): 15-20.
- Juariah, S., Yusrita, E., dan Nurliuta, N. 2024. Uji Efektivitas Infusa Rimpang Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata* K. Schum) Terhadap Kematian Larva *Aedes aegypti*. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*. 6 (2): 570-575.
- Kahar, S. R. S., Hasan, A., dan Lamangantjo, C. 2019. Aktivitas Entomopatogen *Serratia marcescens* Bizio Terhadap Mortalitas Larva Kumbang Kelapa (*Brontispa longissima*) Gestro. *Jambura Edu Biosfer Journal*. 1 (2): 64-71.
- Kemenkes RI. 2021. *Data DBD Indonesia Tahun 2021*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 30.
- Krishanti, N.P.R.A., Wikantyoso, B., Zulfitri, A dan Zulfiana, D. 2017. Bakteri Entomopatogen Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Larva *Spodoptera litura*. Pusat Penelitian Biomaterial. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Cibinong.
- Kristiana, I. D., Ratnasari, E., dan Haryono, T. 2015. Pengaruh Ekstrak Daun Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Lentee-raBio*. 4 (2): 131.
- Kurniawati, R. D., Sutriyawan, A., Sugiharti, I., Supriyatni., Trisiani, D., Ekawati., Verano., Cahya, AA., Astrid., dan Sony. 2020. Pemberantasan Sarang Nyamuk 3M Plus Sebagai Upaya Preventif Demam Berdarah Dengue. *JCES (Journal of Character Education Society)*. 3 (3): 563-570.
- Latifah, E., Dewi, H. A., Daroini, P. B., Zakariya, A. Z., Hakim, A. L., dan Mariyono, J. 2018. Uji Teknis dan Ekonomis Komponen Pengendalian

- Hama Penyakit Terpadu Pada Usaha Tani Tomat. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 11 (1): 1-8.
- Lema, Y. N., Almet, J., dan Wuri, D. A. 2021. Gambaran Siklus Hidup Nyamuk *Aedes* sp. di Kota Kupang. *Jurnal Veteriner Nusantara*. 4 (1): 2-2.
- Lestari, M. D., Nismah, N., Endah, S., Arifiyanto, A., dan Salman, F. 2022. Larvicide Effect of *Serratia marcescens* Strain MBC1 Extract Against Third Instar Larvae of *Aedes aegypti*. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 9 (1): 42-48.
- Mahdalena, V., dan Ni'mah, T. 2019. Potensi dan Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Pengendalian Penyakit Tular Nyamuk. *Spirakel*. 11(2): 72-81.
- Mawardi, M., dan Busra, R. 2019. Studi Perbandingan Jenis Sumber Air Terhadap Daya Tarik Nyamuk *Aedes aegypti* Untuk Bertelur. *Jurnal Serambi Engineering*. 4 (2): 593 - 602.
- Melanie, M., Rustama, M. M., Sihotang, I. S., dan Kasmara, H. 2018. Effectiveness of Storage Time Formulation of *Bacillus thuringiensis* Against *Aedes aegypti* larvae (Linnaeus, 1757). *CROPSAVER-Journal of Plant Protection*. 1 (1): 48-52.
- Muliani, I. Y., MP, R. R. S., dan TP, S. 2022. *Agensia Pengendali Hayati*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Nurul Hidayah, S. K. M. 2023. *Monograf Pengendalian Demam Berdarah Berbasis Vektor*. EUREKA MEDIA AKSARA.
- Pasaru, F., dan Wahid, A. 2024. Inventarisasi Cendawan Entomopatogen Pada Tanah Pertanaman Kakao di Kabupaten Sigi. *Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*. 12 (4): 822-828.
- Patil, C. D., Patil, S. V., Salunke, B. K., and Salunkhe, R. B. 2012. Insecticidal potency of bacterial species *Bacillus thuringiensis* SV2 and *Serratia nematodiphila* SV6 against larvae of mosquito species *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi*, and *Culex quinquefasciatus*. *Parasitology research*, 110: 1841-1847.
- Pratiwi, E. K., dan Hariani, N. 2020. Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti* dari Lima Kelurahan di Kota Balikpapan Terhadap Temefos dan *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. *Jurnal Pro-Life*. 7 (1): 87-98.
- Pusdatin Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2022. *Situasi Dengue (DBD) di Indonesia pada Minggu Ke 6 Tahun 2022*.
- Pujiastuti, Y., Hakari, I. M., Umayah, A., Gunawan, B., dan Herlin, W. 2023. Kajian *Bacillus thuringiensis* Diperbanyak Pada Media Padat Hasil

Sampling Agroindustri Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Rumah Bayang. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11 (4): 651-660.

- Rahim, A., Roslina, R., Nurmaisah, N., dan Adiweni, M. 2022. Eksplorasi Potensi Bakteri Entomopatogen di Areal Tanaman Perkebunan Provinsi Kalimantan Utara. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 10 (2): 774-784.
- Rahmawati, E., Hidayat, M. T., dan Budijastuti, W. 2013. Pemanfaatan Biji Mimba (*Azadirachta indica*) Sebagai Larvasida Nyamuk *Culex* sp. *Lentera Bio*. 2 (3): 207-210.
- Repelita, A. 2024. Analisis Jenis-Jenis Media Air Yang Mempengaruhi Siklus Hidup *Aedes aegypti* di Area Pemukiman Penduduk. *Jurnal Kesehatan Tambusai*. 5 (2): 2802-2813.
- Rini, M. S., Rahadian, R., dan Zulfiana, D. 2016. Uji Efikasi Beberapa Isolat Bakteri Entomopatogen Terhadap Kecoak (Orthoptera) *Periplaneta americana* (L.) dan *Blatella germanica* (L.) Dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Akademika Biologi*. 5 (2): 1-10.
- Rukmana, R. M., dan Utami, R. S. 2019. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Salmonella* sp. dan *Serratia* sp. Pada Eksoskeleton Lalat Hijau (*Chrysomya megacephala*). *Biomedika*. 12 (1): 9-18.
- Saadah, F. L., dan Rahmadhini, N. 2023. Eksplorasi dan Identifikasi *Bacillus* sp. dari Tanah Rizosfer Bambu dan Tomat di Kelurahan Made, Sambikerep, Surabaya. *Agrocentrum*. 1 (1): 1-6.
- Santi, H. L., dan Purnama, S. G. 2016. Uji Patogenitas *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Terhadap Larva Nyamuk *Aedes* sp. Sebagai Biokontrol Penyebab Penyakit Demam Berdarah Dengue di Denpasar Tahun 2014. *Archive of Community Health*. 3 (1): 14-23.
- Saraswati, H., Seprianto, S., dan Wahyuni, F. D. 2019. Desain Primer Secara in Silico Untuk Amplifikasi Gen CryIII dari *Bacillus thuringiensis* Isolat Lokal. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*. 3 (1): 33-38.
- Susanti, R., Widiyanti, F., dan Dono, D. 2024. Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri Entomopatogen, Uji Keamanan Hayati serta Potensinya untuk Pengendalian Serangga Hama. *Agrikultura*. 35 (3): 459-472.
- Vajri, I. Y., Trizelia, T., dan Rahma, H. R. H. 2021. Potensi Rizobakteri dalam Mengendalikan Hama *Crociodolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae) Pada Tanaman Kubis. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*. 24 (1): 7-16.
- Variyani, Y. A., Setyaningrum, E., Handayani, K., Nukmal, N., dan Arifiyanto, A. 2021. Analisis Senyawa Bioaktif Ekstrak Metabolit Sekunder *Serratia*

marcescens Strain MBC1. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*. 4 (2): 64-71.

WHO. 2005. *Pencegahan dan Pengendalian Dengue dan Demam Berdarah Dengue*. 1st Ed. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran Egc.

Wicaksono, S., Kusdiyantini, E., dan Raharjo, B. 2020. Pertumbuhan dan Produksi Pigmen Merah oleh *Serratia marcescens* pada Berbagai Sumber Karbon. *Berkala Bioteknologi*, 3 (2): 1-10.

Wilkerson, R. C., Linton, Y. M., and Strickman, D. 2021. *Mosquitoes of the World*. 1. Johns Hopkins University Press.

Yuliana, A., Rinaldi, R. A., Rahayuningsih, N., dan Gustaman, F. 2021. Efektivitas Larvasida Granul Ekstrak Etanol Daun Pisang Nangka (*Musa x paradisiaca* L.) Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Journal of Vector-borne Disease Studies*. 13 (1): 69-78.

Zahra, A. 2024. *Tingkat Mortalitas Larva Aedes aegypti Dalam Kondensat Air Conditioner (AC) Setelah Pemberian Suspensi Bakteri Escherichia coli., Pseudomonas sp., dan Serratia sp.* Skripsi. Universitas Lampung.