

**TINGKAT MORTALITAS LARVA *Aedes aegypti* DALAM KONDENSAT
AIR CONDITIONER (AC) SETELAH PEMBERIAN
SUSPENSI BAKTERI *Escherichia coli*,
Pseudomonas sp., dan *Serratia sp.***

(Skripsi)

Oleh

AULIA ZAHRA

2017021016



JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

ABSTRAK

TINGKAT MORTALITAS LARVA *Aedes aegypti* DALAM KONDENSAT AIR CONDITIONER (AC) SETELAH PEMBERIAN SUSPENSI BAKTERI *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.*

Aulia Zahra

Penyebaran *Aedes aegypti* harus dikendalikan agar tidak menjadi wabah besar. *Ae. aegypti* dapat dikendalikan dengan pengendalian menggunakan bakteri entomopatogen. Entomopatogen termasuk agen pengendali hayati yang dapat menginfeksi serangga. Pada penelitian ini bakteri entomopatogen digunakan sebagai biokontrol dengan tujuan menekan populasi larva nyamuk *Ae. aegypti*. Pola makan larva berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan nyamuk. Media air kondensat *air conditioner* (AC) memiliki pH netral berkisar 6-8 yang sesuai dengan karakteristik *breeding site* larva *Ae. aegypti*. Setiap perlakuan dilakukan 6 kali pengulangan dengan parameter waktu tumbuh, dan nilai mortalitas larva. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 – Januari 2024 di Laboratorium Zoologi dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan 3 jenis isolat bakteri sebagai perlakuan yaitu *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.*, dengan dua tingkat konsentrasi yang berbeda menggunakan media air kondensat *air conditioner* (AC). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan aplikasi SPSS dengan uji *one way ANOVA* untuk melihat perlakuan paling efektif dengan $P < \alpha 0,05$ dan dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test DMRT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Pseudomonas sp.* konsentrasi 5,3% paling baik dalam meningkatkan mortalitas larva *Ae. aegypti* dengan persentase kematian 85% dan tingkat mortalitas terendah yaitu *E. coli* konsentrasi 33% dengan persentase kematian 13%. Suspensi bakteri entomopatogen yang paling optimal dalam memperlambat waktu tumbuh yaitu *Pseudomonas sp.* yang telah dibuktikan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT), dengan data yang dihasilkan berbeda nyata pada taraf signifikansi ($p < 0,05$).

Kata Kunci : *Aedes aegypti*, air kondensat AC, bakteri entomopatogen, biokontrol

ABSTRACT

MORTALITY LEVEL OF *Aedes aegypti* LARVES IN THE AIR CONDITIONER (AC) AFTER GIVING BACTERIAL SUSPENSION of *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, and *Serratia sp.*

Aulia Zahra

The spread of *Aedes aegypti* must be controlled so that it does not become a major outbreak. *Ae. aegypti* can be controlled by using entomopathogenic bacteria. Entomopathogens include biological control agents that can infect insects. In this study, entomopathogenic bacteria were used as a biocontrol with the aim of suppressing the population of *Ae. aegypti* mosquito larvae. Larval diet has a significant effect on mosquito growth. Air conditioner (AC) condensate water media has a neutral pH ranging from 6-8 which is in accordance with the characteristics of the breeding site of *Ae. aegypti* larvae. Each treatment was repeated 6 times with the parameters of growth time, and larval mortality value. This research was conducted in December 2023 - January 2024 at the Zoology Laboratory and Microbiology Laboratory of the Department of Biology FMIPA, University of Lampung. This study used a completely randomized design (CRD) using 3 types of bacterial isolates as treatments, namely *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, and *Serratia sp.*, with two different concentration levels using air conditioner (AC) condensate water media. The data obtained were analyzed using SPSS application with one way ANOVA test to see the most effective treatment with $P < \alpha 0.05$ and continued with Duncan's Multiple Test.

Keywords: *Aedes aegypti*, AC condensate water, entomopathogenic bacteria,
biocontrol

**TINGKAT MORTALITAS LARVA *Aedes aegypti* DALAM KONDENSAT
AIR CONDITIONER (AC) SETELAH PEMBERIAN
SUSPENSI BAKTERI *Escherichia coli.*,
Pseudomonas sp., dan *Serratia sp.***

Oleh

AULIA ZAHRA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIK DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Tingkat Mortalitas Larva *Aedes aegypti* Dalam Kondesat Air Conditioner (AC) Setelah Pemberian Suspensi Bakteri *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp. dan *Serratia* sp.

Nama Mahasiswa : *Aulia Zahra*

NPM : 2017021016

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing,

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Dzul Fikria Mumtazah, S.Pd, M.Sc
NIP 199105212019032020

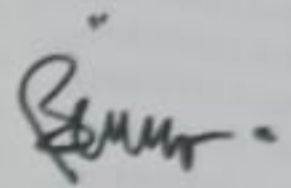
2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si
NIP 1983013200812100

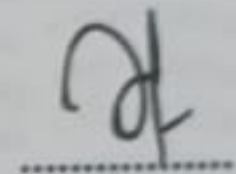
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

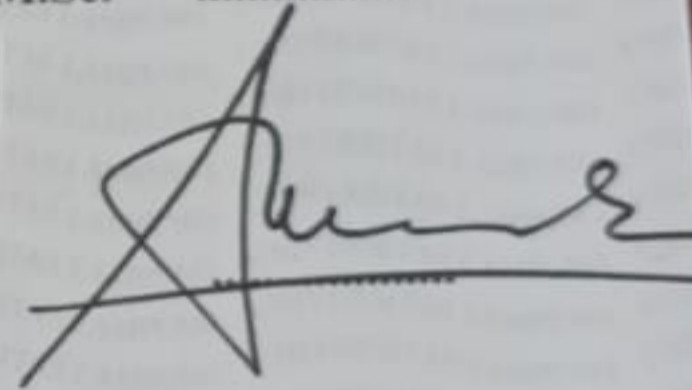
1. Ketua Penguji : Prof. Dr. Hendri Busman, M.Biomed:



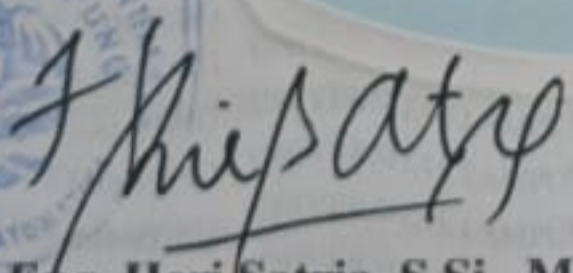
2. Anggota Penguji : Dzul Fithria Mumtazah, S.Pd., M.Sc.



3. Penguji Utama : Prof. Dr. Sumardi, M. Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Juli 2024

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ni:

Nama : Aulia Zahra
NPM : 2017021016
Jurusan : Biologi

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi saya yang berjudul:

**“TINGKAT MORTALITAS LARVA *Aedes aegypti* DALAM KONDENSAT
AIR CONDITIONER (AC) SETELAH PEMBERIAN SUSPENSI BAKTERI
Escherichia coli., *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.*”**

baik gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku dan saya memastikan bahwa karya ini tidak berisi material yang telah di publikasi sebelumnya atau plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar lampung, 24 Juni 2024
Yang Menyatakan



Aulia Zahra
NPM 2017021016

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Aulia Zahra, lahir di Majalengka pada tanggal 02 Desember 2001, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari pasangan Bapak Jaja Subagja dan Ibu Siti Rohma. Penulis saat ini bertempat tinggal di Perum Gardenia Sepatan, Kelurahan Pisangan Jaya Kecamatan Sepatan, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Penulis menyelesaikan pendidikan mulai dari Taman Kanak-Kanak di TKQ Darrusalam Sepatan lulus pada tahun 2008, SD Negeri 02 Sepatan lulus pada tahun 2014.

Kemudian melanjutkan ke MTS Awabin Sepatan lulus pada tahun 2017, dan selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 11 Kabupaten Tangerang lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi, penulis pernah mengikuti organisasi di lingkup kampus sebagai salah satu wadah untuk mengembangkan kemampuan diri. Organisasi yang pernah penulis ikuti adalah Himpunan Mahasiswa Biologi (Himbio) sebagai anggota Bidang Kaderisasi pada tahun 2020-2021. Kemudian setelah itu melanjutkan ke organisasi tingkat Universitas menjadi Sekretaris Umum Mapala Unila pada tahun 2020-2021. Selanjutnya menjadi Bendahara Departemen Kaderisasi UKM Penelitian pada periode 2022-2023. Kemudian menjadi Bendahara Umum UKM Penelitian pada periode 2023-2024. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Lab Kesehatan Daerah Kota Tangerang (LABKESDA), penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan pada Desember 2022-Februari 2023 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rukti Basuki, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Juni – Agustus 2023.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain) dan hanya kepada Allah SWT engkau berharap”

(Q.S. Al-Insyirah, 94:5-6)

“Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tau hanya sebagian *succes stories*-nya saja. Jadi berjuanglah untuk diri sendiri meskipun tidak akan ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.

Jadi , tetap berjuang ya!”

“Don't be sad, Allah is always with us.”

(QS At-Taubah: 40)

“It will Pass, everything you've gone through it will pass”

(Rachel Venny)

“Jangan pernah merendahkan diri sendiri, sekalipun kita jatuh. Kita adalah berlian, sekotor apapun, sejelek apapun, sehancur apapun kita tetap berlian yang berharga”

PERSEMBAHAN



Dengan mengucap rasa syukur kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, saya persembahkan dengan sepenuh hati sebuah karya kecil ini sebagai tanda cinta saya kepada:

Orang-orang paling berharga dan sangat berarti dalam hidup saya yaitu cinta pertama dan panutanku Ayahanda Jaja Subagja dan Pintu surgaku Ibunda Siti Rohma. Terima kasih atas segala doa-doa yang dipanjatkan selama ini, memotivasi, memberikan semangat, memberikan nasihat, memenuhi segala kebutuhan financial selama perkuliahan dan terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hatinya hingga penulis dapat mencapai gelar sarjana.

Kedua adikku Alya Farrasanti Nur dan Hisyam Achmad Azhar, yang telah memberikan semangat dan dukungan penuh selama perkuliahan, menemani di kala suntuk dan lelah dengan kuliah, membantu segala hal yang dibutuhkan.

Diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai masalah juga tekanan di luar keadaan dan tidak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi.

Bapak dan Ibu Dosen yang telah mengajarkan dan memberikan ilmu-ilmunya kepada saya, serta membimbing dengan tulus dan ikhlas sehingga saya mampu meraih gelar sarjana ini

SANWACANA

Puji syukur Kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam kita hantarkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai sebaik-baiknya suri tauladan, dan pemberi syafa'at dihari akhir nanti.

Skripsi berjudul **“TINGKAT MORTALITAS LARVA *Aedes aegypti* DALAM KONDENSAT AIR CONDITIONER (AC) SETELAH PEMBERIAN SUSPENSI BAKTERI *Escherichia coli.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.*”**

disusun sebagai salah satu syarat meraih gelar sarjana sains (S.Si.) pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Saya meyakini bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya doa, dukungan, dan bantuan dari banyak pihak. Maka dengan selesainya pengerjaan skripsi ini, saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN.Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
3. Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
4. Dr. Kusuma Handayani, M.Si. selaku Kepala Program Studi S1 Biologi FMIPA Universitas Lampung

5. Ibu Dr. Dra Eti Ernawati,, M.P. selaku dosen pembimbing akademik k yang senantiasa memberikan saran dan bimbingan selama penulis menjadi mahasiswa aktif yang membutuhkan arahan akan masa depan.
6. Prof. Dr. Hendri Busman, M.Biomed. selaku Dosen Pembimbing I yangtelah membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
7. Ibu Dzul Fithria Mummtazah, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yangtelah membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
8. Prof. Dr. Sumardi, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan, nasihat, saran dan waktunya yang berharga kepada penulis dalam menyempurnakan naskah skripsi ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang tidak dapat dituliskan satupersatu namanya. Penulis mengucapkan terimakasih untuk semua ilmu dan bimbingannya kepada penulis selama melaksanakan studi di Jurusan Biologi.
10. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Jaja Subagja, ST. Terima kasih menjadi penyokong finansial utama dalam menjalani perkuliahan, penasihat dan role model dalam kehidupan, memberikan kepercayaan diri kepada penulis bahwa mampu menjalankan perkuliahan dengan lancar
11. Pintu surgaku, ibunda Siti Rohma. Terima kasih atas doa-doa yang dipanjatkan di mulai dari penulis memasuki bangku perkuliahan hingga saat ini, memberikan semangat dan dukungan penuh dalam menghadapi masa-masa perkuliahan.Menjadi pengingat dan penguat dikala rapuh.

12. Adik pertamaku Alya Farrasanti Nur. Terimakasih telah menemani penulis selama masa-masa kuliah, memberikan semangat dan motivasi disetiap penulis merasakan kegagalan, memberikan pelukan hangatnya disaat penulis menghadapi kesulitan dalam pengerjaan skripsi. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat dan melebihi penulis.
13. Pemilik NPM 22321008. Terima kasih telah bersedia membersamai penulis dalam proses perkuliahan, memberikan dukungan dan semangat kepada penulis, memberikan motivasi disaat penulis mengalami kesuntukan, bersedia manjadi tempat cerita selama masa penulisan skripsi.
14. Teman-teman seperjuangan Triana Ambarwati, Puput Indriani, Angelita Situmeang yang selama ini menjadi saksi perjuangan penulis serta menjadi tempat berkeluh-kesah dan saling memotivasi.
15. Almamater tercinta yang menjadi kebanggaan saya di-manapun saya berada, Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan di dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, adanya saran dan kritik sangat diperlukan agar bisa menjadi lebih baik di kemudian hari. Semoga Allah SWT. senantiasa membalas bantuan dan dukungan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 24 Juni 2024

Penulis

Aulia Zahra

DAFTAR ISI

COVER DEPAN	i
COVER DALAM	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
MENGESAHKAN	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiiiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Tujuan Penelitian	6
1.3.Manfaat Penelitian	6
1.4.Kerangka Pemikiran.....	6
1.5.Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1.Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	9
2.1.1. Morfologi <i>Aedes aegypti</i>	9
2.1.2. Klasifikasi <i>Aedes aegypti</i>	11
2.1.3. Habitat <i>Aedes aegypti</i>	11
2.1.4. Daur Hidup dan Habitat <i>Aedes aegypti</i>	12
2.2.Bakteri Entomopatogen.....	18
2.3. Kematian Larva Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> oleh <i>Bacillus thuringiensis</i>	19
2.4.Bakteri <i>Eschericia coli</i>	20
2.5.Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp.	23
2.6.Bakteri <i>Serratia</i> sp.	25

2.7. Air Kondensat AC.....	27
III. METODE PENELITIAN	30
3.1. Waktu dan Tempat	30
3.2. Alat dan Bahan	30
3.3. Rancangan Penelitian	31
3.3.1. Pembuatan Pakan Perlakuan Kontrol Positif.	33
3.3.2. Pembuatan Stok dan Pengembangbiakan Bakteri <i>Escherichia coli</i>	34
3.3.4. Pembuatan Stok dan Pengembangbiakan Bakteri <i>Serratia</i> sp.	34
3.3.5. Pembuatan Starter dan Stok Suspensi Pakan Berbasis Bakteri.....	35
3.3.6. Proses Penetasan Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> dalam Media Air Sumur.	36
3.3.7. Perlakuan Kontrol Positif dengan Menggunakan Suspensi Pakan TetraBits.	37
3.3.8. Perlakuan Dengan Menggunakan Suspensi Pakan Bakteri.....	37
3.3.9. Perlakuan Dengan Menggunakan Suspensi Pakan Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp.	38
3.3.10. Perlakuan Dengan Menggunakan Suspensi Pakan Bakteri <i>Serratia</i> sp.	38
3.3.11. Pengamatan Waktu Tumbuh <i>Ae. aegypti</i>	39
3.3.12. Pengamatan Jumlah Larva Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	39
3.3.13. Perhitungan Tingkat Mortalitas <i>Ae. aegypti</i>	40
3.3.14. Analisis Data	40
3.4. Diagram Alir	42
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil Penelitian	43
4.1.1. Data Pengamatan Waktu Tumbuh	43
4.1.2. Data Pengamatan Nilai Mortalitas	45
4.2. Pembahasan.....	46
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kelompok Perlakuan	32
Tabel 2. Data Pengamatan Waktu Tumbuh Larva <i>Ae. Aegypti</i>	43
Tabel 3. Uji One Way Anova Waktu Tumbuh Larva	44
Tabel 4. Uji Lanjut Duncan Multiple Range Test Waktu Tumbuh Larva	45
Tabel 5. Pengamatan Tingkat mortalitas per instar setelah pemberian perlakuan	46
Tabel 6. Uji One Way Anova Tingkat Mortalitas Larva	46
Tabel 7. Uji Duncan Multiple Range Test Tingkat Mortalitas Larva	47
Tabel 8. Uji Normalitas Waktu Tumbuh	71
Tabel 9. Uji Homogenitas Waktu Tumbuh	71
Tabel 10. Uji Normalitas Perlakuan Konsentrasi 33%	72
Tabel 11. Uji Normalitas Perlakuan Konsentrasi 5,3%	72
Tabel 12. Uji Homogenitas Perlakuan Konsentrasi 33%	72
Tabel 13. Uji Homogenitas Perlakuan Konsentrasi 5,3%	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Morfologi nyamuk <i>Ae. aegypti</i> (Quinn,2012	10
Gambar 2.	Daur hidup nyamuk <i>Ae. aegypti</i> (Villareal,2016)	13
Gambar 3.	Morfologi larva <i>Ae. aegypti</i> (Rao,2020)	15
Gambar 4.	Scanning Electron Microscopy Larva <i>Ae. aegypti</i> (Skala 500 μm) (Pombo <i>et al.</i> , 2021)	16
Gambar 5.	Scanning Electron Microscopy Larva <i>Ae. aegypti</i> (Skala 100 μm) (Pombo <i>et al.</i> , 2021)	16
Gambar 6.	Morfologi Pupa <i>Ae. aegypti</i> (Rao, 2020)	17
Gambar 7.	Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> (Rao, 2020)	18
Gambar 8.	Bakteri <i>E. coli</i> (Ciociola <i>et al.</i> , 2018)	20
Gambar 9.	Media EMBA dengan Pertumbuhan Koloni <i>E. coli</i> . (Cheeptham, 2012)	22
Gambar 10.	Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. (Sriningsih, 2015)	23
Gambar 11.	Bakteri <i>Serratia</i> sp. (Aisyah <i>et al.</i> , 2016)	25
Gambar 12.	Grafik Perlambatan Waktu Tumbuh	41
Gambar 13.	Larva Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> (A) Normal, (B) setelah di berikan perlakuan dengan suspensi <i>E. coli</i> . selama 48 jam. Tanda panah menunjukkan bagian midgut larva dan kepala. (Dokumentasi Pribadi, 2023)	48
Gambar 14.	Larva Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> (A) Normal, (B) setelah di berikan perlakuan dengan suspensi <i>Pseudomonas</i> sp. selama 48 jam. Tanda panah menunjukkan bagian midgut larva dan kepala. (Dokumentasi Pribadi, 2023)	49

Gambar 15.	Larva Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> (A) Normal, (B) setelah di berikan perlakuan dengan suspensi <i>Serratia</i> sp. selama 48 jam. Tanda panah menunjukkan bagian midgut larva dan kepala. (Dokumentasi Pribadi, 2023)	50
Gambar 16.	Media NA	68
Gambar 17.	Pemasakan media NA diatas hotplate	68
Gambar 18.	Media NA miring pada tabung reaksi	68
Gambar 19.	Penggoresan 1 ose isolat bakteri	68
Gambar 20.	Hasil subkultur bakteri <i>Serratia</i> sp	69
Gambar 21.	Hasil subkultur bakteri <i>E. coli</i>	69
Gambar 22.	Hasil subkultur bakteri <i>Pseudomonas</i> sp	69
Gambar 23.	Media NB	69
Gambar 24.	Penimbangan media NB diatas neraca analitik	69
Gambar 25.	Pelarutan media Nb	69
Gambar 26.	Pemisahan masing- masing Erlenmeyer sebanyak 15 ml	70
Gambar 27.	Perekatan erlenmeyer yang akan di autoclave	70
Gambar 28.	Memasukan subkultur kedalam media NB	70
Gambar 29.	Shaker media NB berisi subkultur	70
Gambar 30.	Penimbangan media NB dalam neraca analitik	71
Gambar 31.	Pelarutan media NB. Pembuatan starter ke dua	71
Gambar 32.	Penuangan media ke dalam erlenmeyer 500 ml	71
Gambar 33.	Perlekatan sebelum dimasukan ke dalam autoclave	71
Gambar 34.	Penuangan starter 15ml ke dalam 150 ml	72
Gambar 35.	Shaker starter selama 4 hari	72
Gambar 36.	Starter dipindahkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 ml	72
Gambar 37.	Sentrifuse starter selama 10 menit	72
Gambar 38.	Hasil setelah di sentrifuse	73
Gambar 39.	Pisahkan natan dan supernatan	73
Gambar 40.	Natan yang diambil dibilas menggunakan PBS	73
Gambar 41.	Suspensi pakan bakteri	73
Gambar 42.	Proses penetasan telur <i>Ae. aegypti</i>	74
Gambar 43.	Proses perpindahan larva ke masing-masing wadah thinwall	74

Gambar 44.	Takaran pemberian suspensi pakan	74
Gambar 45.	Pemberian suspensi pakan bakteri	74
Gambar 46.	Pengamatan Larva Per Instar Dengan Mikroskop	75
Gambar 47.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (Kontrol +) perbesaran 40x	75
Gambar 48.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 3 instar 2 (Kontrol +) perbesaran 40x	75
Gambar 49.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 6 instar 3 (Kontrol +) perbesaran 40x	75
Gambar 50.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 8 instar 4 (Kontrol +) perbesaran 40x	76
Gambar 51.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 10 instar pupa (Kontrol +) perbesaran 40x	76
Gambar 52.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (Kontrol -) perbesaran 40x	76
Gambar 53.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 10 instar 2 (Kontrol -) perbesaran 40x	76
Gambar 54.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 16 instar 3 (Kontrol -) perbesaran 40x	77
Gambar 55.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 20 instar 4 (Kontrol -) perbesaran 40x	77
Gambar 56.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (P1 <i>E. coli</i> 33%) perbesaran 40x	77
Gambar 57.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 5 instar 2 (P1 <i>E. coli</i> 33%) perbesaran 40x	77
Gambar 58.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. Aegypt</i> hari 10 instar 3 (P1 <i>E.</i> <i>coli</i> 33%) perbesaran 40x	78
Gambar 59.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 14 instar 4 (P1 <i>E. coli</i> 33%) perbesaran 40x	78
Gambar 60	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 15 pupa (P1 <i>E. coli</i> 33%) perbesaran 40x	78

Gambar 61.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (P2 <i>Serratia</i> sp. 33%) perbesaran 40x	79
Gambar 62.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 7 instar 2 (P2 <i>Serratia</i> sp. 33%) perbesaran 40x	79
Gambar 63.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 12 instar 3 (P2 <i>Serratia</i> sp. 33%) perbesaran 40x	79
Gambar 64.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 15 instar 4 (P2 <i>Serratia</i> sp. 33%) perbesaran 40x	79
Gambar 65.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 17 pupa (P2 <i>Serratia</i> sp. 33%) perbesaran 40x	79
Gambar 66.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 3,3%) perbesaran 40x	80
Gambar 67.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 9 instar 2 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 33%) perbesaran 40x	80
Gambar 68.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 14 instar 3 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 33%) perbesaran 40x	80
Gambar 69.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 17 instar 4 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 33%) perbesaran 40x	80
Gambar 70.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 19 pupa (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 33%) perbesaran 40x	81
Gambar 71.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (P1 <i>E. coli</i> 0,53%) perbesaran 40x	81
Gambar 72.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 9 instar 2 (P1 <i>E. coli</i> 5,3%) perbesaran 40x	81
Gambar 73.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 14 instar 3 (P1 <i>E. coli</i> 5,3%) perbesaran 40x	81
Gambar 74.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 17 instar 4 (P1 <i>E. coli</i> 5,3%) perbesaran 40x	82
Gambar 75.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (P2 <i>Serratia</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	82
Gambar 76.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 12 instar 2 (P2 <i>Serratia</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	82

Gambar 77.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 15 instar 3 (P2 <i>Serratia</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	82
Gambar 78.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 19 instar 4 (P2 <i>Serratia</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	83
Gambar 79.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 1 instar 1 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	83
Gambar 80.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 14 instar 2 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	83
Gambar 81.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 7 instar 3 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	83
Gambar 82.	Pengamatan larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> hari 20 instar 4 (P3 <i>Pseudomonas</i> sp. 5,3%) perbesaran 40x	84

I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pengendalian fisik, pengendalian hayati, pengendalian kimiawi, pengendalian genetik, dan pengendalian terpadu dapat dijadikan sebagai pengendalian terhadap nyamuk *Aedes aegypti* yang dikenal sebagai vektor demam berdarah dengue (DBD). Pengendalian menggunakan pestisida kimia merupakan upaya yang dapat membunuh vektor serta menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan dan resistensi pestisida. Sulitnya pengendalian vektor akibat adanya resistensi pestisida sehingga menyebabkan meningkatnya kasus penyakit. Kemampuan *Ae. aegypti* untuk beradaptasi dan bertahan hidup terhadap pestisida pada dosis normal yang mampu membunuh vektor menyebabkan peningkatan jumlah vektor (Rachim *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penerapan pengendalian vektor perlu dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti faktor ekologi, perilaku spesies target dan sumber daya yang tersedia. Menurut Sugiarto *et al.*, (2017a) menyatakan bahwa tahap pra-dewasa (telur dan larva) merupakan tolak ukur dalam pengendalian nyamuk. Salah satu pengendalian vektor dapat dilakukan dengan menekan laju pertumbuhannya menggunakan pola makan. Pola makan larva berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan nyamuk (Zairi dan Lagu, 2018).

Nyamuk memiliki berbagai simbiosis dengan aneka mikroorganisme di sekitar habitat hidupnya (Guégan, *et al.*, 2018). salah satu mikroorganisme yang dapat bersimbiosis dengan nyamuk adalah bakteri (Caragata, *et.al.*, 2019). Bakteri yang hidup dalam tubuh nyamuk melakukan metabolisme eksternal dengan cara menghasilkan enzim ekstraseluler (Martinson dan Strand, 2021). Beberapa senyawa yang dihasilkan melalui enzim ekstraseluler bakteri justru bersifat toksin bagi nyamuk, seperti senyawa crystal toxins yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus thuringiensis*, mampu membunuh larva nyamuk (Zaki, *et al.*, 2020, Adepeju, et al. 2023, dan Alba-Tercedor dan Vilchez, 2023). Bakteri tersebut merupakan kelompok *soil bacteria* yang hidup bebas di tanah (Astuti, *et al.*, 2018) sedangkan, nyamuk menyukai lingkungan perairan yang bersih dan tidak terkontak langsung dengan tanah, dan hampir dari setengah fase hidup nyamuk dihabiskan diperairan (Shalihat *et al.*, 2021).

Salah satu prosedur pengendalian hayati adalah dengan introduksi bakteri entomopatogen. Jenis bakteri yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan toksin dan menimbulkan kerusakan jaringan tubuh serangga dikenal dengan istilah bakteri entomopatogen (Glare, *et al.*, 2017)

Mekanisme bakteri entomopatogen bekerja dengan menghasilkan toksin pada saat pembentukan spora sebagai bentuk adaptasi, ketika larva nyamuk memakan toksin maka sistem pencernaannya akan terganggu bahkan sampai menyebabkan kematian larva (Ben-dov, 2014).

Pemanfaatan bakteri entomopatogen sebagai upaya pengendalian bersifat ramah lingkungan dan tidak akan memberikan efek tidak baik terhadap lingkungan karena habitat bakteri terdapat di perairan (Liu *et al.*, 2018). Konsentrasi yang digunakan dalam biokontrol akan mempengaruhi toksin di dalam air, oleh sebab itu semakin tinggi konsentrasi bakteri maka besar peluang bakteri dimakan oleh larva nyamuk.

Mikroorganisme yang dominan hidup di dalam air bersih, sesuai dengan kriteria pertumbuhan nyamuk adalah golongan bakteri *coliform* seperti

E. coli, *Pseudomonas* sp., dan *Serratia* sp. Mortalitas nyamuk dapat diartikan sebagai tingkat kematian nyamuk *Ae. aegypti* dalam periode tertentu karena suatu kondisi lingkungan yang tidak memenuhi kebutuhan nutrisinya (McShaffrey dan Beer, 2022). Mortalitas serangga dapat dilihat dengan mengamati waktu tumbuh, jumlah larva hidup, dan tingkat mortalitas larva pra-dewasa. Oleh sebab itu, ketiga parameter tersebut dapat dijadikan sebagai tolak ukur daya tahan hidup nyamuk *Ae. aegypti* (Alhewairini *et al.*, 2021). Bakteri memiliki peran sebagai biokontrol dengan nyamuk yang menjadi hospesnya dalam menekan laju pertumbuhan karena bakteri mampu memproduksi protein hidrofolik yang bersifat racun (Gimonneau, 2014).

Belum terdapat studi yang membuktikan secara jelas hubungan antara air kondensat AC sebagai media pertumbuhan nyamuk, kebiasaan masyarakat tersebut tetap dapat meningkatkan potensi tempat penampungan air terbuka menjadi *breeding zone* yang optimal bagi nyamuk. Keberadaan air kondensat AC yang melimpah dan sifatnya yang memenuhi kriteria air bersih (Mushtaq, *et.al.*, 2020), menjadikan air kondensat AC diduga dapat menjadi media pertumbuhan nyamuk *Ae. aegypti* dan meningkatkan persebarannya. Dalam menentukan pertumbuhan dan perkembangan nyamuk sebelum memasuki fase dewasa kondisi lingkungan biotik dan abiotik sangat penting. Menurut Jacob (2014), *Ae. aegypti* tidak dapat berkembang pada air yang bersifat basa, tetapi dapat berkembang baik pada air yang bersifat netral. Menurut Widya (2017) pH air mempengaruhi hasil perkembangan larva hingga menjadi dewasa, *Ae. aegypti* dapat berkembang pada berbagai kondisi pH air dengan rentang pH 4 – pH 10.

Air kondensat AC memiliki kandungan mineral yang rendah namun tingkat kebersihan air kondensat AC lebih tinggi dibandingkan air hujan karena tidak tercemar oleh elemen-elemen yang mengendap tetapi air kondensat AC masih dapat terkontaminasi zat pengotor, detritus, dan bakteri, seperti *Legionella* dan *Mycobacterium* spp. (Jahne, *et al.*, 2022).

Keberadaan air kondensat AC yang melimpah dan sifatnya yang memenuhi kriteria air bersih (Mushtaq, *et.al.*, 2020), menjadikan air kondensat AC layak untuk dipertimbangkan menjadi media pertumbuhan nyamuk *Ae. aegypti* dalam penelitian di bidang parasitologi (Akram, *et.al.*, 2018). Hal tersebut sesuai dengan penelitian di Nigeria (Garba *et al.*, 2018) pH yang cocok untuk digunakan dalam *breeding site* larva *Ae. aegypti* berkisar 7,1 – 7,3. Apabila dibandingkan dengan teori dan penelitian yang telah ada, maka sangat memungkinkan untuk larva *Ae. aegypti* dapat berkembangbiak dengan baik dalam media air kondensat AC.

Bakteri *E. coli* merupakan bakteri dari gram negatif yang memiliki gen virulensi yaitu intimin (protein) yang memungkinkan bakteri patogen menempel pada usus dan menimbulkan luka. Hal ini sesuai dengan penelitian (Robin *et al.*, 2021) yang menyatakan bakteri *E. coli* dapat menyebabkan perubahan mortalitas serta pertumbuhan larva yang melambat pada *Galleria mellonella* akibat virulensi intimin. Pada penelitian Azizah, *et al* (2022) *E. coli* yang merupakan bakteri flora normal yang berada pada saluran pencernaan larva *Helicoverpa Armigera* mampu membuat larva mengalami kematian apabila bertumbuh secara berlebihan di dalam usus larva. Menurut Jurat-Fuentes & Jackson (2012) menyatakan bahwa bakteri gram negatif dapat berpotensi sebagai agen biokontrol serangga yang berada pada usus inangnya dan menghancurkan sel-sel nya. Bakteri *Pseudomonas* sp. mampu menghasilkan senyawa *proteinase* dan *metalloprotease* (enzim yang dapat memecah protein dengan membutuhkan ion logam sebagai kofaktor). Senyawa yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonas* sp. diketahui bersifat sebagai toksin yang dapat menyebabkan kematian larva pada serangga (Maciel-Vergara *et al.*, 2018). Mekanisme kematian larva terjadi akibat penekanan sistem imunitas seluler oleh senyawa *proteinase* dan *mettaloprotease* yang melisiskan atau menghancurkan protein pada membran sel sehingga ion-ion dalam sistem pencernaan larva terganggu bahkan sampai mengalami

kehancuran usus. Bakteri yang terdapat pada usus dengan jumlah yang rendah tidak menimbulkan kerusakan pada lainnya, namun apabila larva berada pada keadaan stress dan imun yang lemah maka keberadaan bakteri dapat bersifat patogen (Lee *et al.*, 2017). Senyawa ini dapat optimal pada pH asam hingga pH netral sekitar 5,5 – 7 hal ini sesuai dengan kondisi sistem pencernaan larva yang bersifat asam sehingga mampu menyebabkan kematian pada berbagai macam larva serangga salah satunya *Spodoptera litura* (Devi, *et al.*, 2022). Selain itu senyawa *metalloprotease* mampu menghasilkan faktor virulensi yang menimbulkan kerusakan pada jaringan secara signifikan (Turkina, 2019). Oleh sebab itu bakteri *Pseudomonas* sp., diduga mampu menjadi agen penghambat pertumbuhan nyamuk *Ae. aegypti*. Bakteri *Serratia* sp. memiliki kandungan senyawa sekunder seperti *progidiosin*, dan *saponin* sebagai racun perut yang mengurangi nafsu makan (antifeedant) yang masuk melalui membran sel kutikula larva dan bekerja sebagai racun yang menglisiskan atau mengikis lapisan luar (kutikula) larva (Mutia Dinda *et al.*, 2022), selain itu terdapat enzim hidrolitik yaitu kitinase, protease dan lipase yang bekerja secara sinergis dalam merusak struktur dan fungsi penting dalam tubuh nyamuk yang mengakibatkan kematian larva hal ini diduga mampu menjadikan bakteri *Serratia* sp. Sebagai agen biokontrol dalam mengendalikan populasi nyamuk (Bidari *et al.*, 2018).

Berdasarkan penjabaran tersebut, ketiga jenis bakteri memiliki potensi meningkatkan kematian (mortalitas) terhadap larva nyamuk *Ae. aegypti* melalui produksi senyawa entomopatogen serta penggunaan air kondensat AC yang belum banyak diketahui masyarakat sebagai media pertumbuhan larva nyamuk yang mengandung pH netral. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian yang berjudul “Tingkat Mortalitas Larva *Aedes aegypti* Dalam Kondesat Air Conditioner (AC) Setelah Pemberian Suspensi Bakteri *Escherichia coli.*, *Pseudomonas* sp. dan *Serratia* sp.”

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perlambatan waktu tumbuh larva *Ae. aegypti* setelah pemberian pakan berbasis suspensi bakteri *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, *Serratia sp.* dalam media air kondensat Air Conditioner (AC).
2. Mengetahui nilai mortalitas larva *Ae. aegypti* setelah pemberian pakan berbasis suspensi bakteri *Escherichia coli.*, *Pseudomonas sp.*, *Serratia sp.* dalam media air kondensat Air Conditioner (AC).

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini berdasarkan hasil yang diperoleh nantinya dapat menjadikan informasi tambahan terkait upaya penekanan populasi nyamuk sebagai vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan menggunakan pengendalian hayari berupa bakteri entomopatogen yang di isolasi dari serangga mati disebabkan infeksi bakteri patogen.

1.4. Kerangka Pemikiran

Tahap awal dari perkembangan larva nyamuk berkaitan dengan daerah perairan yang mengembangkan dan meningkatkan strategi pengendalian nyamuk yang efektif. Penggunaan pestisida seringkali dijadikan alternatif untuk melakukan penekanan populasi nyamuk, akan tetapi penggunaan pestisida yang terus menerus diduga menyebabkan resistensi terhadap kemampuan nyamuk *Ae. aegypti* untuk mengembangkan antibodi terhadap pestisida yang biasa digunakan. Oleh sebab itu perlu dilakukan

pengendalian nyamuk dengan mengatur laju pertumbuhannya menggunakan *diets*/pola makan.

Pola makan larva berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan larva nyamuk. Pola makan yang berbeda selama pemeliharaan dapat mempengaruhi dosis - respons nyamuk, meskipun spesies dan keadaan pengujian distandarisasi pada kisaran tertentu. Pola makan dapat mempengaruhi banyak hal salah satunya laju dari pertumbuhan nyamuk. Bakteri berperan sebagai biokontrol dengan nyamuk yang menjadi hospesnya dalam menekan laju pertumbuhan. Simbiosis nyamuk dan bakteri yaitu *E. coli*, *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.* memiliki patogenitas terhadap nyamuk *Ae. aegypti* yaitu membantu virulensi, menjadi pakan serta dapat menginfeksi jaringan.

Penggunaan mikroba sebagai agen pengendali hayati tidak menimbulkan efek negatif terhadap ekosistem perairan karena bakteri dan nyamuk memiliki habitat yang sama sehingga pengendalian hayati menggunakan bakteri efektif dalam mengurangi kepadatan populasi nyamuk. Keberadaan air kondensat AC yang melimpah dan sifatnya yang memenuhi kriteria air bersih (Mushtaq, *et.al.*, 2020), menjadikan air kondensat AC layak untuk dipertimbangkan menjadi media pertumbuhan nyamuk *Ae. aegypti* dalam penelitian di bidang parasitologi (Akram, *et.al.*, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, tahap larva yang akan diamati pertumbuhannya dari instar 1 sampai instar 4 dikaitkan dengan peningkatan resiko kematian karena ketidakstabilan tempat berkembang biak, ketidakstabilan nutrisi yang diperoleh dari bakteri dibandingkan dengan nutrisi yang diperoleh pada habitat aslinya. Pemanfaatan air kondensat AC yang selama ini, belum ditemukannya penelitian tentang air kondensat sebagai media pertumbuhan larva nyamuk. Penggunaan air kondensat AC digunakan sebagai air pengganti dari media asli pertumbuhan nyamuk dengan

memberikan isolat bakteri *E. coli*, *Pseudomonas sp.* dan *Serratia sp.* sebagai pakan larva untuk menguji mortalitas larva *Ae. aegypti*.

1.5.Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat perlambatan waktu tumbuh pada larva *Ae. aegypti* setelah pemberian suspensi isolat bakteri *E. coli.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.*
2. Terdapat peningkatan nilai mortalitas pada larva *Ae. aegypti* setelah pemberian suspensi isolat bakteri *E. coli.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Serratia sp.*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nyamuk *Aedes aegypti*

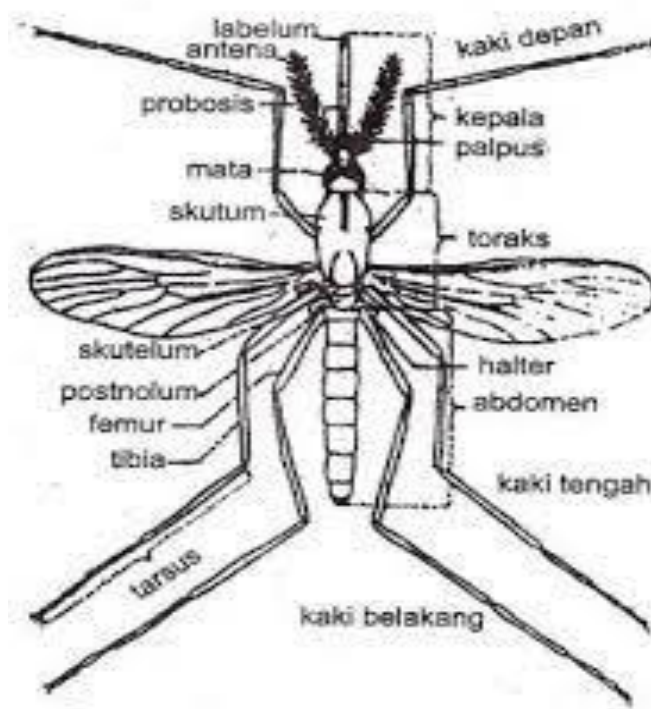
Black white mosquito atau *tiger mosquito* merupakan sebutan untuk *Ae. aegypti*, karena tubuhnya memiliki bercak-bercak putih keperakan di atas dasar warna hitam dan garis-garis. Ciri khas utama pada *Ae. aegypti* terdapat pada dua garis lengkung yang berwarna putih keperakan di kedua sisi samping dan dua buah garis putih sejajar di garis tengah punggungnya yang berwarna dasar hitam. Nyamuk *Ae. aegypti* sering disebut sebagai nyamuk rumah, yang aktivitasnya lebih sering dijumpai pada pagi hingga siang hari. *Ae. aegypti* memiliki metamorfosis sempurna biasa disebut serangga holometabola dengan mengalami perubahan morfologi di setiap daur hidupnya, mulai dari stadium telur, menjadi stadium larva lanjut ke stadium pupa hingga menjadi stadium dewasa.

2.1.1. Morfologi *Aedes aegypti*

Nyamuk *Ae. aegypti* memiliki ukuran kecil, dengan bentuk tubuh yang sempurna karena terdapat caput, thorax dan abdomen. Pada bagian caput terdapat probosis halus dengan panjang melebihi kepala. *Probosis* memiliki fungsi sebagai alat menangkap makanan. Pada nyamuk betina berfungsi sebagai penghisap darah sedangkan pada nyamuk jantan sebagai penghisap cairan tumbuhan dan buah. Pada *probosis* terdapat antena dibagian kanan dan kiri

yang terdiri atas 15 segmen. Pada nyamuk jantan rambut antenanya jauh lebih tebal dibandingkan dengan nyamuk betina. Rambut pada antena nyamuk jantan disebut *plumose* sedangkan pada nyamuk betina disebut *pilose*.

Pada torak terdapat mesonotum yang berbentuk *lyra*, dilapisi dengan bulu halus yang berwarna putih atau kuning dengan membentuk gambaran yang khas untuk masing-masing spesies. Pada panjang sayap nyamuk mempunyai vena yang ditumbuhi sisik-sisik sayap (*wing scales*) yang letaknya mengikuti aliran vena pada permukaannya. Terdapat satu deret rambut yang disebut *fringe* pada pinggiran sayap. Bentuk abdomen silinder yang terdiri atas 10 ruas, dua ruas terakhir menjadi alat kelamin. Nyamuk juga mempunyai 3 pasang kaki (*hexapoda*) yang melekat pada toraks, yang tiap kakinya terdiri dari 1 ruas femur, 1 ruas tibia dan 5 ruas tarsus (Dalilah *et al.*, 2018).



Gambar 1. Morfologi nyamuk *Ae. aegypti* (Quinn, 2012)

2.1.2. **Klasifikasi *Aedes aegypti***

Merujuk kepada Linneaus (1762) dalam Dueñas-López (2022), nyamuk *Ae. aegypti* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Subphylum	: Hexapoda
Class	: Insecta
Order	: Diptera
Family	: Culicidae
Genus	: <i>Aedes</i>
Species	: <i>Aedes aegypti</i>

2.1.3. **Habitat *Aedes aegypti***

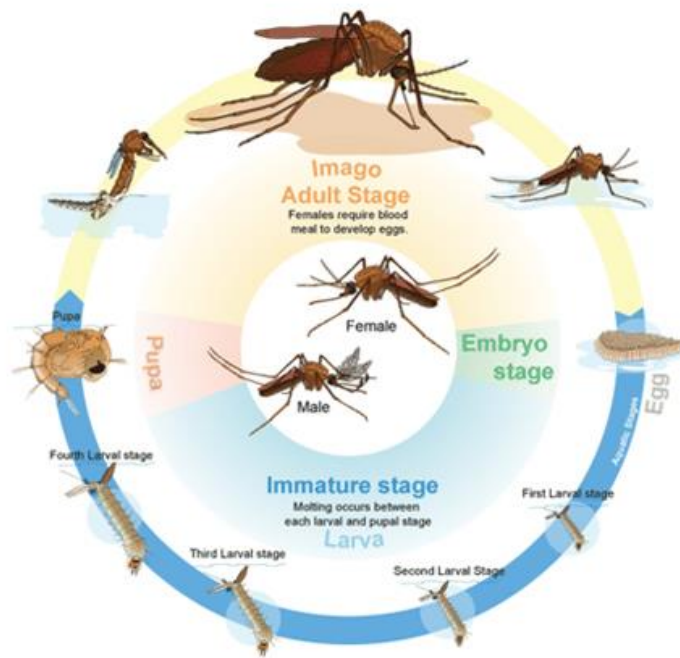
Nyamuk *Ae. aegypti* merupakan jenis hama serangga yang bersifat infeksius biasanya dijumpai pada daerah pemukiman. Pada umumnya *Ae. aegypti* berdampingan dengan manusia yang jaraknya kurang dari 100 m dari pemukiman. Pola aktivitas yang digemari nyamuk *Ae. aegypti* adalah lokasi maupun benda yang terdapat genangan air, seperti ember air, tangki air, vas bunga, septic tank, dan barang-barang bekas yang dibiarkan begitu saja seperti ban mobil bekas. Selain benda di pekarangan rumah, lubang pohon yang terisi air akibat hujan di area hutan juga mampu menjadi pola aktivitas yang optimal bagi nyamuk (Dueñas-López, 2022). Pola aktivitas yang optimal bagi nyamuk *Ae. aegypti* dipengaruhi oleh beberapa faktor pendukung lainnya, seperti faktor suhu, kelembaban, dan curah hujan (Rosa *et al.*, 2023). Dengan mempertahankan keberadaannya, nyamuk *Ae. aegypti* betina akan melakukan perkawinan dengan nyamuk *Ae.*

aegypti jantan, setelah nyamuk betina memiliki asupan darah yang cukup untuk pematangan telur.

Dalam memperoleh pasokan nutrisi darah untuk pematangan telur, nyamuk betina tidak hanya menghisap darah dari manusia, tetapi dapat dari beberapa macam hewan lain seperti tikus, kelinci, ayam, dan babi yang optimal untuk induk nyamuk. Pemberian asupan nutrisi yang terpenuhi, akan mengakibatkan terjadinya proses kawin dalam beberapa hari, dimana satu induk nyamuk betina mampu menghasilkan 100–200 telur dalam satu siklus. Nyamuk *Ae. aegypti* betina mampu melakukan 1–5 kali siklus kawin semasa hidupnya (Dueñas-López, 2022). Nyamuk betina akan bertelur di tempat yang tergenang air yang bersih serta tidak terkontak langsung dengan tanah (Shalihat, *et al.*, 2021), salah satunya pada tanaman hias jenis *Phytotelmata* (tanaman yang mampu menampung air) tanpa disadari menyumbang keberadaan pola aktivitas bagi nyamuk *Ae. aegypti* (Rosa *et al.*, 2023). Proses bertelur memakan waktu dalam hitungan jam atau seharian, tergantung berapa banyak telur yang dihasilkan (Zettel dan Kaufman, 2019).

2.1.4. Daur Hidup dan Habitat *Aedes aegypti*

Nyamuk *Ae. aegypti* mengalami metamorfosis sempurna (Holometabola) yaitu dari telur, jentik (larva), pupa dan nyamuk dewasa. Pada stadium telur, larva hingga pupa hidup di air (aquatik) dan pada fase stadium dewasa nyamuk akan berpindah hidup di darat (terrestrial).



Gambar 2. Daur hidup nyamuk *Ae. aegypti* (Villareal, 2016)

Pada umumnya telur menetas selama 1-2 hari menjadi larva kemudian berkembang selama 6-8 hari menjadi pupa, stadium pupa berlangsung 2-4 hari kemudian menjadi nyamuk dewasa. Nyamuk yang tumbuh dan berkembang dari telur hingga dewasa membutuhkan waktu 10-14 hari dan umur nyamuk dapat mencapai 2-3 bulan.

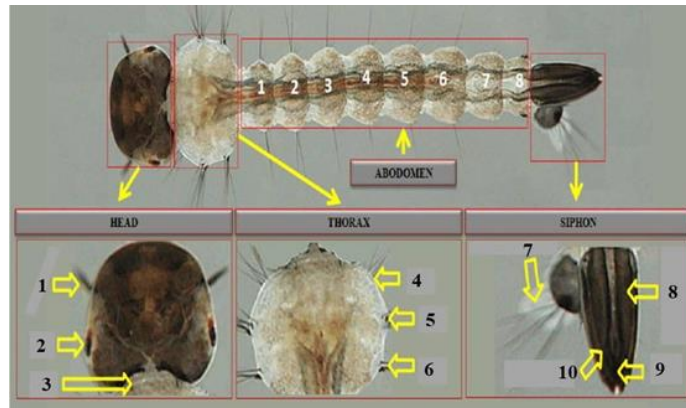
a. Stadium Telur

Ae. aegypti betina mampu memproduksi telur hingga 80-100 butir setiap kali bertelur. Nyamuk *Ae. aegypti* memiliki morfologi telur antara lain berwarna hitam dengan bentuk oval memanjang dan memiliki permukaan yang polygon. Bentuk morfologi telur nyamuk *Ae. aegypti* berbeda dengan telur nyamuk *Anopheles sp.*, yang menyerupai perahu dengan pelampung dari *chorion* yang melengkung di bagian lateral. Nyamuk betina akan meletakkan telurnya di dinding suatu

wadah penampungan air, nyamuk betina akan mengeluarkan 100 butir telur dalam satu kali proses bertelur (Loren dan Wahyuni, 2015). Telur nyamuk berbentuk elips atau oval memanjang, pada waktu dikeluarkan telur berwarna putih kemudian berubah menjadi hitam dalam waktu 30 menit, berukuran 0,5-0,8 mm dan tidak memiliki alat pelampung.

b. Stadium Larva

Proses terjadinya penetasan menjadi larva setelah 1-3 hari. Larva nyamuk atau biasa disebut jentik berukuran 0,51 cm, selalu bergerak aktif di air, tidak memiliki lengan dan memiliki abdomen lebih lebar dari kepala. Kepalanya memiliki sepasang antena dan mata majemuk. Larva nyamuk dalam prosesnya bergerak ke permukaan air untuk bernapas dengan mengarahkan corong udara (sifon) ke permukaan air. Pada waktu istirahat, posisi jentik tegak lurus dengan permukaan air. Larva mengalami 4 stadium perkembangan larva (instar) sebelum berubah menjadi pupa. Karakteristik morfologi larva *Ae. aegypti* memiliki struktur kepala, antena, toraks, abdomen, sifon, dan papila anal. Abdomen larva terbagi atas 8 segmen. Segmen kedelapan abdomen larva memiliki deretan duri sisir dan saluran pernapasan (sifon). Pada bagian terminal abdomen larva terdapat papila anus yang berfungsi untuk ekskresi. Larva nyamuk *Ae. aegypti* mempunyai ciri khas sifon yang pendek, besar dan hitam. (Supriyono dkk., 2023). Perkiraan waktu perubahan terjadi sekitar 6-8 hari (Marlik, 2017).



Gambar 3. Morfologi Larva *Ae. aegypti* (Rao, 2020)
 Keterangan: 1. Antena, 2. Mata, 3. Leher, 4. Protoraks,
 5. Mesotoraks, 6. Metatoraks, 7. Papila anal, 8. Sifon,
 9. Sisir ekor, 10. Duri pekten.

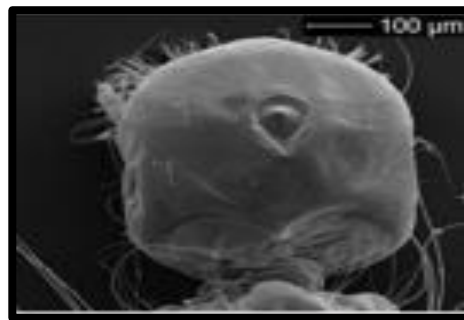
Menurut Theodora (2018) instar nyamuk memiliki ciri sebagai berikut :

1. Pada Instar I, memiliki tubuh dan sifon (Corong pernapasan) yang masih transparan, duri-duri (spinae) pada dada belum jelas, berukuran paling kecil dengan panjang 1 – 2 cm, serta membutuhkan waktu perkembangan selama 1 hari.
2. Pada Instar II, ditandai dengan adanya perkembangan sifon berwarna kecoklatan namun duri-duri dada belum nampak jelas, memiliki ukuran tubuh sekitar 2,5 – 3,9 cm, serta membutuhkan waktu perkembangan selama 1-2 hari.
 Pada Instar III, memiliki duri-duri dada yang jelas dan sifon berwarna coklat, ukuran tubuh berkembang mencapai 4-5 cm.
3. Instar III nyamuk memiliki ukuran tubuh yang lebih besar daripada instar I dan II sehingga mudah diamati. Larva instar III memiliki struktur anatomi yang lebih jelas dan ketahanan fisik terhadap pengaruh eksternal. Instar III membutuhkan waktu 2 hari untuk berkembang menjadi instar IV (Nurhaifah dan Sukesi, 2015).

4. Pada Instar IV, merupakan tahap akhir perkembangan larva ditandai dengan struktur anatomi bagian tubuh yang lengkap terdiri atas kepala (cephal), dada (thorax), dan perut (abdomen). Bagian kepala dilengkapi sepasang mata dan antena yang gelap. Ukuran larva mencapai 5-7 cm. Instar IV akan berkembang menjadi pupa dalam waktu 2-3 hari.



Gambar 4. *Scanning Electron Microscopy* Larva *Ae. aegypti* (Skala 500 μm) (Pombo et al., 2021).

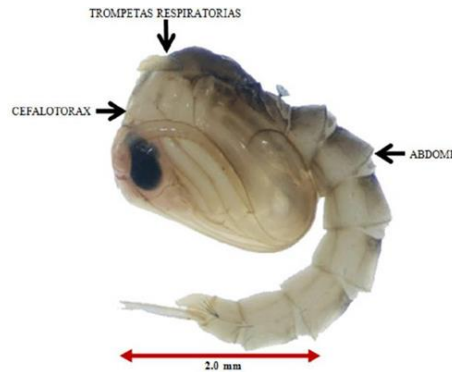


Gambar 5. *Scanning Electron Microscopy* Larva *Ae. aegypti* (Skala 100 μm) (Pombo et al., 2021).

c. Stadium pupa

Pupa atau kepompong merupakan periode puasa yang ditandai dengan struktur kepala dan toraks menyatu menjadi bentuk seperti koma. Pada periode ini pupa tetap bernafas namun tidak makan. Tubuh pupa terdiri dari sepalotoraks, abdomen, sifon,

dan ekor. Suhu optimum untuk perkembangan pupa adalah sekitar 27°-30° C. Dalam waktu 1-2 hari kulit kepompong akan pecah dan pupa siap berkembang menjadi nyamuk dewasa (Marlik, 2017).

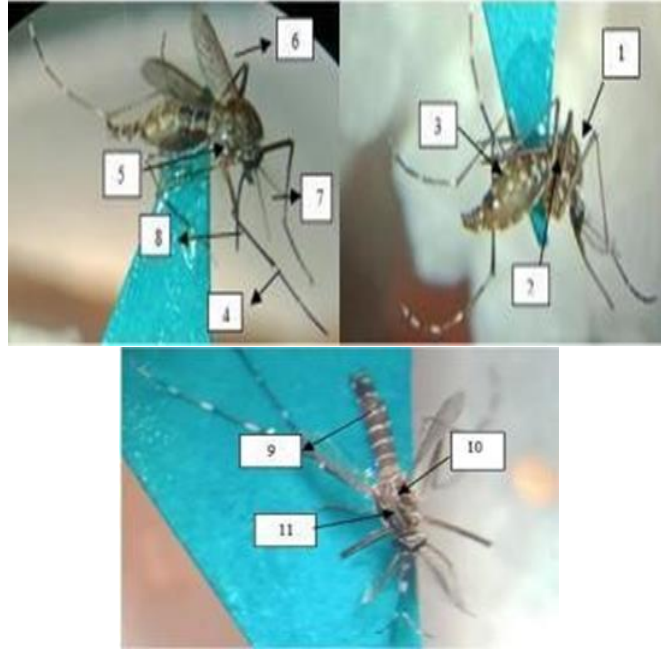


Gambar 6. Morfologi Pupa *Ae. aegypti* (Rao, 2020).

d. Stadium dewasa

Nyamuk dewasa memiliki tubuh berwarna coklat tua kehitaman. Tubuh nyamuk terdiri atas tiga bagian: kepala, dada, dan perut. Morfologi nyamuk *Ae. aegypti* ditandai dengan badan berwarna dasar hitam disertai corak putih keperakan pada dada, abdomen, kaki, dan sayap. Bercak putih pada tungkai kaki dan dua garis keperakan melengkung berbentuk siku berhadapan (*lyre-shaped*) di punggungnya merupakan ciri utama nyamuk *Ae. aegypti*. Umumnya ukuran nyamuk jantan relatif lebih kecil dari nyamuk betina, yaitu sekitar 4-5 mm dan 4-6 mm. Nyamuk *Ae. aegypti* betina mempunyai abdomen yang berujung lancip dan mempunyai cerci yang panjang (Theodora, 2018). Antena nyamuk Aedes jantan dan betina memiliki 13 segmen (flagella), dengan panjang 1-1,5 mm dengan rambut-rambut kecil (funiculus) pada setiap segmen.

Antena nyamuk jantan disebut plumose berbulu lebih lebat, sedangkan antena nyamuk betina yang disebut *pilose* berbulu jarang (Supriyono dkk., 2023).



Gambar 7. Nyamuk *Ae. aegypti* (Rao, 2020).

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

2.2. Bakteri Entomopatogen

Bakteri entomopatogen dapat digunakan sebagai agen biokontrol karena memiliki kelebihan antara lain persebarannya terdapat di berbagai tempat serta memiliki produksi massa yang lebih cepat dibandingkan mikroorganisme lain seperti fungi. Bakteri entomopatogen merupakan jenis bakteri yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan senyawa toksin, serta menimbulkan kerusakan pada jaringan ataupun kematian pada serangga, apabila tidak sengaja termakan dan masuk dalam sistem pencernaan insekta (Glare *et al.*, 2017). Bakteri entomopatogen sebenarnya merupakan bakteri oportunistik yang menjadikan serangga sebagai host untuk melaksanakan fungsi kehidupannya, seperti membelah

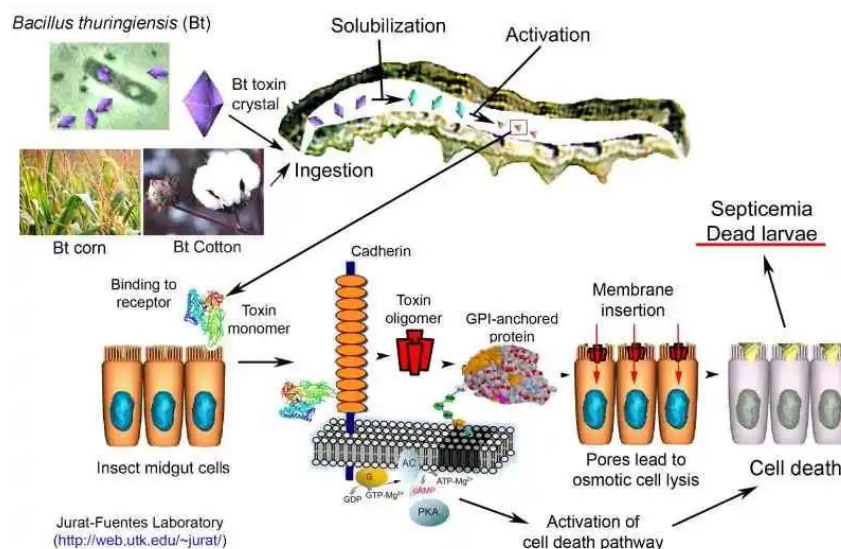
diri atau ploriferasi sel. Senyawa yang bersifat toksin hasil produksi bakteri entomopatogen, umumnya diproduksi dalam bentuk enzim dan memiliki sifat proteolitik, sehingga produksinya yang melimpah dapat mengganggu permeabilitas membran sel serangga. Berdasarkan penelitian (Adam *et al.*, 2014) pemanfaatan bakteri entomopatogen sebagai upaya pengendalian populasi larva *Spodoptera litura* F., tidak meninggalkan masalah resistensi dan resurgensi terhadap hama target.

Hal tersebut diperkuat oleh penelitian (Chandrasekaran *et al.*, 2012) yang menyatakan bahwa bakteri entomopatogen telah terbukti mampu menekan populasi larva target karena bakteri entomopatogen dapat memproduksi metabolit sekunder ataupun enzim ekstraseluler. Pemahaman mengenai parameter riwayat hidup perkembangan vektor yang meliputi kelangsungan hidup, ukuran serta tingkat pertumbuhan memberikan data penting untuk karakterisasi dalam memprediksi dampak intervensi kontrol (Derua *et al.*, 2019). Larva nyamuk sering kali mengonsumsi makanan dengan komposisi makronutrien yang bervariasi sehingga kandungan nutrisi dan mikrobiota usus dapat mempengaruhi proses fisiologis (Martinson *et al.*, 2017). Pada nyamuk, ketersediaan nutrisi yang terbatas berkaitan dengan rendahnya tingkat kelangsungan hidup hingga perkembangan dewasa yang berlangsung lebih lama (Pigeault *et al.*, 2016)

2.3. Kematian Larva Nyamuk *Aedes aegypti* oleh *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis (B. ti) merupakan cara yang paling tepat untuk menekan jumlah vektor DBD, karena tidak bersifat toksik terhadap organisme nontarget. *Bacillus thuringiensis* bekerja dengan cara memproduksi toksin ketika membentuk spora sebagai bentuk adaptasi. Larva nyamuk yang memakan kristal toksin *Bacillus thuringiensis* maka saluran pencernaannya akan terganggu sehingga mengakibatkan kematian larva. Hal ini dimungkinkan karena semakin tinggi konsentrasi *Bacillus thuringiensis* yang diinokulasikan, maka peluang untuk termakan oleh larva semakin besar. Konsentrasi *Bacillus thuringiensis* yang diperlukan

untuk membunuh larva tergantung pada volume air pada tempat pemeliharaan larva (Poopathi dan Abidha, 2011). Kristal protein (endotoksin) dapat aktif optimal dengan kondisi pH yang basa.



Gambar 8. Proses infeksi *Bacillus thuringiensis* terhadap larva *Ae. aegypti*

Aktivitas toksin *Bacillus thuringiensis* terhadap larva *Ae. aegypti* di dalam usus larva yang memiliki pH basa (9-10) yang nantinya kristal protein diaktifkan dan berubah menjadi bentuk toksik. Dan protease dalam usus larva dapat membantu proses protein menjadi bentuk aktifnya. Toksin yang aktif berikatan dengan reseptor sel epitel usus larva sehingga menyebabkan pembentukan pori-pori di membran sel yang mengakibatkan kebocoran ion dan menyebabkan pecahnya sel usus. Kerusakan sel usus membuat larva mengalami gangguan pencernaan dan penyerapan nutrisi. Kerusakan yang ekstensif menyebabkan larva mati dalam waktu beberapa jam. Setelah larva mati dan membusuk, *Bacillus thuringiensis* akan melepaskan spora kembali ke lingkungan yang nantinya dapat menginfeksi larva lainnya.

Bacillus thuringiensis merupakan salah satu bakteri patogen pada serangga yang sudah dikembangkan menjadi salah satu bioinsektisida yang potensial. Salah satu karakteristik dari *Bacillus thuringiensis* dapat

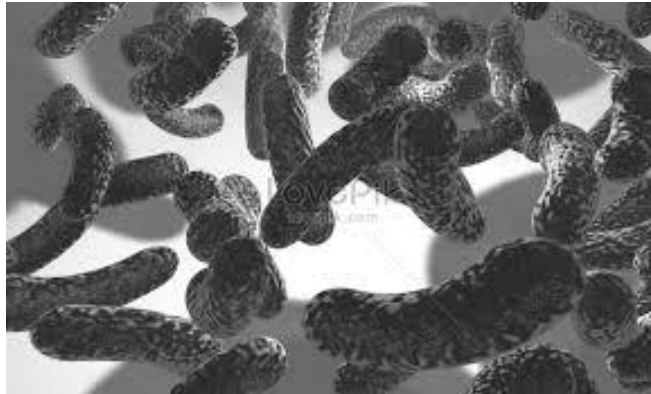
memproduksi kristal protein di dalam sel bersama-sama dengan spora, pada waktu sel mengalami sporulasi. Bioinsektisida berbasis *Bacillus thuringiensis* mempunyai sifat selektif, dan tidak beracun terhadap hama bukan sasaran atau manusia dan ramah lingkungan karena mudah terurai dan tidak meninggalkan residu yang mencemari lingkungan (Darnely, 2010)

2.4. Bakteri *Eschericia coli*

Bakteri *E. coli* merupakan bakteri gram negatif, berbentuk batang, dengan panjang tubuh 2,0–6,0 μm tidak memiliki spora, memiliki alat gerak berupa flagel, berbentuk koloni bulat dan cembung serta bewarna hijau metalik apabila ditanam ke dalam media EMB agar (Trisno *et al.*, 2019). *E. coli* memiliki karakteristik yang mencolok dari bakteri lainnya yaitu dari bentuk koloni, morfologi seluler, kemampuannya dalam memfermentasikan glukosa, menghasilkan zat asam, dan mengasamkan susu (Cobo-Simón, *et al.*, 2023). Famili Enterobacteriaceae merupakan asal dari *E. coli* yang dikenal sebagai bakteri *Coliform* karena memiliki ciri sebagai bakteri penyebab kontaminasi air, gram-negatif, memiliki alat gerak berupa flagel, anaerobik fakultatif, dan hidup didalam pencernaan hewan bertubuh hangat (Jenkins, *et al.*, 2017).

Adapun klasifikasi *E. coli* menurut (Kuswiyanto, 2014) sebagai berikut :

Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Eubacteriales
Keluarga	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

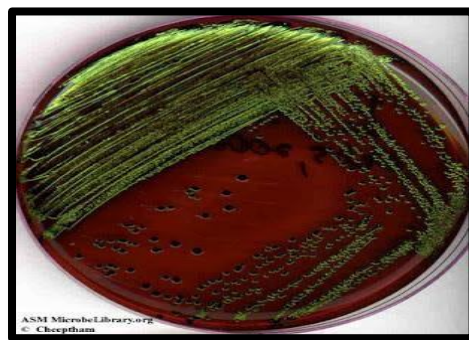


Gambar 9. Bakteri *E. coli* (Ciociola *et al.*, 2018)

Jenis bakteri yang sangat umum dijumpai di lingkungan, bakteri ini mudah ditemukan dimana-mana, termasuk pada sistem pencernaan hewan homoiterm, terutama mamalia, dan tersebar ke lingkungan melalui feses merupakan Bakteri *E. coli* (Soares, *et al.*, 2023). Sebagai model penelitian Keberadaannya yang melimpah menjadikan bakteri *E. coli* yang umum digunakan dalam berbagai bidang penelitian (Cobo-Simón, *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil penelitian Souza, *et al.* (2019), kelimpahan bakteri *E. coli* dalam media pertumbuhan nyamuk menyebabkan *nutritional stress* terhadap individu nyamuk *Ae. aegypti* dan menurunkan *indeks survival rates* (ISR) mencapai 75%. Ketika *E. coli* melimpah pada suatu media, *E. coli* akan memproduksi senyawa enzim ekstraseluler yang bersifat proteolitik. Enzim tersebut didistribusikan melalui sitoplasma dan dikeluarkan untuk perolehan sumber nutrisi, sehingga terjadi dominansi keberadaan bakteri *E. coli* dalam media air dan mencegah keberadaan mikroorganisme selain bakteri *E. coli* (Ojovan, *et al.*, 2021). Pertumbuhan optimal *E. coli* tumbuh paling baik pada pH netral hingga sedikit basa berkisar 6,5 – 7,5.

Media EMBA sebagai media yang selektif terhadap pertumbuhan *E. coli*. Perubahan media yang semula berwarna merah tua kehitaman menjadi hijau metalik dikarenakan peningkatan keasaman agar, dan pengambilan warna oleh proses fermentasi *E. coli*, sehingga media ini selektif untuk

pertumbuhan *E. coli*. Menurut (Kuswiyanto, 2014) bakteri *E. coli* dapat tumbuh pada media dengan pH 7,2 dengan suhu 10-40°C dan suhu optimal pertumbuhannya yaitu 37,5°C. Bakteri *E. coli* memiliki kemampuan dalam mendegradasi glukosa menjadi asam dan gas serta membentuk koloni yang khas pada media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA). Selain pada media EMBA, mampu tumbuh secara baik pada media *MacConkey Agar* dan media *Endo Agar*. Hal tersebut dikarenakan bakteri *E. coli* memerlukan oksigen sebagai upaya pertahanan hidup meskipun beberapa dari *E. coli* mampu bertahan dalam keadaan tanpa oksigen. Bakteri *E. coli* mempunyai kemampuan hemolisis karena adanya strain aerofilik sehingga pada media EMBA bakteri *E. coli* akan memfermentasi laktosa sehingga memunculkan warna hijau mengkilat (Sari, 2015).



Gambar 10. Media EMBA dengan Pertumbuhan Koloni *E. coli*. (Cheeptham, 2012).

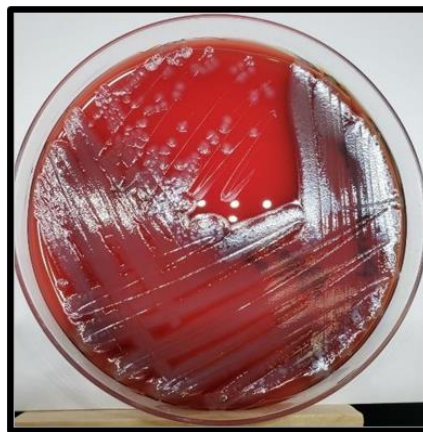
2.5. Bakteri *Pseudomonas* sp.

Bakteri *Pseudomonas* merupakan anggota famili bakteri *Enterobacter* yang memiliki ciri berbentuk batang, gram negatif, heterotrof, memiliki alat gerak berupa flagellum, koloni berbentuk bulat, licin, dan berwarna hijau *flourescent* (Diggle dan Whiteley, 2020). *Pseudomonas* dapat tumbuh optimal pada suhu 37°C dan mampu bertahan dalam suhu minimum 4°C. Seperti mikroba coliform lainnya, *Pseudomonas* umum dijumpai pada tanah ataupun air, dan ditransmisikan melalui udara ataupun feses mamalia. *Pseudomonas* dapat menjadi patogen oportunistik

dan mampu menyebabkan beberapa penyakit pada saluran kemih, pusat sistem saraf, dan infeksi pada luka terbuka (Shi, *et al.*, 2023).

Adapun klasifikasi *Pseudomonas* sp., menurut (Soedarto, 2015) sebagai berikut :

Kerajaan : Bacteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Gammaproteobacteria
Ordo : Pseudomonadales
Keluarga : Pseudomonadaceae
Genus : *Pseudomonas*
Spesies : *Pseudomonas* sp.



Gambar 11. Bakteri *Pseudomonas* sp. (Sriningsih, 2015).

Bakteri *Pseudomonas* sp., memiliki lebar tubuh 0,5-0,8 mikron dengan panjang tubuh 1,5-3,0 mikron, tidak mempunyai spora. Bakteri *Pseudomonas* sp., memiliki sifat nonfermenter, oksidase positif, katalase positif sehingga dapat tumbuh optimum pada suhu 4°C atau di bawah 43 °C. Bakteri *Pseudomonas* sp. dapat tumbuh optimal pada pH netral dan sedikit basa sekitar 6,5 – 7,5, selain itu dapat juga bertahan dalam berbagai lingkungan termasuk pada kulit dan luka. Bakteri *Pseudomonas* sp., mampu memproduksi enzim protease, lipase dan amilase serta

memiliki kemampuan dalam menguraikan protein, karbohidrat, dan senyawa organik menjadi CO₂, amoniak dan senyawa-senyawa yang sederhana (Suyono dan Farid, 2014).

Menurut Todar (2012) media paling sederhana yang dapat digunakan untuk pertumbuhan *Pseudomonas* sp., yaitu terdiri dari asam asetat sebagai sumber karbon dan ammonium sulfat sebagai sumber nitrogen. Media *MacConkey* Agar juga menjadi salah satu media yang selektif untuk pertumbuhan *Pseudomonas* sp., dengan hasil membentuk koloni yang jernih. Bakteri *Pseudomonas* sp., mampu menghasilkan pigmen pyocyanin (biru-hijau), pigmen pyoverdine (kuning-hijau berfluoresensi) dan pyorubin (merah-coklat) (Soedarto, 2015). Pengamatan bakteri *Pseudomonas* sp., dapat dilakukan secara mikroskopis dengan mengamati zona yang terbentuk pada media agar dan warna koloni yang dihasilkan sesuai dengan karakteristiknya sebagai bakteri gram-negatif.

Pseudomonas mampu menyebabkan penyakit dan patogenitas pada serangga melalui produksi senyawa metabolisme yang bersifat toksin (Diggle dan Whiteley, 2020). Bakteri *Pseudomonas* mampu menghasilkan senyawa *rhamnolipid* yang tersusun atas molekul rhamnose yang dihubungkan dengan β -hydroxydecanoic acid dalam bentuk biosurfaktan yang bersifat toksin bagi larva nyamuk. Aktivitas larvasida dengan pemberian *Pseudomonas* menunjukkan 100% tingkat keberhasilan eliminasi larva pada 48 jam pasca pemberian dosis perlakuan (Harikrishnan, et al., 2023).

2.6. Bakteri *Serratia* sp.

Bakteri *Serratia* termasuk dalam Ordo *Enterobacterales*, yang merupakan bagian dari Gammaproteobacteria, kelompok besar dan beragam bakteri anaerobik fakultatif, tidak membentuk spora, Gram-negatif, dan berbentuk batang. Genus *Serratia* dinamai fisikawan Italia Serafino. *Serratia* sering dikaitkan dengan hewan dan tumbuhan. Bakteri

ini bersifat fakultatif anaerob sehingga mampu hidup pada keadaan yang sangat ekstrim, seperti pada lingkungan yang terpapar antiseptik, desinfektan, dan air destilasi, selain itu bakteri ini juga dapat hidup dalam kisaran suhu 5°C - 40°C dan dalam kisaran pH antara 5-9 (Astawa dan Tarini, 2017).

Bakteri *Serratia sp* memiliki bentuk sel batang atau bacillus dan beberapa galur membentuk kapsul, memiliki ukuran koloni sangat kecil hingga 2 mm. Bakteri ini bersifat motil karena memiliki flagel peritrik yang digunakan sebagai alat gerak dan flagel tersebut ditemukan pada seluruh sel bakteri. Secara makroskopis bakteri ini membentuk koloni cembung, lembut, dengan tepi yang berbeda, dan dapat menghasilkan pigmen merah. Bakteri ini menghasilkan pigmen merah yang merupakan metabolit sekunder yang dikenal sebagai prodigiosin (Naufal *et al.*, 2017). Bakteri *Serratia* dapat tumbuh optimal pada pH netral hingga sedikit basa berkisar (6- 7,5).



Gambar 12. Bakteri *Serratia sp.* (Aisyah *et al.*, 2016)

Adapun klasifikasi *Serratia sp.*, menurut Rosidah (2016) adalah :

Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Keluarga	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Serratia</i>
Spesies	: <i>Serratia sp</i>

Penggunaan bakteri *Serratia sp.*, sebagai pengendali nyamuk *Ae. aegypti* telah dilakukan beberapa penelitian yang menyatakan tingkat efektivitas ekstrak bakteri *Serratia sp.*, dapat mematikan larva *Ae. aegypti* instar III dengan persentase sebesar 94% setelah 24 jam perlakuan (Naine dan Devi, 2014). Bakteri *Serratia sp.*, memicu detoksifikasi pada larva karena terjadinya peningkatan prodigiosin yang memicu aktivitas enzim esterase. Enzim esterase berperan dalam mekanisme detoksifikasi pada larva *Ae. aegypti* dengan cara mentransfer sinyal pada sistem saraf sehingga larva mampu mengenal ekstrak bakteri *Serratia sp.*, sebagai senyawa toksik (Ebadollahi *et al.*, 2013). Selain itu, prodigiosin menghasilkan enzim protease yang memungkinkan menjadi penyebab detoksifikasi karena prodigiosin memicu aktivitas enzim protease dalam proses detoksifikasi larva *Ae. aegypti* instar III (Suryawanshi *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian (Sogandi dan Gunarto, 2020) menyatakan senyawa alkaloid yang terdapat pada bakteri *Serratia sp.*, menyebabkan daur hidup larva *Ae. aegypti* tidak berjalan dengan normal karena senyawa alkaloid yang tinggi akan merangsang kelenjar endokrin dalam mensekresi *Juvenile Hormone* (JH) yang berperan dalam perkembangan larva *Ae. aegypti* dengan menekan proses pergantian kutikula sehingga menjadi abnormal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini penggunaan bakteri *Serratia sp.*, diharapkan dapat menekan daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* berdasarkan literatur yang mendasari keberhasilan bakteri *Serratia sp.*, terhadap mortalitas nyamuk *Ae. aegypti* sehingga populasi nyamuk sebagai vektor DBD dapat berkurang.

2.7. Air Kondensat AC

Air kondensat AC adalah air yang berasal dari mesin pendingin ruangan (AC) yang menyerap panas dari udara disekitar, sehingga membuat suhu ruangan sesuai dengan suhu yang diinginkan. Mesin pendingin ruangan memiliki prinsip kerja menyerap kelembaban udara (*air humidity*) di

atmosfer. Ketika suhu meningkat, kelembaban udara di atmosfer ruangan turut meningkat. Kelembaban udara yang tinggi disebabkan oleh melimpahnya kadar uap air di atmosfer, molekul-molekul air tersebut akan terserap oleh mesin udara saat mesin udara dihidupkan dan terkondensasi, sehingga kelembaban dan suhu ruangan menurun (Sabnis, *et al.*, 2020). Air hasil kondensasi tersebut akan dikeluarkan melalui pipa pembuangan. Suhu ruangan berada dalam rentang 23,2–27,3°C dengan nilai kelembaban rata-rata 33,1–45,5°C, ketika mesin pendingin ruangan dinyalakan, kelembaban ruangan dapat berkurang hingga 30% dan suhu rata-rata ruangan menurun hingga 16°C (Sari, *et al.*, 2023). Satu unit mesin pendingin ruangan mampu menghasilkan 10 L air kondensat AC dalam 7-8 jam pengoperasian (Sabnis, *et al.*, 2020).

Air kondensat AC yang berasal dari hasil penarikan uap air di udara, dinilai sebagai air yang bersih dan dapat digunakan jika ditampung dan disimpan secara benar, tertutup dan tidak terbuka begitu saja (Sabnis, *et al.*, 2020). Hasil penelitian Sulistiono, *et al.*, (2021), menunjukkan bahwa air kondensat AC memiliki sifat fisika, tidak memiliki warna, bau, dan rasa, serta memiliki rentang nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) berkisar 20–24 mg/L. Hasil pengujian parameter kimia menunjukkan, nilai DO (Dissolved Oxygen) sebesar 7,16 mg/L, pH 6,93, kadar nitrat (NO₃⁻) sebesar 3,56 mg/L, kadar zat besi 0,01 mg/L, kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 313,3 mg/L, dan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 23,6 mg/L, serta hasil pengujian biologi menunjukkan keberadaan bakteri coliform sebesar 7,66 CFU/100 mL (Sulistiono, 2021).

Hasil penelitian Sulistiono, *et al.*, (2021), menunjukkan bahwa walaupun air kondensat AC merupakan air murni, seperti layaknya akuades, air kondensat AC masih dapat terkontaminasi, ditandai dengan keberadaan bakteri coliform pada uji biologis. Penelitian Okeyinka, *et al.* (2021), turut menunjukkan bahwa air kondensat AC masih dapat terkontaminasi dengan

bakteri *E. coli* dengan kadar hasil pengujian MPN kurang dari 2 MPN/100 mL. Kontaminasi pada air kondensat AC dapat berasal dari hasil penyerapan uap air di atmosfer yang masuk ke dalam mesin pendingin. Selain berasal dari hasil penyerapan uap air, kontaminasi air kondensat AC dapat disebabkan dari lingkungan tempat pembuangan air kondensat atau terpapar oleh udara luar. Selain bakteri *coliform*, *faecal coliform*, dan *E. coli*, ditemukan pula bakteri *Legionella* dan *Mycrobacterium* spp. dalam air kondensat AC (Jahne *et al.*, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2023–Januari 2024. Proses tahap preparasi serta pengembangbiakan bakteri sebagai pakan larva nyamuk *Ae. aegypti* dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung. Sedangkan untuk tahap pengembangbiakan larva nyamuk *Ae. aegypti* dan perlakuan dilaksanakan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, kotak plastik *thinwall* (17 cm x 5 cm x 11,5 cm), kotak plastik *thinwall* (12 cm x 12 cm x 7 cm), *rearing cage*, *Biological Safety Cabinet* (BSC), timbangan digital, neraca analitik, *centrifuge*, inkubator, hot plate, bunsen, jarum ose (loop), cawan petri, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas beaker, gelas ukur, pipet tetes, batang pengaduk, spuit suntikan 10 mL, *tally counter*, laptop Asus VivoBook dengan aplikasi SPSS 21.0, kertas, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, telur nyamuk *Ae. aegypti* (diperoleh dari Institut Pertanian Bogor), pakan ikan *TetraBits Complete*, air sumur, air kondensat pendingin ruangan (AC), isolat bakteri *E. coli*, isolat bakteri *Pseudomonas* sp., isolat bakteri *Serratia* sp., media *Sodium*

Agar (NA), media *Lactose Broth* (LB), media *MacConkey Agar* (MAC), media *Caprylate-thallos* (CT) agar, media *Brain-Heart Infusion* (BHI), akuades, *Phosphate-Buffered Saline* (PBS), formalin 4%, spiritus, aluminium foil, kertas HVS, dan karet gelang

3.3.Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancangan percobaan acak lengkap (RAL) pengolahan data mengacu pada model penelitian Usmadi (2020) dengan melakukan modifikasi. Perlakuan yang diberikan untuk masing-masing kelompok merujuk kepada Souza, *et.al.* (2019) menggunakan suspensi pakan TetraBits sebagai kontrol positif, untuk masing-masing perlakuan menggunakan suspensi isolat bakteri *E. coli.*, suspensi isolat bakteri *Pseudomonas sp.*, dan suspensi isolat bakteri *Serratia sp.* Tiap konsentrasi suspensi yang digunakan dihitung berdasarkan banyaknya perlakuan dan pengulangan. Dari 6 perlakuan didapatkan 18 kali pengulangan 1 perlakuan 6 ulangan dan tiap pengulangannya menggunakan 25 ekor larva nyamuk (instar 1) dalam 40 mL air kondensat AC, untuk 3 perlakuan lainnya dengan menggunakan 25 ekor larva nyamuk dalam 250 mL air kondensat AC (Garjito, *et.al.*, 2021). Berikut rumus untuk menentukan konsentrasi suspensi bakteri mengacu pada (Souza *et al.*, 2019) :

$$C = \frac{m}{v}$$

Keterangan:

C = Konsentrasi larutan (mg/ml)

m = Massa zat terlarut (mg)

V = Volume pelarut (ml)

3 larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	16 mg pelet	5 ml air	Dibagi ÷ 3 jenis suspensi yang digunakan
1 larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	5,3 mg pelet	1,6 ml air	

Perhitungan Konsentrasi Suspensi 1× Ulangan (25 larva)

$$\text{Suspensi} = 5,3 \text{ mg} \times 25$$

$$= 132,5 \text{ mg}$$

$$\text{Air} = 1,6 \text{ ml} \times 25$$

$$= 40 \text{ ml}$$

$$C = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{132,5}{40} = 3,3 \text{ mg/ml}$$

Dijadikan konsentrasi persentase

$$3,3 \text{ mg/ml} \Rightarrow \frac{3,3}{100} \times 1000 = 33\%$$

Tabel 1. Kelompok Perlakuan

No	Perlakuan (P)	Uraian	Keterangan
1	K+	Pemberian suspensi pakan <i>TetraBits</i> sebanyak 33% di dalam kondensat AC pada larva <i>Ae.aegypti</i> .	Kontrol Positif
2	K-	Tanpa suspensi pakan dalam media kondensat AC pada larva <i>Ae. Aegypti</i>	Kontrol Negatif
2	P1	Pemberian suspensi bakteri <i>E. coli</i> 33% dalam kondensat air AC pada Larva nyamuk <i>Ae.aegypti</i> .	Perlakuan 1
3	P2	Pemberian suspensi bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. 33% di dalam kondensat air AC larva <i>Ae.aegypti</i> .	Perlakuan 2
4	P3	Pemberian pakan suspensi bakteri <i>Serratia</i> sp. 33% di dalam media kondensat air AC larva nyamuk <i>Ae.aegypti</i> .	Perlakuan 3
5	P4	Pemberian suspensi bakteri <i>E. coli</i> 5,3% dalam kondensat air AC pada Larva nyamuk <i>Ae.aegypti</i> .	Perlakuan 4
6	P5	Pemberian suspensi bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. 5,3% di dalam kondensat air AC larva <i>Ae.aegypti</i>	Perlakuan 5
7	P6	Pemberian pakan suspensi bakteri <i>Serratia</i> sp. 5,3% mg/mL di dalam media kondensat air AC larva nyamuk <i>Ae.aegypti</i>	Perlakuan 6

Keterangan:

K+ = Kontrol Positif, K- = Kontrol Negatif, P1 = Perlakuan suspensi *E. coli* 33 %, P2 = Perlakuan suspensi *Pseudomonas* sp. 33%, P3 = Perlakuan suspensi *Serratia* sp. 33%, P4 = Perlakuan suspensi *E. coli* 5,3%, P5 = Perlakuan suspensi *Pseudomonas* sp. 5,3%, P6 = Perlakuan suspensi *Serratia* sp. 5,3%

3.3.1. Pembuatan Pakan Perlakuan Kontrol Positif.

Pembuatan pakan untuk perlakuan kontrol positif mengacu pada metode Souza, *et.al.* (2019) dengan modifikasi. Pelet *TetraBits* ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Sebanyak 265 mg dimasukkan kedalam kotak aluminium *foil*. 80 mL akuades di masukan ke dalam gelas beaker 500 mL. Pelet diaduk menggunakan spatula hingga merata. Suspensi pelet dimasukkan ke dalam botol plastik bertutup ulir dan di simpan dalam suhu 4°C di dalam lemari pendingin. Suspensi pakan yang di buat digunakan untuk 1 kali dosis pemberian pakan dan akan diberikan setiap 2 hari sekali, di seluruh pengulangan kontrol positif. Setiap ulangan pada kontrol positif diberikan suspensi *TetraBits* sebanyak 3,3 mg/mL dan 0,53 mg/ml sebagai pakan. Jumlah dosis pemberian pakan diperoleh dari perbandingan 800 mg pakan terhadap 16 mg/larva, dalam 250 mL media pertumbuhan larva nyamuk.

Wadah pertumbuhan berisi 250 mL air dengan 25 ekor larva instar 1 (Qureshi, *et al.*, 2023). Konsentrasi suspensi dihitung berdasarkan acuan Souza, *et.al.* (2019), 800 mg pakan untuk 250 mL volume air, dihitung berdasarkan densitas larva 0,22 larva/cm², untuk 150 larva instar 1 nyamuk *Ae. aegypti*. Perbandingan pakan disederhanakan untuk 1x dosis konsentrasi pakan untuk 3 ekor larva instar 1. Kemudian didapatkan hasil bahwa 3 larva instar 1 membutuhkan sebesar 16 mg pakan dilarutkan dalam 50 mL akuades steril. Hasil perhitungan menyesuaikan dosis dalam satu wadah pengulangan untuk 25 ekor larva instar 1, dimana diperoleh hasil bahwa 25 ekor larva instar 1 pada tiap pengulangan membutuhkan sebesar 132,5 mg pakan, dilarutkan kedalam akuades steril sebanyak 40 mL. Hasil perhitungan massa pakan dibagi dengan volume akuades steril sebagai pelarut, dan menghasilkan konsentrasi sebesar 3,3 mg/mL (Souza, *et al.*, 2019).

3.3.2. Pembuatan Stok dan Pengembangbiakan Bakteri *Escherichia coli*.

Isolat murni *E. coli* di ambil dari Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Lampung (LABKESDA). *Ose loop* disterilisasikan dengan bunsen hingga menyala sebelum digunakan untuk menginokulasi bakteri kedalam media pertumbuhan bakteri. Sebanyak 1 inokulum *E. coli* ditanamkan kedalam media *Natrium Agar* (NA) dengan metode *streak*, kemudian dimasukkan kedalam inkubator pada suhu 30°C selama 1 x 24 jam. Proses inkubasi memperhitungkan waktu tumbuh optimum untuk sampai mencapai fase stasioner dari bakteri *E. coli*.

3.3.3. Pembuatan Stok dan Pengembangbiakan Bakteri *Pseudomonas sp.*

Isolat murni *Pseudomonas sp* diambil dari Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Lampung (LABKESDA). *Ose Loop* disterilisasikan menggunakan bunsen hingga menyala sebelum digunakan untuk menginokulasi bakteri ke dalam media pertumbuhan bakteri. Sebanyak 1 inokulum isolat murni *Pseudomonas sp.* ditanamkan ke dalam media *Nutrient Agar* (NA) kemudian dimasukan ke dalam inkubator pada suhu 30 °C selama 1x24 jam. Proses inkubasi memperhitungkan waktu tumbuh optimum dalam mencapai fase stasioner dari bakteri *Pseudomonas sp.*

3.3.4. Pembuatan Stok dan Pengembangbiakkan Bakteri *Serratia sp.*

Isolat murni *Serratia sp.* didapatkan dari Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Lampung (LABKESDA). *Ose loop* disterilisasikan menggunakan bunsen hingga menyala sebelum digunakan untuk menginokulasi bakteri ke dalam media pertumbuhan bakteri. Sebanyak 1 inokulum isolat murni *Serratia sp.* ditanamkan kedalam media *Nutrient agar* (NA), kemudian dimasukkan kedalam inkubator pada suhu 30°C

selama 24 jam. Pada proses inkubasi memperhitungkan waktu tumbuh optimum untuk mencapai fase stasioner dari bakteri *Serratia* sp.

3.3.5. Pembuatan Starter dan Stok Suspensi Berbasis Bakteri

Media cair *Nutrient Broth* (NB) digunakan untuk masing-masing pertumbuhan bakteri yang positif ditumbuhi *E. coli*, *Pseudomonas* sp., dan *Serratia* sp. Sebanyak 100 ml media NB dimasukan masing-masing 15 ml ke dalam 6 erlenmeyer berukuran 50 ml. 1 ose tiap masing-masing bakteri diambil untuk dikultur ke dalam erlenmeyer berisi media NB.

Letakan media NB berisi bakteri di atas shaker selama 2x24 jam.

Sebanyak 900 ml media NB dimasukan masing-masing 150 ml ke dalam erlenmeyer berukuran 250 ml. Media NB yang telah dishaker di pindahkan masing-masing 1 ke dalam erlenmeyer berisi media NB 150 ml. Media NB yang sudah digabungkan di atas Shaker selama 2x24 jam untuk di inkubasi.

Sebanyak 150 ml starter bakteri pada media NB yang telah di inkubasi selama 2x24 jam dipindahkan ke dalam 15 tabung reaksi sebanyak 10 ml (Allahgjadry *et al.*, 2022). Kemudian tabung reaksi yang berisi 10 ml suspensi dimasukan ke dalam *centrifuge* dan *running* dengan kecepatan 3.000 rpm selama 10 menit. Setelah *centrifuge* berhenti beroperasi, tabung reaksi diletakkan pada rak tabung untuk dilakukan pengamatan natan terbentuk. Pada setiap tabung reaksi yang terdapat natan kemudian cuci bilas menggunakan Phosphate Buffered Saline (PBS) sebanyak 3x. Setelah dilakukan pencucian, natan yang terbentuk dimasukan ke dalam botol penyimpanan yang telah berisi 250 ml aquades dan 40 ml aquades, dan suspensi pelet bakteri siap digunakan.

Konsentrasi suspensi dihitung berdasarkan banyaknya perlakuan dan pengulangan, masing-masing sebanyak 6 perlakuan dengan masing-masing konsentrasi dan 6 pengulangan disetiap perlakuan. Masing-masing wadah pertumbuhan ada yang berisi 250 mL untuk tiga perlakuan

dan 40 mL air untuk tiga perlakuan dengan 25 ekor larva instar 1 (Qureshi, *et al.*, 2023). Konsentrasi suspensi dihitung berdasarkan acuan Souza, *et.al.* (2019, perbandingan suspensi disederhanakan untuk 1x dosis konsentrasi pakan untuk 3 ekor larva instar 1. Kemudian didapatkan hasil bahwa 3 larva instar 1 membutuhkan sebesar 16 mg pakan dilarutkan dalam 50 mL akuades steril.

Hasil perhitungan menyesuaikan dosis dalam satu wadah pengulangan untuk 25 ekor larva instar 1, diperoleh hasil bahwa 25 ekor larva instar 1 pada tiap 3 perlakuan membutuhkan sebesar 132,5 mg pakan, dilarutkan ke dalam akuades steril sebanyak 40 mL dan 3 perlakuan lainnya sebesar 132,5 mg pakan dilarutkan ke dalam akuades steril sebanyak 250 mL. Hasil perhitungan massa pakan dibagi dengan volume akuades steril sebagai pelarut, dan menghasilkan konsentrasi sebesar 3,3 mg/mL dan 0,53 mg/mL (Souza, *et al.*, 2019).

3.3.6. Proses Penetasan Telur Nyamuk *Ae. aegypti* dalam Media Air Sumur

Penetasan diawali dengan mengisi 5 kotak plastik *Thinwall* (17 cm x 5 cm x 11,5 cm) dengan 375 mL air sumur (Garjito, 2021). Setelah terisi air, kelima wadah tersebut dimasukkan suspensi nutrisi TetraBits sebanyak 3,3 mg/mL hingga tercampur merata. Pemberian nutrisi mengikuti acuan Souza, *et.al.* (2019). Kemudian telur dimasukkan ke dalam lima wadah sama banyak, yaitu 250 butir untuk satu wadah berukuran 500 mL. Kemudian telur didiamkan selama 1-2 hari sampai menetas menjadi larva (instar 1), sebelum dipindahkan ke dalam masing-masing media perlakuan dengan 5 pengulangan.

3.3.7. Persiapan Kontrol Positif dengan Menggunakan Suspensi Pakan TetraBits

Satu kotak plastik *Thinwall* (12 cm x 12 cm x 7 cm) dipersiapkan untuk menampung air kondensat AC sebanyak 250 mL sebagai tempat pertumbuhan larva nyamuk. Wadah perlakuan kontrol positif diberikan label keterangan “K+”. Pemberian pakan sebanyak 3,3 mg/mL suspensi pakan *TetraBits* dimasukkan ke dalam 250 mL air kondensat AC menggunakan spuit 20 mL dalam wadah perlakuan kontrol positif. Setelah suspensi pakan tercampur merata dengan media pertumbuhan, sebanyak 25 ekor larva nyamuk (instar 1) dimasukkan ke dalam wadah perlakuan kontrol positif. Suspensi pakan *TetraBits* diberikan setiap 2 hari sekali untuk menghindari penumpukan pakan di dasar media.

3.3.8. Perlakuan Dengan Menggunakan Suspensi Bakteri

Escherichia coli

Kotak plastik *thinwall* (12 cm x 12 cm x 7 cm) sebanyak 12 dipersiapkan untuk menampung air kondensat AC sebanyak 250 mL dan sebagai tempat pertumbuhan larva nyamuk. Wadah perlakuan diberikan label keterangan “P1. *E. coli* 40 ml” untuk perlakuan dengan konsentrasi suspensi bakteri 3,3% ml dan “P1. *E. coli* 250 ml”. Pemberian pakan sebanyak 3,3 mg/mL dan 0,53 mg/mL sesuai dengan konsentrasi yang digunakan. Setelah suspensi bakteri tercampur merata dengan media pertumbuhan, sebanyak 25 ekor larva nyamuk (instar 1) dimasukkan ke dalam wadah perlakuan 1 dan dilakukan berulang hingga 6x. Suspensi ekstrak *E. coli* diberikan setiap 2 hari sekali untuk menghindari penumpukan pakan di dasar media.

3.3.9. Perlakuan Dengan Menggunakan Suspensi Bakteri *Pseudomonas* sp.

Kotak plastik *thinwall* (12 cm x 12 cm x 7 cm) sebanyak 12 dipersiapkan untuk menampung air kondensat AC sebanyak 250 mL dan sebagai tempat pertumbuhan larva nyamuk. Wadah perlakuan diberikan label keterangan “P2. *Pseudomonas* sp 40 ml” untuk perlakuan dengan konsentrasi pakan 40ml dan “P2. *Pseudomonas* sp 250 ml”. Pemberian suspensi bakteri sebanyak 3,3 mg/mL dan 0,53 mg/mL sesuai dengan konsentrasi yang digunakan. Setelah suspensi bakteri tercampur merata dengan media pertumbuhan, sebanyak 25 ekor larva nyamuk (instar 1) dimasukkan ke dalam wadah perlakuan 1 dan dilakukan berulang hingga 6x. Suspensi ekstrak *Pseudomonas* sp. diberikan setiap 2 hari sekali untuk menghindari penumpukan pakan di dasar media.

3.3.10. Perlakuan Dengan Menggunakan Suspensi Bakteri *Serratia* sp.

Kotak plastik *thinwall* (12 cm x 12 cm x 7 cm) sebanyak 12 dipersiapkan untuk menampung air kondensat AC sebanyak 250 mL dan sebagai tempat pertumbuhan larva nyamuk. Wadah perlakuan diberikan label keterangan “P3. *Serratia* sp. 40 ml” untuk perlakuan dengan konsentrasi pakan 40ml dan “P3. *Serratia* sp. 250 ml”. Pemberian suspensi bakteri sebanyak 3,3 mg/mL dan 0,53 mg/mL sesuai dengan konsentrasi yang digunakan. Setelah suspensi bakteri tercampur merata dengan media pertumbuhan, sebanyak 25 ekor larva nyamuk (instar 1) dimasukkan ke dalam wadah perlakuan 1 dan dilakukan berulang hingga 6x. Suspensi ekstrak *Serratia* sp. diberikan setiap 2 hari sekali untuk menghindari penumpukan pakan di dasar media.

3.3.11. Pengamatan Waktu Tumbuh *Ae. aegypti*

Pengamatan waktu tumbuh *Ae. aegypti* dimulai pada fase pertumbuhan larva instar 1, setelah seluruh media diberikan perlakuan sesuai label pada masing-masing kotak thinwall. Pengamatan waktu tumbuh dilihat masing-masing larva pada media perlakuan diamati dengan saksama, meliputi perubahan secara morfologis berturut-turut dari instar 1 menuju instar 2, instar 3, hingga membentuk pupa. Pengamatan waktu tumbuh dilakukan setiap 1 hari sekali dalam rentang waktu 20 hari tiap pengamatan pada seluruh perlakuan. Hasil pengamatan waktu tumbuh pada tiap hasil perlakuan dicatat secara manual di dalam kertas menggunakan pena.

3.3.12. Pengamatan Jumlah Larva Nyamuk *Ae. aegypti*

Sebanyak 6 wadah plastik dengan ukuran 250 mL disiapkan untuk menampung kelima jenis media pertumbuhan yang digunakan, perlakuan kontrol positif, kontrol negatif, P1, P2, dan P3. Pemilihan larva hidup ditentukan berdasarkan pengamatan pergerakan aktif yang dilakukan larva nyamuk dalam tiap media perlakuan. Tata cara pemilihan larva hidup mengikuti acuan Souza, *et.al.* (2019). Metode perhitungan mengacu kepada Garjito, *et.al* (2021), setelah dilakukan pemilihan larva hidup, satu-persatu larva hidup ditangkap menggunakan jaring halus, selanjutnya dipindahkan ke dalam wadah penampung sementara guna mempermudah perhitungan. Jumlah larva hidup pada tiap hasil perlakuan dicatat secara manual di dalam kertas menggunakan pena. Setelah seluruh larva hidup selesai dihitung, masing-masing larva hidup ditempatkan kembali ke dalam media perlakuan dari wadah penampung sementara untuk dibiarkan tumbuh menjadi fase pertumbuhan berikutnya.

3.3.13. Perhitungan Tingkat Mortalitas *Ae. aegypti*

Perhitungan tingkat mortalitas larva nyamuk mengacu kepada metode (Alhewairini, *et al.*, 2021), dimana perhitungan mulai dilakukan dari tahap penetasan telur menjadi larva instar 1. Ketika telur sudah menetas menjadi larva instar 1, seluruh individu nyamuk yang menetas dihitung sebagai jumlah individu awal sebelum perlakuan (n), baik pada media kontrol ataupun media perlakuan. Larva yang sudah menetas dibiarkan tumbuh dan diberi perlakuan sesuai dengan label pada media. Larva dibiarkan tumbuh hingga mencapai fase pupa. Jumlah pupa yang terbentuk dihitung sebagai acuan jumlah individu (n) setelah perlakuan, baik pada media kontrol ataupun media perlakuan. Jumlah larva (n) pada tiap hasil perlakuan dicatat secara manual di dalam kertas menggunakan pena. Rumus tingkat mortalitas (*mortality rates*) menggunakan rumus *Henderson-Tilton* yang terlampir sebagai berikut (Alhewairini, *et al.*, 2021):

$$Mortality\ rates\ (\%) = \left(1 - \frac{n\ Co\ before\ treatment \times n\ T\ after\ treatment}{n\ Co\ after\ treatment \times n\ T\ before\ treatment} \right) \times 100$$

Keterangan:

Mortality rates (%) = Tingkat Mortalitas (%)

n = Jumlah larva nyamuk

T = Perlakuan

Co = Kontrol

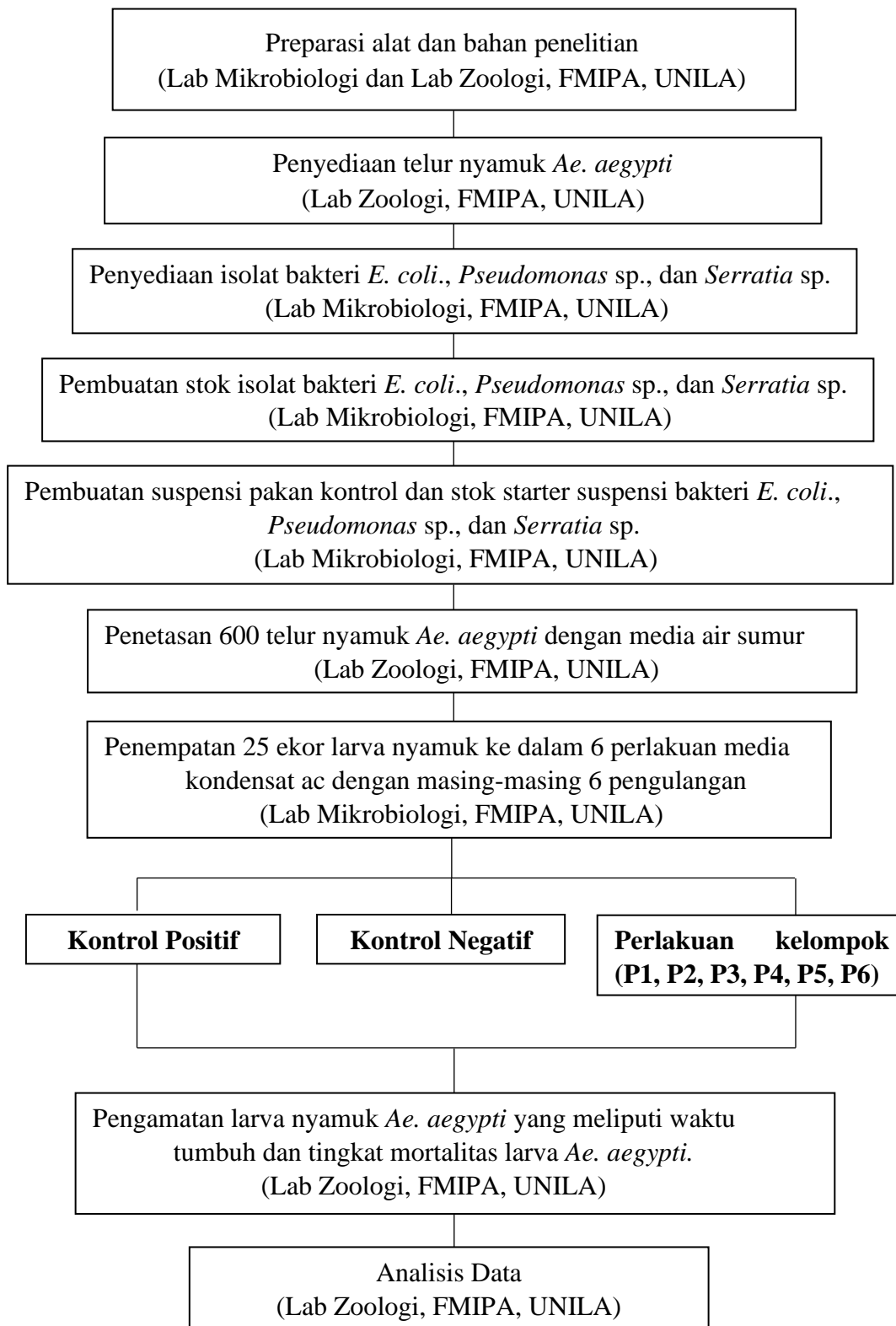
3.3.14. Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan waktu tumbuh larva, jumlah larva hidup dan daya hidup larva dianalisis secara statistik menggunakan aplikasi SPSS ver. 21.0. Data hasil pengamatan diuji menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk*, untuk melihat nilai signifikansi data penelitian ($\alpha > 0,05$) (Usmadi, 2020). Setelah uji

normalitas menunjukkan hasil yang normal , data yang diperoleh akan diuji kembali menggunakan uji homogenitas, yaitu uji *Levene* (Usmadi, 2020). Data diuji kembali menggunakan uji *ONE WAY ANOVA* yang akan menunjukkan bahwa perlakuan yang sudah dilakukan menunjukkan apakah perlakuan tersebut berbeda atau tidak. Setelah itu dilakukan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk melihat perlakuan mana yang paling efektif (paling baik) dengan $P < \alpha 0.05$.

3.4. Diagram Alir

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



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Waktu tumbuh yang mengalami perlambatan didapatkan pada suspensi bakteri *Pseudomonas* sp 5,3% dengan total waktu tumbuh 20 hari untuk mencapai larva 4, dan waktu tumbuh yang paling singkat pada suspensi bakteri *E. coli* 33% yang pada hari ke 13 sudah mencapai larva 4
2. Nilai mortalitas tertinggi pada suspensi *Pseudomonas* sp. 5,3% dengan persentase kematian 85% dan tingkat mortalitas terendah pada *E.coli* 33% dengan persentase kematian 13%. Semakin rendah tingkat konsentrasinya maka semakin besar pula tingkat mortalitas yang terjadi pada larva *Ae. aegypti*

5.2. Saran

Adapun saran penelitian antara lain :

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terkait bakteri entomopatogen dengan menganalisis variasi dosis serta menambah waktu pengamatan kematian larva *Ae. aegypti*.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait strain bakteri entomopatogen dengan uji molekuler yang memiliki potensi entomopatogen terhadap larva *Ae. aegypti*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam T, R Juliana, Nurhayati dan R Thalib. (2014). Bioesai Bioinsektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* asal Tanah Lebak terhadap Larva *Spodoptera litura*. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 74, 1- 7.
- Aisyah, S. N., H. Harnas, S. Sulastrri, R. Retmi, H. Fuaddi, F. Fatchiyah, A. Bakhtiar dan J. Jamsari. (2016). Enhancement of a Novel Isolate of *Serratia plymuthica* as Potential Candidate for an Antianthraxnose. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 19: 250-258.
- Ajeng Rohmawati. 2021. Pengaruh Bakteri Kitinolitik dan *Bacillus thuringiensis* Hasil Biakan Pada Air Rendaman Kedelai Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *SKRIPSI*. UIN Sunan Ampel : Surabaya.
- Akram, M. W., R. Mursalin, M. M. Hassan, M. R. Islam and S. K. Choudhury. (2018). Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit. International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering, *IC4ME2* 2018, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IC4ME2.2018.8465612>

- Alhewairini, S. S., M. M. Al-azzazy, S. B. A. Ghani dan A. Mohammed. 2021. A New Strategy For Controlling The Date Palm Mite, *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor) and *Eutetranychus palmatus*, Attiah (Acari : A New Strategy For Controlling The Date Palm Mite, *Oligonychus Afrasiaticus* (Mcgregor) And *Eutetranychus palmatus* Atti. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 58(April), 783–789.
- Andriani, D. dan Husna. 2018. Identifikasi *Escherichia coli* pada Es Dawet di Kota Banda Aceh. *Serambi Saintia*. VI (1) : 7-15. Tersedia di <https://ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/serambisaintia/article/download/595/543>. Diakses pada 19 November 2019.
- Apriyanto., Savirah Hardiyanti., Muhammad Sultanu Aulya. 2022. IDENTIFIKASI LARVA NYAMUK SEBAGAI VEKTOR PENYAKIT DI TEMPAT PENAMPUNGAN AIR RUMAH SAKIT UMUM DAERAH ABUNAWAS KOTA KENDARI. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 5(1).
- Astawa, I. B. B. dan Tarini, N. M. A. (2017). Identifikasi Jenis Bakteri Dalam Air Limbah Di Rumah Sakit Sanglah. *E-Jurnal Medika*. 6 (6) : 1-4.
- Astuti, D. T., Y. Pujiastuti, S. H. K. Suparman, N. Damiri, S. Nugraha, E. R. Sembiring and Mulawarman. (2018). Exploration of *Bacillus thuringiensis* Berl. from soil and screening test its toxicity on insects of Lepidoptera order. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 102(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012063>
- Azizah Nur., Yekki Yasmin., Suhartono. 2022. Biopotensi Bakteri Entomopatogen Isolat Lokal Sebagai Pengendali Hayati Larva *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Journal of Agricultural Sciences*. 27 (2).

- Bidari, F., M. Shams-Bakhsh & M. Mehrabadi. (2018). Isolation and Characterization of a *Serratia marcescens* with Insecticidal Activity from *Polyphylla olivieri* (Col.: Scarabaeidae). *Journal of Applied Entomology*. 142(2): 162–172.
- Ben-Dov E. (2014). *Bacillus thuringiensis subs. Israelensis and Its Dipteranspecific Toxins*. *Toxins*. 6:p.1222-43.
- B Lalitambika., Mousa WK & MN Raizada. 2016. *Pseudomonas aeruginosa* KUN2, extracellular toxins-A potential source for the control of dengue vector. *J Vector Borne*. 5 (3) : 105-111
- Chandrasekaran R, K Revathi, S Nisha , SA Kirubakaran, SS Narayanam and SS Nathan. (2012). Physiological Effect of Chitinase Purified from *Bacillus subtilis* Against the Tobacco Cutworm *Spodoptera litura* Fab. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 104, 65-71.
- Cheeptham. (2012). *Eosin Methylene Blue Agar*. Thomson Rivers University: Canada. P53-57.
- Cobo-Simón, M., Rowart Hart and Howard Ochman., (2023). *Escherichia coli: What Is and Which Are? Molecular Biology and Evolution*, 40(1), 1–11. <https://doi.org/10.1093/molbev/msac273>
- Dalilah, Chairil anwar dan M Rasyid Ridho. (2018). *Hubungan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat terhadap Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan keberadaan larva nyamuk di Rt. 03 Sako Baru kota Palembang*. Diakses pada https://www.researchgate.net/profile/Dalilah_Dalilah/publication/331917256_Prosiding_Seminar_Nasional_PEI_Cabang_Palembang/links/5c9318eca6fdccd4602e2ce9/Prosiding-Seminar-Nasional-PEI-CabangPalembang.pdf.

- Darnely. 2010. Penggunaan *Bacillus thuringiensis israelensis* untuk Memberantas *Aedes aegypti*. *Majalah Kedokteran FK UKI 2010 XXVII No 4*.
- Derua YA., Kahindi SC., Mosha FW., *et al.* (2019). Susceptibility of *Anopheles gambiae* Complex Mosquitoes To Microbial Larvicides In Diverse Ecological Settings In Western Kenya. *Med Vet Entomol.* 33:220–7.
- Diggle, S. P., dan Whiteley, M. (2020). Microbe profile: *Pseudomonas aeruginosa*: Opportunistic pathogen and lab rat. *Microbiology (United Kingdom)*, 166(1), 30–33. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000860>
- Ding C., Yang Z., Zing Wang. (2016). Prevalence of *Pseudomonas aeruginosa* and Antimicrobial–Resistant *Pseudomonas aeruginosa* in Patients With Pneumonia in Mainland China: A Systematic Review and Meta–Analysis. *Int J Infect Dis* 49: 119-128.
- Dueñas-López, M. A., (2022). *Aedes aegypti* (Yellow Fever Mosquito). In *CABI Compendium datasheet (Nomor December)*. CABI.
- Ebadollahi, A., Khosravi, R., Sendi, J. J., Honarmand, P., & Amini, R. M. (2013). Toxicity and Physiological Effects of Essential Oil from *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze Against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) Larvae. *Research Article Annual Review & Research in Biology.* 3(4): 649–658.
- Fatichah, Nur Fianty Yuni. 2011. Potensi Bakteri Endofit Sebagai Penghasil Enzim Kitinase, Protease, dan Selulase Secara *In Vitro*. *SKRIPSI*. Malang: Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN.

- Garjito, T. A., L. Susanti, M. Mujiyono, M. T. Prihatin, D. Susilo, S. S. Nugroho, M. Mujiyanto, R. A. Wigati, T. B. T. Satoto, S. Manguin, L. Gavotte and R. Frutos. (2021). *Assessment of Mosquito Collection Methods for Dengue Surveillance. Frontiers in Medicine*, 8(June), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.68592>
- Gimonneau G, Tchioffo MT, Abate L, Boissière A, Awono-Ambéné PH, Nsango SE., *et al.* (2014). Composition of *Anopheles coluzzii* and *Anopheles gambiae* Microbiota From Larval to Adult Stages. *Infect Genet Evol J Mol Epidemiol Evol Genet Infect. Dis.* 28:715–24.
- Glare TR, Jurat-Fuentes JL, O’Callaghan M. (2017). *Basic and Applied Research. Microbial Control of Insect and Mite Pests.* 47–67.
- Guégan, M., K. Zouache, C. Démichel, G. Minard., V. T. Van., P. Potier., P. Mavingui., and C. V. Moro. (2018). The mosquito holobiont: fresh insight into mosquito-microbiota interactions. *Microbiome.* 6:49.
- Harapan, H., Michie, A., Yohan, B., Shu, P. Y., Mudatsir, M., Sasmono, R. T., & Imrie, A. (2019). Dengue viruses circulating in Indonesia: a systematic review and phylogenetic analysis of data from five decades. *Reviews In Medical Virology*, 29(4), e2037. <https://doi.org/10.1002/rmv.2037>
- Harikrishnan, S., S. Sudarshan, K. Sivasubramani, M. S. Nandini, J. Narenkumar, V. Ramachandran, B. O. Almutairi, P. Arunkumar, A. Rajasekar dan S. Jayalakshmi. 2023. Larvicidal and anti-termite activities of microbial biosurfactant produced by *Enterobacter cloacae* SJ2 isolated from marine sponge *Clathria* sp. *Scientific Reports*, 13(1), 1–10.

- Holmes, L. A., W. A. Nelson, and S. C. Loughheed. (2019). Food Quality Effects On Instar-Specific Life Histories Of A Holometabolous Insect. *Ecol. Evol.* 10: 626–637.
- Jacob, A., D. Pijoh, Victor W. (2014). Ketahanan Hidup dan Pertumbuhan Nyamuk *Aedes aegypti* Pada Berbagai Jenis Air Perindukan. *Jurnal eBiomedik (eBM)*. 2(3): 1 – 5.
- Jahne, M., D. King and K. Kovalcik. (2022). *Water Quality of Air Conditioning Condensate - Implications for Onsite Use*. WRAP Condensate Reuse Action 4.5 Meeting
- Jenkins, C., and Robert Rentenaar. (2017). 180 - Enterobacteriaceae. In J. Cohen ... S. M. B. T.-I. D.(Fourth E. Opal (Ed.), *Infectious Diseases (Fourth Edition)* (hal. 1565- 1578.e2). *Elsevier*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-6285-8.00180-5>.
- Kim, I. H., J. C. Castillo, A. Aryan, I. Martin-Martin, M. Nouzova, F. G. Noriega, A. B. F. Barletta, E. Calvo, Z. N. Adelman, J. M. C. Ribeiro dan J. F. Andersen. 2020. A mosquito juvenile hormone binding protein (mJHBP) regulates the activation of innate immune defenses and hemocyte development. *PLoS Pathogens*, 16(1), 1–24.
- Komalasari Siti., Lilis Nurjanah., Nuraida., Winiati Pudji. 2018. Prevalence and quantity of pathogenic *Escherichia coli* in ice-based beverages in Bogor, Indonesia. *Journal of Microbiology*. 16 (3).
- Kuswiyanto. (2014). *Bakteriologi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta.
- Lee, Seung Ah, et al. "Insecticidal activity of the metalloprotease AprA occurs through suppression of host cellular and humoral I mmunity." *Developmental & Comparative Immunology* 81 (2018): 116-126.

- Liu, H., C. A. Whitehouse and B. Li. (2018). Presence and Persistence of Salmonella in Water: The Impact on Microbial Quality of Water and Food Safety. *Frontiers in Public Health*, 6(May), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00159>
- Loren I dan Wahyuni. (2015). *Perbedaan Toksisitas Ekstrak Daun Sirih (Piper betle L.) Dengan Ekstrak Biji Srikaya (Annona aquammosa L.) Terhadap Larva Aedes aegypti*. Universitas Jember : Jawa Tengah
- Marlik. (2017). *Temu Kunci sebagai Biolarvasida Aedes aegypti*. HAKLI Provinsi Jawa Timur.
- Martinson, V. G., Carpinteyro-Ponce, J., Moran, N. A., and Markow, T. A. (2017). A Distinctive And Host-Restricted Gut Microbiota In Populations Of A Cactophilic Drosophilla Species. *Appl. Environ. Microbiol.* 83:e01551-17.
- McAllister., Brogdon, W.G. dan J.C. r. (2017). Synopses Insecticide Resistance and Vector Control. *J. Emerging Infectious Diseases.* 4(4):605-613.
- McShaffrey, C. and R. Beer. (2022). Maintaining Viability with Multiple Needs. *2022 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, 1523–1528. <https://doi.org/10.1109/SSCI51031.2022.10022260>
- Melanie, M., Rustama, M. M., Sihotang, I. S., & 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.

- Maciel-Vergara G, Jensen AB, Eilenberg J. Cannibalism as a possible entry route for opportunistic pathogenic bacteria to insect hosts, exemplified by *Pseudomonas aeruginosa*, a pathogen of the giant mealworm *Zophobas morio*. *Insects*. 2018;9(3):88. <https://doi.org/10.3390%2Finsects9030088>
- Mutia Dinda Lestari., Nismah Nukmal., Endah Setyaningrum., Salman Farisi ., Achmad Arifiyanto. 2022. Larvicide Effect of *Serratia marcescens* Strain MBC1 Extract Againsts Third Instar Larvae of *Aedes aegypti*. *J-BEKH*. 9 (1).
- Mundim-Pombo, A. P. M., Carvalho, H. J. C. De, Rodrigues Ribeiro, R., León, M., Maria, D. A., & Miglino, M. A. (2021). *Aedes Aegypti*: Egg Morphology And Embryonic Development. *Parasites And Vectors*. 14(1), 1– 23.
- Mustafa, A., M. Ibrahim, M. A. Rasheed, S. Kanwal, A. Hussain, A. Sami, R. Ahmed dan Z. Bo. 2020. Genome-wide Analysis of Four Enterobacter cloacae complex type strains: Insights into Virulence and Niche Adaptation. *Scientific Reports*, 10(1), 8150.
- Naufal, A., Kusdiyantini, E., Raharjo, B. (2017). Identifikasi Jenis Pigmen Dan Uji Potensi Antioksidan Ekstrak Pigmen Bakteri *Serratia marcescens* Hasil Isolasi Dari Sedimen Sumber Air Panas Gedong Songo. *Bioma*, Vol. 19, No. 2, Hal. 95-103 p ISSN: 1410-8801 e ISSN: 2598-2370.
- Naine, S. J., & Devi, C. S. (2014). Larvicidal and Repellent Properties of *Streptomyces* sp. VITJS4 Crude Extract Against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Polish Journal of Microbiology*. 63(3): 341–348.

- Nurhaifah, D., & Sukesu, T. W. (2015). Efektivitas Air Perasan Kulit Jeruk Manis sebagai Larvasida Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 9(3): 207–213.
- Okeyinka, O. M., O. O. Ogundipe, D. A. Oloke and S. O. Adesogan. (2021). Reclaimed Air Conditioner Condensate as Alternative Source of Water in Hot Humid Region. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* e-ISSN, 18(6), 25–30. <https://doi.org/10.9790/1684-180601253>
- Ojovan, B., R. Catana, S. Neagu, R. Cojoc, A. I. Lucaci, L. Marutescu, L. Florescu, R. Ruginescu, M. Enache and M. Moldoveanu. 2021. Metabolic potential of some functional groups of bacteria in aquatic urban systems. *Fermentation*, 7(4), 1–11
- Pigeault R, Garnier R, Rivero A, Gandon S. (2016). *Evolution of Transgenerational Immunity Ininvertebrates*. Proc. R. Soc. B283, 20161136.
- Poopathi, S and Abidha, S. 2011. Mosquitocidae Bacterial Toxins (B. sphaericus and Bti). Mode of action, cytopathological effects and physiology and pathophysiology Vol 1(3) pp. 22-38
- Powell JR. 2018. Heterogenitas genetik vektor serangga: kematian tipologi. *Serangga* . 9 (4):139.
- Qureshi, A., E. Keen, G. Brown and L. Cator. (2023). The size of larval rearing container modulates the effects of diet amount and larval density on larval development in *Aedes aegypti*. *PLoS ONE*. 18(1 January), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280736>

- Quinn. (2012). Morfologi Nyamuk. *On line at <http://beequinn.files.wordpress.co./2012/10/morfologi-nyamuk.jp>*
- Rachim Abd., Reslianty Rachim., Zulkipli Zulkipli. (2023). Analisis kemampuan literasi digital dalam meningkatkan kreativitas pelaku usaha pasca pandemi Covid-19. *PPI (Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia)*. Vol 9 (3)
- Rao, M. R. K. (2020). Lethal Efficacy of Phytochemicals as Sustainable Sources 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 Environmental Sciences*, 9(2): 44–54.
- Robin Y Chen., dan B Andrew Keddie. 2021. Sistem Model *Galleria mellonella* – Enteropathogenic *Escherichia coli* : Karakterisasi Virulensi Patogen dan Respon Imun Serangga. *Jurnal Ilmu Serangga*. 21 (4) : 7
- Rosa, Emantis., Yulianti., Endang Nurcahyani., Endang Linirin., Selvi Marcelia dan Linda Septiani, (2023). Penyuluhan Tempat Perindukan Alami Nyamuk *Aedes aegypti* Vektor DBD di Dusun Pal 6, Kabupaten Lampung Selatan. *AMMA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 118–123.
- Rosidah, U. (2016). Tepung Ampas Tahu Sebagai Media Pertumbuhan Bakteri *Serratia marcescens*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Semarang. Hal.22-23.
- Sabnis, A., M. Kale, M. Dhanorkar dan S. P. Kale. 2020. Quality Testing of Air Conditioner Condensate and Its Potential in Water Conservation. *Journal of Water Resource and Protection*, 12(02), 93–101.

- Sari, Mulia. (2015). *Uji Bakteriologis dan Resistensi Antibiotik Terhadap Bakteri Escherichia coli dan Shigella sp., pada Makanan Gado-gado di Kantin UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*. UIN Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Sari, M., M. A. Berawi, T. Y. Zagloel, N. Madyaningrum, P. Miraj, A. R. Pranoto, B. Susanti and R. Woodhead. (2023). MACHINE LEARNING-BASED ENERGY USE PREDICTION FOR THE SMART BUILDING ENERGY MANAGEMENT SYSTEM. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 28(April), 622–645. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2023.033>
- Sayono, S, Qoniatun dan Mifbahuddin. (2016). Pertumbuhan Larva *Ae. aegypti* pada Air Tercemar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 7 (1) : 15-21.
- Sayono, S, Qoniatun dan Mifbahuddin, 2020, Pertumbuhan Larva *Aedes aegypti* Pada Air Tercemar, *Jurnal Biologi Edukasi*. 2(3), 23-27.
- Sucipto, C. D. 2018. The Effectiveness of Insect Growth Regulator (IGR) on the Growth and the Development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Tangerang City, Indonesia. *Journal of Medical Science And Clinical Research*, 6(4), 890–902.
- Shalihah, dan Kahar Maranjaya., (2021). Environmental Occupational Health and Safety Journal Studi Literature Hubungan Variasi Iklim (Curah Hujan, Suhu Udara Dan Kelembaban Udara) Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue Di Indonesia Tahun 2007-2020. *Environmental Occupational Health and Safety Journal*, 2(1), 35.
- Shariati, A., Azimi, T., dan reza hambalang. (2018). Insertional Inactivation of oprD in Carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* Strains Isolated from Burn Patients in Tehran, Iran. *N. Microbes N. Infect.* 21: 75–80.

- Shi, Y., Q. Cao, J. Sun, X. Hu, Z. Su, Y. Xu, H. Zhang, L. Lan dan Y. Feng. 2023. The opportunistic pathogen *Pseudomonas aeruginosa* exploits bacterial biotin synthesis pathway to benefit its infectivity. *PLoS Pathogens*, 19(1), 1–30.
- Soares, A. S., Viola O. Okechukwu a, Oluwasola A. Adelusi b, Abidemi P. Kappo a. (2023). Occurrence of Coliforms and Enterococcus Species in Drinking Water Samples Obtained from Selected Dairy Cattle Farms in Portugal. *Agriculture (Switzerland)*, 13 (4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040885>
- Soberón-Chávez, G., A. González-Valdez, M. P. Soto-Aceves dan M. CocotlYañez. 2021. Rhamnolipids produced by *Pseudomonas*: from molecular genetics to the market. *Microbial Biotechnology*, 14(1), 136–146.
- Soedarto. (2015). *Mikrobiologi Kedokteran*. CV. Sagung Seto : Jakarta.
- Sogandi, S., & Gunarto, F. (2020). Efek Larvasida Fraksi Etil Asetat Daun Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *ASPIRATOR - Journal of Vector-Borne Disease Studies* 12(1): 27–36.
- Souza, R. S., F. Virginio, T. I. S. Riback, L. Suesdek, J. B. Barufi dan F. A. Genta. 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(APR).
- Sriningsih, Atik dan Maya Sovitri. (2015). Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sp., Sebagai Pendegradasi Plastik. *Jurnal Sains dan Seni*. ITS. Vol 4, No. 2.

- Stanilova, S., Rusenova, N., Petrova, D., and Stoyanchev, T. (2011). Polymerase Chain Reaction Assay for Detection of Enteropathogenic *Escherichia coli* Strains In Meat. *Trakia Journal of Sciences*. 9(3): pp 51-57.
- Sulistiono, E. (2021). Uji Klinis Faktor Fisika, Kimia, Biologi Limbah Kondesat Ac Sebagai Air Minum Di Universitas Islam Lamongan. *VISIKES: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 20(2). <https://doi.org/10.33633/visikes.v20i2.5009>
- Suryawanshi, R. K., Patil, C. D., Borase, H. P., Narkhede, C. P., Salunke, B. K., & Patil, S. V. (2015). Mosquito Larvicidal and Pupaecidal Potential of Prodigiosin from *Serratia marcescens* and Understanding its Mechanism of Action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 123: 49–55.
- Sugiarto, Hadi UK, Soviana S, Hakim L. (2017a). Bionomics of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in a malaria endemic region of Sungai Nyamuk village, Sebatik Island-North Kalimantan, Indonesia. *Acta Tropica*. 171: 30–36.
- Supriyono, Soviana,S., Musyaffa, M. F., Noviatio, D., & Hadi, U. K. 2023. Morphological Characteristic of Dengue Vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* (Family: Culicidae) using Advanced Light and Scanning Electron Microscope. *Biodiversitas*, 24(2): 894-900.
- Susanti, & Suharyo. 2017. Hubungan Lingkungan Fisik dengan Keberadaan Jentik Aedes pada Area Bervegetasi Pohon Pisang. *Unnes Journal of Public Health*, 6(4): 272–276.
- Suyono dan Farid. (2014). Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri *Pseudomonas* sp., Pada Tanah yang Terindikasi Terkontaminasi Logam. *Jurnal Biopropal Industri*. 1 (11): 8-13.

- Tenrirawe A, dan Pabbage M.S. (2013). Isolasi dan Identifikasi Jamur Entomopatogen yang Menginfeksi Hama Penggerek Tongkol Jagung (*Helicoverpa armigera*). *Seminar Nasional Serealia 2013*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Hal. 461- 471.
- Theodora Lois. 2018. Efek Ekstrak Etanol Kulit Manggirs (*Garcinia mangostana*) sebagai Biolarvasida pada Larva Nyamuk *Aedes aegypti* Instar III melalui Kerusakan Midgut. (*Skripsi*). Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.
- Todar Kenneth. (2012). *Pathogenic E. coli*.
<http://textbookofbacteriology.net/e.coli.html>, 29 maret 2012.
- Tominik, V. I. T., & Haiti, M. (2020). Limbah Air AC Sebagai Pelarut Media Sabouraud Dextrose Agar (SDA) Pada Jamur *Candida Albicans*. *Masker Medika*, 8(1), 15–20. <https://doi.org/10.52523/maskermedika.v8i1.368>
- Trisno, K. Ketut Tono ., I Gusti Ketut Suarjana et.al., (2019). Isolasi dan Indentifikasi Bakteri Escherichia coli dari Udara pada Rumah Potong Unggas Swasta di Kota Denpasar. *Indonesia Medicus Veterinus*, 8(5), 685–694. <https://doi.org/10.19087/imv.2019.8.5.685>
- Turkina, M.V.; Vikstrom, E. (2019). Bacteria-Host Crosstalk: Sensing of the Quorum in the Context of *Pseudomonas aeruginosa* Infections. *J. Innate Immun.* 11: 263–279.
- Usmadi, U., (2020). Pengujian Persyaratan Analisis (Uji Homogenitas Dan Uji Normalitas). *Inovasi Pendidikan*, 7(1), 50–62. <https://doi.org/10.31869/ip.v7i1.2281>.

- Vantaux A., Lefevre T., Cohuet A., Dabire K. R., Roche B., Roux O. (2016). Larval Nutritional Stress Affects Vector Life History Traits and Human Malaria Transmission. *Sci. Rep.* 6:36778.
- Van Schoor, T., E. T. Kelly, N. Tam and G. M. Attardo. (2020). Impacts of dietary nutritional composition on larval development and adult body composition in the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*). *Insects*, 11(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/insects11080535>
- Villareal, M.R. (2016). *The Lyfe Cycle of Mosquito*.
http://www.biogents.com/cms/website.php?id=/en/traps/mosquitoes/life_cycle.htm.
- Zairi Jaal., Lagu Quan Ong. (2018). Umur Larva dan Nutrisi Mempengaruhi Kerentanan *Culex quinquefasciatus* (Diptera Culicidae) Terhadap Temephos. *Journal Of Insect Science*. Vol 18 (2) : 38.
- Zettel, C., dan Kaufman, P., (2019). *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Insecta: Diptera: Culicidae). Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.