

**DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti* AKIBAT PEMBERIAN
ISOLAT BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*,
Klebsiella sp., DAN *Bacillus* sp.)**

Skripsi

Oleh

**ANGELITA SITUMEANG
2057021006**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti* AKIBAT PEMBERIAN ISOLAT BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., DAN *Bacillus* sp.)

Oleh

Angelita Situmeang

Entomopatogen merupakan agen biologis yang bersifat patogen terhadap serangga yang dapat menghambat proses perkembangan serangga. Entomopatogen memiliki beberapa variasi seperti fungi, bakteri, ataupun virus. Dalam menekan populasi nyamuk *Ae. aegypti* menggunakan isolat bakteri entomopatogen, isolat entomopatogen yang digunakan pada penelitian ini terdiri (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.). Media yang digunakan dalam masa perindukan nyamuk *Ae. aegypti* yakni air sumur. Diberikan isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) sebagai perlakuan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) terhadap persentase jumlah telur nyamuk *Ae. aegypti*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari - Februari 2024 di Laboratorium Zoologi dan Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 kali pengulangan serta parameter yang diuji adalah nilai pH, Suhu, *Dissolved Oxygen* (DO). Data yang diperoleh di analisis dengan SPSS ver 23.0 secara statistik dengan uji normalitas *Shapiro-Wilk* lalu dilanjutkan dengan uji homogenitas dengan uji *Levene*, kemudian dianalisis kedalam uji *Kruskall Wallis* dan uji lanjut dengan uji *Dunn*. Hasil dari penelitian ini terdapat perbedaan jumlah daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* pada setiap perlakuan. Hal tersebut dibuktikan dalam uji *Dunn* didapatkan hasil paling signifikan pada bakteri *Bacillus* sp. – *E.coli* dengan dengan nilai signifikansi $\alpha=0,025$ ($\alpha < 0,05$) yang menunjukkan adanya perbedaan terhadap isolat bakteri entomopatogen (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) pada jumlah telur nyamuk *Ae. aegypti* yang menetas.

Kata Kunci : *Aedes aegypti*, daya tetas, isolat bakteri entomopatogen, faktor abiotik

ABSTRACT

HATCHING RATE OF *Aedes aegypti* MOSQUITO EGGS DUE TO THE ADDITION OF ENTOMOPHATOGENIC BACTERIA ISOLATES (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., DAN *Bacillus* sp.)

By

Angelita Situmeang

Entomopathogens are biological agents that are pathogenic to insects that can inhibit the process of insect development. Entomopathogens have several variations such as fungi, bacteria, or viruses. In suppressing the population of *Ae. aegypti* mosquitoes using entomopathogenic bacterial isolates, entomopathogenic isolates used in this study consisted of (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., and *Bacillus* sp.). The media used in the breeding period of *Ae. aegypti* mosquitoes is well water. Entomopathogenic bacteria isolates (*E. coli*, *Klebsiella* sp., and *Bacillus* sp.) were given as treatments. The purpose of this study was to determine the effect of entomopathogenic bacterial isolates (*E. coli*, *Klebsiella* sp., and *Bacillus* sp.) on the percentage of *Ae. aegypti* mosquito eggs. This research was conducted in January - February 2024 at the Zoology Laboratory and Microbiology Laboratory, Department of Biology FMIPA, University of Lampung. The study used a completely randomized design (CRD) with 6 repetitions and the parameters tested were pH, temperature, *dissolved oxygen* (DO). The data obtained were analyzed with SPSS ver 23.0 statistically with the *Shapiro-Wilk* normality test then continued with the homogeneity test with the *Levene test*, then analyzed into the *Kruskall Wallis* test and further test with the *Dunn* test. The results of this study showed a difference in the number of hatchability of *Ae. aegypti* mosquito eggs in each treatment. This is evidenced in the *Dunn's* test obtained the most results. This is evidenced in the *Dunn* test, the most significant results were obtained in *Bacillus* sp. - *E.coli* bacteria with a significance value of $\alpha = 0.025$ ($\alpha < 0.05$) which indicates a difference in entomopathogenic bacterial isolates (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., and *Bacillus* sp.) on the number of hatching *Ae. aegypti* mosquito eggs.

Keywords: *Aedes aegypti*, hatching rate, entomopathogenic bacteria isolates, abiotic factor

**DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti* AKIBAT PEMBERIAN
ISOLAT BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Eschericia coli*,
Klebsiella sp. , DAN *Bacillus sp.*)**

Oleh:

ANGELITA SITUMEANG

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti* AKIBAT PEMBERIAN ISOLAT BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Eschericia coli*, *Klebsiella* sp., DAN *Bacillus* sp.)**

Nama Mahasiswa : **Angelita Situmeang**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2057021006**

Program Studi : **Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Hendri Busman, M.Biomed.
NIP 195901011987031001

Pembimbing II



Priyambodo, S.Pd., M.Sc.
NIP 198611142015041003

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung

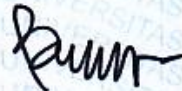


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP 198301312008121001

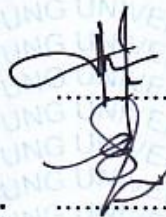
MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Hendri Busman, M.Biomed.



Sekretaris : Priyambodo, S.Pd., M.Sc.



Penguji Utama : Prof. Dr. Emantis Rosa, M.Biomed.

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP.197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Juli 2024

**SURAT PERNYATAAN
KEASILAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angelita Situmeang

NPM : 2057021006

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti* Akibat Pemberian Isolat Bakteri
Entomopatogen (*Eschericia coli*, *Klebsiella sp.*, Dan *Bacillus sp.*)”**

Bahwa apa yang tertulis dalam hasil penelitian skripsi ini adalah **benar** hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan, data serta informasi pembahasan yang telah saya dapatkan. Dan jugadari penelitian skripsi ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam hasil penelitian skripsi ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 15 Juli 2024

Yang menyatakan,



Angelita Situmeang
NPM. 2057021006

RIWAYAT HIDUP



Angelita Situmeang, lahir di Tangerang, 25 April 2002.

Merupakan anak perempuan pertama dari dua bersaudara dari Bapak Junior Situmeang dan Ibu Masnur Naibaho.

Penulis memulai pendidikan pertamanya sebagai murid TK di Mutiara Kasih pada tahun 2008, penulis melanjutkan jenjang pendidikan sekolah dasar empat tahun pertama di SD Citra Kasih dan dilanjutkan dua tahun terakhir di SDN 4

Parapat, lulus di tahun 2014. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan selanjutnya di SMPN 19 Kota Tangerang dan lulus di tahun 2017. Kemudian penulis melanjutkan sekolah menengah atas di SMAN 4 Kabupaten Tangerang dan lulus pada tahun 2020.

Penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2020 sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penulis aktif mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen, pada tahun 2021 menjadi Tim Musik, kemudian pada tahun 2022 sebagai Anggota divisi 3 dan melanjutkan kepengurusan di tahun 2023 sebagai Sekretaris Umum. Pada tahun yang sama penulis menjadi asisten praktikum di mata kuliah Fisiologi Hewan.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Lampung pada tanggal 4 Januari sampai 12 Februari 2023. Kemudian penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Agung Timur, Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Juni — September 2023

PERSEMBAHAN

Terpujilah Nama Tuhan Yesus Kristus
atas berkat, kasih dan penyertaanNya yang senantiasa melingkupiku,
kupersembahkan karya ini untuk segenap hati serta cinta kasih kepada :

Kedua Orang Tuaku:

Bapak Junior Situmeang dan Ibu Masnur Naibaho

Terimakasih atas pengorbanan, cinta kasih, motivasi serta penguatan yang diberikan kepada 'boru panggoarannya' demi keberhasilan buah hati tercintanya sehingga dapat menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Lampung;

Kepada Bapak dan Ibu dosen yang sudah memberikan ilmunya serta membimbing mahasiswanya sehingga dapat berhasil membawa mahasiswa mendapatkan gelar sarjana;

Teman-teman seperjuangan dan Adikku

Terimakasih telah memberikan semangat, motivasi, bantuan serta dukungan yang membangun. Proses yang telah terlewati dengan banyak kenangan dan pemberian yang manis akan selalu penulis kenang dan menjadi perjalanan hidup yang sangat berharga;

Almamaterku tercinta yang menjadi proses awal dalam perjalanan hidup serta kebanggaan dimanapun penulis berada,

Universitas Lampung

MOTTO

“Hai pemalas, pergilah kepada semut, perhatikanlah lakunya dan jadilah bijak”

(Amsal 6:6)

“Gabe ma Boru-boru na MarTuhan, Marroha dohot Marbisuk asa tanda ma ho
inang Boru ni Raja”

“Karena Masa Depan sungguh ada, dan harapan tidak akan hilang”

(Amsal 23:18)

“Waktu Tuhan Pasti Yang Terbaik”

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia yang telah dilimpahkan oleh Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti* Akibat Pemberian Isolat Bakteri Entomopatogen (*Escherichia coli.*, *Klebsiella sp.*, dan *Bacillus* sp.)”**. Penulis menyadari betul bahwa selama menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, motivasi serta doa’a dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr.Ir. Lusmeila Afriani, D.E.A., IPM., 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 Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1-Biologi dan Pembimbing Akademik, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Lampung.
5. Bapak Prof. Dr. Hendri Busman, M.Biomed., selaku Dosen Pembimbing I yang telah berbesar hati memberikan ilmu dalam membimbing serta mengarahkan penulis dengan rasa tulus serta kesabaran dari awal pengerjaan skripsi.
6. Bapak Priyambodo, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dalam proses pengerjaan skripsi.

7. Ibu Prof. Dr. Emantis Rosa, M.Biomed selaku Dosen Pembahas yang telah banyak memberikan masukan, arahan, nasihat dan waktunya yang sangat berharga kepada penulis dalam penyempurnaan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang penulis tidak dapat tuliskan satu-persatu namanya. Terimakasih penulis sampaikan atas jasa dan semua ilmu, pengajaran dan bimbingan yang telah diberikan selama penulis menjalankan kewajiban perkuliahan di Jurusan Biologi.
9. Tuhan Yesus Kristus yang selalu ada disetiap langkah penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih karena Tuhan Yesus tidak pernah membiarkan seorang Angel berjalan sendiri, yang selalu menjadi sumber kekuatan di setiap musim hidup. Waktu Tuhan pasti yang terbaik.
10. Kedua orangtua yang mengalir darah mereka di dalam tubuh saya, Bapak Junior Situmeang dan Ibu Masnur Naibaho. Terimakasih karena tidak pernah berhenti memberikan dukungan, motivasi penuh, materiil, nasihat secara moral maupun spiritual serta doa-doa yang dipanjatkan mereka kepada penulis.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya oleh penulis, yang telah ikut serta membantu dalam penulisan naskah skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan di dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, adanya saran serta kritik sangat diperlukan agar bisa menjadi lebih baik di kemudian hari. Tuhan Yesus Kristus senantiasa memberikan berkat dan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat selesai sebagai mana mestinya.

Bandar Lampung, 15 Juli 2024

Penulis,

Angelita Situmeang

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Klasifikasi dan Morfologi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	6
2.2 Habitat Perindukan Nyamuk <i>Ae. Aegypti</i>	8
2.3 Siklus Hidup Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	10
2.3.1 Telur	10
2.3.2 Larva	11
2.3.3 Pupa.....	13
2.3.4 Nyamuk Dewasa	14
2.4 Isolat Entomopatogen.....	15
2.4.1 <i>Escherichia coli</i>	15
2.4.2 <i>Klebsiella</i> sp.	17
2.4.3 <i>Bacillus</i> sp.	18
2.5 Pengaruh Lingkungan (Abiotik).....	20
III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Rancangan Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1. Peremajaan Stok dan Kultur Isolat Bakteri Entomopatogen <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.	23
3.4.2 Pembuatan Konsentrasi 15 ml Starter Bakteri <i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.	24
3.4.3 Pembuatan Konsentrasi 150 ml Starter Bakteri <i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.....	24

3.4.3 Pembuatan Suspensi Isolat Bakteri <i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.....	25
3.4.4 Penetasan Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	26
3.5 Pengukuran pH, DO dan Suhu	27
3.5.1 Pengukuran pH.....	27
3.5.2 Pengukuran DO	27
3.5.3 Pengukuran Suhu	28
3.6 Diagram Alir.....	29
3.7 Analisis Data	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Pengamatan	31
4.1.1 Daya Tetas Telur Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	31
4.1.2 Uji Kruskall Wallis.....	32
4.1.3 Uji <i>Dunn</i> Sebagai Uji Lanjut	32
4.1.4 Data pH, DO dan Suhu	33
4.2 Pembahasan	33
V. KESIMPULAN	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1 Rancangan Penelitian	22
Tabel 2 Persentase daya tetas telur nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang menetas di amati setiap 24 jam selama 3 hari	31
Tabel 3 Uji <i>Kruskall Wallis</i> terhadap jumlah perlakuan daya tetas telur nyamuk <i>Ae.aegypti</i>	32
Tabel 4 Perbedaan Jumlah Penetasan Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> terhadap Tiga Jenis Isolat Bakteri Entomopatogen.....	32
Tabel 5 Pengukuran pH, DO dan Suhu	33
Tabel 6 Uji Normalitas	48
Tabel 7 Uji Homogenitas	48
Tabel 8 Jumlah Telur Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Yang Menetas di amati Setiap 24 Jam Selama 3 Hari	49
Tabel 9 Pengukuran Suhu, pH dan DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Bakteri <i>E. coli</i> (Mahon dkk., 2015).....	15
Gambar 2. Pembuatan Starter Isolat Bakteri Entomopatogen (<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.)	51
Gambar 3. Sentrifuge Starter Isolat Bakteri Entomopatogen (<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.)	51
Gambar 4. Hasil Sentrifuge Isolat Bakteri Entomopatogen (<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp., dan <i>Bacillus</i> sp.)	51
Gambar 5. Suspensi Isolat Bakteri Entomopato (<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella</i> sp, dan <i>Bacillus</i> sp.)	51
Gambar 6. Telur Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Diperoleh Dari Laboratorium Entomologi IPB.....	52
Gambar 7. Perkembangbiakan Telur Nyamuk <i>Ae.aegypti</i>	52
Gambar 8. Pengukuran Suhu.....	52
Gambar 9. Pengukuran DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	52
Gambar 10. Pengukuran pH.....	53

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu upaya agen hayati yang mampu menginfeksi serangga dan merusak sistem metabolisme pada struktur tubuh serangga yakni dengan fungi entomopatogen. Entomopatogen dapat mensekresikan senyawa yang dapat merusak jaringan tubuh, mengganggu organel dan fungsi sel, mensekresikan senyawa serta mensekresikan enzim tertentu. Entomopatogen dapat meningkatkan efek mematikan bagi serangga (Risdayanti dkk., 2022).

Agen pengendalian hayati entomopatogen yang dapat mempengaruhi kemampuan nyamuk dalam proses perkembangannya yakni dengan bakteri. Keberadaan bakteri *E. coli*, *Bacillus* sp. dapat menghambat perkembangan nyamuk *Ae. aegypti*. (Caragata, 2019). Bakteri lain yang ditemukan sebagai agen pengendalian hayati entomopatogen yakni *Klebsiella* sp., bakteri ini dapat menekan metabolisme perkembangan nyamuk *Ae. aegypti*. Ketiga bakteri ini sebagai agen pengendalian hayati entomopatogen menekan perkembangan nyamuk mulai dari penetasan telur hingga menghambat perkembangan nyamuk *Ae. aegypti* serta mengkolonisasi dibagian *midgut* nyamuk *Ae. aegypti* (Scolari *et al.*, 2019).

Nyamuk *Ae. aegypti* cenderung lebih menyukai air sumur dalam masa perindukannya. Menurut penelitian dari jurnal (Yahya dan Warni, 2017), di Yogyakarta terdapat empat dari sepuluh sumur yang diteliti dengan persentase 35% sumur yang mengandung larva *Ae*

aegypti. Di Queensland, Australia disebutkan bahwa sumur juga menjadi tempat perindukan untuk nyamuk *Ae. Aegypti*.

Karakteristik yang dimiliki air sumur yakni salinitas dan kandungan organik yang rendah, pH netral, tingkat kekeruhan air yang rendah mendekati jernih, volume air yang besar serta kandungan organisme renik dan kandungan mikroba yang relatif tinggi (Mawardi dan Busra, 2019). Untuk mengetahui jumlah perbedaan penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* hanya dilakukan dengan perlakuan perbedaan pada media airnya saja tanpa diberikan mikroba sebagai agen pengendalian hayati. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Lestari dkk., 2022) dilihat perbedaan daya tetas telur nyamuk *Ae.aegypti* pada tiga jenis air perindukan yakni air sumur, air hujan dan air PAM (Perusahaan Air Minum) terdapat perbedaan jumlah telur nyamuk *Ae. aegypti* yang menetas. Penelitian oleh (Yahya dan Warni, 2017) perbedaan daya tetas pada tiga jenis air sumur gali dan air selokan., serta air kaporit yang dilakukan oleh (Hasril, 2022). Dalam penelitian tersebut belum ada mencakup pemberian isolat bakteri entomopatogen di dalamnya. Penggunaan isolat bakteri entomopatogen ini untuk mengurangi persentase telur nyamuk *Ae.aegypti* yang menetas Hal ini tentu saja menjadi langkah awal dalam penelitian lanjutan terkait adanya mikroorganisme yang dapat menjadi penghambat daya tetas telur nyamuk *Ae.aegypti*. kurang dapat menghambat perkembangbiakan serangga sebagai agen pembawa vektor penyakit, harus ditambahkan agen pengendalian hayati sebagai biokontrol untuk menurunkan populasinya, misalnya dengan menggunakan aktivitas bakteri entomopatogen.

Daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* terjadi ketika telur nyamuk *Ae. aegypti* terkena oleh air dan akan berkembang menjadi larva. Daya tetas bergantung pada suhu dan ketersediaan nutrisi dari tempat perindukannya, ketersediaan oksigen serta aktivitas mikroba (Faraone *et al.*, 2021). Adanya mikroba dalam penetasan telur nyamuk akan mempengaruhi perkembangan nyamuk *Ae. aegypti*. Penelitian ini menggunakan isolat bakteri entomopatogen (*E.*

coli, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) Bakteri *E. coli* dapat menurunkan aktivitas bertahan hidup hingga mencapai 75%, karena bakteri *E. coli* melakukan proliferasi dalam media perindukan telur nyamuk *Ae. aegypti* menyebabkan defisiensi nutrisi sehingga telur nyamuk *Ae. aegypti* akan mengalami dehidrasi karena sel chorionic sebagai pelindung lapisan dalam telur mengalami penyusutan (Souza *et al.*, 2019). Pada bakteri *Klebsiella* sp. menyerang bagian pencernaan usus nyamuk *Ae. aegypti* dengan menghasilkan enzim kitinase sehingga menyerap nutrisi yang ada pada saat larva serta memperlambat proses perkembangan penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* (Gaio *et al.*, 2011)., merusak komponen eksoskeleton nyamuk *Ae. aegypti* yang disebabkan oleh enzim kitinase yang dimiliki oleh bakteri *Klebsiella* sp. (Sani, 2012). Pada bakteri *Bacillus* sp. memiliki enzim protease dengan kandungan yang bersifat toksik bagi nyamuk *Ae. Aegypti*, karena terdapat *Cry protein.*, dan akan mengganggu keseimbangan osmotik nyamuk *Ae. Aegypti*. (Hitipeuw dkk., 2022).

Kemampuan nyamuk betina *Ae. aegypti* mampu memproduksi telur dalam jumlah besar dalam menghasilkan telurnya sebanyak 300 butir dalam satu kali periode selama 1-3 hari. Penetasan akan terjadi dimulai karena adanya oksigen pada telur yang menimbulkan cangkang telur nyamuk *Ae. Aegypti* terbuka dan melanjutkan ke tahap perkembangan dari larva hingga nyamuk dewasa. (Setiyaningsih dan Alfiah, 2014). Masa perkembangan nyamuk *Ae. aegypti* mendegradasikan berbagai partikel organik yang mungkin tersuspensi dari tempat perindukannya di dalam air seperti bakteri, jamur, virus dan nematoda. Bakteri atau partikel organik yang masuk ke dalam tubuh nyamuk *Ae. aegypti* akan mempengaruhi proses perkembangannya sampai pada tahap dewasa (Travanty *et al.*, 2019).

Dalam perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti* juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan yakni dipengaruhi oleh suhu, pH, kadar oksigen. Telur nyamuk *Ae. aegypti* mengalami perkembangan pada suhu 12°C - 35°C, kemudian

telur akan menetas di sekitar 16°C - 31°C. Namun pada suhu yang rendah (dibawah suhu optimal) telur nyamuk dapat berkembang dan menetas dengan memerlukan waktu yang lebih lama sekitar 4 - 5 hari, serta pH sekitar 7 (Yahya dkk., 2019).

Dalam penelitian ini hal yang mendasari daya tetas nyamuk *Ae. aegypti* adalah faktor lingkungan dalam perindukannya yang meliputi pengukuran suhu, pH, dan DO. Media penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* yang digunakan adalah air sumur, diberikan isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) sebagai perlakuan yang menjadi agen pengendalian hayati untuk penetasan telur nyamuk *Ae. Aegypti*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) terhadap persentase jumlah telur nyamuk *Ae.aegypti*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Entomopatogen adalah salah satu agen pengendalian hayati yang dapat mensekresikan senyawa yang ada dalam tubuh serangga, merusak jaringan tubuh, mengganggu organel dan fungsi sel, sebagai agen biokontrol dalam pengendalian serangga yang bersifat patogen. Salah satu contoh entomopatogen sebagai agen pengendali hayati yakni bakteri. Isolat bakteri yang digunakan pada penelitian ini ada tiga yakni (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.). Pengendalian vektor ini berguna untuk menekan populasi nyamuk *Ae. Aegypti*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) terhadap persentase jumlah telur nyamuk *Ae.aegypti*. Penelitian ini dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan dengan pemberian 100 butir telur nyamuk disetiap pengulangannya yang ditempatkan pada wadah perlakuan sebagai

perindukan bagi nyamuk *Ae. aegypti*. Lalu diamati setiap 24 jam dalam waktu 3 hari. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan dalam analisis SPSS ver 23.0 dianalisis secara statistik dengan uji normalitas *Shapiro-Wilk* lalu dilanjutkan dengan uji homogenitas dengan uji *Levene*, kemudian dianalisis kedalam uji *Kruskall Wallis*, lalu diuji lanjut dengan uji Dunn. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengetahui persentase penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* dengan pemberian isolat bakteri entomopatogen dalam menghambat populasi nyamuk *Ae. aegypti*.

1.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian yang diajukan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) memiliki perbedaan persentase jumlah telur nyamuk *Ae. aegypti* yang menetas.

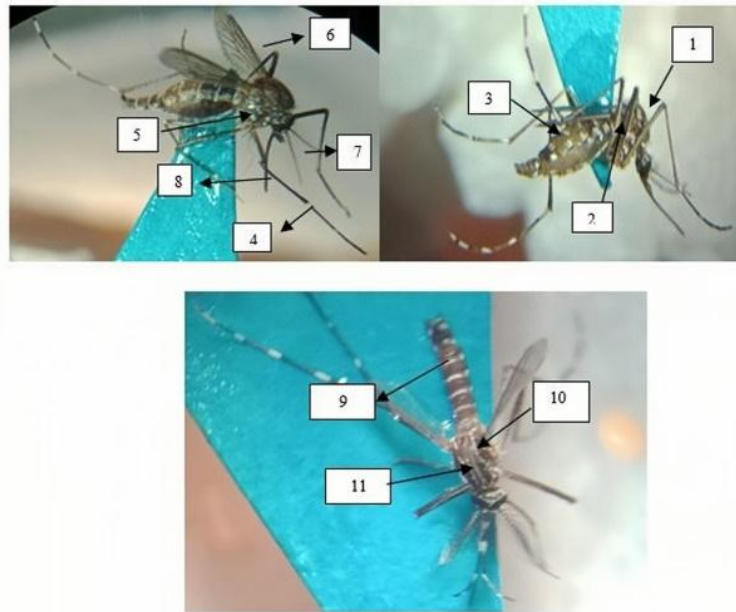
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi Nyamuk *Aedes aegypti*

Klasifikasi *Ae. aegypti* menurut Wornack (1993) dalam (Susanti dan Suharyo, 2017) dalam sistem nomenklatur, tercantum sebagai berikut :

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Bangsa	: Diptera
Keluarga	: Culicidae
Suku	: <i>Aedes</i>
Jenis	: <i>Aedes aegypti</i>

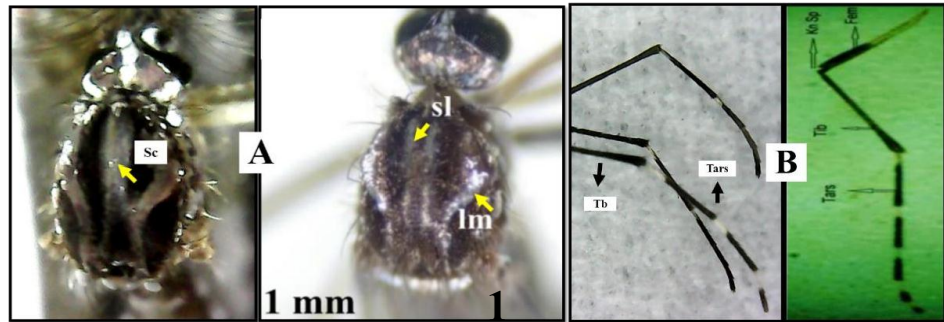
Nyamuk *Ae. aegypti* termasuk hewan holometabola atau sering disebut dengan metamorfosis lengkap, memiliki sepasang sayap depan yang lengkap serta memiliki sayap dibagian dalam, sayap dibagian belakang beralih fungsi sebagai keseimbangan tubuh. Nyamuk *Ae. aegypti* sering dikenal dengan sebutan *Black White Mosquito* ataupun *Tiger Mosquito* karena memiliki warna tubuh yang khas yakni adanya garis-garis dan bercak putih keperakan diatas dasar warna hitam. (Palgunadi dan Rahayu, 2011). Ukuran nyamuk *Ae. aegypti* jantan lebih kecil daripada betina dan terdapat rambut-rambut tebal dibagian antena nyamuk jantan, pada nyamuk betina ukuran tubuh sedikit lebih besar daripada jantan. Pada nyamuk betina, warna tubuh lebih gelap dan palpus pada betina lebih pendek daripada nyamuk jantan (Purnama, 2015).



Gambar 1 Morfologi Nyamuk *Ae. aegypti* (Berri dkk., 2020)

Keterangan : 1. Kepala, 2. Thorax, 3. Abdomen, 4. Kaki, 5. Mesepimeron, 6. Sayap, 7. Antena, 8. Probosis, 9. Lyre form, 10. Garis melengkung, 11. Garis Lurus

Tubuhnya, memiliki dua buah garis putih yang sejajar dibagian garis median punggung tubuhnya serta dua garis melengkung dibagian kedua sisi lateral tubuhnya. Memiliki mulut dengan tipe mulut penusuk dan penghisap (*rasping-sucking*), pada saat dewasa memiliki dua garis lurus dibagian tengah thorax, memiliki enam stilet yang merupakan gabungan antara mandibular, maxilla yang fungsinya untuk menusuk jaringan kulit sampai kepembuluh darah kapiler serta mengeluarkan ludah sebagai toksik atau racun. Pada nyamuk betina *Ae. aegypti* memiliki abdomen yang lancip dibagian ujungnya dan cerci yang panjang (Palgunadi dan Rahayu, 2011).



Gambar 2 Thorax (A) dan Tarsus (B) Nyamuk *Ae. Aegypti* (Qibtiyah dkk., 2022).

Thorax nyamuk *Ae. aegypti* pada bagian scutumnya mempunyai dua garis putih dibagian tengah dan dua garis melengkung dipinggir sebagai pembeda antara nyamuk yang lainnya, memiliki kaki belakang (femur, tibia dan tarsus). Tarsus pada nyamuk *Ae. aegypti* berjumlah 5 dan memiliki warna hitam putih berselang-seling (Rahayu dan Ustiawan, 2013). Pada bagian kakinya nyamuk *Ae. aegypti* mempunyai ciri khusus yakni adanya tanda seperti pita atau garis putih dengan dasar hitam, memiliki modifikasi abdomen yang membentuk gigi sisir berduri lateral pada abdomen ke 8 atau 9 (Qibtiyah dkk., 2022).

2.2 Habitat Perindukan Nyamuk *Ae. Aegypti*

Ae. aegypti dalam perindukannya secara umum terbagi menjadi dua yakni perindukan buatan (*artificial container*) dan perindukan alami (*natural container*). Contoh dari perindukan alami yakni lubang pohon, batok kelapa ataupun lubang *breeding* di batu. Sedangkan contoh dari perindukan buatan yakni bak, ember, vas atau pot bunga, botol bekas, kaleng bekas, ember serta dispenser (Widada dan Gazali., 2020).

Ae. aegypti memiliki masa perkembangan dari fase telur hingga fase dewasa dalam kurun waktu 7 - 14 hari. Tempat perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti* biasanya ditempat genangan air bersih seperti bak mandi, tempayan, kontainer rumah yang memiliki genangan air, ornamantal—ornamantal rumah seperti hiasan dinding yang berbentuk wadah berisi genangan air merupakan

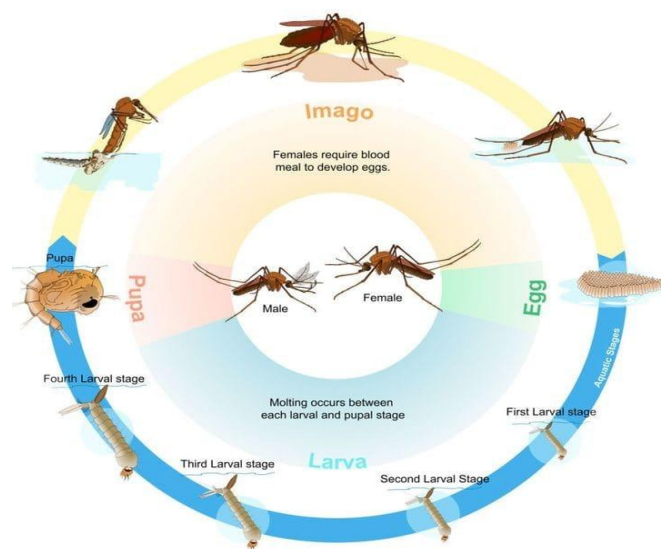
habitat yang di senangi oleh nyamuk *Ae. aegypti*. Namun sekarang nyamuk *Ae. aegypti* tidak hanya berkembangbiak di genangan air bersih saja, di air selokan juga banyak ditemui. Hal ini dikarenakan air selokan memiliki banyak bakteri untuk dijadikan bahan makanan nyamuk *Ae. aegypti* yang dapat mendukung perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti*. Tidak hanya genangan air bersih dan juga selokan, tetapi tumbuhan yang tumbuh di atas tanah juga dapat menjadi habitat nyamuk, dikarenakan tanah yang keras dapat berpotensi memiliki cekungan untuk membentuk genangan air, daun—daun besar dari tumbuhan tersebut juga dapat menjadi wadah bagi nyamuk untuk melakukan perkembangbiakan (Sudarwati dkk., 2021).

Salah satu golongan tumbuhan yang dijadikan tempat perindukan atau perkembangbiakan alami nyamuk *Ae. aegypti* adalah *Phytotelmata* yang ditemukan di Kebun Raya Liwa (Sitinjak dkk., 2020)., dan Universitas Lampung (Rosa dkk., 2020). Golongan tumbuhan ini memiliki karakteristik seperti ketiak daun (*leaf axils*), tunggul pohon atau lubang dalam pohon (*tree stumps*), daun kering, struktur batok kelapa, lubang pohon (*tree hole*) yang dimana bagian tubuhnya dapat menampung genangan air sehingga menjadi faktor pendukung untuk nyamuk melakukan perindukan atau perkembangbiakan (Rosa dkk., 2020).

Dalam perkembangbiakannya nyamuk *Ae. aegypti* cenderung tidak menyukai tempat yang terkena matahari langsung serta tidak dapat bertahan hidup serta melakukan perindukan secara langsung di tanah (Widada dan Gazali., 2020). (Menurut Yahya dan Warni, 2017) Dalam perindukan nyamuk *Ae. aegypti* sumur merupakan tempat potensial bagi nyamuk karena memiliki daya tarik tersendiri khususnya nyamuk betina untuk meletakkan telurnya.

2.3 Siklus Hidup Nyamuk *Ae. aegypti*

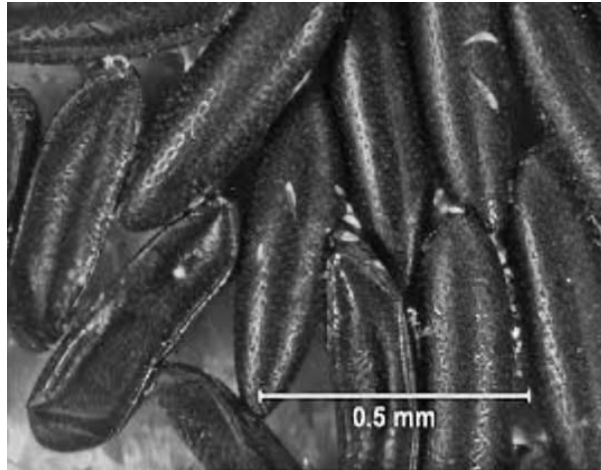
Nyamuk *Ae. aegypti* merupakan nyamuk holometabola atau memiliki metamorfosis sempurna yang dimulai dari fase telur, larva, pupa dan fase dewasa. Telur biasanya diletakkan ditempat yang kering dan akan mengalami fase larva jika telur berada pada air. Selama bertelur, nyamuk *Ae. aegypti* betina memproduksi telurnya sebanyak 300 butir telur dan perkembangannya hingga sampai fase imago (dewasa) memerlukan waktu sekitar 9 - 10 hari (Suparyati dan Himam, 2021). Berikut siklus perkembangan nyamuk *Ae. Aegypti*



Gambar 3 Siklus Hidup Nyamuk *Ae. aegypti* (Carver *et al.*, 2015).

2.3.1 Telur

Dalam menghasilkan telurnya nyamuk betina *Ae. aegypti* dapat mengeluarkan sebanyak 300 butir telur dalam setiap kali bertelur. Telur memiliki ukuran kurang lebih 0,80 mm dan berwarna hitam, dapat bertahan selama 6 bulan jika tidak diletakkan dalam air atau dengan keadaan kering dan akan berkembang menjadi larva jika ditempat berair dengan waktu kurang lebih 2 hari. Lalu larva yang berkembang akan memiliki perubahan ukuran dan bentuk dengan panjang 0,5 cm - 1 cm (Atikasari dan Sulistyorini, 2018).



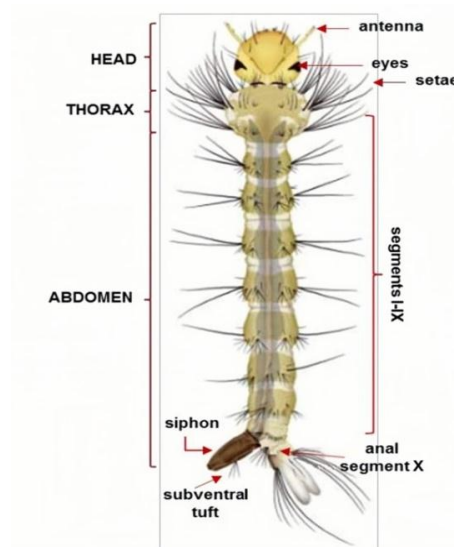
Gambar 4 Telur Nyamuk *Ae. aegypti* (Obeneur *et al.*, 2009).

Telur nyamuk memiliki ujung yang runcing, lonjong dan panjang, berbentuk elips atau oval memanjang, memiliki permukaan yang poligonal yaitu permukaan telur menggemuk berbentuk simetri bilateral dengan ekstremitas runcing, tidak memiliki alat pelampung, berat berkisar 0,0010 - 0,015 mg, memiliki *outer chorionic cell* atau pada permukaan luar dinding selnya tersebar suatu struktur sel (Lema dkk., 2021). Terdiri atas tiga lapisan yakni *eksokorion*, *endokorion* dan *kutikula serosal* serta dilindungi oleh cangkang telur yang berfungsi untuk melindungi embrio yang sedang dalam masa perkembangan serta membantu menjaga keseimbangan telur di dalam air. Sedangkan *kutikula serosal* berfungsi untuk meningkatkan pertahanan telur nyamuk *Ae. aegypti* pada lingkungan yang kering dan tidak terkena air selama berjam—jam (Farnesi *et al.*, 2015)

2.3.2 Larva

Saat di dalam air nyamuk *Ae. aegypti* bergerak dengan aktif dengan gerakan yang berulang dari bawah ke atas permukaan air untuk mengambil Oksigen (O₂) lalu turun dan kembali lagi ke bawah begitu seterusnya. Pada keadaan istirahat posisi larva akan berubah menjadi tegak lurus. Untuk berkembang menjadi tahap selanjutnya

yaitu pada tahap pupa memerlukan waktu sekitar 6 - 8 hari (Atikasari dan Sulistyorini, 2018).



Gambar 5 Larva Nyamuk *Ae. aegypti* (Oced, 2018).

Pada tahap perkembangan larva nyamuk *Ae. aegypti* memiliki perkembangan yang berbeda—berbeda sesuai dengan masa perinstarnya. Berikut masa perkembangan larva nyamuk *Ae. aegypti* yang dimulai dari instar 1 hingga instar 4 (Dalilah dkk., 2018).

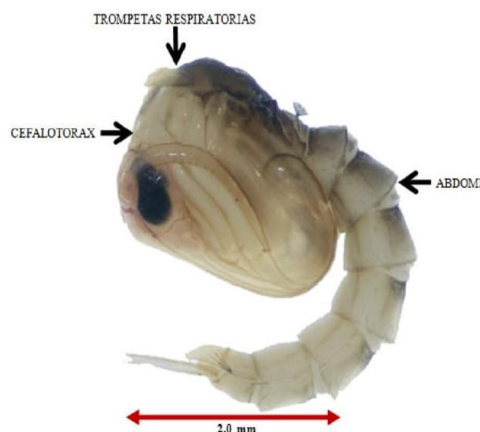
Larva fase 1 memiliki ukuran tubuh yang sangat kecil, warna transparan, memiliki panjang 1 - 2 mm, spinae pada thorax belum begitu jelas dengan ukuran 2 mm dan corong pernapasan (siphon) belum begitu menghitam. Larva fase 2 ukuran tubuhnya mulai membesar memiliki ukuran 2,3 - 3,5 mm, spinae belum jelas dengan ukuran yang semakin membesar yakni 3 mm dan siphon sudah berwarna hitam. Larva fase 3 ukuran tubuhnya mengalami perkembangan dengan ukuran 4 - 5 mm, spinae mulai jelas dan siphon berwarna coklat kehitaman. Fase terakhir yakni Larva fase 4 memiliki kepala berwarna gelap dan berukuran paling besar yakni 5 - 6 mm.

Pada perkembangan larva memerlukan pakan yang mengandung karbohidrat, protein dan asam amino. Selain makanan, larva juga dipengaruhi oleh suhu air. Pada suhu optimum 23°C - 27°C dalam

proses perkembangan ke tahap selanjutnya hanya memerlukan waktu kurang lebih 2 minggu dan dapat bertahan pada suhu -2°C selama 2 - 10 jam dan larva akan mati jika berada pada suhu 10°C bila terpapar lebih dari 11 jam serta mengalami perkembangan yang kurang baik jika air yang digunakan keruh (Mawardi dan Busra, 2019)

2.3.3 Pupa

Pupa nyamuk *Ae. aegypti* memiliki bentuk tubuh seperti tanda “koma”, memiliki sepasang *paddles* atau alat pengayuh pada ruas kedelapan yang berfungsi untuk pergerakannya di dalam air. Berbeda dengan larva, pupa tidak memerlukan makanan tetapi memerlukan udara yang cukup untuk dapat bernafas di permukaan air serta pada bagian thorax memiliki sepasang struktur seperti terompet kecil (Lema dkk., 2021).



Gambar 6 Pupa Nyamuk *Ae. aegypti* (Rao, 2020).

Memiliki pergerakan yang lambat tidak seperti semasa larva yang aktif bergerak, aktivitas pupa jika lebih banyak di permukaan air serta untuk berkembang menjadi nyamuk dewasa memerlukan waktu selama 1 - 2 hari (Atikasari dan Sulistyorini, 2018). Memiliki bentuk tubuh bengkok, memiliki cephalothorax yang ukurannya lebih besar dibandingkan dengan ukuran perutnya,

memiliki dorsal seperti terompet yang berguna untuk bernafas (Purnama, 2015).

2.3.4 Nyamuk Dewasa

Pada saat nyamuk dewasa, nyamuk *Ae. aegypti* memiliki ukuran tubuh yang kecil dengan warna dasar hitam, terdiri atas tiga bagian tubuh yakni kepala, thorax dan abdomen, memiliki bercak putih pada bagian thorax, perut dan kaki yang dapat dilihat dengan mata telanjang, memiliki *proboscis* pada nyamuk betina yang berfungsi untuk menghisap darah, sedangkan nyamuk jantan tidak menghisap darah namun menghisap nectar sebagai sumber energi bagi tubuhnya, memiliki sepasang antena yang disebut *pilose* untuk betina dan *plumose* untuk nyamuk jantan, serta alat kelamin pada nyamuk *Ae. aegypti* betina disebut dengan cerci dan pada nyamuk *Ae. aegypti* jantan disebut dengan *hypopigidium* (Lema dkk., 2021).



Gambar 7 Nyamuk Dewasa *Ae. aegypti* (Dueñas-López, 2022).

Nyamuk *Ae. aegypti* jantan memiliki rambut—rambut tebal yang berbentuk seperti sisir serta ukuran tubuhnya lebih kecil dibandingkan dengan nyamuk *Ae. aegypti* betina, memiliki *lyre* pada bagian dorsal (*mesonotum*) sebagai ciri khas dari nyamuk *Ae.*

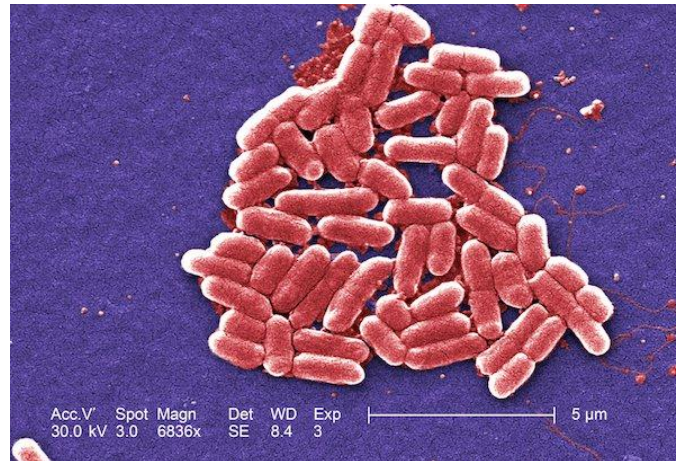
aegypti , skutelum bersisik lebar dengan warna putih, pada bagian basal dan ruas tarsus kakinya berbentuk seperti berpita dengan warna putih, memiliki antenna sebanyak 15 segmen dengan ukuran yang panjang dan langsing (Mawardi dan Busra, 2019).

2.4 Isolat Entomopatogen

Isolat bakteri entomopatogen merupakan organisme prokariotik uniseluler. Isolat bakteri entomopatogen menginfeksi serangga melalui sel epitel pada pencernaan serangga yang menyebabkan kematian serangga karena terkena racun yang dihasilkan dari bakteri entomopatogen (Mampalil *et al.*, 2017). Isolat bakteri entomopatogen ada yang memiliki bentuk batang, kokus dan juga spiral serta bakteri yang tanpa dinding sel bersifat pleomorfik (Singh *et al.*, 2023). Isolat bakteri entomopatogen yang dipakai pada penelitian kali ini ada tiga yakni :

2.4.1 Escherichia coli

Bakteri ini adalah salah satu indikator bakteri pencemar yang ada di perairan, termasuk dalam bakteri oportunistik yang menghasilkan enterotoksin, hidupnya berkoloni dan bersifat fakultif anaerob (Prasetya, 2018). Memiliki dinding sel yang berupa lipopolisakarida, kapsul berupa polisakarida yang berguna sebagai bentuk pertahanan atau melindungi memberan luar dari fagositik dan flagella yang memilki sifat antigenik (Hamida dkk., 2019).



Gambar 8 Bakteri *E. coli* (Mahon, 2015)

Klasifikasi *E. coli* menurut Theodor Escherich (1885) dalam (Arivo dan Dwiningtyas, 2019) :

Kerajaan : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gammaproteobacteria
 Bangsa : Enterobacteriales
 Suku : Enterobacteriaceae
 Marga : *Escherichia*
 Jenis : *Escherichia coli*

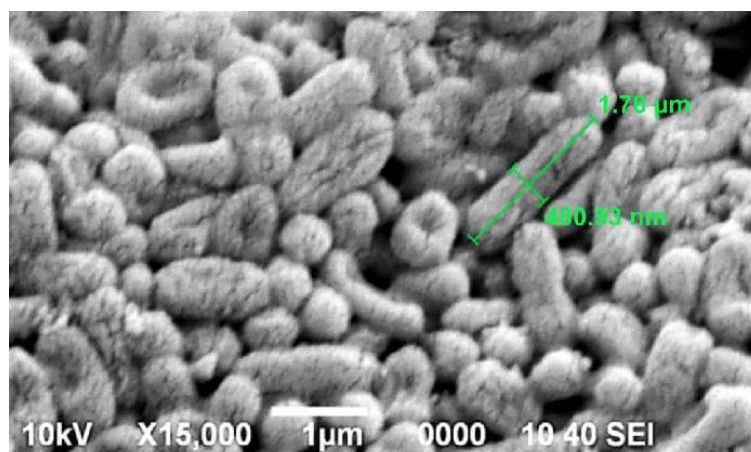
Bakteri *E. coli* merupakan bakteri gram negatif yang dapat menginfeksi serangga sehingga sering digunakan menjadi agen pengendalian hayati atau biokontrol karena memiliki virulensi yang tinggi (Jurat dan Jackson, 2012).

Karakteristik dari bakteri *E. coli* dapat mendegradasi glukosa menjadi asam dan gas, dapat tumbuh pada media *Eosin Methylene Blue* (EMB), tumbuh dengan baik pada media *MacConkey Agar* (MAC). dapat hidup dalam lingkungan yang tidak mensuplai oksigen dan memiliki kemampuan *hemolysis* sehingga jika di bakteri ini ditumbuhkan pada media *Eosin Methylene Blue* (EMB), akan memberikan warna hijau metalik yang menjadi ciri khususnya (Sari dan Mulia, 2015).

Bakteri *E. coli* hidup pada saluran pencernaan serangga, berbentuk batang dengan ukuran berkisar antara 1.0 - 1.5 μm x 2.0 - 6.0 μm , dapat tahan pada media yang miskin nutrisi, kurang mampu memfermentasi sitrat, tumbuh baik pada perairan tawar, laut ataupun tanah, memiliki waktu generasi sekitar 30 - 87 menit bergantung pada suhu, waktu ini digunakan *E. coli* untuk membelah diri menjadi dua kali lipat untuk mendegrasi saluran pencernaan pada serangga. *E. coli* dapat tumbuh baik pada suhu 37°C dengan minimal pH 4,5 (Kuswiyanto, 2014).

2.4.2 *Klebsiella* sp.

Bakteri *Klebsiella* sp. dapat menghambat perkembangan nyamuk *Ae. aegypti*, menghambat terhadap pencernaan di usus tengah nyamuk *Ae. aegypti* dan perkembangan inangnya (Oced, 2018). Mempengaruhi lisis sel darah merah sehingga memperlambat pencernaan nyamuk *Ae. aegypti*, menyerap nutrisi pada tahap larva yang pada akhirnya dapat menghambat perkembangannya hingga pada tahap dewasa. Pada nyamuk dewasa dapat mempengaruhi pematangan oosit sehingga menghasilkan produksi telur yang lebih sedikit (Gaio *et al.*, 2011).



Gambar 9 Bakteri *Klebsiella* sp. (Mohammed *et al.*, 2018).

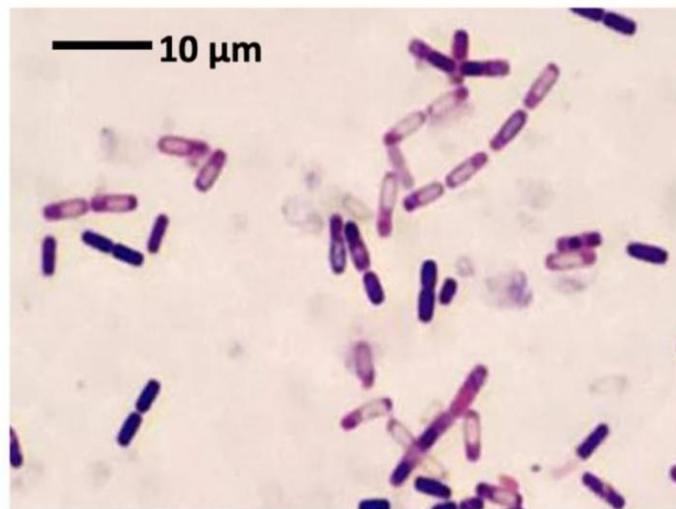
Klasifikasi *Klebsiella* sp. menurut Edwin Klebs (1834) dalam (Dewi, 2021):

Kerajaan : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gammaproteobacteria
 Bangsa : Enterobacteriales
 Suku : Enterobacteriaceae
 Marga : *Klebsiella*
 Jenis : *Klebsiella* sp.

Klebsiella sp. juga termasuk dalam bakteri endofit kitinolitik dimana berperan sebagai agen pengendali hayati nyamuk *Ae. aegypti*. Komponen *eksoskeleton* yang dimiliki oleh nyamuk *Ae. aegypti* tersusun atas kittin sehingga enzim yang dimiliki oleh bakteri *Klebsiella* sp. ini yaitu enzim kitinase dapat mendegradasi *eksoskeleton* nyamuk *Ae. aegypti* sehingga dapat menghambat proses perkembangan nyamuk dan membutuhkan waktu yang lebih lama dari tahap larva ke pupa (Sani, 2012). Memiliki batang lurus dengan diameter 0,3 - 1 μm x 0,6 - 6 μm , merupakan bakteri gram negatif, bersifat anaerobic fakultif, dapat tumbuh baik pada suhu 37°C, mempunyai sifat katalisasi D—glukosa serta menghasilkan asam dan gas, berkoloni yang berbentuk lender atau mukoid (Harni, 2010).

2.4.3 *Bacillus* sp.

Bakteri *Bacillus* sp. merupakan bakteri gram positif berbentuk batang, memiliki sifat anaerob fakultif, memiliki bentuk oval hingga silindris pada endosporanya, membentuk endospora yang menghasilkan kristal protein yang dikenal dengan *Cry* (*Crystal Protein*). Protein ini bersifat toksik bagi nyamuk *Ae. aegypti* namun tidak mencemari lingkungan (Melanie dkk., 2018).



Gambar 10 Bakteri *Bacillus* sp. (Ferdiani *et al.*, 2023).

Klasifikasi *Bacillus* sp. menurut Hadioetomo (1985) dalam (Hitipeuw dkk., 2022) :

Kerajaan : Bacteria
 Filum : Firmicutes
 Kelas : Bacilli
 Bangsa : Bacillales
 Suku : Bacillaceae
 Marga : *Bacillus*
 Jenis : *Bacillus* sp.

Bacillus sp. memberikan spektrum luas terhadap salah satu cara alternatif larvasidal untuk menghambat pertumbuhan nyamuk *Ae. aegypti*, memiliki kemampuan resisten terhadap bahan kimia yang terdapat di alam, tahan pada suhu ekstrem dan dapat bertahan pada kondisi air yang kurang baik (Pratiwi dkk., 2013). Dalam siklus hidupnya mengalami fase vegetatif, pada fase ini bakteri *Bacillus* sp. melakukan pembelahan diri dan menghasilkan metabolit sekunder antara lain biosurfaktan, enzim serta eksotoksi. Lalu setelahnya mengalami fase sporulasi (Glare *et al.*, 2017). Enzim yang ada pada bakteri *Bacillus* sp. adalah enzim kinatase yang menghasilkan toksin

paraspora yang bersifat sebagai larvasida bagi nyamuk *Ae. aegypti* (Melo *et al.*, 2016)., dan ezim protease yang dapat menguraikan *Cry protein* menjadi toksik yang mengganggu keseimbangan osmotik dalam usus larva nyamuk *Ae. Aegypti* untuk menghambat proses perkembangbiakan nyamuk *Ae. Aegypti*. (Hitipeuw dkk., 2022)

2.5 Pengaruh Lingkungan (Abiotik)

Perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti* dalam masa perindukannya yang membutuhkan air dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH, intensitas suhu, kelembaban, oksigen yang terlarut serta nutrisi air (Jacob dkk., 2014). Kondisi ini juga dapat terjadi secara variasi tergantung letak geografis ataupun perubahan iklim (Oced, 2018). Nyamuk *Ae.aegypti* akan mati jika berada pada pH <3 atau >12 (Janah dkk., 2017). Proses perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti*, sedangkan untuk suhu telur nyamuk *Ae. aegypti* akan berkembang secara optimal pada suhu 25°C - 28°C (Farida *et al.*, 2019).

Faktor lain yang dapat mempengaruhi perkembangan daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* yakni cahaya, kekeruhan air yang disebabkan oleh tumbuhan *plankton* ataupun zat yang tidak tersuspensi masuk dalam air. Tingkat kekeruhan yang berlebih mengakibatkan adanya perbedaan pada penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* serta perkembangan tubuh larva seperti abrasi epitel saluran pernafasan, penurunan frekuensi makan pada larva, keracunan, berkurangnya penglihatan dan dapat menurunkan kadar kandungan oksigen di dalamnya (Yahya dan Warni, 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari - Februari 2024, dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi untuk tahap preparasi dan penetasan isolat bakteri entomopatogen dalam pembuatan isolat bakteri sebagai pakan untuk telur nyamuk *Ae. aegypti* dan di Laboratorium Zoologi untuk tahap penetasan daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti*.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi, tabung reaksi, erlenmeyer, gelas beaker, *shaker inkubator*, ose bulat, gelas ukur, jar botol kaca ukuran 500 ml, plastik *Thinwall* ukuran 650 ml, Biological *Safety Cabinet* (BSC), neraca analitik, *centrifuge*, *hot plate*, pipet tetes, batang pengaduk, bunsen, inkubator, spuit suntikan 10 ml, pH meter, *Dissolved Oxygen* (DO) meter, karet gelang, kapas gulung, buku, pena, kertas label, kamera, aplikasi SPSS 23.0.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah telur nyamuk *Ae. aegypti* (diperoleh dari Laboratorium Entomologi IPB), air sumur, isolat bakteri (*Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.) yang diperoleh dari Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Provinsi

Lampung, media *Nutrient Agar* (NA), media *Natrium Broth* (NB), *Phosphate- Buffered Saline* (PBS), alkohol 70%, spirtus, aluminium foil, plastik wrap.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan menggunakan media air sumur sebagai kontrol, air sumur dengan pemberian isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp) sebagai perlakuan yang dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan.

Adapun bentuk rancangan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

- K = Air Sumur
- P₁ = Air Sumur dengan isolat bakteri *E. Coli*
- P₂ = Air Sumur dengan isolat bakteri *Klebsiella* sp.
- P₃ = Air Sumur dengan isolat bakteri *Bacillus* sp

Tabel 1 Rancangan Penelitian

No.	Perlakuan (P)	Uraian	Keterangan
1	K	Telur nyamuk ditetaskan dalam media air sumur	Kontrol
2	P1	Telur nyamuk ditetaskan dalam media air sumur yang diberikan isolat bakteri entomopatogen <i>E.coli</i>	Perlakuan 1
3	P2	Telur nyamuk ditetaskan dalam media air sumur yang diberikan isolat bakteri entomopatogen <i>Klebsiella</i> sp.	Perlakuan 2
4	P3	Telur nyamuk ditetaskan dalam media air sumur yang diberikan isolat bakteri entomopatogen <i>Bacillus</i> sp.	Perlakuan 3

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur pada penelitian ini adalah bersifat eksperimental (percobaan) laboratoris yang dilakukan di laboratorium dengan memperhatikan daya tetas nyamuk *Ae. aegypti*. Langkah yang dilakukan dengan melakukan peremajaan stok dan kultur isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp. dan *Bacillus* sp) kemudian membuat starter isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp. dan *Bacillus* sp)., pembuatan suspensi berbasis isolat bakteri entomopatogen (*E. coli*, *Klebsiella* sp. dan *Bacillus* sp) lalu dilakukan penetasan telur nyamuk *Ae.aegypti* dan analisis data.

3.4.1 Peremajaan Stok dan Kultur Isolat Bakteri Entomopatogen *E. coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.

1. Isolat bakteri murni *E.coli*, *Klebsiella* sp. dan *Bacillus* sp didapatkan dari Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Provinsi Lampung.
2. Sebanyak 6 tabung reaksi disterilkan dengan autoclave dan dimasukkan kedalam oven selama 24 jam.
3. Sebanyak 0,98 gr media Natrium Agar (NA) yang ditimbang dengan menggunakan neraca analitik, kemudian dituang ke dalam gelas beaker berukuran 50 ml.
4. Sebanyak 20 ml akuades ke dalam gelas beaker, lalu dipanaskan dengan hotplate stirrer hingga mendidih dan NA berubah menjadi bening.
5. Sebanyak ± 6 ml NA dituang ke dalam 6 tabung reaksi yang sudah disterilisasi (masing-masing isolat bakteri menggunakan 2 tabung reaksi), kemudian disterilisasi selama 30 menit dengan autoklaf.
6. Setelah usai sterilisasi, dimiringkan media NA hingga $\frac{1}{2}$ bagian tabung terisi dan dibiarkan media memadat.
7. Jarum ose bulat disterilisasi dengan bunsen berpijar sebelum digunakan untuk perlakuan bakteri.
8. Sebanyak 1 inokulum isolat bakteri *E.coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp. ditanam kedalam media NA miring dengan metode streak, kemudian dimasukkan kedalam inkubator selama 24 jam pada suhu 30 oC.

3.4.2 Pembuatan Konsentrasi 15 ml Starter Bakteri *E.coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.

1. Sebanyak 6 erlenmeyer berukuran 50 ml disterilkan dengan autoclave dan dimasukkan kedalam oven selama 24 jam.
2. Menggunakan neraca analitik ditimbang sebanyak 0,72 gr media *Nutrient Broth* (NB) dengan mengacu pada (Allahghadry *et al.*, 2022).
3. Sebanyak 90 ml aquades dituang ke dalam gelas beaker yang berisi media *Nutrient Broth* (NB), lalu dihomogenkan dengan batang pengaduk.
4. Setelah homogen diambil sebanyak 15 ml media *Nutrient Broth* (NB), lalu dipindahkan kedalam 6 erlenmeyer berukuran 50 ml. (masing-masing isolat menggunakan 2 erlenmeyer).
5. Media yang sudah berisikan 15 ml media *Nutrient Broth* (NB), disterilkan ke dalam autoclaf selama 30 menit.
6. Sebanyak 1 ose bakteri yang sudah di subkultur dalam media NA miring, lalu di celupkan kedalam 6 erlenmeyer yang berisikan media *Nutrient Broth* (NB).
7. Kemudian, di inkubasi selama 24 jam dengan *orbital shaker*.

3.4.3 Pembuatan Konsentrasi 150 ml Starter Bakteri *E.coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.

1. Sebanyak 6 erlenmeyer berukuran 200 ml disterilkan dengan autoclave dan dimasukkan kedalam oven selama 24 jam.
2. Menggunakan neraca analitik ditimbang sebanyak 7,2 gr media *Nutrient Broth* (NB) dengan mengacu pada (Allahghadry *et al.*, 2022).
3. Sebanyak 1.800 ml aquades ditambahkan ke dalam gelas beaker yang berisi media *Nutrient Broth* (NB), lalu dihomogenkan dengan batang pengaduk.

4. Setelah homogen diambil sebanyak 150 ml media *Nutrient Broth* (NB), lalu dipindahkan kedalam 6 erlenmeyer berukuran 200 ml. (masing-masing isolat menggunakan 2 erlenmeyer).
5. Media yang sudah berisikan 150 ml media *Nutrient Broth* (NB), disterilkan ke dalam autoclaf selama 30 menit.
6. Media starter isolat bakteri ditambahkan sebanyak 15 ml yang telah diinkubasi selama 72 jam ke dalam media *Nutrient Broth* (NB) 150 ml.
7. Kemudian, starter isolat bakteri sebanyak 15ml yang telah terisi pada erlenmeyer 150 ml media *Nutrient Broth* (NB) diinkubasi selama 48 jam dengan *orbital shaker*.

3.4.3 Pembuatan Suspensi Isolat Bakteri *E.coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp.

1. Media starter isolat bakteri yang telah dibuat dipindahkan kedalam tabung reaksi 12 tabung reaksi sebanyak 10 ml (Allahghadry *et al.*, 2022).
2. Sebanyak 12 tabung reaksi yang telah berisikan media starter dimasukkan kedalam *centrifuge* dan di *running* selama 10 menit dengan kecepatan 3.000 rpm.
3. Kemudian, terbentuk natan dan supernatan. Natan yang terbentuk diambil lalu, dicuci bilas dengan media *Phosphate-Buffered Saline* (PBS) sebanyak 3 kali.
4. Setelah dilakukan pencucian, natan dimasukkan kedalam botol steril yang berisi 250 ml aquades dan suspensi isolat bakteri yang sudah dibuat siap digunakan.

3.4.4 Penetasan Telur Nyamuk *Ae. aegypti*

1. Sebanyak 19 wadah kotak *thinwall* berukuran (12 cm × 12 cm × 7 cm) disiapkan untuk menampung air sumur sebagai tempat perindukan telur nyamuk *Ae.aegypti*.
2. Sebanyak 1 wadah kotak *thinwall* digunakan sebagai kontrol dan 18 wadah kotak *thinwall* sebagai tempat perindukan telur nyamuk *Ae.aegypti* yang tersuspensi isolat bakteri entomopatogen.
3. Sebanyak 100 butir telur nyamuk *Ae.aegypti* dimasukkan ke dalam masing-masing wadah kotak *thinwall* . Penggunaan 100 butir telur nyamuk adalah jumlah yang efisien dalam kerapatan populasi telur dalam suatu wadah (Elva dkk., 2020).
4. Sebanyak 250 ml air sumur ditambahkan ke dalam wadah kotak *thinwall* yang telah berisikan 100 butir telur nyamuk *Ae.aegypti*.
5. Kemudian ditambahkan sebanyak 3,3 mg/ml suspensi isolat bakteri *E.coli*, *Klebsiella* sp., dan *Bacillus* sp. dengan mengacu pada (Souza *et al.*, 2019) untuk tempat perindukan telur nyamuk *Ae.aegypti* pada masing-masing perlakuan.
6. Sebanyak 6 kali pengulangan dilakukan untuk masing-masing perlakuan (P1,P2 dan P3).
7. Pengukuran faktor lingkungan seperti pengukuran, pH dengan pH meter, oksigen terlarut dengan *Dissolved oxygen* (DO) meter dan suhu dengan thermometer dilakukan.
8. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah telur yang menetas pada masing-masing perlakuan setelah 24 jam
9. Pengukuran ulang faktor lingkungan (pH, *Dissolved oxygen* (DO) dan suhu) dilakukan lalu, diulangi hingga waktu ke-72 jam.
10. Perhitungan jumlah telur nyamuk *Ae.aegypti* yang menetas pada masing-masing perlakuan dengan rumus (Setiyaningsih dan Alfiah, 2014).

Persentase Penetasan Telur

$$\text{Nyamuk } Ae. aegypti = \frac{\text{Jumlah telur yang menetas}}{\text{Jumlah telur yang ditetaskan}} \times 100\%$$

3.5 Pengukuran pH, DO dan Suhu

3.5.1 Pengukuran pH

Alat yang digunakan untuk pengukuran pH adalah pH meter, digunakan untuk mengukur suatu tingkat asam dan basa suatu air yang dijadikan indikator pengukuran pH dengan skala 0 - 14. Tata cara pengukuran :

1. pH meter dengan aquades disterilisasi.
2. Pengukuran dilakukan dengan memasukkan bagian ujung besi pH meter dalam wadah yang diamati.
3. Pengukuran dilakukan sebelum perlakuan, saat perlakuan dan sesudah perlakuan setiap 24 jam selama 3 hari
4. Pengukuran selesai jika angka pada pH meter tidak ada yang berubah.
5. Hasil pengukuran pH air yang diperoleh dicatat.

3.5.2 Pengukuran DO

Pengukuran DO dengan menggunakan DO meter. *Dissolved oxygen* atau oksigen terlarut yang digunakan untuk mengetahui jumlah konsentrasi oksigen yang terlarut dalam air yang terdapat di atmosfer (Schindler, 2017). Tata cara pengukuran :

1. DO meter dengan aquades disterilisasikan.
2. DO meter dinyalakan hingga muncul angka 0 pada layar
3. Pengukuran dilakukan dengan memasukan bagian ujung besi DO meter dalam wadah yang akan diamati.
6. Pengukuran dilakukan sebelum saat perlakuan dan sesudah perlakuan setiap 24 jam selama 3 hari
4. Pengukuran selesai jika angka pada DO meter tidak ada perubahan.
5. Hasil pengukuran oksigen terlarut dicatat.

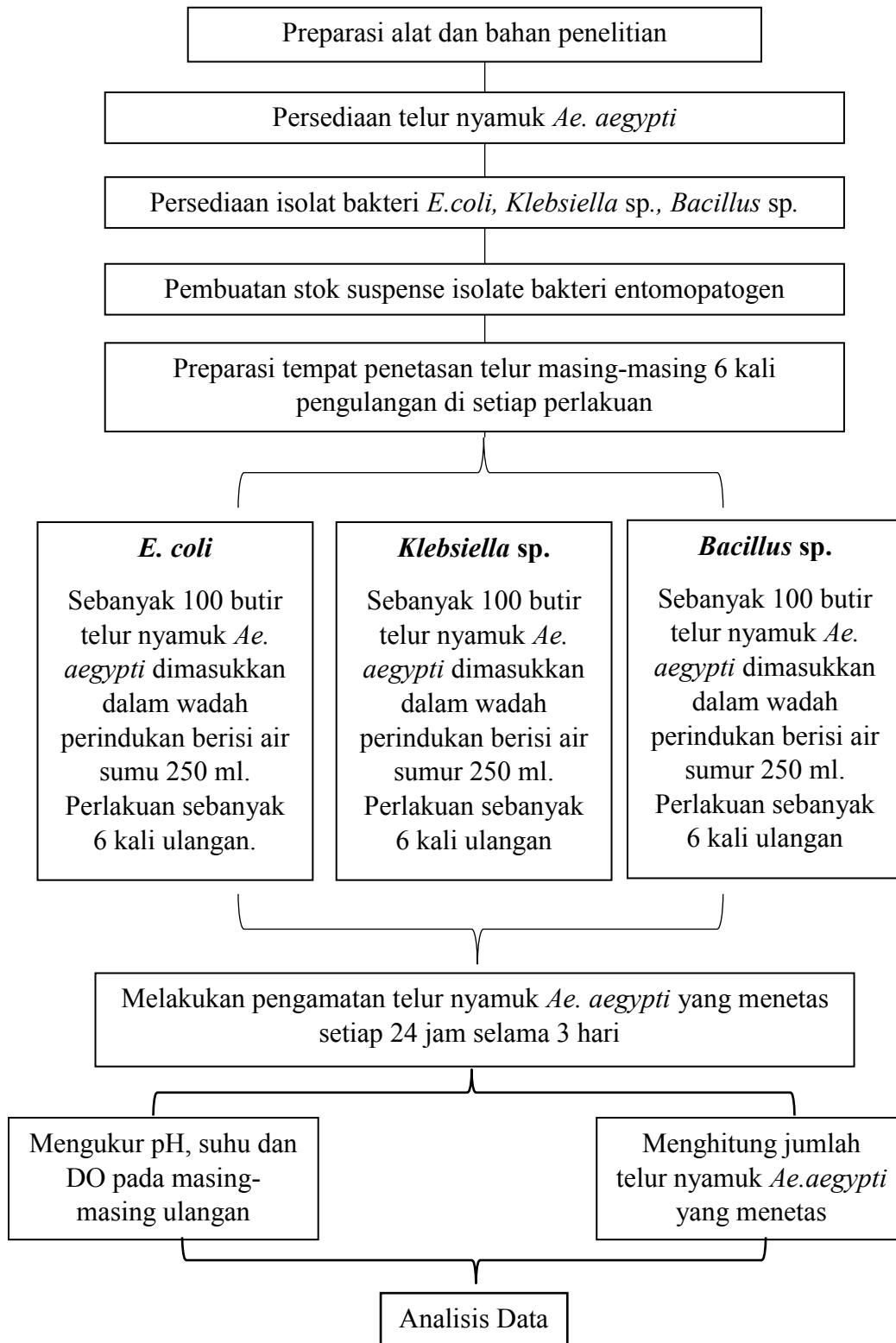
3.5.3 Pengukuran Suhu

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu. Suhu adalah faktor internal yang mempengaruhi kehidupan organisme, salah satunya biota air. Suhu optimum pada penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* berkisar 25 °C - 28 °C (Farida *et al.*, 2019). Tata cara pengukuran :

1. Termometer dengan aquades disterilisasikan.
2. Pengukuran dilakukan dengan memasukan bagian ujung besi termometer dalam wadah yang akan diamati.
7. Pengukuran dilakukan sebelum saat perlakuan dan sesudah perlakuan setiap 24 jam selama 3 hari
3. Pengukuran selesai jika angka pada termometer tidak ada perubahan.
4. Hasil pengukuran suhu yang telah diperoleh dicatat.

3.6 Diagram Alir

Adapun alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :



3.7 Analisis Data

1. Analisis data dilakukan secara statistik dengan aplikasi SPSS 23.0 melakukan uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) digunakan untuk melihat data hasil pengamatan berdistribusi normal dengan melihat nilai signifikansi data penelitian ($\alpha > 0,05$) (Suardi, 2019).
2. Uji hogomenitas dilakukan setelah uji normalitas telah didapatkan jika data berdistribusi normal $\alpha > 0,05$. Uji homogenitas digunakan dengan menggunakan uji *Levene's Test* (Usmadi, 2020). dengan syarat :

Jika $\alpha > 0,05$, maka distribusi data homogen.

Jika $\alpha < 0,05$, maka distribusi data tidak homogen.

3. Semua data yang diperoleh di analisis secara nonparametrik menggunakan uji alternatif dari one way *ANOVA* yaitu uji *Kruskall-Wallis* dan dilanjutkan uji lanjut dengan uji *Dunn* dikarenakan data yang didapatkan memiliki perbedaan signifikasi (Rozi dkk.,2022)

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah telur nyamuk *Ae.aegypti* menetas paling signifikan pada bakteri *Bacillus* sp. – *E.coli* dengan dengan nilai signifikasi $\alpha=0,025$ ($\alpha < 0,05$).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai daya tetas telur nyamuk *Ae.aegypti* dengan jenis media air perindukan, jenis bakteri yang berbeda dengan pengamatan yang diamati setiap 4 jam sekali pada tahap telur hingga tahap pupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin I, Tarwotjo. dan Rahadian R. 2017. Perilaku Bertelur dan Siklus Hidup *Aedes. aegypti*. *Jurnal Biologi*. 6(4): 71-81.
- Ajeng, R. 2021. Pengaruh Bakteri Kitinolitik Dan *Bacillus thuringiensis* Hasil Biakan Pada Air Rendaman Kedelai Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti* L. *Jurnal Biologi*. 1(1): 1-10
- Aljoscha, K., Kuch, U., Oehlmann, J., Muller, R. 2016. Effect of Diapause and Cold Acclimation On Egg Ultrastructure: New Insight Into The Cold Hardiness Mechanisms Of The Asian Tiger Mosquito *Aedes (Stegomyia) albopictus*. *Journal of Vector Ecology*. 41(1): 141 – 149.
- Arivo, D. dan Dwiningtyas, A. W. 2019. Pola Kepekaan *Escherichia coli* Penyebab Infeksi Saluran Kemih terhadap Antibiotik. *Jurnal Farmasi Malahayati*. 2(1): 12–23.
- Arufillah, R.M, Kharisma Y. 2016. Pengaruh PH Larutan Air Tawas Terhadap Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti*. *Prosiding Pendidikan Dokter*. 2(1): 932 – 938.
- Atikasari, E. dan Sulistyorini. 2018. Pengendalian Vektor Nyamuk *Aedes aegypti* di Rumah Sakit Kota Surabaya. *The Indonesian Journal: Public Health*. 13(1): 71-82.
- Baskoro, T., Satoto, T dan Diptyanusa, A. 2017. Environmental Factors of The Home Affect The Density Of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Jurnal Kedokteran Yarsi*. 25(1): 41-51.

- Berri, D. W.S., Almet, J., Wuri, D.A. 2020. Aktivitas Ekstrak Rimpang Tewulawak (*Curcuma xanthorrhiza Roxb*) Sebagai Larvasida Terhadap *Aedes aegypti* di Kecamatan Kelapa Lima Kota Kupang. *Jurnal Kajian Veteriner*. 8(1): 54-68.
- Caragata, E.P., Tikhe, C.V., Dimopoulous, G. 2019. Curious entanglements: interactions between mosquitoes, their microbiota and arboviruses. *Science Direct: Current Opinion in Virology*. 37(6): 26-36.
- Carver, S., Slaney, D. P., Leisnham, P. T., Weinstein, P. 2015. Healthy Wetlands, Healthy People. *Journal Mosquito Borne Disease*. 5(1): 95-121
- Coon, K.L., Valzania, L., McKinney, D.A., Vogel, K.J., Brown, M.R., Strand, M.R. 2017. Bacteria-mediated Hypoxia Functions As A Signal For Mosquito Development. *PNAS*. 114(27): 5362-5369
- Dalilah, D., Kinanti, A., Aulia H. dan Ghiffari, A. 2018. Hubungan Pengetahuan Sikap dan Perilaku Masyarakat Terhadap Demam Berdarah (DBD) dengan Keberadaan Larva Nyamuk di RT. 03 Sako Baru Kota Palembang. *Jurnal Biomedik*. 3(1): 39-51.
- Dewi, A, S., Herleeyana, M., Wayan, N. 2021. Penggunaan dan Resistensi Antibiotik di Instalasi Rawat Intesnif Rumah Sakit umum Daerah di Bali : Studi Ekologikal Selama 3 Tahun. *Jurnal Farmasi Klinik Indonesia*. 10(3) : 180- 189.
- Dueñas-López, M. A. 2022. *Aedes aegypti* (Yellow Fever Mosquito). *Journal CABI Compendium datasheet* 1(1): 1-11.
- Ervina, E., Sumardi., Ekowati, C., Rosa, E. 2020. Lipolytic Screening of *Bacillus* sp. Genera as Biocontrol Candidate in Coffee Plantation. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 7(1): 31-34.
- Faraone, J., Fischer, S., Aponte, C.A., Etchepare, E., Stevhina, O.S., Stein, M. 2011. Hatching Pattern and Coexistence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Culicidae) In a Subtropical City, Argentina, After Three Decades of Coexistence. *Journal ActaTraopica*. 21(8): 1-10.

- Faridah L, Hamda M.E, Syafei N.S, Agrianfanny Y.N. 2019. Gambaran Container Potensial dan Kondisi Lingkungannya Sebagai Tempat Perindukan Nyamuk di Universitas Padjadjaran Jatinangor. *Maj Kedokt Bandung*. 50(2):6–9.
- Farnesi, L.C., R.F.S.M. Barreto., A.J. Martins., Valle, D., Rezende, G.L. 2015. Physical Features and Chitin Content of Eggs from the Mosquitovectors *Aedes aegypti*, *Anopheles aquasalis* and *Culex quinquefasciatus*: Connection with Distinct Levels of Resistance to Desiccation. *Journal of Insect Physiology*. 83(10): 43-52.
- Ferdiani, D., Zilda, D.S., Afriansyah, M. A., Ethica, S.N. 2023. Characteristics and Substrate Specificity of Semi-Purified Bacterial Protease of *Bacillus thuringiensis* HSFI-12 with Potential as Anithrombotic Agent. *Science and Technology Indonesia*. 8(1): 9-16.
- Gaio, A., Gusmao, D.S., Santos, A.V., Molina, M.A.B., Pimenta, P. FP., Lemos, F. JA. 2011. Contribution of Midgut Bacteria to Blood Digestion and Egg Production in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal Patasites and Vectors*. 4(1): 1-10.
- Glare, T.R., Fuentes, J. Callaghan, M.O. 2017. Basic and Applied Research: Entomopathogenic Bacteria. *Microbial Control of Insect and Mite Press*. 4(2): 47-67.
- Hamida, F., Aliya, L.S., Syafriana, V . dan Pratiwi, D. 2019. *Escherichia coli* Resistensi Antibiotik Asal Air Keran di Kampus ISTN. *Jurnal Kesehatan*. 12 (1): 63-72.
- Harni. 2010. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Mortalitas, Penetasan Telur Dan Populasi Nematoda Peluka Akar *Pratylenchus Brachyurus* Pada Nilam. *Jurnal Littri*. 16(1): 43 – 47.
- Hitipeuw, D., Martini,M., Hestiningih, R., Udiyono, A. 2022. Uji Efektivitas Larvasida *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Terhadap Kematian Larva *Aedes*. *Jurnal Riset Kesehatan Masyarakat*. 2(4): 164-172.

- Hutagalung, J. Alawi, H., dan Sukendi. 2016. Pengaruh Suhu dan Oksigen Terhadap Penetasan Telur dan Kelulushidupan Awal Larva Ikan Pawas (*Osteochilus hasselti*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Riau.
- Jacob, A., D. Pijoh., Victor, W. 2014. Ketahanan Hidup dan Pertumbuhan Nyamuk *Aedes* sp. pada berbagai Jenis Air Perindukan. *Jurnal eBiomedik (eBM)*. 2(3): 1 – 5.
- Janah., Miftakhul., Eram, T. P. 2017. Karakteristik Sumur Gali dan Keberadaan Jentik Nyamuk. *Higeia : Journal of Public Health Research and Development*. 1(1): 8-14.
- Jurat, F.J. L., Jackson, T.A. 2012. Bacterial Entomopathogens. *Insect Pathology*. 10(6): 265–349.
- Kahar, Herlis, I. Rusmana, I. M. Samudra, & Y. Suryadi. 2019. Pengaruh Media terhadap Produksi Prodigiosin Isolat Bakteri Entomopatogen *S. marcescens* Asal Wereng Batang Cokelat. *Jurnal AgroBiogen*. 10(22): 77-84.
- Kusrini., Eni. 2015. Pengembangan Budidaya Ikan Hias Koi (*Cyprinus carpio*) Di Balai Penelitian Dan Pembangunan Budidaya Ikan Hias Depok. *Media Akuakultur*: 2(10): 71-78.
- Kuswiyanto. 2014. *Bakteriologi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta.
- Lema, Y.N.P., Almet, J., Wuri, D.A. 2021. Gambaran Siklus Hidup Nyamuk *Aedes* sp. di Kota Kupang. *Jurnal Veteriner Nusantara*. 4(1): 1-13.
- Lestari, A.P.D., Handayani, D., Prasasty, G.D., Dalilah., Pariyana. 2022. Perbedaan Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti* Pada Tiga Jenis Air Perindukan. *Jurnal Syifa 'MEDIKA*. 12(2): 165 – 176.
- Mahon, C., Lehman, D., Manuselis, G. 2015. Textbook of diagnostic microbiology 4th ed. USA: *Saunders Elsevier*. 420-853P.

- Mampalil, L.J., Faizal, M.H., and Anith, K.N. 2018. Bacterial bioagents For Insect pest Management. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(6): 2237-2244.
- Mahdalena, V., Ni'mah, T. 2019. Potensi Dan Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Pengendalian Penyakit Tular Nyamuk. *Spirakel*. 11(2): 72-81.
- Mawardi., Busra, R. 2019. Studi Perbandingan Jenis Sumber Air Terhadap Daya Tarik Nyamuk *Aedes aegypti* Untuk Bertelur. *Serambi Engineering*. 4(2): 593-602.
- Melanie., Rustama, M. M., Sihotang, I.S., Kasmara, H. 2018. Effectiveness of Storage Time Formulation of *Bacillus* sp. Against *Aedes aegypti* Larvae (Linneus). *Jurnal Cropsaver*. 1(1): 48-52.
- Melo, A.L.A., Soccol, V.T., Soccol, C.R. 2016. *Bacillus thuringiensis* : Mechanism of Action, Resistance, and New Applications : a Review. *Critical Reviews in Biotechnology*. 36(2): 317-326.
- Mohammed, A., Wahab, M.F., Hashim, M., Omar, A.H., Reba, M.N. M.D., Said, M.F. M., Soeed, K., Alias, S.A., Smykla, J., Abba, M. and Ibrahim, Z. 2018. Biohydrogen Production by Antarctic Psychrotolerant *Klebsiella* sp. ABZ11. *Polish Journal of Microbiology*. 67(3): 283-290.
- Oced, 2018. Chapter 1. Taxonomy, Description and Distribution of The Mosquito *Ae. aegypti*. *Safety Assessment of Transgenic Organisms in The Environment*. 8(2): 33-47.
- Obenour, P.J., J. B. Lyle, dan E. K. Philip. 2009. Utilizing Auto-Montage Technology for Identifying Field-Collected Container-Inhabiting Mosquito Eggs. *Journal of The America Control Association*. 25(4): 517-520.
- Palgunadi, B.A., Rahayu, A. 2011. *Aedes aegypti* Sebagai Vektor Penyakit Demam Berdarah Dengue. *Jurnal Ilmiah Kedokteran*. 2(1): 83-88.
- Patria, M.W. 2015. Isolasi, Seleksi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Enzim Protease, Lipase dan Amilase Dari Saluran Pencernaan Udang Vaname

- (*Litopenaeus vannamei*) Asal Tambak Tradisional. Skripsi. Universitas Airlangga. Surabaya. hal. 36.
- Permadi, I.G., Taviv, Y., Ambarita, L.P. 2019. Daya Tetas Telur *Aedes aegypti* Strain Japan Yang Disimpan Selama Seminggu Pada Suhu Ekstrem. *Jurnal Bioeksperimen*. 5(2): 131-135.
- Ponnusamy, L., Boroczky, K., Wesson, D.M., Schal, C., Apperson, C.S. 2011. Bacteria Stimulate Hatching of Yellow Fever Mosquito Eggs. *PLoS ONE*. 6(9): 1-10.
- Prasetya, Y.A. 2018. Deteksi Gen SHV pada Isolat Klinik *Escherichia coli* Penghasil Extended Spectrum Beta – Lactamases (ESBLs) dengan Metode Polymerase Chain Reaction (PCR) dari Urin Pasien. *Al Kauniyah Journal*. 11(2): 91–98.
- Pratiwi, E.K., S., Samino, Z.P., Gama, N., Nakagoshi. 2013. Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* Asal Kota Nganjuk Terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Jurnal Biotropika*, 1(4):171-176.
- Priyatno, TP., YA. Dahliani., Y. Suryadi., IM. Samudra., DN. Susilowati., I. Rusmana & C. Irwan. 2019. Identifikasi Entomopatogen Bakteri Merah Pada Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens* Stål.). *Jurnal Agrobiogen*. 7(2): 85–95.
- Purnama, S.G. SKM, MSc. 2017. *Diklat Pengendalian Vektor*. Universitas Udayana, Bali. 115 hlm.
- Pujianto, S., Kusdiyantini, E., dan Hadi, M. 2008. Isolation and Selection of Local Isolates of Chitinolytic Bacteria That Potent To Biocontrol of Larva Stadia of *Aedes aegypti*. *Journal Biodiversitas*. 9(1): 5-8.
- Qibtiyah, S.M., Nuryady, M.M., Sustyarini, R.E., Permana, T.I. dan Sasongkojati, D.A. 2022. Analisis Status Resistensi *Aedes aegypti* Terhadap Insektisida *Cypermethrin* 0,05% di Kecamatan Endemis Kabupaten Malang. *Jurnal Insecta*. 10(10): 240-251.

- Rahayu, D.F., Ustiawan, A. 2013. Identifikasi *Aedes aegypti* Dan *Aedes albopictus*. *Balaba*. 9(01): 7-10.
- Rao, M. R. K. 2020. Lethal Efficacy of Phytochemicals as Sustainable of Insecticidal Formulations Derived From the Leaf Extracts of Indian Medicinal Plants to Control Dengue and Zika Vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *International Research Journal of Environment Sciences*. 9(2): 1-9.
- Reinhold, J. M., Lazzari, C. R., & Lahondère, C. 2018. Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. *Insects*. 9(158): 1–17.
- Risdayanti, R.E., Widayati, W., Suryaminarsih, P. 2022. Eksplorasi dan Identifikasi Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* di Lahan Tanaman Jagung Desa Sebandung, Sukorejo, Pasuruan. *Seminar Nasional Agroteknologi*. 8(13): 9-13.
- Rosa, E., Ramadhanti, S.A., Rustiati, E.L. 2020. Jenis Phytotelmata Sebagai Tempat Perindukan Alami Nyamuk *Aedes* sp. Berdasarkan Jumlah Telur yang Mendiaminya di Area Kampus Universitas Lampung. *Jurnal Bioma*. 22(2): 115-120.
- Rozi, F., Irma., Maulidiya. 2022. Analisis Perubahan Inflasi Beberapa Kota Besar di Indonesia Dengan Menggunakan Uji Kruskal-Wallis. *Jurnal Statistika*. 1(2):103-115.
- Sani, F. 2012. Pemanfaatan Filtrat Bakteri Endofit Kitinolitik Untuk Pengendalian Nyamuk *Aedes Aegypti*. *Skripsi*. Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Sari dan Mulia. 2015. Uji Bakteriologis dan Resistensi Antibiotik Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Shigella* sp., pada Makanan Gado-gado di Kantin UIN Syarif Hidayatullah *Jurnal Bakteriologi*. Jakarta. 10(1): 50-72.
- Scolari, F., Casiraghi, M., Bonizzoni, M. 2019. *Aedes* spp. And Their Microbiota: A Review. *Frontiers in Microbiology*. 10(4): 1-19.

- Setiyaningsih, R. dan Alfiah, S. 2014. Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Persentase Tetas Telur *Aedes aegypti* di Laboratorium. *Jurnal Vektora*. 6(1): 9-12.
- Singh, R.P., Prata, A., Prasad, D., Kumar, G., and Singh, B.K. 2023. Entomopathogenic Bacteria: A Potential Biological Weapon Against Insect-Pests Management. *J. Agriculture*. 3(10): 190-199.
- Sitinjak, M.A., Rosa, E., Agustriana, R., Sutyarso. 2020. Karakteristik dan Pola Sebaran Phytotelmata Sebagai Tempat Perindukan Alami Nyamuk di Kebun Raya Liwa Lampung Barat. *Jurnal Biospecies*. 13(2): 16-21.
- Souza, R.S., Virginio, F., Riback, T.I.S., Suesdek, L., Barufi, J.B., Genta, F.A., 2019. Microorganism-Based Larval Diets Affect Mosquito Development, Size and Nutritional Reserves in the Yellow Fever Mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Frontiers in Physiology*. 10(152): 1-24.
- Suardi. 2019. Pengaruh Keputusan Kerja Terhadap Kinerja Pegawai Pada PT Bank Mandiri, Tbk.Kantor Cabang Pontianak.*Journal BussinessEconomics and Entrepreneurship*.1(2): 1-10.
- Sudarwati, T.P.L., Fernanda, M.A., Suryandari, M. 2021. Peningkatan Pengetahuan Masyarakat Mengenai Perkembangan dan Penyebaran DBD. *Jurnal Asta (Abdi Masyarakat Kita)*. 1(1): 93-99.
- Suparyati, T. dan Himam, M.D. 2021. Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti* Pada tiga Jenis Air Perindukan di Kelurahan Medono Kota Pekalongan. *Jurnal PENA*. 35(1): 61-68.
- Susanti dan Suharyo. 2017. Hubungan Lingkungan Fisik dengan Keberadaan Jentik *Aedes aegypti* pada Area Bervegetasi Pohon Pisang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 6(4): 271-276.
- Travanty, N.V., Apperson, C.S., Ponnusamy, L. 2019. A Diverse Microbial Community Supports Larval Development and Survivorship of the Asian Tiger Mosquito (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 56(3): 632-640.

- Usmadi. 2020. *Pengujian Persyaratan Analisis* (Uji Normalitas dan Uji Homogenitas). *Inovasi Pendidikan*. 7(1): 50-62.
- Widada, A., Gazali, M. 2020. Pengaruh Konsentrasi Klorin Dalam Menghambat Perkembangan Telur Nyamuk *Aedes aegypti*. *Journal of Nurshing and Public Health*. 8(2): 41-46.
- Yahya., Ritawati., Rahmiato, D.P. 2019. Pengaruh Suhu Ruangan, Kelembapan Udara, pH dan Suhu Air Terhadap Jumlah Pupa *Aedes aegypti* Strain Liverpool (LVP). *Jurnal Spirakel*. 11(1): 16-28.
- Yahya., Warni, S.E. 2017. Daya Tetas dan Perkembangan Larva *Aedes aegypti* Menjadi Nyamuk Dewasa Pada Tiga Jenis Air Sumur Gali dan Air Selokan. *Jurnal Vektor Penyakit*. 11(1) : 9-18.
- Yulianti, E., Juherah., Abdurrivai. 2020. Perilaku Bertelur Dan Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti* Pada Berbagai Media Air (Studi Literatur). *Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*. 20(2): 227-239.