

**UJI POTENSI SUSPENSI BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*) TERHADAP DAYA
TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti***

(Skripsi)

Oleh

**Triana Ambarwati
2017021034**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

UJI POTENSI SUSPENSI BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*) TERHADAP DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti*

Oleh

Triana Ambarwati

Skripsi

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

Pada

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



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

UJI POTENSI SUSPENSİ BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*) TERHADAP DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti*

Oleh

Triana Ambarwati

Entomopatogen termasuk agen pengendali hayati yang dapat menginfeksi serangga. Pada penelitian ini bakteri entomopatogen digunakan sebagai biokontrol dengan tujuan menghambat daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023–Januari 2024 di Laboratorium Zoologi dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan menggunakan 3 jenis bakteri sebagai perlakuan yaitu *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. marcescens* dengan penggunaan media air sumur dan media air hujan sebagai media perindukan. Setiap perlakuan dilakukan 6 kali pengulangan dengan parameter uji daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* dan pengukuran faktor lingkungan meliputi nilai pH, suhu dan *dissolved oxygen* (DO). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji *one way* ANOVA dengan $p < 0,05$ dan uji lanjut DMRT. Hasil penelitian ini menunjukkan daya tetas terendah terdapat pada perlakuan media air sumur dengan pemberian suspensi bakteri *P. aeruginosa* sebesar 14,83%. Kesimpulan penelitian ini yaitu terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* berdasarkan perhitungan jumlah telur yang menetas pada media air sumur dan media air hujan setelah pemberian suspensi bakteri entomopatogen *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens*.

Kata Kunci : *Aedes aegypti*, daya tetas, biokontrol, faktor lingkungan, Demam Berdarah Dengue (DBD).

ABSTRACT

THE POTENTIAL TEST OF BACTERIA ENTOMOPATHOGEN SUSPENSE (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*) MOSQUITO EGGS HATCH OF *Aedes aegypti*

By

Triana Ambarwati

Entomopathogens include biological control agents that can infect insects. In this study, entomopathogenic bacteria were used as biocontrol for suppressing the hatchability of *Ae. aegypti* mosquito eggs. This research was carried out in November 2023–January 2024 at the Zoology Laboratory and Microbiology Laboratory, Biology Department, FMIPA, University of Lampung. This research used a Completely Group Design (CGD) using 3 types of bacteria as treatments, namely *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. marcescens* using well water and rainwater as brood media. Each treatment was carried out 6 times with the *Ae. aegypti* mosquito egg hatchability test parameters and measurements of environmental factors including pH, temperature and Dissolved Oxygen (DO). The data obtained were analyzed using the *one way* ANOVA test with $P < \alpha 0.05$. The results of this research showed that the lowest hatchability was found in well water media treated with a *P. aeruginosa* bacterial suspension of 14,83%. The conclusion of this research is that there is a significant difference in the percentage of *Ae. aegypti* eggs hatchability based on calculating the number of eggs that hatched in well water and rainwater media after added a suspension of the entomopathogenic bacteria *E. coli*, *P. aeruginosa* and *S. marcescens*.

Keywords: *Aedes aegypti*, hatchability, biocontrol, environmental factors, Dengue Hemorrhagic Fever (DHF).

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **UJI POTENSI SUSPENSI BAKTERI
ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*,
Pseudomonas aeruginosa, *Serratia marcescens*)
TERHADAP DAYA TETAS TELUR
NYAMUK *Aedes aegypti***

Nama Mahasiswa : **Triana Ambarwati**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017021034**

Jurusan / Program Studi : **Biologi / S1-Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Priyambodo, M.Sc.
NIP 198611142015041003

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila



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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Priyambodo, M.Sc.



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



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Triana Ambarwati

NPM : 2017021034

Jurusan : Biologi

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

“UJI POTENSI SUSPENSI BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*) TERHADAP DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti*”

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, 13 Juni 2024

akan

20
METERAI
TIMPEL
B9CB9ALX247705360

Triana Ambarwati
NPM 2017021034

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sendang Mulyo, pada tanggal 02 Februari 2003. Penulis merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara. Pendidikan Sekolah Dasar ditempuh penulis di SD Negeri 2 Sendang Mulyo dan diselesaikan pada tahun 2014. Pendidikan tingkat menengah penulis tempuh di SMP Negeri 1 Sendang Agung dan lulus pada tahun 2017. Tahun 2020, penulis menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 1 Sendang Agung. Selama masa pendidikan SMA, penulis pernah menjadi anggota ekstrakurikuler Unit Kesehatan Sekolah (UKS) dan ketua ekstrakurikuler *English Conversation Club* (ECC) serta mengikuti perlombaan seperti *Speech Competition* ESMO Festival 2019 dan *Story Telling Competition* ESMO Festival 2020.

Pada tahun 2020, penulis mendaftarkan diri pada program Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan lulus menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Selama berkuliah penulis aktif di organisasi UKM-U *English Society* UNILA, UKM-U PIKRAYA UNILA dan organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai anggota bidang SAINTEK. Penulis juga aktif dalam bidang penunjang pengembangan akademik seperti menjadi Asisten Praktikum bidang zoologi dan bidang botani. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan pada Januari Desember 2022-Februari 2023 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Waya Krui, Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Juni – Agustus 2023.

PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan 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 Alm. Ayahanda Sudarso, Almh. Ibunda Tri Lestari, Almh. Dwi Wahyu Septiyani, Serda Eko Adi Sucipto dan Rika Febriyana Amd.Keb yang senantiasa memberikan do'a tanpa putus hingga akhir hayat serta memberikan dukungan dan semangat dari masa perkuliahan hingga tercapainya gelar sarjana ini;

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;

Novri Pamungkas, Puput Indriani, Aulia Zahra dan Angelita Situmeang yang selama ini menjadi saksi perjuangan penulis serta menjadi tempat berkeluh-kesah dan saling memotivasi.

Almamater tercinta yang menjadi kebanggaan saya di-manapun saya berada,
Universitas Lampung.

MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“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)

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah S.W.T., tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah, 2: 286)

“Hidup yang tidak di pertaruhkan tidak akan pernah di menangkan. Untuk memulai hal yang baru dan mencoba sesuatu yang lain terkadang kita harus berani mempertaruhkan apa yang kita punya”

(Najwa Shihab)

SANWACANA

Alhamdulillah robbil'alamin. Tak lupa puji dan syukur senantiasa dipanjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemampuan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta tak lupa shalawat teriring salam dianjurkan kepada Nabi Muhammad SAW. sehingga Skripsi dengan judul **“UJI POTENSI SUSPENSI BAKTERI ENTOMOPATOGEN (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*) TERHADAP DAYA TETAS TELUR NYAMUK *Aedes aegypti*”** selesai pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, bantuan serta saran dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1-Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Lampung.
5. Bapak Prof. Dr. Hendri Busman, M.Biomed., selaku Dosen Pembimbing I yang telah berbesar hati memberikan ilmu dalam membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran sejak awal penyusunan skripsi.

6. Bapak Priyambodo, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah menjadi mentor terbaik bagi penulis dengan ketulusannya dalam memberikan masukan serta arahan kepada penulis sejak awal penyusunan skripsi.
7. Ibu Prof. Dr. Emantis Rosa, M.Biomed., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan banyak masukan, nasihat, saran dan waktunya yang berharga kepada penulis dalam menyempurnakan naskah skripsi ini.
8. Ibu Dzul Fithria Mumtazah, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan saran dan bimbingan selama penulis menjadi mahasiswa aktif yang membutuhkan arahan akan masa depan.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang tidak dapat dituliskan satu-persatu namanya. Penulis mengucapkan terimakasih untuk semua ilmu dan bimbingannya kepada penulis selama melaksanakan studi di Jurusan Biologi.
10. Keluarga saya yang mengalir darah mereka di dalam tubuh saya, Alm. Bapak Sudarso, Almh. Ibu Tri Lestari, Almh. Dwi Wahyu Septiyani. Terimakasih karena telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan tingkat akhir, memberikan segala cinta, kasih dan sayang kepada penulis serta senantiasa memberikan doa-doa yang tidak pernah putus sehingga setiap langkah yang penulis ambil selalu di ringankan, di mudahkan dan di berkahi hingga saat ini.

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, 13 Juni 2024

Penulis

Triana Ambarwati

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN SAMPUL.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
MENGESAHKAN	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Kerangka Pemikiran	3
1.4. Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Entomopatogen.....	4
2.2.1. <i>Escherichia coli</i>	5
2.2.2. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6
2.2.3. <i>Serratia marcescens</i>	8
2.3. Klasifikasi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	10
2.4. Morfologi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	10

2.5. Daur Hidup Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	11
2.5.1. Stadium Telur.....	12
2.7. Media Penetasan Telur Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	15
III. METODE PENELITIAN	18
3.1. Waktu dan Tempat	18
3.2. Alat dan Bahan	18
3.3. Rancangan Penelitian	19
3.4. Prosedur Penelitian.....	20
3.5. Analisis Data	24
3.6. Diagram Alir Penelitian	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Hasil Pengamatan	26
4.1.1. Daya Tetas Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	26
4.1.2. Data Pengukuran Faktor Lingkungan	27
4.1.3. Uji <i>One Way</i> ANOVA	31
4.1.4. Uji <i>Duncan Multiple Range Test</i> (DMRT)	27
4.2. Pembahasan	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	42
Lampiran 1. Uji Normalitas dan Uji Homogenitas	
Lampiran 2. Data Jumlah Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang Menetas.....	43
Lampiran 3. Data Pengukuran Suhu, pH dan Oksigen Terlarut Pada Penetasan Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perhitungan Konsentrasi Suspensi Bakteri	19
Tabel 2. Rancangan Perlakuan Media Air Sumur.....	20
Tabel 3. Rancangan Perlakuan Media Air Hujan.....	20
Tabel 4. Daya Tetas Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang menetas selama 3 hari.....	26
Tabel 5. Pengukuran Suhu, pH, dan DO	27
Tabel 6. Uji <i>One Way</i> ANOVA	27
Tabel 7. Uji <i>Duncan Multiple Range Test (DMRT)</i>	28
Tabel 8. Uji Normalitas.....	44
Tabel 9. Uji Homogenitas	44
Tabel 10. Data Jumlah Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang Menetas Pada Perlakuan Kontrol.....	45
Tabel 11. Data Jumlah Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang Menetas Setelah Pemberian Suspensi Bakteri <i>E. coli</i>	45
Tabel 12. Data Jumlah Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang Menetas Setelah Pemberian Suspensi Bakteri <i>P. aeruginosa</i>	45
Tabel 13. Data Jumlah Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang Menetas Setelah Pemberian Suspensi Bakteri <i>S. marcescens</i>	46
Tabel 14. Pengukuran Suhu, pH dan Oksigen Terlarut Pada Perlakuan Kontrol .	46
Tabel 15. Pengukuran Suhu, pH dan Oksigen Terlarut Media Penetasan Dengan Penambahan Suspensi Bakteri <i>E.coli</i>	47
Tabel 16. Pengukuran Suhu, pH dan Oksigen Terlarut Media Penetasan Dengan Penambahan Suspensi Bakteri <i>P. aeruginosa</i>	47
Tabel 17. Pengukuran Suhu, pH dan Oksigen Terlarut Media Penetasan Dengan Penambahan Suspensi Bakteri <i>S. marcescens</i>	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bakteri <i>E. coli</i>	5
Gambar 2. Bakteri <i>P. aeruginosa</i>	7
Gambar 3. Bakteri <i>S. marcescens</i>	9
Gambar 4. Morfologi Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	11
Gambar 5. Daur Hidup Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	12
Gambar 6. Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i>	13
Gambar 7. SEM Telur <i>Ae. aegypti</i>	13
Gambar 8. SEM Telur <i>Ae. Aegypti</i>	14
Gambar 9. SEM Telur <i>Ae. aegypti</i>	14
Gambar 10. SEM Embrio <i>Ae. aegypti</i>	15
Gambar 11. SEM Embrio <i>Ae. aegypti</i>	15
Gambar 12. Penimbangan Media NA	49
Gambar 13. Pemasakan Media NA	49
Gambar 14. Penuangan Media NA	49
Gambar 15. Media NA Miring.....	49
Gambar 16. Alat dan Bahan Peremajaan Stok Bakteri	49
Gambar 17. Hasil Sub-kultur Bakteri.....	49
Gambar 18. Penimbangan Media NB	50
Gambar 19. Penakaran Media NB Konsentrasi 15 ml	50
Gambar 20. Alat dan Bahan Pembuatan Starter Bakteri.....	50
Gambar 21. Starter Bakteri Konsentrasi 15 ml	50
Gambar 22. Hasil Inkubasi Starter 15 ml.....	50
Gambar 23. Media NB Starter Konsentrasi 150 ml	50
Gambar 24. Hasil Inkubasi Starter 150 ml.....	50
Gambar 25. Alat Ekstraksi Suspensi Bakteri	50

Gambar 26. Alat Ekstraksi Suspensi Bakteri	51
Gambar 27. Sentrifuse Suspensi Bakteri dari Starter Konsentrasi 150 ml	51
Gambar 28. Hasil Ekstraksi Bakteri.....	51
Gambar 29. Hasil Suspensi yang Dilarutkan Dalam 250 ml Akuades	51
Gambar 30. Pemberian Suspensi Bakteri Pada Tiap Perlakuan.....	51
Gambar 31. Peletakkan Telur Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> Pada Tiap Perlakuan.....	51
Gambar 32. Alat DO meter, pH meter dan Termometer	52
Gambar 33. Pengukuran pH Pada Media Penetasan Tiap Perlakuan.....	52
Gambar 34. Pengukuran Suhu Pada Media Penetasan Tiap Perlakuan	52
Gambar 35. Pengukuran Oksigen Terlarut Pada Media Penetasan Tiap Perlakuan.....	52
Gambar 36. Perhitungan Jumlah Telur yang Menetas	52
Gambar 37. Pengamatan Telur dan Larva Dengan Mikroskop.....	52
Gambar 38. Pengamatan Telur Perlakuan Kontrol Perbesaran 40×	53
Gambar 39. Pengamatan Cangkang Telur yang Pecah Perbesaran 40×	53
Gambar 40. Pengamatan Telur yang Menetas Menjadi Larva Perbesaran 40×..	53

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengendalian vektor penyakit dengan penggunaan agen hayati seperti mikroba termasuk cara yang tepat dalam menekan jumlah vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) (Dylo *et al.*, 2014). Entomopatogen termasuk agen hayati yang dapat menginfeksi serangga sehingga pertumbuhannya akan terhambat. Upaya pengendalian nyamuk dapat dilakukan dengan memanfaatkan bakteri entomopatogen. Hal tersebut dilakukan karena upaya pengendalian nyamuk secara kimiawi dapat merusak lingkungan sedangkan pemanfaatan bakteri entomopatogen bersifat ramah lingkungan, memiliki selektivitas yang tinggi dan memiliki pengaruh yang spesifik terhadap serangga target. Nyamuk memiliki berbagai simbiosis terhadap beragam mikroorganisme di sekitar habitat hidupnya seperti bakteri, fungi dan virus (Guegan *et al.*, 2018). Simbiosis nyamuk dan mikroorganisme umumnya terjadi di dalam tubuh nyamuk pada saluran *midgut* yang menyebabkan perubahan fisiologis di dalam tubuh nyamuk dengan adanya simbiosis mutualisme bakteri *Wolbachia* dengan organel sel nyamuk membantu memperkuat pertahanan tubuh nyamuk (Caragata *et al.*, 2019). Namun, pada beberapa penelitian bakteri bersifat entomopatogen bagi nyamuk seperti *Bacillus thuringiensis* (Glare *et al.*, 2017).

Habitat perkembangan nyamuk dipengaruhi oleh faktor abiotik air sebagai lokasi perindukan nyamuk *Ae. aegypti* yang meliputi suhu, kelembaban, pH air, oksigen terlarut dan nutrisi dalam air (Jacob, 2014). Air sumur memiliki

karakteristik antara lain salinitas yang rendah, kandungan bahan organik yang rendah, pH netral, kekeruhan air yang rendah serta volume air yang besar cocok sebagai tempat perindukan telur nyamuk *Ae. aegypti*. Air sumur akan menjadi daya tarik yang tinggi bagi nyamuk *Ae. aegypti* apabila terdapat kandungan penunjang seperti ketersediaan mikroba dan organisme renik sebagai sumber nutrisi dalam memenuhi kebutuhan makan larva nyamuk (Sayono, 2016). Media perindukan nyamuk *Ae. aegypti* tidak hanya air sumur tetapi juga air hujan yang terjadi akibat fluktuasi curah hujan dapat mempengaruhi percepatan pertumbuhan nyamuk *Ae. aegypti* serta mempengaruhi peningkatan kasus DBD (Muray *et al.*, 2016). Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi terjadi akibat proses pencampuran antara air hujan dengan gas rumah kaca dan molekul debu sehingga memiliki pH yang rendah bahkan sangat rendah yaitu <5,6 dan kandungan zat organik yang tinggi >10, kandungan mineral rendah serta kandungan Fe yang tinggi >0,3 (Alfiandy *et al.*, 2021).

Penelitian mengenai penggunaan bakteri entomopatogen sebagai upaya untuk menekan populasi nyamuk telah banyak dikembangkan namun jenis bakteri yang digunakan masih terbatas pada spesies *Bacillus thuringiensis* dan *Lysinibacillus sphaericus* (Glare *et al.*, 2017). Kedua bakteri yang sering dijadikan bahan penelitian tersebut termasuk kelompok bakteri yang hidup bebas di tanah sedangkan nyamuk akan berkembang biak dengan baik di lingkungan perairan yang tidak terkontaminasi tanah sehingga daur hidup nyamuk lebih banyak dilakukan dalam air (Shalihat *et al.*, 2021) yang mengandung bakteri *coliform* seperti *E. coli* dan *S. marcesces* kemudian *P. aeruginosa* yang termasuk bakteri indikator tercemarnya lingkungan perairan (Liu *et al.*, 2018). Penelitian pemanfaatan agen biokontrol sebagai pengendali hayati hingga saat ini masih terus diupayakan, salah satunya adalah penggunaan mikroorganisme entomopatogen yang dianggap tidak meninggalkan masalah resistensi pada serangga target (Adam *et al.*, 2018). Penggunaan bakteri entomopatogen untuk menekan populasi nyamuk *Ae. aegypti* salah satunya dengan mengurangi persentase penetasan telur merupakan langkah awal untuk penelitian lanjutan terkait hubungan

mikroorganisme yang sering dijumpai di dalam air bersih terhadap penghambatan daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti*.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui potensi pemberian suspensi bakteri entomopatogen *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* terhadap perbedaan daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* pada media air sumur dan air hujan.

1.3. Kerangka Pemikiran

Entomopatogen termasuk agen hayati salah satu contohnya yaitu bakteri yang dapat bersifat toksik dan menyebarkan virulensinya kepada serangga sehingga menghambat metabolisme yang berdampak terhadap perkembangan serangga. Pengendalian vektor penyakit dengan agen hayati seperti bakteri dapat menekan jumlah vektor Demam Berdarah Dengue (DBD). Nyamuk *Ae. aegypti* mampu berkembangbiak dalam berbagai media air antara lain air sumur, air PDAM, air hujan, air comberan dan jenis air lainnya yang tergenang. Dalam penelitian ini menggunakan media air sumur sebagai kontrol dan media air hujan sebagai perlakuan. Penggunaan bakteri entomopatogen antara lain (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. marcescens*) dalam penelitian ini dikarenakan ketiga jenis mikroba tersebut ditemukan dalam air bersih yang tidak terkontak langsung dengan tanah sehingga sesuai dengan *breeding site* yang optimal untuk nyamuk *Ae. aegypti*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi serta acuan tambahan dalam usaha penekanan populasi nyamuk *Ae. aegypti* sebagai vektor penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD).

1.4. Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini yaitu adanya potensi pemberian suspensi bakteri entomopatogen *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* terhadap perbedaan daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* pada media air sumur dan air hujan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Entomopatogen

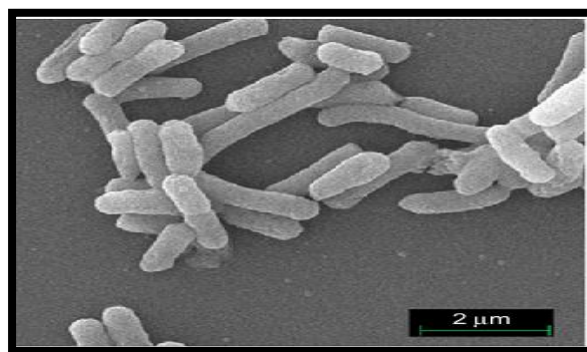
Entomopatogen dapat berasal dari bakteri ataupun jamur yang memiliki sifat toksik terhadap serangga target. Bakteri entomopatogen dapat digunakan sebagai agen biokontrol karena memiliki kelebihan antara lain persebarannya terdapat di berbagai tempat serta memiliki produksi massa yang lebih cepat dibandingkan mikroorganisme lain seperti fungi (Kalvnadi *et al.*, 2018). Mekanisme bakteri entomopatogen dalam menginfeksi serangga target yaitu dengan cara memasuki tubuh serangga dan menyebarkan virulensinya melalui makanan atau berpindah dari serangga lain yang telah terinfeksi lebih dulu, sehingga bakteri entomopatogen berpotensi sebagai agen pengendali hayati atau biokontrol ketika patogenitasnya telah menginvasi sistem metabolisme serangga target (Glare *et al.*, 2017). 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.

Selain itu, bakteri entomopatogen yang menginfeksi tubuh serangga dapat menyebabkan kematian akibat produksi toksin berlebih dalam tubuh serangga. *Bacillus thuringiensis* merupakan contoh bakteri entomopatogen yang mampu menghasilkan senyawa *crystal protein* saat melakukan sporulasi yang bersifat toksin pada epitel usus, dengan menargetkan lisis jaringan

midgut melalui mekanisme *Bt delta-endotoxin*, sehingga menyebabkan kelumpuhan sistem pencernaan (Kumar, *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian (Adam *et al.*, 2014) pemanfaatan bakteri entomopatogen sebagai upaya pengendalian populasi larva *Spodoptera litura* F., tidak meninggalkan masalah resistensi 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.

2.2.1. *Escherichia coli*

Bakteri *E. coli* merupakan indikator biologis pencemaran bahan organik dalam perairan. Hal tersebut dikarenakan bakteri *E. coli* tergolong patogen oportunistik atau dapat menyebabkan infeksi pada sistem kekebalan yang lemah dan menghasilkan enterotoksin pada kondisi dan jumlah tertentu sehingga dapat menimbulkan penyakit serta hidup secara soliter maupun berkoloni dan bersifat fakultatif anaerob. Bakteri *E. coli* berbentuk kokus dengan ukuran berkisar 1.0-1.5 μm x 2.0-6.0 μm , tidak motil atau motil dengan flagela serta dapat tumbuh pada lingkungan tanpa oksigen (Prasetya, 2018)



Gambar 1. Bakteri *E. coli*
Perbesaran 40× (Ciociola *et al.*, 2018).

Adapun klasifikasi *E. coli* menurut Theodor Escherich (1885) dalam Kuswiyanto (2014) sebagai berikut:

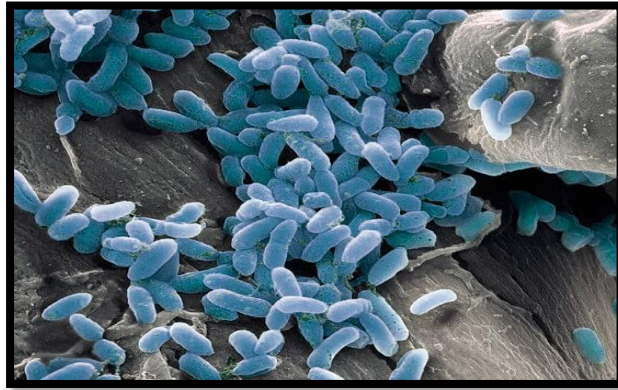
Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Eubacteriales
Keluarga	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

Bakteri *E. coli* merupakan flora normal yang terdapat pada saluran pencernaan larva nyamuk *Ae. aegypti*. Menurut (Jurat-Fuentes & Jackson, 2012) bakteri yang tergolong Gram–negatif dapat menginfeksi serangga sehingga memiliki potensi yang tinggi apabila digunakan sebagai agen biokontrol dalam upaya menekan populasi nyamuk *Ae. aegypti*. Sebagai bakteri entomopatogen, *E. coli* memiliki kemampuan bertahan hidup dalam lingkungan yang variatif seperti air tawar, air asin ataupun tanah sehingga bakteri *E. coli* terpapar baik di lingkungan biotik dan abiotik (Schuetz, 2019). Menurut (Kuswiyanto, 2016) bakteri *E. coli* dapat tumbuh pada media dengan pH 7,2 dengan suhu 10–40°C dan suhu optimal pertumbuhan yaitu 37,5°C.

2.2.2. *Pseudomonas aeruginosa*

Bakteri *P. aeruginosa* merupakan salah satu kelompok bakteri Gram–negatif penyebab infeksi yang menyerang sistem imunitas tubuh manusia (Sharma *et al.*, 2014). Bakteri *P. aeruginosa* berbentuk batang atau kokus dan bersifat aerob obligat, motil serta memiliki flagel polar. Bakteri *P. aeruginosa* memiliki lebar tubuh 0,5–0,8 µm dengan panjang tubuh 1,5–3,0 µm, tidak memiliki spora. Bakteri *P. aeruginosa* memiliki sifat nonfermenter, oksidase positif, katalase positif sehingga dapat tumbuh optimum pada suhu 4°C atau dibawah 43 °C. Bakteri *P. aeruginosa*

mampu memproduksi enzim protease, lipase dan amilase (Suyono dan Farid, 2014).



Gambar 2. Bakteri *P. aeruginosa*
Perbesaran 40× (Bitsori, 2012).

Adapun klasifikasi *P. aeruginosa* menurut Gessard (1882) dalam Soedarto (2015) sebagai berikut :

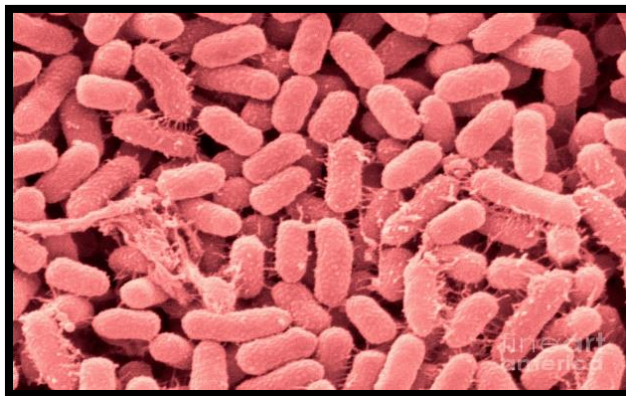
Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Keluarga	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Berdasarkan penelitian (Gendrin, *et al.*, 2022) menemukan strain bakteri *Pseudomonas* BGSP7 yang memiliki urutan nukleotida sama dengan bakteri *B. thuringiensis* var. *Israellensis* (BTi) yang mampu menghasilkan senyawa *cry toxins* mematikan bagi nyamuk *Ae. aegypti*. Bakteri *P. aeruginosa* bersifat patogen terhadap makhluk hidup. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Patria, 2015) bakteri *P. aeruginosa* mampu memproduksi enzim ekstraseluler sehingga dapat dikembangkan sebagai bakteri kandidat probiotik dan dapat digunakan

sebagai alternatif agen biokontrol terhadap hewan lain. Bakteri *P. aeruginosa* mampu menghasilkan enzim kitinase yang dapat menghidrolisis zat kitin dengan menimbulkan kerusakan fisiologis pada hospes (Hardi *et al.*, 2014).

2.2.3. *Serratia marcescens*

Bakteri *S. marcescens* merupakan bakteri Gram-negatif yang memiliki dinding sel tipis dari peptidoglikan dan termasuk flora normal pada usus manusia, bersifat anaerob fakultatif yang artinya dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi yang terdapat oksigen ataupun tidak ada oksigen (Naufal *et al.*, 2017). Bakteri *S. marcescens* memiliki karakteristik antara lain berbentuk batang pendek dengan ukuran $0,5-0,8 \times 1,5-5,0 \mu\text{m}$. Bakteri *S. marcescens* dapat hidup di air, tanah, dalam tubuh serangga dan manusia dengan dipengaruhi faktor lingkungan seperti suhu optimum pertumbuhan berkisar $5^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$ dan pH berkisar 5–9 (Astawa dan Tarini, 2017).



Gambar 3. Bakteri *S. marcescens*
Perbesaran 40× (Aisyah *et al.*, 2016)

Adapun klasifikasi *S. marcescens* menurut Fischer (1887) dalam Rosidah (2016) sebagai berikut :

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

Bakteri *S. marcescens* digolongkan kedalam kandidat bakteri dengan potensi sebagai larvasida. Bakteri *S. marcescens* memiliki pigmen berwarna merah dan bersifat toksik terhadap nyamuk yang dinyatakan dalam penelitian (Patil *et al.*, 2011) aktivitas larvasida pada nyamuk *Ae. aegypti* dan *An. stephensi* yang diberi perlakuan dengan isolat *S. marcescens* menghambat perkembangan nyamuk tersebut. Bakteri *S. marcescens* memiliki kandungan alkaloid prodigiosin sehingga memiliki pengaruh terhadap daur hidup larva *Ae. aegypti* (Suryawanshi *et al.*, 2015). Penggunaan bakteri *S. marcescens* sebagai pengendali nyamuk *Ae. aegypti* telah dilakukan beberapa penelitian yang menyatakan tingkat efektivitas ekstrak bakteri *S. marcescens* dapat mematikan larva *Ae. aegypti* instar III dengan persentase sebesar 94% setelah 24 jam perlakuan (Naine dan Devi, 2014).

Bakteri *S. marcescens* 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 *S. marcescens* 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 *S. marcescens* 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.

2.3. Klasifikasi Nyamuk *Aedes aegypti*

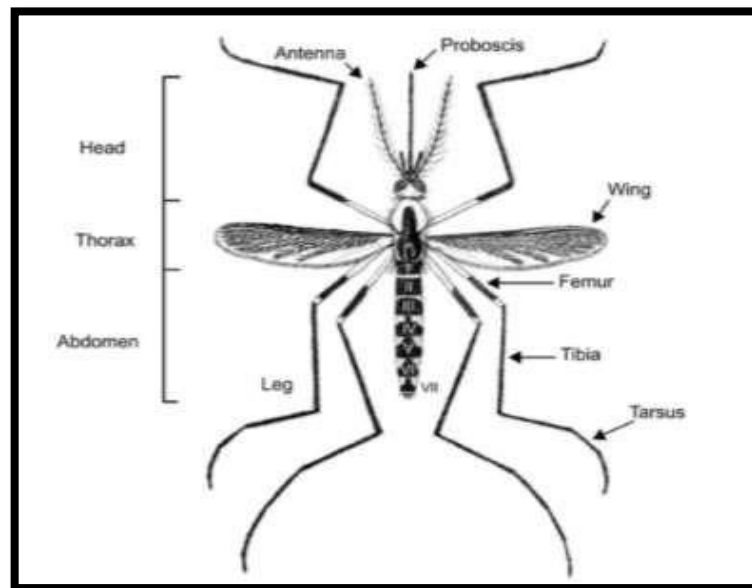
Adapun klasifikasi nyamuk *Ae. aegypti* menurut Linnaeus (1762) dalam Zapino & Fitri (2017) sebagai berikut :

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Diptera
Sub Ordo	: Nematocera
Keluarga	: Culicidae
Genus	: <i>Aedes</i>
Spesies	: <i>Aedes aegypti</i>

2.4. Morfologi Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Ae. aegypti* memiliki struktur tubuh yang terdiri dari kepala (*caput*), dada (*thorax*) dan perut (*abdomen*). Bagian tubuh nyamuk *Ae. aegypti* memiliki ciri khas khusus pada bagian kaki dan abdomennya terdapat belang-belang putih yang terlihat begitu jelas. Ukuran nyamuk *Ae. aegypti* jantan lebih kecil daripada betina dan terdapat rambut–rambut tebal dibagian antena nyamuk jantan, pada nyamuk betina ukuran tubuh sedikit lebih besar daripada jantan serta rambut–rambut dibagian antena tipis (Purnama, 2015). Pada nyamuk betina, ujung abdomennya runcing dengan *cerci* menonjol, warna tubuh lebih gelap dan palpus pada betina lebih pendek daripada *proboscis*. Pada nyamuk jantan, ujung abdomennya oval dengan *hypogeum* sebagai alat kopulasi, warna tubuh cenderung terang dan *proboscis* digunakan untuk

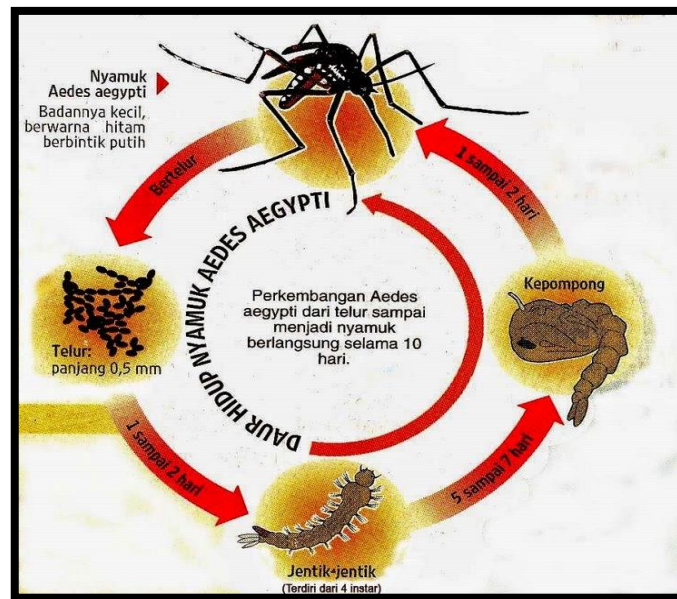
menghisap nektar tumbuhan (Purnama, 2015). Larva nyamuk mengonsumsi makanan dengan komposisi makronutrien yang bervariasi sehingga kandungan nutrisi dan mikrobiota usus dapat memengaruhi proses fisiologis (Martinson *et al.*, 2017). Pada nyamuk, ketersediaan nutrisi yang terbatas berkaitan dengan rendahnya tingkat kelangsungan hidup hingga perkembangan dewasa yang berlangsung lebih lama (Pigeault *et al.*, 2016).



Gambar 4. Morfologi Nyamuk *Ae. aegypti* (Quinn, 2012).

2.5. Daur Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Ae. aegypti* termasuk serangga holometabola atau dalam proses hidupnya mengalami metamorfosis sempurna yang dimulai dari fase telur kemudian larva, pupa dan nyamuk dewasa. Siklus hidup nyamuk *Ae. aegypti* mengalami beberapa tahapan perubahan bentuk (metamorfosa) sempurna yaitu dari telur, jentik (larva), kepompong (pupa) dan nyamuk dewasa. Stadium telur, larva dan pupa *Ae. aegypti* hidup di air dan stadium dewasa hidup di darat atau udara. Berikut merupakan tahapan metamorfosis yang memperjelas morfologi nyamuk *Ae. aegypti* :



Gambar 5. Daur Hidup Nyamuk *Ae. aegypti* (Villareal, 2016).

2.5.1. Stadium Telur

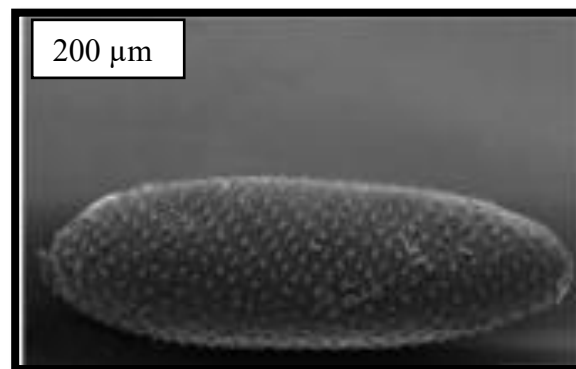
Ae. aegypti betina mampu memproduksi telur hingga 100 butir setiap kali bertelur. Nyamuk *Ae. aegypti* memiliki morfologi telur antara lain berwarna hitam dengan bentuk oval memanjang dan memiliki permukaan yang *polygon*. Bentuk morfologi telur nyamuk *Ae. aegypti* berbeda dengan telur nyamuk *Anopheles* sp., yang menyerupai perahu dengan pelampung dari *chorion* yang melengkung dibagian lateral (Loren & Wahyuni, 2015).



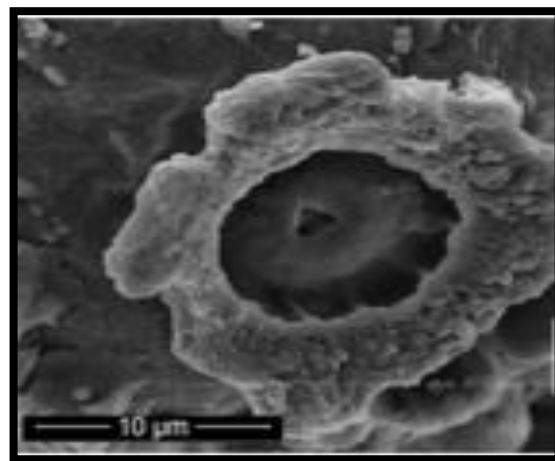
Gambar 6. Telur Nyamuk *Ae. aegypti* (Sivanathan, 2006).

Struktur kulit terluar telur disebut *chorion* yang berfungsi sebagai pelindung lapisan dalam telur serta berfungsi sebagai pertahanan

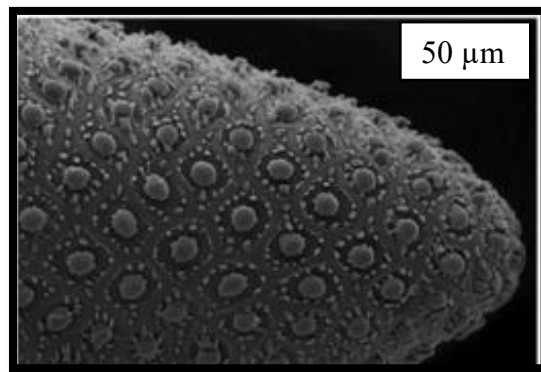
dehidrasi air. Struktur *chorion* dibedakan menjadi dua lapisan yaitu *endochorion* dan *exochorion* (Mello *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian (Suman *et al.*, 2011) telur nyamuk *Ae. aegypti* secara makroskopis berwarna keputihan. Ketika oviposisi yang kemudian menghitam dengan cepat. Karakteristik lain dari telur nyamuk *Ae. aegypti* yaitu permukaan telur menggemuk berbentuk simetri bilateral dengan ekstremitas runcing.



Gambar 7. *Scanning Electron Microscopy* Telur *Ae. aegypti* (Mundim Pombo *et al.*, 2021).

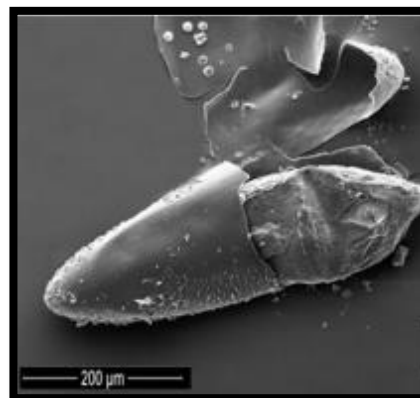


Gambar 8. *Scanning Electron Microscopy* Telur *Ae. aegypti* (Mundim Pombo *et al.*, 2021).

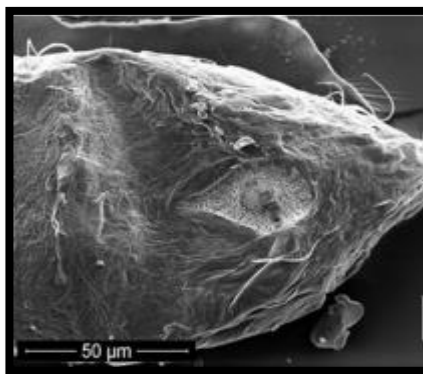


Gambar 9. *Scanning Electron Microscopy* Telur *Ae. aegypti* (Mundim Pombo *et al.*, 2021).

Bagian yang teramati melalui pengamatan mikroskopis antara lain; Gambar 7) *Mycopylar disc* pada posisi anteroposterior telur, Gambar 8) *Mycopylar disc* dengan mikropil dibagian tengah dimana lokasi spermatozoa akan membuahi oosit, Gambar 9) Ekstremitas posterior telur memperlihatkan ornamen khas *exochorion* telur *Ae. aegypti*. Pada pengamatan dengan SEM parameter yang digunakan untuk mengamati telur *Ae. aegypti* antara lain panjang ekstremitas, lebar, ketebalan mikropil dan diameter sel *chorionic*.



Gambar 10. *Scanning Electron Microscopy* Embrio *Ae. aegypti* (Mundim Pombo *et al.*, 2021).



Gambar 11. *Scanning Electron Microscopy* Embrio *Ae. aegypti* (Mundim Pombo *et al.*, 2021).

Embrio *Ae. aegypti* akan berkembang dalam telur yang memiliki panjang sekitar 1 mm berwarna gelap dan menempel diberbagai substrat. Pada Gambar 13) *chorion* terbelah menunjukkan struktur embrionik awal, Gambar 14) bagian anterior embrio mengandung struktur *cephalic* yang akan melepaskan larva.

2.7. Media Penetasan Telur Nyamuk *Aedes aegypti*

Air merupakan media paling penting dalam penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti*. Pada penelitian (Lestari *et al.*, 2021) telur *Ae. aegypti* menetas dengan baik pada semua jenis air antara lain air sumur, air hujan dan air ledeng meskipun dengan kemampuan daya tetas telur yang berbeda secara signifikan. Telur nyamuk *Ae. aegypti* akan menetas secara efektif pada media air sumur karena kandungan kimia air sumur rendah serta tingkat kekeruhan airnya juga rendah yang menjadikan nyamuk *Ae. aegypti* sebagai habitat potensial dalam oviposisi dan penetasan telur (Trewin *et al.*, 2017). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji kandungan air sumur sebagai media penetasan seperti yang dinyatakan oleh (Ratnasari *et al.*, 2021) tingkat salinitas air sumur tergolong tinggi dengan kadar tawas yang rendah sehingga oksigen terlarut yang dihasilkan tinggi. Kandungan kimia air yang bersifat racun terhadap telur nyamuk *Ae. aegypti* yaitu klorin karena bersifat desinfektan sehingga oksigen terlarut dalam air dapat menurun yang membuat perkembangan telur *Ae. aegypti* terhambat.

Derajat keasaman (pH) air hujan > 7 dikatakan pH basa, selanjutnya pH 6,1 – 7 dinyatakan bahwa kualitas air hujan yang ditinjau sangat baik dan cenderung netral seperti air permukaan, untuk pH 5,6 – 6 dinyatakan bahwa kualitas air hujan yang ditinjau ideal, kemudian jika pH 4,1 – 5,5 dinyatakan bahwa kualitas air hujan yang ditinjau sebagai hujan asam, jika pH 3 – 4 dinyatakan sebagai hujan asam (tinggi) dan jika pH air hujan < 3 dinyatakan sebagai hujan asam (ekstrem) (Chen *et al.*, 2020). Air hujan pada umumnya memiliki karakteristik di antaranya, yaitu memiliki pH rendah antara 3,0-6,0 dengan kandungan organik yang tinggi (> 10), kesadahan rendah, mineral rendah, serta Fe tinggi ($> 0,3$). Tingkat keasaman air hujan salah satunya ditentukan oleh kandungan sulfat yang mencerminkan terbentuknya asam sulfat di atmosfer akibat adanya polusi SO_2 . Sulfur dioksida (SO_2) teroksidasi di atmosfer membentuk SO_3 . Gas SO_3 bersifat mudah larut dalam air sehingga pada udara lembab (udara yang banyak mengandung uap air menghasilkan asam sulfat (Chang *et al.*, 2022).

2.8. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti*

Air yang digunakan sebagai media penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* memiliki kondisi dan sifat tertentu yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan antara lain suhu, pH, oksigen terlarut, zat kimia dalam air, kelembaban dan cahaya umumnya berpengaruh terhadap lamanya penetasan dan morfologi cangkang (Suparyati dan Himam, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Cahyati dan Siyam, 2019) air sumur yang digunakan sebagai media penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* memiliki kandungan pH yang tinggi sehingga kemampuan telur untuk menetas lebih cepat karena kadar pH air sumur yang digunakan berkisar 7,56 dibandingkan air hujan dan air keran yang memiliki pH rendah dan daya tetas telur yang lambat.

Faktor lain seperti suhu mempengaruhi daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* karena dapat mempengaruhi perkembangan dari tahap telur, larva dan pupa yang meliputi perilaku istirahat dan reproduksi, pola gigitan serta perkembangan virus dalam tubuh nyamuk yang mempengaruhi siklus

gonotrofik (Putri *et al.*, 2020). Nyamuk akan bertelur pada suhu 20°C–30°C sedangkan suhu optimal untuk penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* berkisar antara 25°C–27°C. Apabila terjadi kenaikan suhu yang disebabkan oleh perubahan iklim akan membuat nyamuk tumbuh lebih pendek dan berkembang biak lebih cepat karena telur nyamuk *Ae. aegypti* tidak akan menetas apabila suhu 10°C–15°C (Reinhold *et al.*, 2018). Faktor lain yang mempengaruhi daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* yaitu pH karena nyamuk *Ae. aegypti* akan bertahan hidup pada kadar udara lembab yang tidak terlalu kering dan tidak terlalu lembab (Reinhold *et al.*, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023–Januari 2024. Tahap preparasi dan kultur bakteri yang akan digunakan sebagai suspensi pada tahap penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung. Tahap pengembangbiakan telur nyamuk *Ae. aegypti* dilaksanakan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi, rak tabung reaksi, erlenmeyer, gelas beaker, *shaker incubator*, ose bulat, gelas ukur, kotak plastik *thinwall* (17 cm × 5 cm × 11,5 cm), kotak plastik *thinwall* (12 cm × 12 cm × 7 cm), *Biological Safety Cabinet* (BSC), neraca analitik, *centrifuge*, *hot plate*, pipet tetes, bunsen, batang pengaduk, cawan petri, spuit suntikan 10 ml, inkubator, pH meter, *dissolved oxygen* (DO) meter, karet gelang, buku, pena, kertas label, kamera, aplikasi SPSS 21.0.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah telur nyamuk *Ae. aegypti* diperoleh dari Laboratorium Entomologi IPB, air sumur gali, air hujan yang di tampung langsung tanpa melewati atap ataupun pohon, isolat bakteri (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Serratia marcescens*) yang diperoleh dari LABKESDA Lampung, media *Nutrient Broth* (NB), media *Nutrient Agar* (NA), *Phosphate–Buffered Saline* (PBS), alkohol 70%, plastik *wrap*, spirtus, aluminium *foil*.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan menggunakan 2 rancangan perlakuan (air sumur dan air hujan dengan pemberian isolat bakteri (*E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens*) yang dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan dengan penambahan 100 butir telur pada masing-masing wadah perindukan sehingga telur yang digunakan dalam penelitian sebanyak 3.600 butir telur. Parameter yang diamati yaitu kualitas air seperti suhu, pH dan *Dissolved Oxygen* (DO).

Persentase telur yang menetas atau *Hatching Rate* (HR) menurut (Rachmawati *et al.*, 2014) bahwa persentase telur yang menetas dapat ditentukan dengan mengambil sampel telur yang selanjutnya ditetaskan dalam suatu wadah atau akuarium kemudian dihitung berapa banyak telur yang menetas dengan rumus:

$$HR = \frac{\text{Jumlah telur yang menetas}}{\text{Jumlah telur yang ditetaskan}} \times 100\%$$

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)

Tabel 1. Perhitungan Konsentrasi Suspensi Bakteri

Jumlah Telur	Massa Suspensi (mg)	Volume Air (ml)	Konsentrasi Suspensi (mg/l)
3	16	5	9,9
1	5,3	1,6	3,3

Perhitungan Konsentrasi Suspensi 1 × Ulangan (100 butir telur)

Suspensi = 5,3 mg × 100

= 530 mg

Air = 1,6 ml × 100

= 160 ml

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

$$= \frac{530}{160} = 3,3 \text{ mg/ml}$$

Tabel 2. Rancangan Perlakuan Media Air Sumur

No	Jenis Perlakuan	Keterangan
1	Telur nyamuk ditetaskan dalam media air sumur	Kontrol
2	Telur nyamuk dalam media air sumur dengan pemberian suspensi bakteri <i>E. coli</i> 3,3 mg/ml	Perlakuan 1
3	Telur nyamuk dalam media air sumur dengan pemberian suspensi bakteri <i>P. aeruginosa</i> 3,3 mg/ml	Perlakuan 2
4	Telur nyamuk dalam media air sumur dengan pemberian suspensi bakteri <i>S. marcescens</i> 3,3 mg/ml	Perlakuan 3

Tabel 3. Rancangan Perlakuan Media Air Hujan

No	Jenis Perlakuan	Keterangan
1	Telur nyamuk ditetaskan dalam media air hujan	Kontrol
2	Telur nyamuk dalam media air hujan dengan pemberian suspensi bakteri <i>E. coli</i> 3,3 mg/ml	Perlakuan 1
3	Telur nyamuk dalam media air hujan dengan pemberian suspensi bakteri <i>P. aeruginosa</i> 3,3 mg/ml	Perlakuan 2
4	Telur nyamuk dalam media air hujan dengan pemberian suspensi bakteri <i>S. marcescens</i> 3,3 mg/ml	Perlakuan 3

3.4. Prosedur Penelitian

Adapun jenis penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mengamati jumlah telur nyamuk *Ae. aegypti* yang menetas. Prosedur yang dilakukan meliputi peremajaan stok dan kultur isolat bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens*, pembuatan suspensi bakteri, perlakuan kontrol dengan media air sumur dan air hujan, perlakuan dengan suspensi bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* dalam media air sumur dan air hujan serta analisis data.

3.4.1. Peremajaan Stok dan Kultur Isolat Bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens*

1. Isolat murni *E. coli* didapatkan dari Laboratorium Kesehatan Daerah (LABKESDA) Provinsi Lampung.
2. Sebanyak 1,12 gr media *Nutrient Agar* (NA) ditimbang menggunakan neraca analitik, lalu di pindahkan ke dalam gelas beaker berukuran 50 ml.
3. Sebanyak 40 ml akuades ditambahkan ke dalam gelas beaker dan di panaskan dengan *hotplate stirer* hingga media NA berubah menjadi bening.
4. Kemudian sebanyak ± 6 ml NA dituang ke dalam 6 tabung reaksi (masing-masing isolat menggunakan 2 tabung reaksi) lalu disterilisasi selama 30 menit menggunakan autoklaf.
5. Setelah sterilisasi, media NA dimiringkan hingga $\frac{1}{2}$ bagian tabung dan tunggu hingga mengeras.
6. Setelah mengeras, ose bulat disterilisasi dengan bunsen hingga berpijar sebelum digunakan untuk inokulasi bakteri.
7. Sebanyak 1 inokulum *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. marcescens* ditanam kedalam media *Nutrient Agar* (NA) miring dengan metode *streak*, lalu dimasukkan kedalam inkubator pada suhu 30°C selama 24 jam.

3.4.2. Pembuatan Starter Bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* Konsentrasi 15 ml

1. Pembuatan starter bakteri mengacu pada (Allahghadry *et al.*, 2022) Sebanyak 0,72 gr media *Nutrient Broth* (NB) ditimbang menggunakan neraca analitik, lalu di pindahkan ke dalam gelas beaker berukuran 200 ml.
2. Sebanyak 90 ml akuades ditambahkan ke dalam gelas beaker, kemudian di homogenkan menggunakan batang pengaduk.
3. Setelah homogen, media NB dipindahkan ke dalam 6 erlenmeyer berukuran 50 ml dengan masing-masing erlenmeyer berisi 15 ml media NB (masing-masing isolat menggunakan 2 erlenmeyer).

4. Kemudian media di sterilisasi selama 30 menit menggunakan autoklaf.
5. Setelah sterilisasi, media NA miring yang berisi inokulum bakteri di inokulasikan sebanyak 1 ose pada 6 media NB steril.
6. Kemudian media NB yang telah berisi bakteri di inkubasi pada *orbital shaker* selama 72 jam.

3.4.3. Pembuatan Starter Bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* Konsentrasi 150 ml

1. Sebanyak 14,4 gr media *Nutrient Broth* (NB) ditimbang menggunakan neraca analitik, lalu di pindahkan ke dalam gelas beaker berukuran 2000 ml (Allahghadry *et al.*, 2022).
2. Sebanyak 1.800 ml akuades ditambahkan ke dalam gelas beaker, kemudian di homogenkan menggunakan batang pengaduk.
3. Setelah homogen, media NB dipindahkan ke dalam 6 erlenmeyer berukuran 250 ml dengan masing-masing erlenmeyer berisi 150 ml media NB (masing-masing starter bakteri menggunakan 2 erlenmeyer).
4. Kemudian media disterilisasi selama 30 menit menggunakan autoklaf.
5. Setelah sterilisasi, masing-masing starter NB 15 ml yang berisi isolat bakteri di tuangkan ke dalam masing-masing media NB 150 ml.
6. Kemudian media NB 150 ml yang telah berisi starter bakteri 15 ml di inkubasi pada *orbital shaker* selama 72 jam.

3.4.4. Pembuatan Suspensi Bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens*

1. Sebanyak 150 ml starter bakteri pada media NB yang telah diinkubasi 72 jam di pindahkan ke dalam 15 tabung reaksi sebanyak 10 ml (Allahghadry *et al.*, 2022).
2. Kemudian tabung reaksi yang berisi 10 ml suspensi dimasukkan ke dalam *centrifuge* dan di-*running* dengan kecepatan 3.000 rpm selama 10 menit.
3. Setelah *centrifuge* berhenti beroperasi, tabung reaksi di letakkan pada rak tabung untuk dilakukan pengamatan natan yang terbentuk.

4. Pada setiap tabung reaksi yang terdapat natan kemudian dicuci bilas menggunakan *Phospate-Buffered Saline* (PBS) sebanyak 3 kali.
5. Setelah pencucian, natan yang terbentuk dimasukkan ke dalam botol penyimpanan yang telah berisi 250 ml akuades dan suspensi bakteri siap digunakan.

3.4.5. Kelompok Kontrol

1. Sebanyak 2 kotak *thinwall* dengan ukuran (12 cm × 12 cm × 7 cm) disiapkan untuk menampung air sumur dan air hujan sebanyak 250 ml sebagai tempat perindukan telur nyamuk.
2. Sebanyak 100 butir telur nyamuk di masukkan ke dalam masing-masing *thinwall*. Penggunaan 100 butir telur nyamuk *Ae. aegypti* merupakan jumlah yang efisien dalam kerapatan populasi telur pada suatu wadah (Elva dkk., 2020).
3. Kemudian mengukur faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap penetasan seperti: pH air menggunakan alat pH meter, oksigen terlarut menggunakan alat *dissolved oxygen* (DO) meter, suhu menggunakan alat termometer sebagai perbandingan awal.
4. Menghitung jumlah telur *Ae. aegypti* yang menetas pada masing-masing wadah perindukan.

3.4.5. Perlakuan dengan Suspensi Bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* Pada Media Air Sumur dan Air Hujan

1. Sebanyak 36 kotak *thinwall* berukuran (12 cm × 12 cm × 7 cm) disiapkan untuk menampung air sumur dan air hujan sebanyak 250 ml sebagai tempat perindukan telur nyamuk.
2. Alur pemberian suspensi bakteri mengacu pada (Souza, *et al.*, 2019) sebanyak 3,3 mg/ml suspensi pelet bakteri *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* di tambahkan dalam 250 ml air sumur pada masing-masing wadah perindukan.
3. Setelah suspensi bakteri tercampur rata dengan media perindukan, sebanyak 100 butir telur nyamuk (Elva dkk., 2020) dimasukkan dalam masing-masing wadah perindukan pada media air sumur sebanyak 6

pengulangan. Hal yang sama dilakukan pada perlakuan media air hujan sebanyak 6 pengulangan.

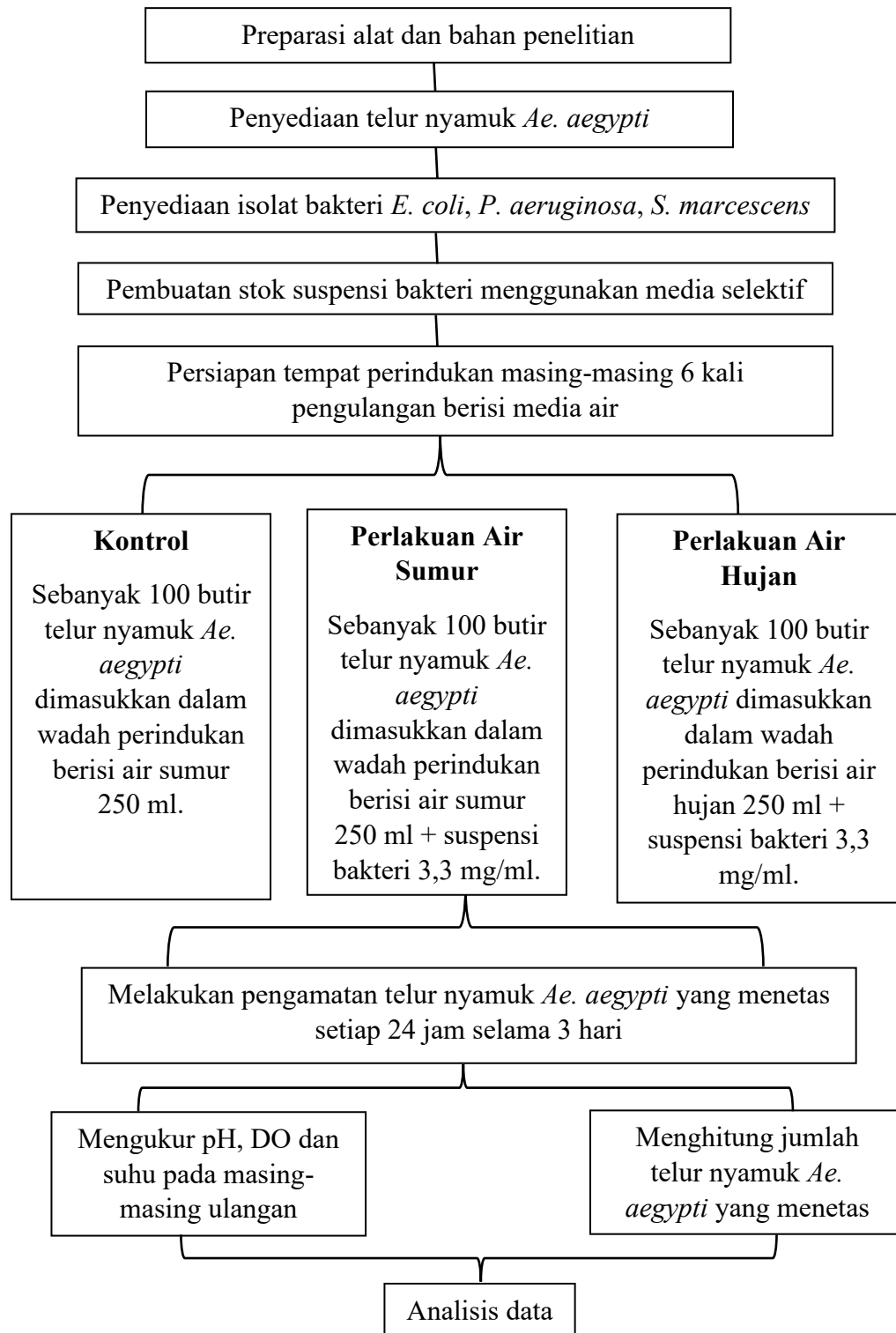
4. Kemudian mengukur faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap penetasan seperti: pH air menggunakan alat pH meter, oksigen terlarut menggunakan alat *dissolved oxygen* (DO) meter, suhu menggunakan alat termometer sebagai perbandingan awal.
5. Menghitung jumlah telur *Ae. aegypti* yang menetas pada masing-masing wadah perindukan.

3.5. Analisis Data

1. Data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan jumlah telur yang menetas dianalisis secara statistik menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada taraf signifikansi 0,05 (Usmadi, 2020).
2. Apabila uji normalitas menyatakan data berdistribusi normal dengan $\alpha > 0,05$ maka dilanjutkan dengan uji homogenitas yaitu *Levene's Test* pada taraf signifikansi 0,05 (Usmadi, 2020).
3. Setelah uji homogenitas, dilakukan uji *one way* ANOVA untuk mengetahui data yang di uji berbeda signifikan atau tidak dengan taraf signifikansi $< 0,05$.
4. Jika hasil uji menunjukkan data perlakuan berbeda signifikan, maka dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perbedaan perlakuan antar kelompok dengan taraf signifikansi $p < 0,05$.

3.6. Diagram Alir Penelitian

Adapun alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat potensi pemberian suspensi bakteri entomopatogen *E. coli*, *P. aeruginosa* dan *S. marcescens* dalam menghambat daya tetas telur nyamuk *Ae. aegypti* berdasarkan perhitungan jumlah telur yang menetas pada media air sumur dan media air hujan dengan daya tetas terendah sebesar 14,83% pada kelompok perlakuan air sumur dengan suspensi *P. aeruginosa* dan daya tetas tertinggi sebesar 19% pada kelompok perlakuan air hujan dengan suspensi *S. marcescens*.

5.2. Saran

Telur nyamuk *Ae. aegypti* yang ditetaskan sebaiknya dilakukan pengecekan selama 6 atau 12 jam sekali dan perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait jenis bakteri entomopatogen lain yang efektif dalam menghambat penetasan telur nyamuk *Ae. aegypti* serta uji lebih lanjut terkait kandungan kimia air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam T, R Juliana, Nurhayati dan R Thalib. (2018). Bioesai Bioinsektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* asal Tanah Lebak terhadap Larva *Spodoptera litura*. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 74, 1-7.
- Alfiandy, S., *et al.* (2021). Analisis Kimia dan Kualitas Air Hujan di Kota Palu Sebagai Penyebab Terjadinya Hujan Asam. *Jurnal Riset Kimia*, 12(1):10-18.
- Anas, P., Jubaedah, I., & Sudinno, D. (2019). Kualitas Air dan Beban Limbah Karamba Jaring Apung di Waduk Jatiluhur Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 35-47.
- 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.
- Bina, I. dan Reza, A. R. M. (2015). *Pengaruh Konsentrasi Kaporit Terhadap Daya Tetas Telur Nyamuk Aedes aegypti*. Fakultas kesehatan Masyarakat Universitas Diponogero Semarang. Tembalang.
- Bitsori M, Maraki S, Koukouraki S, Galanakis E. (2012). *Pseudomonas aeruginosa* Urinary Tract Infection in Children: Risk Factors and Outcomes. *J Urol*.187(1):260-4.
- Cahyati, W. H., & Siyam, N. (2019). Determination of Oviposition, pH, and Salinity of *Aedes aegypti*'s Breeding Places in Semarang Regency. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 15(2): 213–222.
- Caragata, E. P., *et al.* (2019). Curious Entanglements: Interactions Between Mosquitoes, Their Microbiota, and Arboviruses. *Current Opinion in Virology*, 37, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2019.05.005>
- Ciociola, T. *et al.* (2018). The Activity of a Mammalian Proline-Rich Peptide Against Gram-negative Bacteria, Including Drug Resistant Strains, Relies on a Non-Membranolytic Mode of Action. *Infection and Drug Resistance*, pp. 969- 979.

- 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.
- Chang, C.-T., Yang, C.-J., Huang, K.-H., Huang, J.-C., & Lin, T.-C. (2022). Changes of Precipitation Acidity Related to Sulfur and Nitrogen Deposition in Forests Across Three Continents in North Hemisphere Over Last Two Decades. *Science of The Total Environment*, 806, 150552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150552>.
- Chen, H.-Y., Hsu, L.-F., Huang, S.-Z., & Zheng, L. (2020). Assessment of the Components and Sources of Acid Deposition in Northeast Asia: A Case Study of the Coastal and Metropolitan Cities in Northern Taiwan. *Atmosphere*, 11(9), 983. <https://doi.org/10.3390/atmos11090983>.
- Dukare, A. S., Paul, S., Asha, A. D., Nivetha, N., Anggarwal, C., Divekar, P. (2021). Role of Bacterial and Fungal Chitinases in Integrated Management of Pest and Diseases of Agro-Horticultural Crops. *In Microbes for Sustainable Insect Pest Management*. (pp. 35-37). Springer, Cham.
- Dylo, P., Martin, C., Mhango, M. (2014). Efficiency of *Bacillus thuringiensis* var *Israelensis* (Bti) on *Culex* and *Anopheles* mosquito Larvae in Zomba. *Malawi Journal of Science and Technology*. 10(1): 41-52.
- 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.
- Glare TR, Jurat-Fuentes JL, O’Callaghan M. (2017). Basic and Applied Research. *Microbial Control of Insect and Mite Pests*. 47–67.
- Guégan, M., *et al.* (2018). The Mosquito Holobiont: Fresh Insight Into Mosquito Microbiota Interactions. *Microbiome*, 6(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0435-2>
- Hardi, E. H., Catur, A.P. dan Gina, S. (2014). Toksisitas Produk Ekstraseluler dan Intraseluler Bakteri *Pseudomonas* sp. pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Veteriner*. 15 (3) : 312-322.
- Ishi, K., Tatsuo, A., H. Hiroshi & S. Kazuhisa. (2014). *Serratia marcescens* Suppresses Host Cellular Immunity via the Production of an Adhesion-Inhibitory Factor against Immunosurveillance Cells. *The Journal of Biological Chemistry*. 289(9) :5876–5888.

- Ikawati, B., & Meilani, R. A. R. (2017). Pengaruh Konsentrasi Kaporit Terhadap Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti*. *Spirakel*, 7(2), 1-7.
- Jurat-Fuentes JL, Jackson TA. (2012). Bacterial Entomopathogens. *Insect Pathology*. 265–349.
- Kahar, Herlis, I. Rusmana, I. M. Samudra, & Y. Suryadi. (2019). Pengaruh Media terhadap Produksi Prodigiosin Isolat Bakteri Entomopatogen *S. marcescens* Asal Wereng Batang Cokelat. *Jurnal AgroBiogen*. 10(22): 77-84.
- Kalvnadi E, Mirmoayedi A, Alizadeh M, Pourian H-R. (2018). Sub-lethal Concentrations of the Entomopathogenic Fungus, *Beauveria bassiana* Increase Fitness Costs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) Offspring. *Journal of Invertebrate Pathology*. 158: 32-42.
- Kuswiyanto. (2014). *Bakteriologi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta.
- Lestari, A. P. D., Handayani, D., Prasasty, G. D., Dalilah, D., & Pariayana, P. (2021). Perbedaan Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti* Pada Tiga Jenis Air Perindukan. *Jurnal Syifa Medika*. 12(2). 165–176.
- Liu, H., *et al.* (2018). Presence and Persistence of *Salmonella* in Water: The Impact on Microbial Quality of Water and Food Safety. *Frontiers in Public Health*. 1–13.
- 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.
- 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.
- Mello CF, Santos-Mallet JR, Tátilla-Ferreira A, Alencar J. (2018). Comparing the Egg Ultrastructure of Three *Psorophora ferox* (Diptera: Culicidae) Populations. *Brazilian J Biol*. 78(3):505–8.
- 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.
- Murray, J.V., Jansen, C.C., & Baro, P. D. (2016). Risk Associated With the Release of Wolbachia Infected *Aedes aegypti* Mosquitoes into the Environment in an Effort to Control Dengue, 4, 1-12.

- 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.
- 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.
- Ojovan, B., *et.al.*, (2021). Metabolic Potential of Some Functional Groups of Bacteria in Aquatic Urban Systems. *Fermentation*, 7(4), 1–11. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040242>.
- Patria, M.W. (2015). Isolasi, Seleksi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Enzim Protease, Lipase dan Amilase Dari Saluran Pencernaan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Asal Tambak Tradisional. *Skripsi*. Universitas Airlangga. Surabaya. hal. 36.
- Patil, C. D., Patil, S. V, Salunke, B. K., & Salunkhe, R. B. (2011). Prodigiosin Produced by *Serratia marcescens* NMCC46 as a Mosquito Larvicidal Agent Against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. *Parasitology Research*. 109(4): 1179–1187.
- Pigeault R, Garnier R, Rivero A, Gandon S. (2016). Evolution of Transgenerational Immunity Ininvertebrates. *Proc.R.Soc.B*283, 20161136.
- Prasetya Y.A. (2018). Deteksi Gen SHV pada Isolat Klinik *Escherichia coli* Penghasil *Extended Spectrum Beta – Lactamases* (ESBLs) dengan Metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dari Urin Pasien. *Al Kauniyah Journal*. 11(2): 91–98.
- Priyatno, TP., YA. Dahliani., Y. Suryadi., IM. Samudra., DN. Susilowati., I. Rusmana& C. Irwan. (2019). Identifikasi Entomopatogen Bakteri Merah Pada Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens* Stål.). *Jurnal Agrobiogen*. 7(2): 85–95.
- Purnama. (2015). *Buku Ajar Pengendalian Vektor*. Universitas Udayana: Bali.
- Putri, D. F., Triwahyuni, T., Husna, I., & Sandrawati, S. (2020). Hubungan Faktor Suhu dan Kelembaban Dengan Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Analis Kesehatan*. 9(1), 17.
- Quinn. (2012). Morfologi Nyamuk. *On line at <http://beequinn.files.wordpress.co./2012/10/morfologi-nyamuk.jpg>*.

- Rachmawati, D. (2014). Performa Kematangan Gonad, Fekunditas dan Derajat Penetasan Melalui Pemberian Kombinasi Pakan Alami Pada Induk Udang Windu (*Penaeus monodon fab.*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(3), 1–7.
- Ratnasari, A., Jabal, A. R., Syahribulan, Idris, I., Rahma, N., Rustam, S. N. R. N., Karmila, M., Hasan, H., & Wahid, I. (2021). Salinity Tolerance of Larvae *Aedes aegypti* in Land and Coastal Habitats in Pasangkayu, West Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*. 22(3): 1203–1210.
- Reinhold, J. M., Lazzari, C. R., & Lahondère, C. (2018). Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. *Insects*. 9(158): 1–17.
- Rosidah, U. (2016). Tepung Ampas Tahu Sebagai Media Pertumbuhan Bakteri *Serratia marcescens*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Semarang. Hal.22-23.
- Sayono, S, Qoniatun dan Mifbahuddin. (2016). Pertumbuhan Larva *Ae.aegypti* pada Air Tercemar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 7 (1) : 15-21.
- Schuetz, A.N. (2019). Emerging Agents of Gastroenteritis: Aeromonas, Plesiomonas, and the Diarrheagenic Pathotypes of *Escherichia coli*. *Seminars in Diagnostic Pathology*. 36(3): 187-192.
- Shalihah *et al.* (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.
- Sharma. (2014). Isolation of Fluorescent *Pseudomonas* Strain From Temperate Zone of Himachal Pradesh and Their Evaluation As Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *The Bioscan*. 9: 323- 328.
- Sivanathan MMA. (2006). The Ecology and Biology of *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) and the Resistance Status of *Aedes albopictus* (Field Strain) Against Organophosphates in Penang, Malaysia (*thesis*). Malaysia: Universiti Sains Malaysia.
- 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., *et.al.* (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). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00152>.
- Sriningsih, Atik dan Maya Sovitri. (2015). Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sp., Sebagai Pendeградasi Plastik. *Jurnal Sains dan Seni*. ITS. Vol 4, No. 2.
- Sulastri , dan Cahyati, WH. (2016). Dosis Konsentrasi (Al₂(SO₄)₃) Terhadap Kematian Larva *Aedes Aegypti*. *Jurnal Kesehatan*. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Suman DS, Shrivastava AR, Pant SC, Parashar BD. (2011). Differentiation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) With Egg Surface Morphology and Morphometrics Using Scanning Electron Microscopy. *Arthropod Struct Dev*. 40(5):479–83.
- Suparyati, T., & Himam, M. D. (2021). Daya Tetas Telur Nyamuk *Aedes aegypti* Pada Tiga Jenis Air Perindukan di Kelurahan Medono Kota Pekalongan. *Jurnal PENA*. 35(1): 61–68.
- 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.
- Suryowati, K., Bekti, R. D., & Faradila, A. (2018). *A Comparison of Weights Matrices on Computation of Dengue Spatial Autocorrelation*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 335(1), 1–7.
- Suyono dan Farid. (2014). Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri *Pseudomonas* sp., Pada Tanah yang Terindikasi Terkontaminasi Logam. *Jurnal Biopropal Industri*. 1 (11): 8-13.
- Trewin, B. J., Darbro, J. M., Jansen, C. C., Schellhorn, N. A., Zalucki, M. P., Hurst, T. P., & Devine, G. J. (2017). The Elimination of the Dengue Vector, *Aedes aegypti*, from Brisbane, Australia: The Role of Surveillance, Larval Habitat Removal and Policy. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 11(8): 1–23.
- Usmadi. (2020). *Pengujian Persyaratan Analisis (Uji Normalitas dan Uji Homogenitas)*. Inovasi Pendidikan: Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Sumatera Barat.
- Villareal, M.R. (2016). The Lyfe Cycle of Mosquito. http://www.biogents.com/cms/website.php?id=/en/traps/mosquitoes/life_cycle.htm.

- WHO. (2022). *Word Dengue Hemorrhagic Fever: World Health Organization*. 2020-2022.
- Widada, A. & Ghazali, M. (2020). Pengaruh Konsentrasi Klorin Dalam Menghambat Perkembangan Telur Nyamuk *Aedes aegypti*. *Journal of Nursing and Public Health*, 8 (2), 10-15.
- Yamada H, Maiga H, Bimbile-Somda NS, Carvalho DO, Mamai W, Kraupa C, Parker AG, Abraham A, Weltin G, Wallner T, F.Schetelig M, Caceres C and Bouyer J. (2020). The Role of Oxygen Depletion and Subsequent Radioprotective Effects During Irradiation of Mosquito Pupae in Water. *Journal Parasites Vector*. Vol 13, Number 198, page 5-6.
- Yus, ID., BT. Rahardjo & T. Himawan. (2019). Pengaruh Aplikasi *Pseudomonas fluorescen* dan *Bacillus subtilis* Terhadap Mortalitas Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne javanica*) di Laboratorium. *Jurnal HPT*. 2(3):9-17.
- Zapino, T. dan C. Fitri. (2017). *Kamus Nomenklatur Flora dan Fauna*. Bumi. Aksara: Jakarta.