

**UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK ETANOL DAUN LANTANA  
(*Lantana camara linn*) SEBAGAI BIOINSEKTISIDA DALAM  
SEDIAAN SPRAY TERHADAP NYAMUK *Aedes aegypti***

**Skripsi**

**Oleh:**

**Hazima Hasna Hafidah  
NPM 2118011126**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK ETANOL DAUN LANTANA (*Lantana camara linn*) SEBAGAI BIOINSEKTISIDA DALAM SEDIAAN SPRAY TERHADAP NYAMUK *Aedes aegypti***

Oleh  
**HAZIMA HASNA HAFIDAH**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA KEDOKTERAN**

**Pada**

**Fakultas Kedokteran  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Skripsi : **UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN LANTANA (*Lantana camara linn*) SEBAGAI BIOINSEKTISIDA DALAM SEDIAAN SPRAY TERHADAP NYAMUK *Aedes aegypti***

Nama Mahasiswa : **Hazima Hasna Hafidah**

Nomor Induk Mahasiswa : 2118011126

Jurusan : Pendidikan Dokter

Fakultas : Kedokteran



1. **Komisi Pembimbing**

  
**Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi,**  
**M. Kes, Sp. Par. K**  
NIP 197608312003121003

  
**Selvi Marcellia, S.Si, M. Sc**  
NIP 199108162022032013

**MENGETAHUI**

2. **Dekan Fakultas Kedokteran**

  
**Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.**  
NIP 19760120 200312 2 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi,  
M. Kes, Sp. Par. K**

**Sekretaris : Selvi Marcellia, S. Si, M. Sc**

**Penguji**

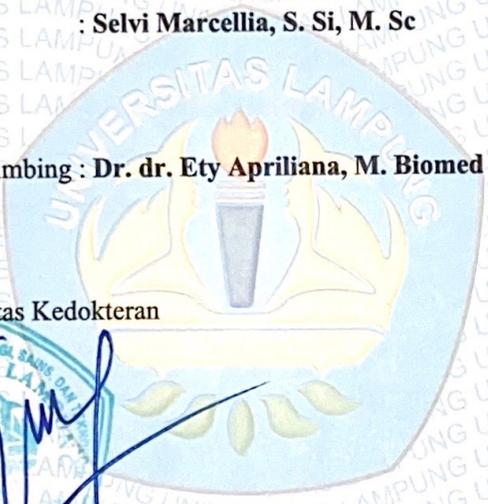
**Bukan Pembimbing : Dr. dr. Ety Apriliana, M. Biomed**

**2. Dekan Fakultas Kedokteran**

**Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.**

**NIP 19760120 200312 2 001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 23 Januari 2025**



*[Handwritten signatures of Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi, Selvi Marcellia, and Dr. dr. Ety Apriliana]*

*[Handwritten signature of Dr. dr. Evi Kurniawaty]*

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi dengan judul “UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK ETANOL DAUN LANTANA (*Lantana camara linn*) SEBAGAI BIOINSEKTISIDA DALAM SEDIAAN SPRAY TERHADAP NYAMUK *Aedes aegypti*” adalah hasil karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam akademik atau yang dimaksud dengan plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 13 Januari 2025

Pembuat Pernyataan,



Hazima Hasna Hafidah

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Cirebon pada tanggal 18 Maret 2003 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari bapak drs. Kusnaedi dan ibu Dian Hadiana.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Assalaam, kota Bandung pada tahun 2008, pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Assalaam Bandung pada tahun 2015, pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 2 Bandung pada tahun 2018, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 20 Bandung pada tahun 2021.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung pada tahun 2021. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif pada organisasi BEM Fakultas Kedokteran Universitas Lampung sebagai staff khusus dinas bisnis dan kemitraan pada tahun 2023/2024.

## SANWACANA

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Berkat karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Lantana (*Lantana camara linn*) Sebagai Bioinsektisida Dalam Sediaan Spray terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran.

Selama proses penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, saran, bimbingan, dan kritik dari berbagai pihak. Maka dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, M. Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi, M. Kes, Sp. Par. K., selaku Pembimbing I yang sudah bersedia meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan, wawasan, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam setiap tahap penyusunan skripsi ini;
4. Ibu Selvi Marcellia, S. Si, M. Sc., selaku Pembimbing II yang sudah bersedia meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam setiap tahap penyusunan skripsi ini;

5. Dr. dr. Ety Apriliana, M. Biomed., selaku Pembahas yang sudah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan saran berharga selama proses pembahasan dan ujian skripsi berlangsung sehingga menyempurnakan hasil penelitian ini;
6. Dr. dr. Syahrul Hamidi Nasution, S.Ked., M.Epid., M.Epid., sebagai Pembimbing Akademik yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing penulis serta memberikan masukan dan semangat selama menjalankan studi di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
7. Seluruh staf pengajar di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang selama masa perkuliahan telah memberikan ilmu dan membentuk karakter penulis sehingga dapat mengembangkan wawasan yang berguna bagi masa depan dan cita-cita;
8. Seluruh staf TU, akademik, dan administrasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang turut membantu dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini;
9. Dosen serta staf Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam semua yang turut terlibat dalam penyusunan skripsi ini, terima kasih atas bantuan dan arahnya;
10. Kedua orangtua tercinta, Mama dan Papa, yang selalu tulus memberikan doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tiada henti. Terima kasih telah selalu berada di sisi penulis untuk memberi dukungan dan motivasi. Tanpanya, penulis tidak akan bisa mencapai titik ini;
11. Kedua kakak saya, terima kasih atas dorongan dan dukungan moral yang selalu diberikan tanpa henti. Kehadiran kalian menjadi keceriaan dan sumber motivasi bagi penulis;
12. Sahabat-sahabat saya yang turut mendukung dan menyemangati penulis untuk mendapatkan gelar dokter.
13. Terima kasih kepada Rifqi Ihza Ramadhan yang turut selalu membantu dan menemani dalam proses penyusunan skripsi ini.
14. Terima kasih kepada diri sendiri, Hazima Hasna, yang telah keluar dari zona nyamannya untuk mengerjakan skripsi ini hingga selesai dengan tepat waktu.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa skripsi ini tak luput dari kekurangan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya serta membalas dengan kebaikan yang berlipat atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini. Aamiin.

Bandar Lampung, 23 Januari 2025

Penulis

Hazima Hasna Hafidah

## ABSTRACT

### Effectiveness Test of Lantana Leaf (*Lantana camara linn*) Ethanol Extract As Bioinsecticide in Spray Againsts *Aedes aegypti* Mosquitoes.

By

**Hazima Hasna Hafidah**

**Background:** Dengue fever (DHF) is an infectious disease caused by the dengue virus and transmitted through the *Aedes aegypti* mosquito. The use of chemical insecticides is still one of the methods often used to control DHF disease vectors. The use of chemical insecticides has adverse effects on the body, environmental pollution, and increases the mosquito resistance rate. Therefore, lantana leaves (*Lantana camara linn*) can be used as a bioinsecticide because they contain active compounds such as saponins, tannins, flavonoids, alkaloids, steroids, and phenols that can kill *Aedes aegypti* mosquitoes. The purpose of this study was to determine the effectiveness of ethanol extract of lantana leaves (*Lantana camara linn*) as a bioinsecticide against *Aedes aegypti* mosquitoes.

**Method:** Quantitative research with experimental research design. The subjects of this study were 700 *Aedes aegypti* mosquitoes. This study used treatment groups with concentrations of 1.5%, 3%, 6%, 12%, and 24%, and included negative controls (aquades) and positive controls (cypermethrin). Each treatment group was repeated 4 times with an observation time of 24 hours after spraying.

**Results:** The Kruskal-Wallis test results obtained a p-value = 0.002 ( $p < 0.05$ ) so that it can be stated that there is a significant difference in the average mortality of *Aedes aegypti* mosquitoes in each treatment group. The results of the probit test obtained the LC<sub>50</sub> value at a concentration of 2.616%, while the LC<sub>90</sub> value was at a concentration of 4.983%. The results of the probit test obtained the LT<sub>50</sub> value ranging from 27.287 hours (1.5%) to 5.010 hours (24%), while LT<sub>90</sub> from 247.862 hours (1.5%) to 11.439 hours (24%).

**Conclusion:** Ethanol extract of lantana leaves (*Lantana camara linn*) in spray preparation is effective as a bioinsecticide against *Aedes aegypti* mosquitoes.

**Keywords:** *Aedes aegypti*, Bioinsecticide, *Lantana camara linn*

## ABSTRAK

### UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK ETANOL DAUN LANTANA (*Lantana camara linn*) SEBAGAI BIOINSEKTISIDA DALAM SEDIAAN SPRAY TERHADAP NYAMUK *Aedes aegypti*

Oleh

HAZIMA HASNA HAFIDAH

**Latar Belakang:** Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan melalui nyamuk *Aedes aegypti*. Penggunaan insektisida kimia masih menjadi salah satu metode yang sering digunakan untuk mengendalikan vektor penyakit DBD. Penggunaan insektisida kimia memiliki dampak buruk bagi tubuh, pencemaran lingkungan, dan meningkatkan angka resistensi nyamuk. Oleh karena itu, daun lantana (*Lantana camara linn*) dapat digunakan sebagai bioinsektisida karena mengandung senyawa aktif seperti saponin, tanin, flavonoid, alkaloid, steroid, dan fenol yang dapat membunuh nyamuk *Aedes aegypti*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas ekstrak etanol daun lantana (*Lantana camara linn*) sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*

**Metode:** Penelitian kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental. Subjek penelitian ini adalah nyamuk *Aedes aegypti* sebanyak 700 ekor. Penelitian ini menggunakan kelompok perlakuan ekstrak daun lantana dengan konsentrasi 1,5%, 3%, 6%, 12%, dan 24%, serta mencakup kontrol negatif (aquades) dan kontrol positif (sipermetrin). Setiap kelompok perlakuan dilakukan sebanyak 4 kali pengulangan dengan waktu pengamatan selama 24 jam setelah penyemprotan.

**Hasil:** Hasil uji *Kruskal-Wallis* didapatkan  $p\text{-value} = 0,002$  ( $p = < 0,05$ ) sehingga dapat dinyatakan ada perbedaan signifikan rata-rata mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* pada setiap kelompok perlakuan. Hasil uji probit diperoleh nilai  $LC_{50}$  berada pada konsentrasi 2,616%, sedangkan nilai  $LC_{90}$  berada pada konsentrasi 4,983%. Didapatkan hasil uji probit nilai  $LT_{50}$  berkisar antara 27,287 jam (1,5%) hingga 5,010 jam (24%), sedangkan  $LT_{90}$  dari 247,862 jam (1,5%) hingga 11,439 jam (24%).

**Kesimpulan:** Ekstrak etanol daun lantana (*Lantana camara linn*) dalam sediaan spray efektif sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*.

**Kata kunci:** *Aedes aegypti*, Bioinsektisida, *Lantana camara linn*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	5
1.3. Tujuan penelitian .....	5
1.3.1. Tujuan umum.....	5
1.3.2. Tujuan khusus.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.4.1. Manfaat Teoritis.....	6
1.4.2. Manfaat Praktis.....	6
1.4.2.1. Untuk Peneliti.....	6
1.4.2.2. Untuk Masyarakat.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1. Demam Berdarah Dengue .....	8
2.2. Vektor Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	14
2.3. Insektisida.....	22
2.4. Tanaman <i>Lantana Camara linn</i> .....	29
2.5. Ekstraksi .....	33
2.6. Pelarut .....	38
2.7. <i>Lethal Concentration</i> dan <i>Lethal Time</i> .....	40
2.8. Efektivitas.....	41
2.9. Kerangka Teori.....	43
2.10. Kerangka Konsep.....	44
2.11. Hipotesis .....	44
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>45</b>

3.1. Desain Penelitian .....	45
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	45
3.2.1. Tempat Penelitian .....	45
3.2.2. Waktu penelitian.....	45
3.3. Populasi dan Sampel.....	45
3.3.1. Populasi Penelitian.....	45
3.3.2. Sampel .....	46
3.4. Kriteria Penelitian.....	47
3.4.1. Kriteria Inklusi.....	47
3.4.2. Kriteria Eksklusi .....	47
3.5. Identifikasi Variabel Penelitian .....	47
3.5.1. Variabel Independen .....	47
3.5.2. Variabel Dependen .....	47
3.5.3. Definisi Operasional .....	48
3.6. Alat dan Bahan Penelitian .....	48
3.6.1. Alat Penelitian .....	48
3.6.2. Bahan Penelitian .....	48
3.7. Prosedur Kerja .....	49
3.7.1. Pengumpulan Daun lantana ( <i>Lantana camara linn</i> ) dan Uji Determinasi .....	49
3.7.2. Ekstraksi Daun lantana ( <i>Lantana camara linn</i> ).....	49
3.7.3. Uji Bebas Alkohol .....	50
3.7.4. Uji Fitokimia.....	50
3.7.5. Pembuatan Konsentrasi Ekstrak .....	52
3.7.6. Pembuatan Sediaan Spray.....	53
3.7.7. Rearing Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	53
3.7.8. Perlakuan Sampel .....	53
3.7.9. Uji Efektivitas Insektisida.....	54
3.8. Alur Penelitian.....	55
3.9. Analisis data .....	56
3.9.1. Analisis Univariat .....	56
3.9.2. Uji Normalitas Data dan Uji Homogenitas Data .....	56
3.9.3. Analisis Bivariat .....	56
3.9.4. Analisis probit.....	57
3.10. Etika Penelitian .....	57
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>58</b>

4.1. Gambaran Umum Penelitian .....	58
4.2. Hasil Penelitian.....	59
4.2.1. Hasil Uji Determinasi Daun Lantana ( <i>Lantana camara linn</i> ) ....	59
4.2.2. Hasil Pembuatan Ekstrak Daun Lantana ( <i>Lantana camara linn</i> )60	
4.2.3. Hasil Uji Senyawa Fitokimia Ekstrak Daun Lantana .....	60
4.2.4. Hasil Uji Bebas Alkohol Ekstrak Daun Lantana .....	60
4.2.5. Rata-Rata Kematian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Setiap Kelompok Perlakuan Setelah Pemberian Ekstrak Daun Lantana .....	61
4.2.6. Perbedaan Rerata Mortalitas Nyamuk Pada Setiap Kelompok Setelah Diberi Perlakuan Ekstrak Daun Lantana .....	66
4.2.6.1. Uji Homogenitas dan Normalitas Data .....	66
4.2.6.2. Uji <i>Kruskal-Wallis</i> .....	68
4.2.6.3. Uji <i>Post Hoc</i> .....	68
4.2.6.4. Uji Probit LC <sub>50</sub> dan LC <sub>90</sub> .....	69
4.2.6.5. Uji Probit LT <sub>50</sub> dan LT <sub>90</sub> .....	70
4.3. Pembahasan .....	71
4.3.1. Efektivitas Ekstrak Daun Lantana ( <i>Lantana camara linn</i> ) Sebagai Bioinsektisida Terhadap Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	72
4.3.2. <i>Lethal Concentration</i> (LC) dan <i>Lethal Time</i> (LT).....	74
4.4. Keterbatasan Penelitian .....	76
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1. Kesimpulan.....	77
5.2. Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Klasifikasi Demam Dengue dan Derajat Keparahan DBD Berdasarkan WHO .....	12
<b>Tabel 2.</b> Tabel Definisi Operasional.....	48
<b>Tabel 3.</b> Jumlah Ekstrak Daun Lantana yang Dibutuhkan .....	52
<b>Tabel 4.</b> Tabel Perlakuan Sampel.....	54
<b>Tabel 5.</b> Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Daun Lantana ( <i>Lantana camara linn</i> ).....	60
<b>Tabel 6.</b> Hasil Uji Bebas Alkohol Ekstrak Daun Lantana.....	61
<b>Tabel 7.</b> Rata-Rata Kematian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Setiap Kelompok Perlakuan Setelah Pemberian Ekstrak Daun <i>Lantana camara linn</i> . .....	62
<b>Tabel 8.</b> Tabel Hasil Uji Normalitas Data .....	66
<b>Tabel 9.</b> Tabel Hasil Analisis Data Statistik Deskriptif .....	67
<b>Tabel 10.</b> Hasil Uji Normalitas Data setelah Transformasi Log Ekstrak Daun Lantana Terhadap Mortalitas Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	68
<b>Tabel 11.</b> Tabel Uji <i>Kruskal-Wallis</i> Ekstrak Daun Lantana Terhadap Mortalitas Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	68
<b>Tabel 12.</b> Uji <i>Post Hoc</i> Ekstrak Daun Lantana Terhadap Mortalitas Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	69

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Fase DBD.....	10
<b>Gambar 2.</b> Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	14
<b>Gambar 3.</b> Morfologi Eksternal Nyamuk Betina.....	15
<b>Gambar 4.</b> Potongan. Melintang Probosis Nyamuk .....	16
<b>Gambar 5.</b> Kepala Nyamuk Betina Subfamili Culicinae.....	17
<b>Gambar 6.</b> Siklus Hidup Nyamuk <i>Aedes sp</i> .....	17
<b>Gambar 7.</b> Telur Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	18
<b>Gambar 8.</b> Larva <i>Aedes aegypti</i> .....	19
<b>Gambar 9.</b> Pupa Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	19
<b>Gambar 10.</b> Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Dewasa.....	20
<b>Gambar 11.</b> Tanaman <i>Lantana camara linn</i> .....	30
<b>Gambar 12.</b> Proses Maserasi .....	34
<b>Gambar 13.</b> Proses Perkolasi .....	36
<b>Gambar 14.</b> Proses Refluks .....	37
<b>Gambar 15.</b> Proses Soxhlet.....	38
<b>Gambar 16.</b> Kerangka Teori .....	43
<b>Gambar 17.</b> Kerangka Konsep.....	44
<b>Gambar 18.</b> Alur Penelitian .....	55
<b>Gambar 19.</b> Grafik Persentase Mortalitas Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i> Setelah Pemberian Ekstrak Daun Lantana .....	63
<b>Gambar 20.</b> Persentase Rerata Kematian Nyamuk Terhadap Waktu.....	65
<b>Gambar 21.</b> Grafik <i>Lethal Time</i> 50 dan <i>Lethal Time</i> 90 terhadap kematian nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Setelah Pemberian Ekstrak Daun Lantana ..	71

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1.</b> Persetujuan Etik .....	88
<b>Lampiran 2.</b> Surat Hasil Uji Determinasi .....	89
<b>Lampiran 3.</b> Surat Hasil Uji Fitokimia .....	93
<b>Lampiran 4.</b> Surat Hasil Uji Bebas Pelarut .....	94
<b>Lampiran 5.</b> Surat Izin Penelitian .....	95
<b>Lampiran 6.</b> Surat Keterangan Telur <i>Aedes aegypti</i> Steril .....	96
<b>Lampiran 7.</b> Prosedur Penelitian .....	97
<b>Lampiran 9.</b> Proses Pengamatan .....	100
<b>Lampiran 10.</b> Analisis Data .....	148

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Demam berdarah (DBD) disebabkan oleh infeksi virus dengue. Virus dengue ditransmisikan oleh nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor utama dan *Aedes albopictus* sebagai vektor sekunder. Penyakit DBD dapat muncul dengan berbagai tingkat keparahan, mulai dari gejala ringan hingga kondisi yang parah dan berujung kematian. Demam berdarah memiliki empat tanda klinis utama, yaitu demam tinggi, perdarahan, pembesaran hati (hepatomegali), serta dalam kondisi yang lebih serius dapat menyebabkan gangguan sirkulasi. Pada beberapa kasus, pasien juga berisiko mengalami syok hipovolemik akibat kebocoran plasma yang dipicu oleh infeksi DBD (Wang *et al.*, 2020).

Demam Berdarah Dengue (DBD) telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat. Pada tahun 2023 WHO mencatat lebih dari 6,5 juta kasus DBD dan lebih dari 7.300 kematian akibat DBD. Demam berdarah dengue tercatat paling tinggi terjadi di negara Amerika mencapai angka 4,5 juta kasus dan 2.300 kematian (WHO, 2024). Indonesia mencatat 114.720 kasus DBD dengan 894 kasus kematian pada tahun 2023 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2024).

Indonesia memiliki angka kesakitan atau *Incidence Rate* (IR) sebanyak 41,4% dan angka kematian atau *Case Fatality Rate* (CFR) 0,78% pada tahun 2023 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2024). Pada tahun 2023, Dinas Kesehatan Provinsi Lampung mencatat 2.181 kasus DBD dengan 8 kasus

kematian akibat DBD. *Incidence Rate* di Provinsi Lampung tertinggi ada di Pesisir Barat, yaitu 95,4%. *Case Fatality Rate* di Provinsi Lampung terendah berada di Kabupaten Mesuji 7,6%. Sedangkan CFR tertinggi berada di Kota Metro 1,7% (Dinas Kesehatan Provinsi Lampung, 2023).

Meningkatnya kasus demam berdarah dengue (DBD) mendorong upaya lebih intensif untuk mengendalikan populasi nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor utama penyebaran penyakit. Pengendalian ini dilakukan dengan memutus siklus hidup nyamuk melalui berbagai pendekatan, seperti pengelolaan lingkungan secara fisik, biologis, dan kimiawi, baik terhadap nyamuk itu sendiri maupun tempat perkembangbiakannya (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017). Selain itu, perubahan perilaku masyarakat dan penggunaan bahan alami sebagai alternatif juga berperan penting dalam mengurangi populasi nyamuk.

Masyarakat masih sering kali menggunakan insektisida kimia yang mengandung *diethyltoluamide* (DEET), diklorvos, sipermetrin, dan karbamat untuk pemberantasan vektor DBD. Insektisida kimia seringkali menjadi pilihan utama karena mudah didapat, mudah digunakan, relatif murah, dan hasilnya dapat terlihat langsung oleh masyarakat (Sukaningtyas *et al.*, 2020). Insektisida bersifat toksik dan memiliki derajat toksisitas yang berbeda. Penggunaan insektisida kimia lebih dari satu kali dalam sehari dapat meningkatkan risiko timbulnya dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan (Purba *et al.*, 2020).

Insektisida kimia mengandung senyawa kimia yang sulit terurai di alam. Akibatnya, residu dari insektisida ini dapat mencemari lingkungan dan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan (Pathak *et al.*, 2022). Insektisida kimia dapat menyebabkan nyamuk resisten (Wardani *et al.*, 2022). Jika terjadi resistensi terhadap insektisida, insektisida tersebut tidak lagi efektif digunakan untuk memberantas suatu vektor (Kandi *et al.*, 2023). Pada tahun 2020, sebanyak 20,69% insektisida malation dilaporkan tidak lagi efektif

dalam mengendalikan vektor DBD. Temefos dan permetrin menyusul dengan masing-masing tingkat ketidakefektifan sebesar 18,97% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020). Gejala kesehatan yang mungkin timbul akibat paparan insektisida juga beragam, seperti iritasi kulit, iritasi mata, dan rasa sesak (Alexander *et al.*, 2022).

Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan peralihan dari penggunaan insektisida kimia menjadi bioinsektisida. Bioinsektisida dapat dimanfaatkan sebagai salah satu metode pengendalian vektor, baik dalam membasmi larva maupun nyamuk dewasa. Penggunaannya dianggap lebih ramah lingkungan karena mudah terdegradasi secara alami dan memiliki tingkat pencemaran yang lebih rendah dibandingkan insektisida berbahan kimia (Cahyati dan Nuryanti, 2021).

Tumbuhan lantana (*Lantana camara linn*) dapat dimanfaatkan sebagai bioinsektisida. Tanaman lantana mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, tannin, alkaloid, saponin, steroid, dan fenol. Hasil penelitian analisis kuantitatif fitokimia ekstrak etanol daun lantana menunjukkan kandungan senyawa metabolit sekunder tersebut. Kandungan tannin dalam daun lantana sebesar 1403,49 mg/100 gram. Kandungan Flavonoid dalam daun lantana sebesar 265,05 mg/100g. Kandungan alkaloid dalam daun lantana sebesar 227,32 mg/100 gram. Kandungan saponin dan steroid dalam daun lantana sebesar 0,15 mg/100 gram (Orji *et al.*, 2024). Dilihat dari kandungan senyawa tersebut, daun lantana paling banyak mengandung senyawa tannin dan flavonoid. Senyawa aktif yang terkandung dalam tumbuhan tersebut menjadikan tanaman ini berpotensi sebagai bioinsektisida (Cahyani dan Asngad, 2020). Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Apriyanto *et al.* (2022), ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dapat membunuh sekitar 81% larva nyamuk *Aedes aegypti*.

Tanaman lantana (*Lantana camara linn*) sering dianggap sebagai gulma oleh masyarakat karena pertumbuhannya yang cepat dan merambat sehingga dapat

mengganggu tanaman komoditi petani (Nuraini & Ratnasari, 2020). Meskipun pertumbuhannya yang cepat dianggap sebagai masalah, tanaman lantana (*Lantana camara linn*) memiliki potensi yang baik jika diteliti secara ilmiah untuk mengetahui manfaatnya. Pemanfaatan tanaman lantana (*Lantana camara linn*) sebagai bioinsektisida dapat dengan mengambil senyawa metabolit sekunder. Senyawa metabolit sekunder yang terkandung diambil dengan cara ekstraksi. Ekstraksi tersebut dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol. Berdasarkan penelitian oleh Oluah dan Ezeabiakwa (2013), menunjukkan bahwa ekstrak etanol lebih mematikan larva *Aedes aegypti* dibandingkan dengan ekstrak air.

Berdasarkan hasil penelitian Purba *et al.* (2020), menunjukkan bahwa metode pengendalian nyamuk yang digunakan oleh masyarakat bervariasi. Sebanyak 36,6% memilih menggunakan antinyamuk semprot, sementara 14,8% lebih memilih insektisida bakar. Selain itu, penggunaan antinyamuk dalam bentuk oles tercatat sebesar 15,6%, sedangkan 12% masyarakat mengandalkan perangkat elektrik sebagai solusi pengusir nyamuk. Di samping itu, terdapat 12,3% responden yang mengombinasikan beberapa metode sekaligus, seperti insektisida bakar, antinyamuk oles, dan semprot, untuk meningkatkan efektivitas perlindungan terhadap nyamuk.

Penggunaan insektisida repellent dapat menimbulkan efek samping seperti iritasi kulit dan kasus keracunan pada manusia, baik melalui konsumsi langsung maupun penggunaan berlebihan di kulit (Sharma *et al.*, 2024). Paparan asap obat nyamuk bakar dapat meningkatkan risiko iritasi saluran napas dan memperburuk kondisi asma (Rao *et al.*, 2022). Penggunaan obat nyamuk elektrik yang memanaskan cairan insektisida, dapat menimbulkan beberapa efek samping bagi kesehatan. Zat aktif yang dipanaskan dalam alat ini dilepaskan ke udara dalam bentuk uap yang efektif mengusir nyamuk. Asap dan uap dari obat nyamuk mengandung senyawa organik volatil dan radikal bebas. Kedua zat tersebut dapat menyebabkan kerusakan DNA dan jaringan

tubuh. Dalam jangka panjang, paparan terus-menerus terhadap senyawa berbahaya ini dapat meningkatkan risiko terkena kanker (Sharma *et al.*, 2024).

Insektisida spray cukup sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini karena penggunaan yang praktis dan mudah. Selain itu, efek kerjanya lebih cepat dibandingkan sediaan insektisida lainnya (Alexander *et al.*, 2022). Insektisida spray dapat digunakan pada area yang luas, baik di dalam maupun luar ruangan. Insektisida spray dapat menjangkau area yang sulit diakses seperti area di belakang perabotan rumah, sudut ruanga, dan dinding rumah yang tinggi (Lees *et al.*, 2023). Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengetahui bagaimana efektivitas ekstrak daun lantana sebagai bioinsektisida dalam sediaan spray terhadap nyamuk *Aedes aegypti*.

## 1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat perbedaan rata-rata mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* pada setiap kelompok perlakuan setelah diberikan ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dalam sediaan spray?
2. Berapa nilai *Lethal Concentration* 50 (LC<sub>50</sub>) dan *Lethal Concentration* 90 (LC<sub>90</sub>) dari ekstrak daun lantana sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*?
3. Berapa nilai *Lethal Time* 50 (LT<sub>50</sub>) dan *Lethal Time* 90 (LT<sub>90</sub>) dari ekstrak daun lantana sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*?

## 1.3. Tujuan penelitian

### 1.3.1. Tujuan umum

Mengetahui efektifitas ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) sebagai bioinsektisida terhadap mortalitas nyamuk *Aedes aegypti*.

### 1.3.2. Tujuan khusus

1. Mengetahui perbedaan rata-rata mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* pada setiap kelompok perlakuan setelah diberikan ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dalam sediaan spray.
2. Mengetahui nilai *Lethal Concentration* 50 (LC<sub>50</sub>) dan *Lethal Concentration* 90 (LC<sub>90</sub>) dari ekstrak daun lantana sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*.
3. Mengetahui nilai *Lethal Time* 50 (LT<sub>50</sub>) dan *Lethal Time* 90 (LT<sub>90</sub>) dari ekstrak daun lantana sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*.

## 1.4. Manfaat Penelitian

### 1.4.1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan ilmiah mengenai potensi ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*). Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu parasitologi secara luas, khususnya dalam bidang entomologi, sebagai salah satu upaya dalam mengendalikan vektor penyebar penyakit demam berdarah.

### 1.4.2. Manfaat Praktis

#### 1.4.2.1. Untuk Peneliti

Menjadi dasar pengembangan formulasi bioinsektisida dan membuka peluang penelitian lanjutan mengenai mekanisme kerja senyawa aktif dalam daun lantana terhadap mortalitas nyamuk *Aedes aegypti*.

#### 1.4.2.2. Untuk Masyarakat

Memberikan informasi kepada masyarakat terutama pembaca tentang manfaat tambahan dari daun tanaman lantana (*Lantana camara linn*) yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar

pembuatan bioinsektisida. Penelitian ini dapat membuka peluang baru bagi pengembangan ekonomi masyarakat melalui pemberdayaan tanaman *Lantana camara* sebagai bahan bioinsektisida.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Demam Berdarah Dengue**

Salah satu penyakit menular yang masih menjadi perhatian utama dalam kondisi kesehatan di Indonesia adalah Demam Berdarah Dengue (DBD). Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus Dengue (DENV) serotipe 1-4 dan ditransmisikan oleh nyamuk betina *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Virus dengue memiliki 4 serotipe, yaitu DENV-1, DENV-2, DENV-3, dan DENV-4. Manusia akan terinfeksi apabila tergigit oleh nyamuk yang membawa virus DENV (Wang *et al.*, 2020).

Demam berdarah merupakan penyakit infeksi yang paling luas dan cepat penyebarannya sehingga penyakit ini menjadi masalah serius di dunia. Menurut WHO Pada tahun 2023, tercatat jumlah kasus demam berdarah dengue (DBD) tertinggi, yaitu lebih dari 6,5 juta kasus dan 7.300 kematian. Diperkirakan terdapat 390 juta infeksi dengue per tahun dengan 96 juta kasus bergejala sementara 3,9 miliar orang berisiko terinfeksi. Demam berdarah menjadi endemis di lebih dari 100 negara, terutama di Afrika, Amerika, Mediterania Timur, Asia Tenggara, dan Pasifik Barat, dengan Asia menyumbang sekitar 70% beban global. Pada tahun 2023, wilayah Amerika melaporkan 4,5 juta kasus dan 2.300 kematian, sementara kasus tinggi juga tercatat di Bangladesh, Malaysia, Thailand, dan Vietnam (WHO, 2023).

Pada tahun 2023 di Indonesia, tercatat 114.720 kasus DBD dengan 894 kematian. Angka *Incidence Rate* DBD per 100.000 penduduk pada tahun.

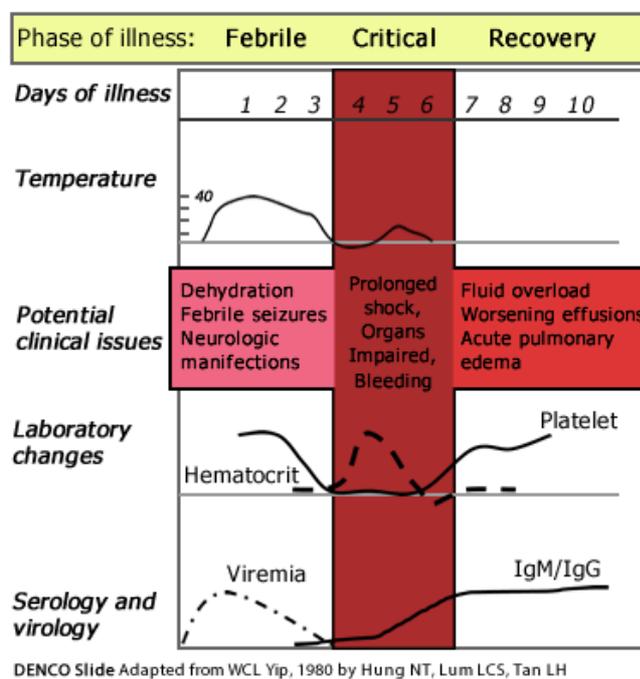
tersebut adalah 41,4%. Angka *Case Fatality Rate* (CFR) DBD di Indonesia mencapai 0,78% pada tahun 2023, melebihi target Strategi Nasional Penanggulangan Dengue yang ditetapkan sebesar 0,7%. Pada tahun yang sama, DBD telah menyebar di 478 (92,99%) kabupaten atau kota di Indonesia (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2024).

Virus dengue bereplikasi di kelenjar getah bening dan dalam waktu 2-3 hari menyebar melalui darah ke berbagai jaringan. Virus beredar di dalam darah selama 4 hingga 7 hari. Antigen virus bisa menyebar ke sel-sel kupffer di hati, endotel sel-sel tubulus ginjal, serta makrofag alveolar. Host yang terinfeksi akan mulai menunjukkan gejala setelah masa inkubasi rata-rata 4-7 hari. Pasien menjadi infeksius selama 6–7 hari setelah digigit nyamuk (Bennett *et al.*, 2015).

Ketika virus dengue masuk ke dalam tubuh, leukosit merespons viremia dengan melepaskan sitokin. Hal tersebut menyebabkan gejala seperti demam, gejala seperti flu. Infeksi virus dengue dapat menginvasi sum-sum tulang belakang sehingga menimbulkan nyeri muskuloskeletal atau nyeri otot. Selain itu, sel-sel stroma di sumsum tulang akan mengalami kerusakan sehingga mengurangi produksi trombosit. Penurunan trombosit ini mengganggu proses pembekuan darah dan meningkatkan risiko perdarahan. Hal ini menyebabkan demam dengue (DD) dapat berkembang menjadi demam berdarah dengue (DBD). Gejala perdarahan biasanya muncul antara hari ke-3 hingga ke-5 (Bennett *et al.*, 2015).

Aktivasi sistem imun yang berlebihan dapat memicu produksi sitokin seperti TNF- $\alpha$ , IL-1, dan IL-8, yang berperan dalam meningkatkan permeabilitas dinding pembuluh darah. Peningkatan permeabilitas kapiler ini berisiko menyebabkan kebocoran plasma. Pada kasus DBD, kebocoran plasma dapat mengakibatkan keluarnya cairan dari pembuluh darah menuju ruang interstitial atau rongga tubuh lainnya, seperti rongga pleura atau perut. Kondisi ini berkontribusi terhadap penurunan volume darah, yang pada akhirnya

berdampak pada turunnya tekanan darah serta berkurangnya suplai oksigen ke jaringan dan organ tubuh. Salah satu tanda yang muncul adalah akral tubuh dingin karena aliran darah lebih difokuskan ke organ-organ vital. Jika proses ekstrasvasasi terus berlangsung, maka dapat menyebabkan hemokonsentrasi, hipoproteinemia, efusi, serta syok, yang berpotensi berkembang menjadi fase syok dengue (Bennett *et al.*, 2015). Secara umum, perjalanan klinis demam dengue terbagi ke dalam tiga fase utama, yaitu fase demam, fase kritis, dan fase pemulihan. (Nugraheni *et al.*, 2023).



**Gambar 1.** Fase DBD. (CDC, 2023)

Fase demam merupakan fase awal inkubasi yang berlangsung selama 2-7 hari. Pada fase ini suhu mencapai 39-40°C. Demam dapat disertai dengan gejala lain seperti sakit kepala, myalgia, cephalgia, nyeri retroorbital, muka merah, eritema, dan fotofobia. Selain itu, pasien juga dapat merasakan adanya injeksi kongjungtiva, anoreksia, dan vomitus (Schaefer *et al.*, 2024). Terdapat manifestasi perdarahan ringan seperti petekie dan perdarahan mukosa hidung dan gusi yang biasanya muncul pada fase demam (Nugraheni *et al.*, 2023).

Pada fase kritis, suhu tubuh menurun menjadi 37,5 – 38°C. Fase kritis berlangsung pada hari ke 3 hingga ke 7. Terdapat peningkatan permeabilitas kapiler yang berlangsung selama 1-2 hari (Schaefer *et al.*, 2024). Seringkali terjadi penurunan kadar leukosit dan penurunan kadar trombosit yang disertai dengan peningkatan hematokrit. Hal ini terjadi karena adanya kebocoran plasma (Nugraheni *et al.*, 2023). Jika tidak ditangani dengan baik, kondisi ini dapat berujung pada perdarahan dan syok hipovolemik pada kasus Demam Berdarah Dengue (DHF). Selain itu, pada kasus Sindrom Renjatan Dengue (SRD), dapat terjadi gangguan fungsi organ serta disseminated intravascular coagulation (DIC), yaitu kondisi gangguan pembekuan darah yang dapat memperburuk komplikasi penyakit. (Schaefer *et al.*, 2024).

Setelah melewati fase kritis selama 24-48 jam, pasien akan memasuki fase pemulihan. Pada 48-72 jam berikutnya akan terjadi reabsorpsi cairan ekstrasvaskuler (Schaefer *et al.*, 2024). Pada fase ini, kondisi umum pasien akan membaik, nafsu makan meningkat, keluhan gastrointestinal berkurang, hemodinamik stabil, dan hemokonsentrasi kembali membaik. Pasien juga dapat mengalami eritem, ptekie, dan pruritus di seluruh tubuh. Selain itu, pasien ditemukan dapat mengalami bradikardi. Hematokrit pasien mulai stabil dan kembali turun akibat reabsorpsi cairan. Selain itu, terjadi peningkatan leukosit dan trombosit secara bertahap (Nugraheni *et al.*, 2023).

Diagnosis Demam Berdarah Dengue (DBD) dapat ditegakkan apabila seseorang mengalami demam akut yang disertai dengan setidaknya dua gejala tambahan, seperti sakit kepala, nyeri di belakang mata, nyeri pada otot, sendi, atau tulang, serta munculnya ruam eritematosa. Selain itu, manifestasi perdarahan, seperti ptekie, epistaksis, perdarahan pada mukosa hidung, atau perdarahan gastrointestinal, juga dapat menjadi indikasi. Pemeriksaan laboratorium lebih lanjut dapat menunjukkan leukopenia, yaitu jumlah sel darah putih yang kurang dari atau sama dengan 5000 sel/mm<sup>3</sup>, trombositopenia dengan kadar trombosit kurang dari 150.000 sel/mm<sup>3</sup>, serta peningkatan hematokrit sebesar 5–10%. Untuk memastikan diagnosis, pasien juga harus

memenuhi salah satu dari tiga kriteria berikut: hasil pemeriksaan NS1 yang positif, peningkatan kadar antibodi IgG dan IgM, atau hasil pemeriksaan RT-PCR (reverse transcriptase polymerase chain reaction) yang menunjukkan hasil positif. (WHO, 2024).

*World Health Organization* (WHO) mengklasifikasikan penyakit ini menjadi dua kategori utama, yaitu Demam Dengue (DD) dan Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan DBD dibagi lagi berdasarkan tingkat keparahannya.

**Tabel 1.** Klasifikasi Demam Dengue dan Derajat Keparahan DBD Berdasarkan WHO

DD/DBD	Derajat	Gejala	Laboratorium
DD		Demam disertai dengan dua gejala berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sakit kepala</li> <li>• Nyeri retroorbital</li> <li>• Mialgia</li> <li>• Arthralgia/nyeri tulang</li> <li>• Ruam kulit</li> <li>• Manifestasi Perdarahan</li> <li>• Tidak ada bukti kebocoran plasma</li> </ul>	Leukopenia (sel darah putih $\leq 5000$ sel/mm <sup>3</sup> ), Trombositopenia ( $<150.000$ sel/mm <sup>3</sup> ), Peningkatan hematokrit (5%-10%), Tidak ada bukti kehilangan plasma
DBD	I	Demam disertai dengan manifestasi perdarahan dan terdapat bukti kebocoran plasma	Trombositopenia $<100.000$ sel/mm <sup>3</sup> Hematokrit meningkat $\geq 20\%$
DBD	II	Derajat 1 disertai dengan perdarahan spontan	Trombositopenia $<100.000$ sel/mm <sup>3</sup> Hematokrit meningkat $\geq 20\%$
DBD*	III	Derajat 1 atau 2 disertai dengan kegagalan sirkulasi (nadi lemah, tekanan nadi menyempit ( $\leq 20$ mmHg), hipotensi, gelisah).	Trombositopenia $<100.000$ sel/mm <sup>3</sup> Hematokrit meningkat $\geq 20\%$
DBD*	IV	Derajat 3 disertai syok berat dengan nadi dan tekanan darah yang tidak dapat dideteksi	Trombositopenia $<100.000$ sel/mm <sup>3</sup> Hematokrit meningkat $\geq 20\%$

\*: DBD III dan IV adalah DSS (Dengue *Shock Syndrome*) (WHO, 2011).

Tatalaksana rawat jalan demam dengue bagi pasien tanpa komorbiditas dapat diberikan pengobatan simptomatik seperti pemberian antipiretik. Dapat melakukan kompres hangat untuk membantu menurunkan suhu tubuh pasien. Pasien dianjurkan untuk mengonsumsi cairan yang cukup (Indriyani dan Gustawan, 2020).

Tatalaksana rawat inap pada pasien demam berdarah dengue bersifat simptomatik dan suportif. Pasien dapat diberikan antipiretik saat demam dan istirahat. Selain itu, perlu pemberian cairan untuk mencegah syok hipovolemik akibat kebocoran plasma. Kebocoran plasma bersifat sementara sehingga pemberian cairan harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kelebihan cairan (Indriyani dan Gustawan, 2020).

Pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD) dapat dilakukan dengan menerapkan strategi Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) menggunakan metode 3M Plus (Kurniawati & Ekawati, 2020). Pendekatan ini terdiri dari tiga langkah utama, yaitu menguras tempat-tempat penampungan air, menutup wadah penyimpanan air dengan rapat agar tidak menjadi sarang nyamuk, serta mendaur ulang barang-barang bekas yang berpotensi menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk penyebab DBD.

Selain ketiga langkah tersebut, 3M Plus juga mencakup berbagai tindakan pencegahan tambahan, seperti mengganti air pada vas bunga dan wadah minum burung secara berkala, memperbaiki saluran serta talang air yang rusak untuk mencegah genangan, serta membersihkan lingkungan dari berbagai tempat yang dapat menampung air, seperti pelepah pisang, pekarangan, dan kebun. Selain itu, metode ini juga mencakup pemeliharaan ikan cupang sebagai predator alami jentik nyamuk, penggunaan obat anti-nyamuk, serta larvasidasi sebagai upaya untuk membasmi larva nyamuk (Sutriyawan, 2021).

## 2.2. Vektor Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki klasifikasi sebagai berikut (Frida, 2020)

<b>Kingdom</b>	: Animalia
<b>Filum</b>	: Arthropoda
<b>Kelas</b>	: Insecta
<b>Ordo</b>	: Diptera
<b>Familia</b>	: Culicidae
<b>Subfamilia</b>	: Culicinae
<b>Genus</b>	: <i>Aedes</i> ( <i>Stegomyia</i> )
<b>Spesies</b>	: <i>Aedes aegypti</i>

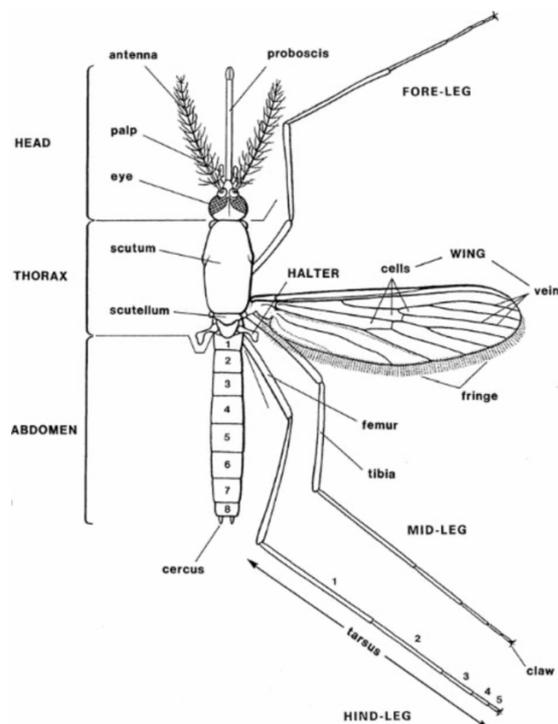


**Gambar 2.** Nyamuk *Aedes aegypti*. (CDC, 2024)

Nyamuk merupakan serangga yang relatif kecil dan memiliki tubuh ramping. Nyamuk biasanya memiliki ukuran 3-6 mm. Tubuh nyamuk terdiri dari tiga bagian, yaitu kepala, thoraks, dan abdomen (Service, 2012).

Kepala nyamuk memiliki sepasang mata berbentuk ginjal. Sepasang antena bersegmen dan berfilamen terdapat di antara mata tersebut. Nyamuk Jantan memiliki antena berbulu, sedangkan nyamuk betina memiliki rambut antena yang pendek dan tidak mencolok. Sepasang palpus terdapat di bawah antena nyamuk. Nyamuk betina Culicinae memiliki palpus yang sangat pendek, sedangkan pada jantan palpusnya panjang. Probosis nyamuk terdapat di antara palpus dan biasanya menonjol ke depan. Probosis nyamuk betina berfungsi untuk menghisap darah dari inangnya. Nyamuk jantan memiliki probosis yang berfungsi untuk mengisap nektar bunga (Service, 2012).

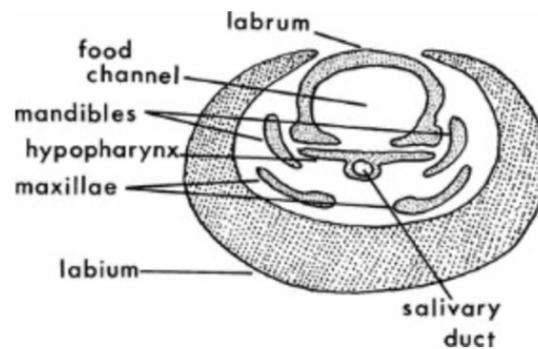
Bagian toraks nyamuk ditutupi oleh sisik yang bewarna putih, cokelat, atau hitam. Nyamuk *Aedes sp.* memiliki pola sisik bewarna hitam dan putih pada bagian punggungnya. Nyamuk memiliki dua sayap. Satu pasang sayap depan berfungsi untuk terbang. Terdapat struktur halter kecil yang membantu menjaga keseimbangan saat terbang. Sayap nyamuk memiliki bentuk panjang dan sempit. Susunan pembuluh sayap hampir sama di semua spesies nyamuk. Pembuluh ini ditutupi sisik yang biasanya bewarna cokelat, hitam, putih, atau kekuningan. Sayap nyamuk menyilang di atas perut saat beristirahat. Nyamuk memiliki kaki panjang dan ramping. Kakinya ditutupi sisik yang tersusun dalam pola cincin bewarna cokelat, hitam, atau putih. Abdomen nyamuk terdiri dari 10 segmen, namun hanya tujuh atau delapan yang dapat terlihat. Sisik bewarna cokelat, hitam, atau putih biasanya menutupi bagian abdomen pada subfamili *Culicinae*. Nyamuk jantan memiliki alat kelamin eksternal pada segmen terakhir abdomen (Service, 2012).



**Gambar 3.** Morfologi Eksternal Nyamuk Betina. (Service, 2012)

Komponen terbesar dari bagian mulut nyamuk adalah labium. Labium berbentuk seperti saluran dan berakhir dengan sepasang struktur kecil yang disebut labella. Labium berfungsi sebagai pelindung karena struktur tersebut

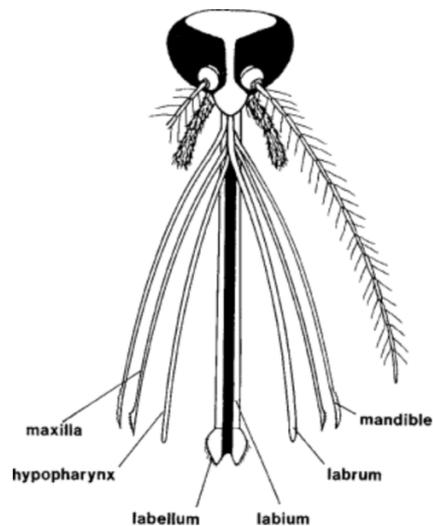
mengelilingi komponen lain dari bagian mulut. Struktur paling atas pada bagian mulut nyamuk adalah labrum. Labrum memiliki bentuk ramping, runcing, dan memiliki alur di permukaan ventral (Service, 2012).



**Gambar 4.** Potongan. Melintang Probosis Nyamuk. (Service, 2012)

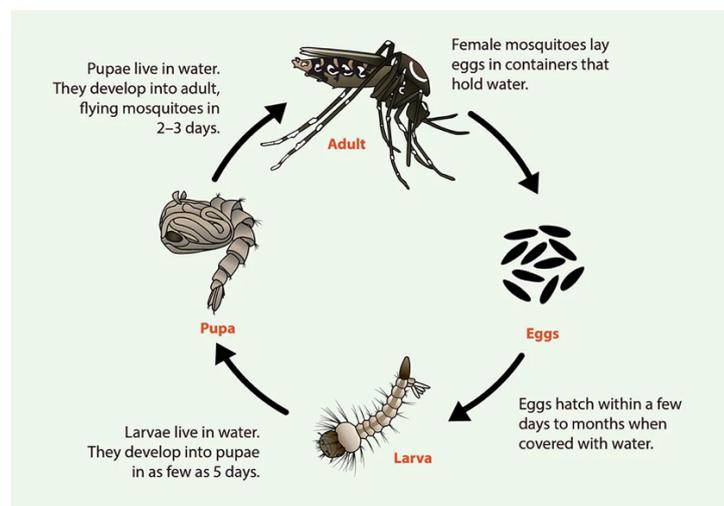
Bagian mulut nyamuk terdapat lima struktur seperti jarum diantara labrum dan labium. Struktur tersebut terdiri dari sepasang maxilla yang memiliki gigi di bagian bawah, sepasang mandibula di bagian atas yang biasanya tidak memiliki gigi, dan satu hipofaring yang tidak memiliki gigi dan berbentuk rongga. Nyamuk betina menggigit inang ketika nyamuk tersebut meletakkan labella pada kulit dan labium melengkung ke belakang. Hal ini dapat menyebabkan sepasang mandibula, sepasang maxilla, labrum, dan hipofaring menembus kulit inang (Service, 2012).

Air liur dihasilkan oleh sepasang kelenjar saliva yang terletak di bagian ventral anterior toraks. Air liur tersebut dipompa masuk ke dalam hipofaring. Air liur ini mengandung enzim antihemoragik yang menyebabkan terjadinya hematoma pada kulit dan mendukung proses pengambilan darah. Selain itu, air liur nyamuk mengandung antikoagulan untuk mencegah pembekuan darah yang dapat menghalangi bagian mulut saat proses penghisapan. Air liur nyamuk juga mengandung zat anestetik yang berfungsi mengurangi rasa sakit akibat gigitan nyamuk sehingga dapat mengurangi reaksi pertahanan dari inang (Service, 2012).



**Gambar 5.** Kepala Nyamuk Betina Subfamili Culicinae (Service, 2012).

Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki siklus hidup yang sempurna. Siklus hidup *Aedes aegypti* terdiri dari empat tahap, yaitu telur, jentik, pupa, dan nyamuk dewasa.



**Gambar 6.** Siklus Hidup Nyamuk *Aedes sp.* (Service, 2012)

#### 1. Stadium telur

Nyamuk betina dewasa berkembang biak di dalam atau lingkungan sekitar tempat tinggal. Biasanya nyamuk betina dewasa dapat menghasilkan 50-100 butir telur di tempat lembap atau genangan air. Nyamuk betina dewasa menempelkan telurnya seperti lem di dinding suatu wadah (CDC, 2024). Awalnya telur nyamuk berwarna putih tetapi,

setelah terpapar udara selama 2 jam, telur nyamuk berubah warna menjadi hitam (Narang dan Khanuja, 2020).

Telur berbentuk oval, dilapisi cangkang, dan panjangnya sekitar 1 mm. Saat telur tersebut pertama kali diletakkan, telur lunak dan fleksibel. Kemudian, telur tersebut mengeras dan menjadi tahan air. Telur tersebut dapat bertahan hingga 8 bulan di tanpa ada air. Selain itu, telur nyamuk dapat bertahan di musim dingin (CDC, 2024). Embrio di dalam telur akan berkembang dalam waktu 2–3 hari (Narang dan Khanuja, 2020).



**Gambar 7.** Telur Nyamuk *Aedes aegypti*. (CDC, 2024)

## 2. Stadium larva

Telur menetas menjadi larva instar I. Hal ini terjadi ketika telur terendam air (CDC, 2024). Larva berwarna putih berukuran 2,5 mm bergerak aktif di dalam air. Larva mulai makan dengan memanfaatkan partikel dan mikroorganisme yang ada di dalam air. Saat membutuhkan udara, larva bergerak ke permukaan air dan menempatkan dirinya pada sudut 90° agar spirakel berada di atas permukaan (Narang dan Khanuja, 2020).

Larva cenderung menghindari cahaya dan lebih menyukai tempat gelap. Larva yang mendapatkan cukup makanan akan tumbuh melalui empat tahap perkembangan dan mengalami empat kali pergantian kulit. Pergantian kulit tersebut menandakan perkembangan larva menuju dewasa (Narang dan Khanuja, 2020).



**Gambar 8.** Larva *Aedes aegypti*. (CDC, 2024)

### 3. Stadium pupa

Setelah 48–72 jam, larva instar keempat berhenti makan dan berubah menjadi pupa. Pupa tersusun menjadi sefalotoraks yang terbentuk dari kepala, toraks, dan pelengkap yang menyatu. Pada bagian akhir dari perut pupa terbentuk seperti dua dayung yang membantu pupa bergerak. Pupa memiliki bentuk seperti koma dan mengapung di permukaan air.

Pupa mengapung dengan bantuan gelombang udara yang terperangkap di sefalotoraks. Pupa tidak makan dan hanya bernafas. Beberapa organ larva, seperti saluran pencernaan, hancur selama tahap ini. Sedangkan, organ lain seperti jantung dan lemak tubuh tetap ada dalam tahap selanjutnya. Tahap pupa pada nyamuk ini biasanya berlangsung selama 2-4 hari (Narang dan Khanuja, 2020).



**Gambar 9.** Pupa Nyamuk *Aedes aegypti*. (CDC, 2024)

### 4. Stadium nyamuk dewasa

Selama perkembangan dari pupa ke bentuk dewasa, pupa mulai memosisikan dirinya di permukaan air. Hal ini menyebabkan peningkatan tekanan di dalam tubuh pupa sehingga kutikula terbelah

melalui garis tengah. Nyamuk dewasa keluar melalui kutikula pupa. Selanjutnya, nyamuk dewasa akan beristirahat sejenak di atas permukaan air. Ketika nyamuk dewasa cukup kuat untuk terbang, nyamuk akan terbang untuk mencari tempat tinggal yang sesuai dan mencari makan (Narang dan Khanuja, 2020).



**Gambar 10.** Nyamuk *Aedes aegypti* Dewasa. (CDC, 2024)

Nyamuk betina *Aedes aegypti* cenderung memilih genangan air di sekitar lingkungan rumah sebagai tempat berkembang biak atau *breeding place*. Nyamuk dewasa hidup di udara dan sering beristirahat di berbagai tempat yang lembap dan basah. Nyamuk betina suka menghisap darah manusia sehingga nyamuk tersebut biasanya ditemukan dalam radius 100 meter dari tempat tinggal manusia dan dapat terbang sekitar 200 meter (OECD, 2018).

Nyamuk betina meletakkan telur-telurnya satu per satu di permukaan air bersih dan jernih yang tidak bersentuhan langsung dengan tanah, seperti di lubang pohon, batang bambu, tempurung kelapa, dan daun. Selain itu, nyamuk betina dapat juga meletakkan telurnya di wadah buatan seperti kaleng, kontainer, ban, ember, tangki, vas, drum, pot, kaleng, logam bekas, dan talang air. Tempat penampungan air yang bewarna gelap dan kurang cahaya matahari akan lebih disukai oleh nyamuk *Aedes aegypti* (Narang dan Khanuja, 2020).

Nyamuk betina *Aedes aegypti* aktif menggigit pada pukul 08.00-13.00 dan 15.00-17.00 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017). Nyamuk betina tertarik kepada inang melalui berbagai rangsangan, seperti karbon

dioksida, asam laktat, dan aroma tubuh (Service, 2012). Setelah menggigit, tubuhnya menjadi lebih berat sehingga nyamuk akan beristirahat untuk memulihkan tenaga (Sari *et al.*, 2020).

Upaya pengendalian vektor bertujuan untuk menekan risiko penularan penyakit dengan berbagai strategi. Langkah-langkah yang dapat dilakukan meliputi pengurangan habitat tempat vektor berkembang biak, menurunkan populasi serta memperpendek umur vektor, membatasi interaksi antara vektor dan manusia, serta menghambat penyebaran penyakit. Metode pengendalian vektor ini dapat diterapkan melalui pendekatan fisika, biologi, maupun kimia (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Pendekatan fisik dalam pengendalian vektor dapat dilakukan melalui upaya Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) dengan metode 3M Plus. Langkah-langkah dalam metode ini meliputi menguras tempat penyimpanan air seperti bak mandi, menutup rapat wadah penampungan air, serta mendaur ulang barang-barang bekas yang berpotensi menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk. Untuk meningkatkan efektivitasnya, PSN dengan metode 3M Plus disarankan dilakukan setiap minggu. Selain itu, terdapat berbagai langkah tambahan yang dapat mendukung upaya ini, seperti mengganti air dalam vas bunga dan wadah minum burung secara berkala, menghindari kebiasaan menggantung pakaian di dalam kamar, serta menggunakan kelambu saat tidur. Langkah lain yang dapat dilakukan adalah menaburkan bubuk larvasida di area yang sulit dikeringkan untuk membasmi larva nyamuk (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Dalam pengendalian vektor secara biologis, pendekatan ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan predator alami jentik nyamuk, seperti ikan cupang dan ikan gabus, serta beberapa jenis serangga dan parasit lainnya. Selain itu, metode ini juga dapat menggunakan bioinsektisida, seperti *Insect Growth Regulator* (IGR) dan *Bacillus Thuringiensis Israelensis* (BTI). *Insect Growth*

*Regulator* berfungsi menghambat perkembangan pupa, sehingga larva tidak dapat berkembang menjadi nyamuk dewasa, yang pada akhirnya dapat membantu mengurangi populasi nyamuk (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Pengendalian vektor secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan insektisida. Sasaran penggunaan insektisida adalah nyamuk dewasa. Insektisida menjadi salah satu metode pengendalian yang lebih populer di masyarakat. Akan tetapi, penentuan jenis insektisida, dosis, dan metode aplikasi penggunaan menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan. Insektisida secara berulang dalam jangka waktu lama pada satu ekosistem dapat menyebabkan resistensi dan insektisida tidak efektif jika nyamuk telah menjadi resisten (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

### **2.3. Insektisida**

Insektisida adalah senyawa yang digunakan untuk memberantas dan mengendalikan jumlah serangga. Senyawa ini digunakan terutama untuk memberantas serangga yang menjadi vektor penyakit di suatu wilayah tertentu (Araújo *et al.*, 2023). Insektisida dapat digolongkan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan bentuk fisik, cara kerja, cara masuk ke organisme sasaran, dan bahan aktifnya (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida berdasarkan bentuk fisik, terbagi menjadi bentuk cair, padat, dan aerosol. Insektisida berdasarkan cara kerja terbagi menjadi insektisida yang memengaruhi tingkah laku hama, memengaruhi fungsi enzim, sebagai racun syaraf, dan kelompok IGR (*Insect Growth Regulator*) yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serangga target (Asril *et al.*, 2022).

Berdasarkan cara masuknya ke dalam tubuh organisme target, insektisida dikategorikan ke dalam beberapa jenis, yaitu racun kontak, racun perut, racun sistemik, racun pernapasan, racun protoplasmik, serta racun yang menghambat pembentukan kitin. Insektisida racun kontak bekerja dengan menembus

permukaan luar tubuh serangga, terutama melalui celah antar segmen tubuh, lipatan lempengan tubuh, pangkal rambut, dan saluran pernapasan. Formulasi insektisida jenis ini biasanya tersedia dalam bentuk semprotan cair atau serbuk, yang dapat diterapkan langsung pada serangga atau pada area yang sering dilalui oleh hama tersebut. Setelah bersentuhan dengan tubuh serangga, zat aktif dalam insektisida akan terserap melalui kutikula dan mulai mengganggu sistem tubuhnya hingga menyebabkan kematian. (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida dengan racun perut bekerja dengan cara masuk ke dalam tubuh serangga melalui proses makan. Racun tersebut akan diserap melalui sistem pencernaan serangga. Racun perut umumnya digunakan untuk mengendalikan serangga hama dengan alat mulut penggigit-pengunyah seperti ulat, belalang, dan kumbang. Racun perut diaplikasikan dengan menyemprotkan insektisida pada bagian tanaman yang sering dimakan serangga hama sehingga saat serangga memakan bagian tersebut, racun akan masuk ke usus dan menyebabkan keracunan (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida sistemik bekerja dengan cara diserap oleh tanaman melalui akar, batang, atau daun, kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tanaman. Saat serangga hama mengisap cairan atau memakan bagian tanaman yang telah terpapar insektisida sistemik, mereka akan terkena efek racun yang dihasilkan. Insektisida sistemik efektif untuk mengendalikan hama serangga yang sulit dijangkau oleh aplikasi langsung (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida pernapasan biasanya berbentuk gas. Racun masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernapasan dan bekerja dengan mengganggu proses respirasi di tingkat seluler. Racun ini juga mengganggu enzim-enzim tertentu yang penting bagi proses pernapasan serangga sehingga menyebabkan kematian hama serangga. Fumigan dapat menyebar ke seluruh ruang dan efektif mengendalikan serangga di area tertutup (Asril *et al.*, 2022).

Klasifikasi berdasarkan bahan aktifnya, insektisida terbagi menjadi dua yaitu, bioinsektisida dan insektisida kimia. Bioinsektisida merupakan salah satu insektisida yang bahan aktifnya berasal dari bahan alam seperti tumbuhan, hewan, dan bahan organik yang memiliki manfaat untuk mengendalikan serangga (Asril *et al.*, 2022). Penggunaan bioinsektisida memiliki berbagai keuntungan. Salah satu keuntungan utama adalah spesifitas tindakannya, yang berarti bioinsektisida dapat menargetkan organisme tertentu tanpa membahayakan spesies non-target (Das, 2022). Selain itu, bioinsektisida memiliki sifat yang mudah terurai secara alami (*bio-degradable*) sehingga tidak menimbulkan polusi lingkungan dan relatif aman bagi ekosistem serta kesehatan manusia dan hewan ternak karena residunya segera terurai (Labibah Fara Anindya *et al.*, 2023).

Insektisida kimia adalah insektisida yang mengandung bahan aktif berasal dari campuran bahan kimia. Insektisida kimia dapat secara cepat mengurangi hama serangga dan memiliki umur residu yang lama. Selain itu, insektisida kimia dapat diproduksi secara besar-besaran, mudah didapat, mudah disimpan dan dipakai, serta harganya relative lebih murah (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida kimia dibagi menjadi anorganik dan organik. Insektisida kimia anorganik mengandung bahan dari garam-garam beracun seperti arsenat, flourida, tembaga sulfat, dan garam merkuri. Insektisida organik mengandung bahan seperti organoklorin, heterosiklik, organofosfat, dinitrofenol, thiosianat, karbamat, dan piretroid (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida organoklorin bersifat sulit diurai, tidak reaktif, dapat terakumulasi di lingkungan, dan toksik terhadap makhluk hidup. Sifat sulit diurai dan kelarutan tinggi dalam lemak dapat membuat organoklorin terakumulasi dalam jaringan hewan (Asril *et al.*, 2022). Insektisida golongan organoklorin memiliki cara kerja dengan menghambat transmisi impuls saraf serangga melalui ketidakseimbangan ion natrium dan kalium. Selain itu, beberapa organoklorin bekerja pada reseptor GABA. Hal tersebut dapat menghalangi

masuknya ion ke dalam neuron sehingga menyebabkan kondisi hiperaktif yang ditandai dengan tremor dan kejang. Pada makhluk hidup lain, racun organoklorin dapat mengganggu sistem syaraf pusat dan sistem syaraf perifer. Racun ini dapat menyebabkan alergi, kanker, serta mengganggu sistem endokrin yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem reproduksi dan sistem kekebalan yang ada di makhluk hidup. Salah satu contoh insektisida golongan organoklorin adalah DDT (*Dichlorodiphenyltrichloroethane*) (Araújo *et al.*, 2023).

Insektisida organofosfat merupakan insektisida paling toksik dan sering menyebabkan keracunan pada manusia. Organofosfat dalam jumlah sedikit dapat menyebabkan kematian (Asril *et al.*, 2022). Organofosfat menghambat AChE (*Acetylcholinesterase*), menyebabkan penumpukan asetilkolin di *neuro muscular junction*. Hal ini mengakibatkan terhalangnya pengiriman impuls syaraf kelenjar dan otot-otot kontraksi otot secara berlebihan dan kelumpuhan. Organofosfat dapat terurai dalam waktu dua minggu di lingkungan. Contoh insektisida organofosfat adalah malathion, klorpirifos, diklorovosm ethion, palathion dan parathion (Araújo *et al.*, 2023).

Insektisida golongan karbamat bekerja melalui kontak dan dapat menimbulkan efek neurotoksik dengan menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase (AChE) pada *neuro muscular junction* secara reversibel. Mekanisme keracunan dimulai ketika insektisida karbamat berikatan dengan enzim kolinesterase di dalam darah yang berperan penting dalam pengaturan fungsi saraf. Penghambatan enzim ini mencegah pengiriman sinyal saraf ke otot-otot tertentu sehingga menyebabkan otot-otot tersebut berkontraksi secara tidak terkendali, tanpa adanya kontrol dari sistem saraf (Araújo *et al.*, 2023).

Penggunaan insektisida karbamat tanpa alat pelindung diri dapat menyebabkan paparan racun bagi manusia. Racun dapat masuk ke dalam tubuh melalui oral, pernafasan, atau kontak dengan kulit. Keracunan karbamat bersifat akut. Manifestasi klinis yang dapat timbul adalah reaksi kolinergik yang dapat

berlangsung selama enam jam. Adapun beberapa reaksi kolinergik meliputi miosis, hipersalivasi, keringat berlebih, bradikardia, diare, muntah, kejang otot, hingga kesulitan bernapas. Tingkat keparahan gejala tergantung pada jumlah karbamat yang dikonsumsi. Contoh insektisida karbamat yang banyak digunakan adalah karbofuran, karbaril, dan aldicarb (Asril *et al.*, 2022).

Insektisida piretroid adalah kelompok insektisida organik kimia yang paling baru. Golongan insektisida piretroid kimia adalah insektisida kimia yang dikembangkan dari piretrin. Piretrin adalah senyawa alami yang berasal dari bunga *Chrysanthemum* (Matsuo, 2019). Insektisida piretroid dirancang untuk memiliki cara kerja yang mirip dengan efek bioinsektisida piretrin, tetapi dengan stabilitas yang lebih baik dan efek yang lebih kuat terhadap berbagai jenis serangga. Piretroid berinteraksi dengan saluran natrium di membran sel saraf serangga. Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan natrium dan kalium. Gejala yang muncul adalah tremor, inkoordinasi, hiperaktif, dan akhirnya kelumpuhan. Salah satu contoh insektisida golongan ini adalah sipermetrin (Araújo *et al.*, 2023).

Piretroid dianggap insektisida yang relatif aman karena tidak persisten di lingkungan. Selain itu, dalam penggunaan insektisida ini membutuhkan dosis yang sangat rendah untuk membunuh serangga sehingga sangat efektif terhadap arthropoda. Piretroid dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata jika terjadi kontak langsung. Paparan dalam dosis tinggi dapat menimbulkan gejala seperti sakit kepala, pusing, mual, serta gangguan pada sistem saraf. Meskipun dianggap tidak persisten, beberapa piretroid dapat terakumulasi dalam tubuh hewan dan organisme lain, terutama jika terpapar secara berulang (Eljarrat, 2020).

Penggunaan insektisida kimia dalam pengendalian vektor memiliki manfaat sekaligus risiko. Jika diaplikasikan dengan tepat sasaran, dosis, waktu, dan cakupan yang sesuai, insektisida kimia dapat membantu mengurangi interaksi antara vektor dan manusia. Namun, penggunaan jangka panjang dan berulang

berpotensi menyebabkan resistensi pada serangga target serta menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia (Lesmana *et al.*, 2021). Selain itu, pemakaian insektisida kimia secara terus-menerus juga berdampak buruk terhadap lingkungan, karena kandungan bahan kimianya sulit terurai secara alami. Akibatnya, residu dari zat tersebut dapat mencemari ekosistem dan menurunkan kualitas lingkungan (Labibah *et al.*, 2023).

Resistensi mengacu pada kemampuan populasi serangga untuk bertahan hidup meskipun terpapar dosis insektisida yang seharusnya mematikan bagi spesies tersebut. Secara umum, resistensi serangga terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu resistensi genetik yang diwariskan secara alami dan resistensi yang berkembang akibat paparan insektisida dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, terdapat juga resistensi perilaku, yaitu kemampuan serangga untuk menghindari paparan insektisida dengan cara mengubah pola aktivitas atau perilakunya, seperti menghindari area yang telah disemprot atau mencari tempat berkembang biak baru yang lebih aman. (Lesmana *et al.*, 2021).

Secara umum, mekanisme resistensi serangga terhadap insektisida dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu resistensi kutikuler, resistensi metabolik, dan perubahan pada situs target. Resistensi kutikuler terjadi ketika serangga mengalami adaptasi yang mengurangi penyerapan insektisida melalui lapisan luar tubuhnya. Resistensi metabolik terjadi ketika enzim dalam tubuh serangga mengalami perubahan baik dalam jumlah maupun aktivitasnya, sehingga mampu memecah dan menetralkan insektisida sebelum zat tersebut mencapai target yang seharusnya diserang. Proses ini juga berperan dalam mendetoksifikasi xenobiotik, yaitu senyawa asing yang tidak diproduksi secara alami oleh organisme dan dapat bersifat toksik bagi tubuhnya. (Lesmana *et al.*, 2021).

Insektisida bersifat toksik tidak hanya untuk target, tetapi juga toksik untuk manusia dan organisme nontarget. Hal ini terjadi karena toksisitas spektrum luas yang dimiliki oleh insektisida. Ketika insektisida tidak digunakan sesuai

dengan petunjuk label, insektisida tersebut dapat memiliki efek negatif yang tidak diinginkan. Akibat penggunaan insektisida rumah tangga, manusia dapat terpapar bahan kimia insektisida ini melalui tiga jalur utama, yaitu inhalasi, konsumsi, dan penyerapan melalui kulit (Azratul-Hizayu *et al.*, 2021).

Furnitur rumah tangga dapat mengakumulasi residu bahan kimia insektisida sehingga meningkatkan risiko paparan melalui inhalasi dan konsumsi tidak sengaja. Penggunaan insektisida rumah tangga juga memungkinkan bahan kimia insektisida dilepaskan sebagai aerosol ke udara lingkungan rumah dan jatuh ke lantai sebagai debu sehingga manusia, terutama anak-anak, terpapar secara langsung atau tidak langsung melalui perilaku tangan ke mulut (Azratul-Hizayu *et al.*, 2021).

Penggunaan obat antinyamuk yang terhirup dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan saluran pernapasan dan mengakibatkan gangguan pada fungsi jaringan-jaringan dalam sistem pernapasan. Gejala yang mungkin timbul antara lain batuk dan sesak. Individu dengan riwayat alergi yang terpapar obat antinyamuk secara intens akan lebih cepat mengalami reaksi. Efek lainnya dapat terjadi iritasi pada kulit (Purba *et al.*, 2020).

Mengatasi hal tersebut, penting bagi kita untuk mengetahui bagaimana perilaku penggunaan insektisida. Dalam pengaplikasian insektisida dapat menggunakan sarung tangan dan masker untuk menghindari zat kimia terinhalasi. Hindari penyemprotan bila ada anggota keluarga di dalam ruangan (Purba dan Sitorus, 2019).

Penyimpanan insektisida harus jauh dari jangkauan anak-anak dan jauh dari bahan makanan atau minuman (Purba *et al.*, 2020). Selain itu, perlu pengelolaan limbah cair kemasan insektisida dengan mengubur sisa larutan insektisida dan wadahnya. Limbah tersebut dikubur minimal setengah meter di dalam tanah dan jauh dari sumber air (Purba dan Sitorus, 2019). Frekuensi

penggunaan insektisida untuk nyamuk sebaiknya tidak lebih dari satu kali dan tidak melebihi 8 (delapan) jam pemakaian dalam satu hari (Purba *et al.*, 2020).

Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, dalam pengendalian hama terdapat dua jenis insektisida, yaitu insektisida non residual dan residual (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012). Dalam pengendalian vektor nyamuk dapat menggunakan insektisida nonresidual. Insektisida nonresidual bekerja ketika serangga langsung bersentuhan dengan bahan kimia tersebut pada saat aplikasi. Formulasi yang sering digunakan untuk aplikasi kontak langsung adalah aerosol (AE), obat nyamuk bakar atau *mosquito coil* (MC), *liquid vaporizer* (LV), dan *mat vaporizer* (MV) (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012).

#### 2.4. Tanaman *Lantana Camara linn*

Klasifikasi dari tanaman lantana adalah sebagai berikut:

<b>Kingdom</b>	: Plantae
<b>Subkingdom</b>	: Trachacobionta
<b>Superfivision</b>	: Spermatophyta
<b>Division</b>	: Magnoliophyta
<b>Class</b>	: Magnoliopsida
<b>Subclass</b>	: Asteridae
<b>Ordo</b>	: Lamiales
<b>Family</b>	: Verbenaceae
<b>Genus</b>	: <i>Lantana</i>
<b>Spesies</b>	: <i>Lantana Camara</i>

(Madke *et al.*, 2024)

*Lantana camara linn* memiliki tinggi antara 1,2 hingga 2,4 meter. Batang tanaman ini bercabang dan berduri. Tanaman *Lantana camara linn* memiliki aroma yang tajam (Wagh *et al.*, 2023). Daunnya berbentuk oval berwarna hijau, bergerigi, dan kasar. Daun tersebut memiliki lebar sekitar 3-6 cm dan panjang 3-8 cm (Madke *et al.*, 2024). Buah *Lantana camara linn* berwarna hijau.

Bunganya tersusun dalam suatu rangkaian dengan warna putih, merah muda, dan jingga kuning. Tanaman ini tumbuh subur pada ketinggian hingga 2000 meter di daerah tropis, subtropis, dan beriklim sedang (Shah *et al.*, 2020).



**Gambar 11.** Tanaman *Lantana camara linn.*

Senyawa-senyawa dalam daun lantana bisa dijadikan sebagai bioinsektisida untuk mengontrol serangga. Tumbuhan lantana (*Lantana camara linn*) efektif sebagai bahan bioinsektisida karena mengandung senyawa metabolik sekunder. Senyawa metabolit sekunder adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh organisme, terutama tumbuhan, tetapi tidak terlibat langsung dalam proses metabolisme utama seperti pertumbuhan, perkembangan, atau reproduksi. Berbeda dengan metabolit primer (misalnya, karbohidrat, protein, dan asam nukleat) yang penting untuk kelangsungan hidup organisme, metabolit sekunder lebih berfungsi dalam interaksi ekologis, seperti perlindungan terhadap predator, komunikasi antar organisme, atau adaptasi terhadap lingkungan. (Agung, 2017). Senyawa metabolik sekunder yang terkandung dalam tumbuhan lantana (*Lantana camara linn*) terdiri dari saponin, flavonoid, tanin, alkaloid, steroid, dan fenolik (Nuraini dan Ratnasari, 2021). Hasil penelitian analisis kuantitatif fitokimia ekstrak etanol daun lantana menunjukkan kandungan senyawa metabolit sekunder tersebut.

Saponin berperan sebagai racun lambung bagi larva dengan cara menurunkan tegangan permukaan pada lapisan mukosa di saluran pencernaannya, yang dapat menyebabkan iritasi hingga kerusakan dinding pencernaan. Senyawa ini bekerja dengan mengiritasi mukosa saluran cerna, sehingga larva mengalami

gangguan pencernaan. Selain itu, saponin memiliki rasa pahit yang dapat menurunkan nafsu makan larva, menyebabkan mereka kekurangan nutrisi hingga akhirnya mati akibat kelaparan. Selain memengaruhi sistem pencernaan, saponin juga menghambat proses *moulting* atau pergantian kulit pada larva, yang berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangannya (Eka et al., 2018). Sebagai insektisida alami, senyawa ini dapat mengubah pola makan serangga, mengganggu proses penyerapan nutrisi dalam sistem pencernaan, serta menyebabkan dehidrasi. Saponin juga merusak lapisan lilin pelindung di bagian luar tubuh serangga, yang berfungsi untuk mempertahankan kadar cairan tubuh. Akibatnya, serangga kehilangan banyak cairan dan akhirnya mati akibat dehidrasi (Apriyanto et al., 2022)

Flavonoid berfungsi sebagai racun perut yang dapat mengganggu sistem pencernaan serangga ketika senyawa ini masuk ke dalam tubuhnya. Selain itu, flavonoid juga dapat menyebabkan iritasi pada kulit serta menghambat transportasi asam amino leusin. Leusin merupakan asam amino ketogenik yang berperan dalam sintesis asetil-KoA, suatu molekul penting dalam siklus Krebs. Dalam kondisi normal, asetil-KoA bergabung dengan oksaloasetat untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Namun, jika proses ini terganggu akibat hambatan transportasi leusin, produksi ATP menjadi tidak optimal, sehingga mengganggu metabolisme energi serangga. Ketika senyawa beracun masuk ke dalam tubuh serangga, sistem metabolisme internalnya harus bekerja lebih keras untuk melakukan biotransformasi, yaitu proses detoksifikasi yang membutuhkan energi. Semakin tinggi jumlah racun yang masuk, semakin besar pula energi yang digunakan untuk menetralkannya. Akibatnya, energi yang seharusnya digunakan untuk fungsi biologis lainnya menjadi berkurang, menyebabkan kelemahan dan akhirnya kematian serangga (Eka et al., 2018).

Selain itu, mekanisme kerja senyawa flavonoid dapat menyebabkan kelemahan pada sistem saraf. Senyawa ini dapat merusak siphon. Siphon adalah saluran kecil yang memanjang dari tubuh larva ke permukaan air. Fungsi siphon adalah untuk mengakses oksigen dari udara tanpa sepenuhnya meninggalkan air.

Kerusakan pada siphon akan mengakibatkan larva kesulitan untuk mendapat oksigen. Akibatnya, larva mengalami kesulitan bernapas dan akhirnya mati (Apriyanto *et al.*, 2022).

Senyawa alkaloid memiliki efek toksik pada sistem pernapasan nyamuk dengan menyebabkan kontraksi otot pernapasan yang berlangsung terus-menerus. Kondisi ini memicu kejang otot pernapasan yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian serangga. Selain itu, alkaloid juga dapat menghambat pertumbuhan serangga dengan memengaruhi tiga hormon utama yang berperan dalam proses perkembangan, yaitu hormon otak, hormon ecdysone, dan hormon pertumbuhan. Gangguan pada keseimbangan hormon-hormon ini dapat mengakibatkan kegagalan dalam metamorfosis, sehingga serangga tidak dapat berkembang dengan sempurna. Sebagai racun perut, alkaloid bekerja dengan cara menyerang sistem pencernaan serangga. Ketika larva *Aedes aegypti* menelan senyawa ini, fungsi pencernaannya akan terganggu, yang pada akhirnya mempengaruhi proses metabolisme dan menyebabkan kematian larva akibat gangguan pencernaan yang fatal (Apriyanto *et al.*, 2022).

Tanin memiliki rasa pahit dan tajam sehingga dapat menyebabkan iritasi mukosa lambung dan penurunan nafsu makan pada serangga (Eka *et al.*, 2018). Sebagai senyawa polifenol, tanin dapat membentuk kompleks dengan protein dan tidak dapat dicerna oleh lambung. Tanin juga dapat mengikat protein, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Meskipun tanin tidak secara langsung mengganggu proses pencernaan serangga, tanin mengikat protein yang penting dalam sistem pencernaan mereka. Akibatnya, proses pencernaan larva bisa terganggu karena adanya zat tannin (Apriyanto *et al.*, 2022).

Steroid merupakan senyawa yang memiliki efek toksik terhadap serangga. Kandungan dalam senyawa ini dapat menghambat proses *moulting*, yaitu pergantian kulit pada larva nyamuk, yang merupakan bagian penting dari siklus hidupnya (Wulandari & Ahyanti, 2018). Selain itu, steroid juga berperan dalam mengganggu struktur octopamine, yaitu senyawa neurotransmitter dalam

sistem saraf serangga yang berfungsi dalam pengaturan gerakan motorik serta respons perilaku. Jika sistem ini terganggu, pertumbuhan dan perkembangan nyamuk akan terhambat. Steroid juga dapat menghambat aktivitas *Sterol Carrier Protein* (SCP), yang bertanggung jawab dalam konversi sterol menjadi kolesterol. Kolesterol sendiri sangat penting bagi perkembangan larva, sehingga gangguan pada proses ini dapat menyebabkan pertumbuhan larva terganggu dan akhirnya menyebabkan kematian sebelum mencapai tahap dewasa (Laksono *et al.*, 2022).

Fenol bersifat memiliki sifat toksik dan kaustik atau korosif. Hal ini dapat menyebabkan iritasi tenggorokan dan radang pada sistem pencernaan apabila fenol tertelan. Setelah masuk ke sistem pencernaan, fenol dapat menyebabkan luka bakar pada mukosa perut dan membentuk koagulasi protein atau koagulum yang dapat mengakibatkan kematian serangga. Secara tidak langsung fenol juga dapat menyebabkan kematian dengan mempengaruhi pola makan serangga karena bau tajam dari fenol menghilangkan selera makan serangga (Farida dan Ratnasari, 2019).

## 2.5. Ekstraksi

Ekstraksi adalah teknik pemisahan kimia yang digunakan untuk memisahkan satu atau lebih senyawa dari suatu sampel dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Pelarut yang dipilih bergantung pada polaritas senyawa yang akan diekstraksi. Metode ekstraksi yang dipilih bergantung pada jenis, sifat fisik, dan sifat kimia dari senyawa yang akan diekstraksi (Hujjatusnaini *et al.*, 2021). Metode ekstraksi dibagi menjadi dua jenis berdasarkan ada atau tidaknya pemanasan saat proses, yaitu ekstraksi tanpa pemanasan dan ekstraksi dengan pemanasan. Ekstraksi tanpa pemanasan dilakukan agar senyawa yang diinginkan tetap utuh dan tidak rusak selama proses. Sebaliknya, ekstraksi dengan pemanasan digunakan untuk mempercepat jalannya proses ekstraksi. Contoh ekstraksi dingin adalah perkolasi dan maserasi, sedangkan contoh ekstraksi panas adalah refluks dan soxhlet (Hujjatusnaini *et al.*, 2021).

Maserasi merupakan salah satu metode ekstraksi yang masih banyak digunakan karena beberapa keunggulannya, seperti biaya yang relatif rendah, penggunaan peralatan yang sederhana, serta kemampuannya dalam mengekstrak senyawa yang rentan terhadap suhu tinggi (termolabil) (Agung, 2017). Teknik ini dilakukan dengan cara merendam bahan sampel dalam pelarut tertentu selama periode waktu yang telah ditentukan dalam wadah tertutup. Maserasi dilakukan pada suhu ruangan sekitar 20-30°C untuk menghindari penguapan pelarut yang berlebihan akibat suhu tinggi sehingga efisiensi ekstraksi tetap optimal (Hujjatusnaini *et al.*, 2021).

Proses maserasi dihentikan setelah mencapai keseimbangan, yaitu ketika konsentrasi senyawa metabolit dalam larutan ekstrak telah seimbang dengan konsentrasi senyawa yang tersisa dalam bahan sampel. Setelah mencapai tahap ini, larutan ekstrak dipisahkan dari sisa bahan dengan menggunakan kertas saring (Agung, 2017). Maserasi umumnya dilakukan pada suhu ruangan dan dibiarkan berlangsung selama minimal tiga hari untuk memastikan proses ekstraksi berjalan optimal (Willian dan Pardi, 2022). Meskipun metode ini cukup efektif, ada beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan, seperti waktu ekstraksi yang relatif lama serta kebutuhan akan volume pelarut yang cukup besar (Agung, 2017).



**Gambar 12.** Proses Maserasi. (Agung, 2017)

Perkolasi merupakan metode ekstraksi yang dilakukan dengan cara mengalirkan pelarut secara perlahan melalui bahan simplisia yang

ditempatkan dalam sebuah perkolator. Dalam proses ini, pelarut dituangkan dari bagian atas dan mengalir ke bawah melewati serbuk simplisia, melarutkan senyawa aktif yang terkandung di dalamnya hingga mencapai kondisi jenuh (Kurniawati, 2017). Ekstraksi menggunakan metode ini biasanya dilakukan pada suhu ruangan sekitar 30°C untuk meningkatkan efektivitas dalam menarik senyawa aktif dari bahan yang diekstrak (Wahyuningsih et al., 2024).

Metode perkolasi lebih efektif digunakan untuk bahan yang memiliki kelarutan tinggi dalam pelarut yang digunakan. Dengan kata lain, teknik ini bekerja optimal jika senyawa metabolit dalam bahan simplisia mudah larut dalam pelarut yang dipilih. Oleh karena itu, pemilihan pelarut menjadi faktor krusial dalam keberhasilan proses ekstraksi ini. Selain itu, perkolasi juga dapat diterapkan dalam skala industri untuk produksi dalam jumlah besar. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah kebutuhan volume pelarut yang besar karena ekstraksi berlangsung secara terus-menerus tanpa waktu kontak yang lama. Selain itu, karena bahan sampel dipadatkan dalam perkolator, ada kemungkinan distribusi kepadatannya tidak merata, sehingga beberapa bagian lebih padat dibandingkan yang lain. Area yang lebih padat dapat menghambat aliran pelarut, menyebabkan senyawa metabolit tidak terekstraksi secara optimal. Tantangan lain dalam metode ini adalah potensi penyumbatan pada perkolator akibat adanya partikel bahan tanaman yang mudah hancur dan larut sehingga dapat menghambat aliran pelarut dan mengurangi efisiensi proses ekstraksi (Agung, 2017).



**Gambar 13.** Proses Perkolasi. (Morais, 2023)

Salah satu teknik ekstraksi yang menggunakan pemanasan adalah metode refluks (Hujjatusnaini et al., 2017). Dalam metode ini, bahan yang diekstraksi direndam dalam pelarut di dalam wadah berbentuk bulat yang ditempatkan di atas pemanas. Wadah ini memiliki lubang di bagian atas yang terhubung dengan kondensor yang berfungsi sebagai alat pendingin balik. Lubang tersebut digunakan untuk memasukkan atau mengeluarkan bahan, pelarut, maupun hasil ekstraksi. Selama proses pemanasan, pelarut akan mencapai titik didih dan menghasilkan uap (Agung, 2017).

Ketika pelarut mendidih, senyawa aktif yang terkandung dalam bahan akan larut dalam cairan ekstraksi, sementara uap pelarut naik ke kondensor. Kondensor memiliki suhu yang lebih rendah dibandingkan suhu uap, sehingga menyebabkan uap mengembun dan kembali menjadi cairan. Cairan yang terkondensasi kemudian mengalir kembali ke dalam bejana ekstraksi. Proses ini berlangsung secara terus-menerus hingga pemanasan dihentikan (Agung, 2017).

Metode refluks memiliki keunggulan dalam efisiensi penggunaan pelarut, karena ekstraksi berlangsung secara berulang tanpa perlu menambahkan pelarut dalam jumlah besar. Selain itu, hasil ekstraksi cenderung lebih tinggi dibandingkan beberapa metode lainnya. Namun, karena menggunakan suhu

tinggi, terdapat risiko degradasi senyawa aktif dalam bahan yang diekstraksi. Meskipun suhu tinggi mempercepat proses ekstraksi, metode ini juga membutuhkan konsumsi energi yang lebih besar akibat proses pemanasan dan pendinginan yang berlangsung secara bersamaan (Agung, 2017).



**Gambar 14.** Proses Refluks. (Agung, 2017)

Metode soxhlet merupakan teknik pemisahan komponen dalam zat padat melalui proses ekstraksi berulang dengan menggunakan pelarut tertentu, sehingga senyawa yang diinginkan dapat diisolasi secara maksimal (Kurniawati, 2017). Prinsip utama dari metode ini adalah mengekstraksi bahan yang telah dihaluskan dan dibungkus dalam kertas saring. Bahan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam alat soxhlet yang telah diisi pelarut pada bagian labu di bawahnya. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan *hot plate* yang dipasang di bagian bawah labu ekstraksi (Agung, 2017).

Ketika alat Soxhlet dipanaskan, pelarut dalam labu akan menguap dan naik ke bagian atas, lalu mengalami kondensasi oleh kondensor sehingga berubah kembali menjadi cairan. Cairan pelarut tersebut kemudian menetes dan merendam sampel yang dibungkus dalam kertas saring. Proses ini memungkinkan senyawa metabolit dalam sampel larut ke dalam pelarut. Setelah larutan ekstrak mencapai volume tertentu, mekanisme Soxhlet akan memompa larutan kembali ke labu ekstraksi, sementara pelarut terus diuapkan oleh panas yang tetap terjaga. Siklus ini berulang hingga semua senyawa target terekstraksi secara optimal (Agung, 2017).

Kelebihan metode soxhlet adalah sistem kerja yang berkelanjutan sehingga mempercepat proses ekstraksi. Selain itu, metode ini menggunakan pelarut dengan jumlah yang lebih sedikit. Kelemahan metode ini adalah menggunakan suhu tinggi sehingga meningkatkan risiko rusaknya senyawa yang terkandung pada bahan tersebut (Agung, 2017).



**Gambar 15.** Proses Soxhlet. (Agung, 2017)

## 2.6. Pelarut

Pelarut adalah zat yang mampu melarutkan bahan lain untuk membentuk larutan homogen. Pelarut digunakan untuk mengekstraksi, melarutkan, atau memindahkan zat dari satu fase ke fase lain. Pemilihan pelarut dalam proses ekstraksi didasarkan pada sifat kimia zat yang diekstraksi dan tujuan dari ekstraksi tersebut (Wahyuningsih *et al.*, 2024).

Zat polar umumnya larut dalam pelarut polar, sedangkan zat nonpolar lebih baik larut dalam pelarut nonpolar. Oleh karena itu, pemilihan pelarut harus disesuaikan dengan polaritas zat yang ingin diekstraksi. Selain itu, penting juga untuk mempertimbangkan kemudahan dalam memisahkan zat hasil ekstraksi dari pelarut setelah proses selesai (Wahyuningsih *et al.*, 2024).

Terdapat dua jenis pelarut, yaitu pelarut organik dan pelarut anorganik. Pelarut organik adalah pelarut berbasis karbon, artinya molekulnya mengandung unsur karbon. Terdapat berbagai jenis bahan kimia yang tergolong sebagai pelarut organik yang bisa bersifat polar atau non-polar, bergantung pada gugus polar dalam strukturnya. Contoh pelarut organik meliputi alkohol, eter, ester, etil asetat, keton, dan kloroform. Pelarut anorganik adalah pelarut selain air yang tidak mengandung komponen organik. Pelarut anorganik biasanya. Contoh pelarut anorganik adalah amonia, asam sulfat, dan sulfuril klorida fluoride (Wahyuningsih *et al.*, 2024).

Pemilihan pelarut pada ekstraksi tanaman bergantung pada jenis senyawa yang terkandung di tanaman. Senyawa polar hanya larut dalam pelarut polar, seperti etanol, metanol, dan air. Etanol memiliki kemampuan bercampur dengan air dan melarutkan senyawa polar, dapat berperan sebagai pengawet, tidak beracun, dan memiliki rentang polaritas yang luas. Etanol kurang efektif dalam melarutkan beberapa senyawa non-polar. Selain itu, sifat etanol mudah terbakar dan cepat menguap (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2023).

Air sebagai pelarut memiliki keuntungan seperti biaya lebih terjangkau, lebih aman, dan tidak mudah terbakar. Akan tetapi, kekurangannya adalah dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri dan jamur, dapat memicu reaksi hidrolisis, dan proses pemekatan ekstrak dengan pelarut tersebut memerlukan energi panas dalam jumlah besar. Pelarut methanol dapat melarutkan berbagai senyawa yang bersifat polar dan memiliki kepolaran yang lebih tinggi dibandingkan. Selain itu, senyawa ini bersifat lebih universal karena mampu mengikat berbagai komponen kimia yang terdapat dalam bahan alami, baik yang polar, non-polar, maupun semipolar. Senyawa ini memiliki sifat mudah menguap dan mudah terbakar, serta beracun dengan aroma yang khas. Selain itu, senyawa ini juga berisiko merusak komponen lain (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2023).

Pelarut semipolar efektif untuk mengekstraksi senyawa fenol, terpenoid, alkaloid, aglikon, dan glikosida (Wahyuningsih *et al.*, 2024). Contoh senyawa semi polar adalah etil asetat. Etil asetat dapat digunakan dalam proses ekstraksi karena memiliki tingkat toksisitas yang rendah. Etil asetat berupa cairan bening dan transparan dengan aroma harum, segar, dan sedikit mirip dengan aseton. Senyawa ini mudah bercampur dengan eter, alkohol, serta minyak atsiri dan minyak lemak. Etil asetat kurang efektif dalam melarutkan senyawa yang sangat polar maupun sangat non-polar. Pelarut ini memiliki sifat mudah menguap dan tidak dapat bercampur dengan air (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2023).

Senyawa nonpolar hanya larut dalam pelarut nonpolar, seperti n-heksana (Wahyuningsih *et al.*, 2024). N-heksana bersifat non-polar dan mampu berinteraksi dengan gugus non-polar pada zat seperti terpenoid, steroid, lemak, dan lilin. Selain itu, senyawa ini tidak memiliki warna. Senyawa ini tidak bisa bercampur dengan air, tetapi mampu melarutkan pigmen tumbuhan non-polar seperti klorofil dan karotenoid (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2023).

## **2.7. *Lethal Concentration dan Lethal Time***

Insektisida memiliki tingkat toksisitas yang sangat bervariasi, tergantung pada sifat kimia dan fisik suatu zat. Tingkat toksisitas suatu senyawa berkaitan dengan dosis atau konsentrasinya. Zat dengan toksisitas tinggi dapat menyebabkan gejala keracunan yang parah dengan konsentrasi kecil. Bahaya suatu insektisida tergantung pada toksisitas insektisida, dosis, dan lama waktu paparan. Toksisitas dapat bersifat akut atau kronis. Toksisitas akut adalah kemampuan suatu zat untuk menyebabkan efek berbahaya yang timbul dengan cepat setelah paparan dalam waktu beberapa jam atau satu hari. Toksisitas kronis adalah kemampuan zat untuk menyebabkan efek berbahaya akibat paparan jangka panjang terhadap suatu zat (Pan, 2024).

Toksisitas akut diukur dengan nilai  $LC_{50}$  dan  $LC_{90}$ . Nilai  $LC_{50}$  mengukur toksisitas insektisida ketika hewan uji menghirup udara yang mengandung debu insektisida, uap, atau kabut semprotan. *Lethal concentration 50* ( $LC_{50}$ ) menunjukkan konsentrasi insektisida yang mematikan bagi 50% populasi hewan uji dan biasanya ditentukan berdasarkan durasi paparan tertentu. *Lethal concentration 90* ( $LC_{90}$ ) adalah konsentrasi insektisida yang dapat mematikan 90% populasi hewan uji. Lama paparan sangat penting karena periode paparan yang lebih singkat biasanya memerlukan konsentrasi insektisida yang lebih tinggi untuk menghasilkan efek toksik (Pan, 2024).

*Lethal time* adalah periode waktu yang dibutuhkan untuk membunuh suatu populasi hewan uji. *Lethal time 50* ( $LT_{50}$ ) adalah waktu paparan (dalam jam atau menit) yang diperlukan agar 50% dari populasi hewan uji yang diberi perlakuan dengan konsentrasi atau dosis tertentu mengalami kematian. *Lethal time 90* ( $LT_{90}$ ) adalah waktu yang diperlukan untuk membunuh 90% dari total populasi hewan uji (Atamanalp *et al.*, 2024).

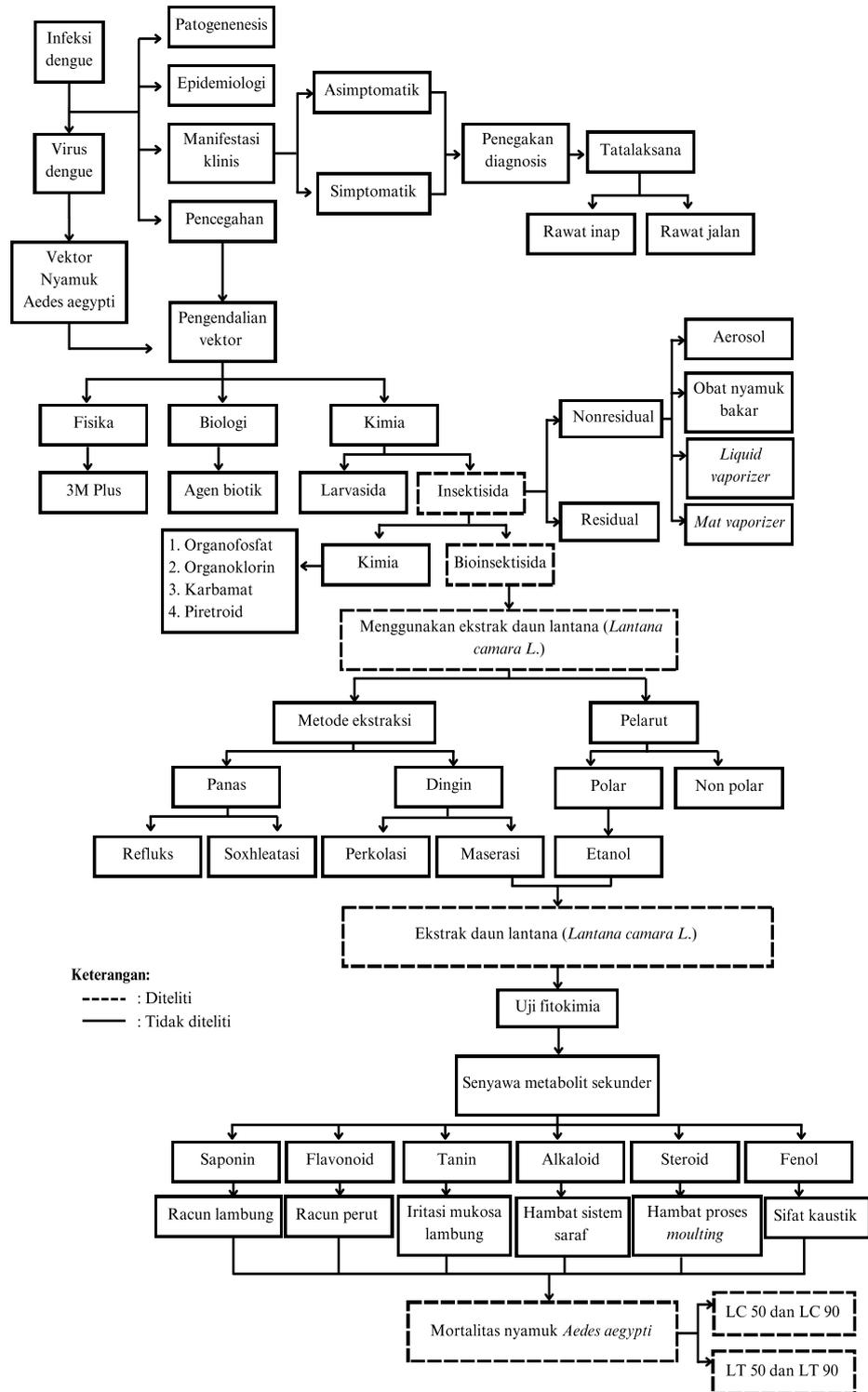
## 2.8. Efektivitas

Efektivitas merujuk pada sejauh mana suatu intervensi mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Efektivitas diukur berdasarkan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan input atau sumber daya yang digunakan. Efektivitas insektisida ditentukan oleh kemampuannya untuk membunuh target spesies, seperti nyamuk, dalam jumlah yang tinggi. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa insektisida dianggap efektif jika mampu menyebabkan kematian 80% hingga 95%. Angka kematian ini menunjukkan bahwa nyamuk tersebut masih rentan terhadap insektisida dan insektisida tersebut dapat digunakan secara efektif dalam pengendalian vektor (WHO, 2009).

Selain itu, dapat dengan membandingkan nilai *Lethal Concentration 50%* ( $LC_{50}$ ) dan *Lethal Concentration 90%* ( $LC_{90}$ ) dari insektisida lain yang telah dikenal efektif. Jika nilai LC dari insektisida baru lebih rendah daripada  $LC_{50}$  atau  $LC_{90}$  dari insektisida lain, maka insektisida baru tersebut lebih efektif. Hal

ini karena konsentrasi yang diperlukan lebih sedikit untuk mencapai tingkat kematian yang sama dibandingkan dengan insektisida yang telah ada. Sebaliknya, jika nilai LC dari insektisida baru lebih tinggi daripada LC<sub>50</sub> atau LC<sub>90</sub> dari insektisida lain, maka insektisida tersebut dianggap kurang efektif. Hal tersebut berarti bahwa untuk mencapai tingkat kematian yang sama, diperlukan konsentrasi yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa insektisida tersebut tidak seefektif insektisida yang sudah ada (Şengül dan Canpolat, 2022). Berdasarkan Nguta *et al.* (2022), kategori nilai LC50 dibagi menjadi beberapa tingkatan berdasarkan tingkat toksisitasnya. Senyawa dikategorikan sebagai *nontoxic* jika nilai LC50 >1000 mg/L, *weak toxic* jika nilai 500-1000 mg/L, *moderate toxic* jika nilai 100-500 mg/L, dan *very toxic* jika nilai <100 mg/L.

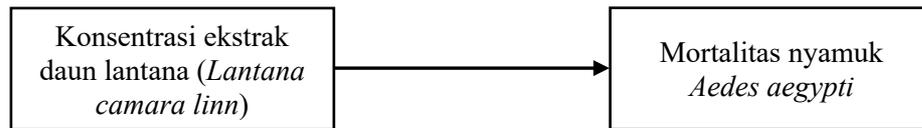
### 2.9. Kerangka Teori



Gambar 16. Kerangka Teori

(Apriyanto *et al.*, 2022; Agung, 2017; Hujjatusnaini *et al.*, 2017; Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012; Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017; Nugraheni *et al.*, 2023; Wahyuningsih *et al.*, 2024)

## 2.10. Kerangka Konsep



**Gambar 17.** Kerangka Konsep

Variabel bebas: Konsentrasi ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*)

Variabel terikat: Mortalitas nyamuk *Aedes aegypti*

## 2.11. Hipotesis

H0: Tidak terdapat perbedaan rata-rata mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* pada setiap kelompok perlakuan setelah diberikan ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dalam sediaan spray.

H1: Terdapat perbedaan rata-rata mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* pada setiap kelompok perlakuan setelah diberikan ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dalam sediaan spray.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1. Desain Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental untuk pengelompokan dan perlakuan terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. Data yang diukur adalah perlakuan ekstrak daun lantana dalam sediaan spray terhadap nyamuk *Aedes aegypti*.

### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **3.2.1. Tempat Penelitian**

- 1) Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung sebagai tempat mengekstrak daun lantana.
- 2) Laboratorium Terpadu FMIPA Universitas Lampung sebagai tempat rearing nyamuk *Aedes aegypti*.

#### **3.2.2. Waktu penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan September sampai dengan bulan Desember tahun 2024.

### **3.3. Populasi dan Sampel**

#### **3.3.1. Populasi Penelitian**

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah nyamuk uji, yaitu nyamuk *Aedes aegypti* yang dikembangbiakkan di Laboratorium

Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Telur nyamuk tersebut diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada media kertas saring.

### 3.3.2. Sampel

Besar pengambilan sampel pada penelitian ini berdasarkan panduan *World Health Organization Guidelines For Efficacy Testing Of Insecticides For Indoor and Outdoor Ground-Applied Space Spray Applications*, untuk penelitian laboratorium pada nyamuk dewasa adalah 25 ekor untuk tiap perlakuan dan dilakukan pengulangan perlakuan minimal sebanyak 4 kali. Proses pengulangan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan kesalahan serta meningkatkan akurasi hasil eksperimen. Jumlah pengulangan yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan rumus Federer, yaitu:

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

Keterangan:

r: jumlah pengulangan

t: jumlah kelompok perlakuan

Maka dapat dihitung untuk banyaknya sampel yang dapat dilakukan yaitu:

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(7-1)(r-1) \geq 15$$

$$(6)(r-1) \geq 15$$

$$6r-6 \geq 15$$

$$r \geq 3,5$$

$$r \geq 4$$

Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah pengulangan perlakuan sebanyak 4 kali.

### **3.4. Kriteria Penelitian**

#### **3.4.1. Kriteria Inklusi**

- A. Nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina.
- B. Nyamuk bergerak aktif.
- C. Nyamuk yang telah berumur lebih dari dua hari.

#### **3.4.2. Kriteria Eksklusi**

- A. Nyamuk mati sebelum perlakuan.
- B. Pupa yang tidak berubah menjadi imago.

### **3.5. Identifikasi Variabel Penelitian**

#### **3.5.1. Variabel Independen**

- A. Kontrol negatif dengan aquades
- B. Konsentrasi perlakuan ekstrak daun lantana sebesar 1,5%, 3%, 6%, 12%, dan 24%.
- C. Kontrol positif dengan sipermetrin

#### **3.5.2. Variabel Dependen**

Variabel dependen pada penelitian ini adalah mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* diberi perlakuan.

### 3.5.3. Definisi Operasional

Tabel 2. Tabel Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Skala Ukur	Hasil Ukur
<b>Konsentrasi ekstrak daun lantana (<i>Lantana camara linn</i>)</b>	Konsentrasi ekstrak daun lantana ( <i>Lantana camara linn</i> ) didapatkan dari hasil ekstraksi yang akan diberikan saat perlakuan	% $\frac{b}{v} \times 100\%$ b = berat daun lantana yang dibutuhkan (gr) v = volume total (ml)	= Rasio	Persen konsentrasi
<b>Mortalitas <i>Aedes aegypti</i> yang mati</b>	Banyaknya nyamuk <i>Aedes aegypti</i> yang mati setelah pemberian perlakuan.	Mortalitas (%) $= \frac{\sum m}{\sum t} \times 100\%$	Rasio	Persen mortalitas

## 3.6. Alat dan Bahan Penelitian

### 3.6.1. Alat Penelitian

1. Pipet
2. Baskom
3. Aspirator
4. Botol sprayer
5. Kandang nyamuk 30x30 cm
6. Paper cup
7. Kapas

### 3.6.2. Bahan Penelitian

1. Telur nyamuk *Aedes aegypti*
2. Daun lantana
3. Etanol 96%
4. Air

5. Aquades
6. Insektisida sipermetrin 0,01%
7. Air gula
8. Pellet ikan
9. Kertas saring

### **3.7. Prosedur Kerja**

#### **3.7.1. Pengumpulan Daun lantana (*Lantana camara linn*) dan Uji Determinasi**

Pengumpulan daun lantana dilakukan di dua lokasi, yaitu di Perumahan Korpri dan di Jalan Gang Pelangi, Kp. Baru, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung. Selanjutnya melakukan determinasi di Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas lampung. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian klasifikasi daun lantana yang telah diambil untuk keperluan penelitian.

#### **3.7.2. Ekstraksi Daun lantana (*Lantana camara linn*)**

Penelitian ini menggunakan daun lantana (*Lantana camara linn*) sebanyak 10 kg berat basah. Setelah dilakukan pengumpulan dan melewati uji determinasi, daun dibersihkan dari kotoran dengan air mengalir. Kemudian dikeringkan pada suhu kamar sampai benar-benar kering. Setelah kering, daun lantana ditumbuk menjadi serbuk sampai halus. Selanjutnya, dilakukan penyaringan bertingkat simplisia daun lantana (*Lantana camara linn*). Lakukan proses ekstraksi dengan metode maserasi pada simplisia daun lantana (*Lantana camara linn*). Serbuk simplisia diekstraksi dengan pelarut dalam maserator selama 24 jam. Simplisia dimasukan ke dalam toples kaca dan ditambahkan pelarut etanol 96% hingga sampel terendam sempurna. Setelah didiamkan selama 24 jam di suhu kamar, maserat dipisahkan, diuapkan, dan dipekatkan hingga diperoleh ekstrak kental yang akan digunakan untuk uji fitokimia. Residu maserasi pertama dapat dimaserasi hingga 2 kali

pengulangan menggunakan pelarut yang baru. Ekstrak dikumpulkan dan diuapkan menggunakan alat penguap vakum putar (*rotary evaporator*) hingga didapatkan ekstrak kental. Setelah mendapatkan ekstrak kental, masukkan kedalam oven dengan suhu 35-40<sup>0</sup>C untuk mendapatkan ekstrak dalam bentuk pasta.

### **3.7.3. Uji Bebas Alkohol**

Ekstrak kental dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 1 ml, lalu ditambahkan 2 tetes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 2 tetes asam asetat glasial kemudian dipanaskan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan etanol dalam ekstrak. Jika tidak ada bau ester khas dari etanol, maka ekstrak bebas etanol (Tivani *et al.*, 2021).

### **3.7.4. Uji Fitokimia**

Pengujian fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa yang terdapat dalam daun lantana sehingga dapat digunakan lebih lanjut. Setelah dilakukan ekstraksi, proses uji fitokimia dilakukan dengan menambahkan pelarut dan mengamati perubahan warna serta bentuk larutan. Pada penelitian ini uji fitokimia dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dengan rujukan yang digunakan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Artini *et al.* (2013).

#### **Uji Alkaloid**

Uji alkaloid dilakukan dengan menyiapkan ekstrak sampel sebanyak 2 gram lalu ditambahkan dengan HCl 2 N sebanyak 6 ml. Selanjutnya, larutan tersebut dipanaskan dan dibagi menjadi 3 tabung. Masing-masing tabung di teteskan dengan masing-masing reagensinya yaitu, reagen dragendroff, mayer, dan bouchardat. Hasil positif jika pada reagen dragendroff terbentuk endapan berwarna jingga, reagen mayer terbentuk endapan berwarna kuning, dan reagen bouchardat terbentuk endapan berwarna coklat atau kehitaman.

**Uji Flavonoid**

Uji flavonoid dilakukan dengan menyiapkan ekstrak sebanyak 0,5 gram lalu ditambahkan air dan larutan tersebut dipanaskan. Selanjutnya, tambahkan Mg sebanyak 0,1 gram dan HCl pekat sebanyak 3 tetes. Hasil positif apabila larutan tersebut terdapat perubahan warna menjadi merah atau kuning.

**Uji Saponin**

Ekstrak 0,5 gram ditambahkan dengan air lalu dipanaskan. Selanjutnya, ditambahkan etanol 5 ml dan dikocok hingga berbuih. Hasil positif jika terdapat busa stabil selama 5 menit.

**Uji Tanin**

Ekstrak 0,5 gram ditambahkan dengan aquades 5 ml lalu dipanaskan. Selanjutnya ditetaskan  $\text{FeCl}_3$  sebanyak 3 tetes. Hasil positif jika terdapat perubahan warna larutan menjadi hijau kehitaman atau biru kehitaman.

**Uji Fenol**

Ekstrak 0,5 gram ditambahkan dengan aquades 5 ml. Selanjutnya, ditetesi  $\text{FeCl}_3$  sebanyak 3 tetes. Hasil positif jika terdapat perubahan warna larutan menjadi hijau kehitaman atau biru kehitaman.

**Uji Steroid dan Terpenoid**

Ekstrak 0,5 gram ditambahkan dengan kloroform. Selanjutnya, ditambahkan asam sulfat dan asam asetat glasial. Hasil positif steroid jika terdapat perubahan warna menjadi hijau atau hijau kehitaman. Hasil positif terpenoid jika terdapat endapan berwarna merah.

### 3.7.5. Pembuatan Konsentrasi Ekstrak

Dalam tahap ini perlu menyiapkan ekstrak kental yang sudah dibuat. Untuk memperoleh ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dengan konsentrasi 1,5%, 3%, 6%, 12%, dan 24% dapat dilakukan pengenceran dengan rumus:

$$\% = \frac{b}{v} \times 100\%$$

Keterangan:

b: Massa ekstrak yang dibutuhkan (gram)

v: Volume larutan total (volume aquades + volume ekstrak) (mL).

?: Konsentrasi larutan yang diinginkan.

Dalam penelitian ini ditetapkan jumlah larutan total setiap konsentrasi adalah 100 ml.

**Tabel 3.** Jumlah Ekstrak Daun Lantana yang Dibutuhkan

Konsentrasi	Volume Total (ml)	Massa ekstrak (gr)	Vaquades = v-b (ml)
1,5%	100	1,5	98,5
3%	100	3	97
6%	100	6	94
12%	100	12	88
24%	100	24	76

- Konsentrasi 1,5% disiapkan dengan menambahkan aquades 98,5 ml ke dalam ekstrak daun lantana 1,5 gr.
- Konsentrasi 3% disiapkan dengan menambahkan aquades 97 ml ke dalam ekstrak daun lantana 3 gr.
- Konsentrasi 6% disiapkan dengan menambahkan aquades 94 ml ke dalam ekstrak daun lantana 6 gr.
- Konsentrasi 12% disiapkan dengan menambahkan aquades 88 ml ke dalam ekstrak daun lantana 12 gr.
- Konsentrasi 24% disiapkan dengan menambahkan aquades 76 ml ke dalam ekstrak daun lantana 24 gr.

### 3.7.6. Pembuatan Sediaan Spray

Setelah ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) dihomogenkan dengan pelarut dan terbentuk berbagai konsentrasi sebesar 1,5%, 3%, 6%, 12%, dan 24%. Selanjutnya dimasukkan ke dalam masing-masing botol spray dan ditutup rapat dengan jumlah larutan total setiap konsentrasi adalah 100 ml.

### 3.7.7. Rearing Nyamuk *Aedes aegypti*

Telur nyamuk *Aedes aegypti* diperoleh dari Institut Pertanian Bogor dalam bentuk kertas saring atau. Proses penetasan telur dimulai dengan merendam setiap lembar kertas saring ke dalam nampan berisi 1 liter air. Telur nyamuk *Aedes aegypti* dibiarkan menetas dan berkembang menjadi larva. Larva diberi makan dengan sejumlah pellet ikan pada hari pertama setelah penetasan.

Setelah larva berkembang menjadi pupa, pupa dipindahkan ke paper cup yang sudah diisi oleh air bersih. Pupa dipindahkan menggunakan pipet tetes ke dalam *paper cup*. Setiap *paper cup* berisikan 25 pupa dan dimasukkan ke dalam kandang nyamuk dewasa yang sudah dilengkapi dengan larutan air gula sebagai sumber makanan nyamuk.

Langkah pembuatan sumber makanan nyamuk adalah dengan melarutkan gula dengan air. Selanjutnya, lubangi *paper cup* dengan diameter 2,5 cm. Selanjutnya, menaruh kapas yang sudah diberikan larutan air gula di atas lubang tersebut.

### 3.7.8. Perlakuan Sampel

Berdasarkan hasil perhitungan sampel menggunakan rumus federer, jumlah seluruh sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

**Tabel 4.** Tabel Perlakuan Sampel

Perlakuan	Jumlah Nyamuk × Pengulangan	Total
Kontrol (-)	25 nyamuk × 4	100
Kontrol (+)	25 nyamuk × 4	100
Konsentrasi 1,5%	25 nyamuk × 4	100
Konsentrasi 3%	25 nyamuk × 4	100
Konsentrasi 6%	25 nyamuk × 4	100
Konsentrasi 12%	25 nyamuk × 4	100
Konsentrasi 24%	25 nyamuk × 4	100
<b>Jumlah</b>		<b>700</b>

### 3.7.9. Uji Efektivitas Insektisida

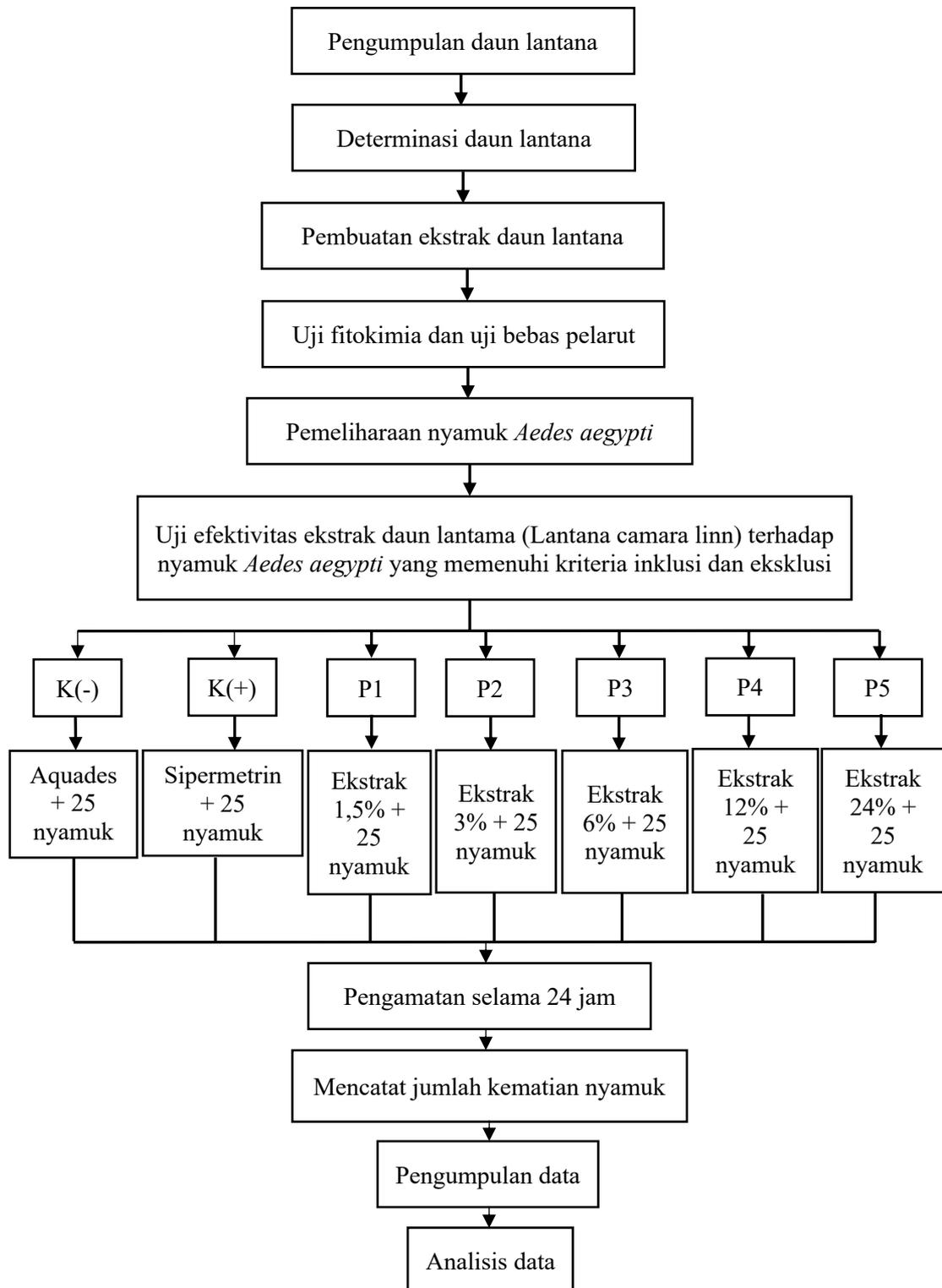
Berdasarkan *World Health Organization Guidelines For Efficacy Testing Of Insecticides For Indoor and Outdoor Ground-Applied Space Spray Applications*, proses pengamatan dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan cara:

1. Menyiapkan kandang nyamuk yang sudah berisikan 25 ekor nyamuk dewasa dan menempelkan kertas saring di tiap sisinya.
2. Mempersiapkan ekstrak daun lantana yang sudah diencerkan di dalam botol spray
3. Semprotkan ekstrak daun lantana ke masing-masing kandang nyamuk. Penyemprotan dilakukan pada kertas saring yang ada di setiap sisi kandang nyamuk. Volume yang disemprotkan berjumlah 5 mL untuk tiap konsentrasi dan kelompok perlakuan.
4. Amati setiap kelompok selama selama 24 jam.
5. Catat jumlah kematian nyamuk
6. Kemudian melakukan perhitungan untuk jumlah nyamuk yang mati dengan rumus mortalitas, sebagai berikut:

$$\% \text{ Mortalitas: } \frac{\text{Jumlah nyamuk yang mati}}{\text{Jumlah nyamuk yang diuji}} \times 100 \%$$

7. Perlakuan terhadap sampel uji dilakukan sebanyak 4x pengulangan. Sebuah konsentrasi dianggap efektif apabila persentase kematian nyamuk melebihi 50% (Winda *et al.*, 2022).

### 3.8. Alur Penelitian



**Gambar 18.** Alur Penelitian

### 3.9. Analisis data

Data dalam penelitian ini didapatkan dari hasil uji coba ekstrak daun lantana (*Lantana camara linn*) terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. Data yang terkumpul, yaitu jumlah nyamuk yang mati. Selanjutnya, akan diolah menggunakan program computer Ms. Excel untuk menghitung persentase mortalitas. Data tersebut akan dianalisis lebih lanjut menggunakan SPSS. Selanjutnya, akan diuji probit dan disajikan dalam bentuk tabel.

#### 3.9.1. Analisis Univariat

Hal ini bertujuan untuk menggambarkan distribusi dari data yang diperoleh. Analisis univariat dalam penelitian ini menggunakan *mean*.

#### 3.9.2. Uji Normalitas Data dan Uji Homogenitas Data

Uji normalitas data bertujuan untuk menentukan apakah distribusi data dalam suatu variabel sesuai dengan distribusi normal. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menguji normalitas adalah uji *Shapiro-Wilk* karena data dalam penelitian ini berjumlah  $<50$ . Keputusan dalam uji ini didasarkan pada nilai signifikansi (*p-value*). Jika hasil pengujian menunjukkan nilai  $p < 0,05$ , maka data dianggap tidak berdistribusi normal.

Sementara itu, uji homogenitas dilakukan untuk memastikan bahwa dua atau lebih kelompok sampel memiliki varians yang sama, sehingga dapat dibandingkan secara statistik. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menguji homogenitas adalah *Levene's Test*. Jika hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi  $< 0,05$ , maka dapat disimpulkan bahwa varians antar kelompok sampel tidak sama.

#### 3.9.3. Analisis Bivariat

Dalam penelitian ini, analisis bivariat dilakukan menggunakan uji *Kruskal-Wallis* yang merupakan metode non-parametrik untuk menguji

perbedaan signifikan antara dua atau lebih variabel independen terhadap variabel dependen. Uji ini digunakan sebagai alternatif dari *One-Way ANOVA*, terutama ketika data tidak memenuhi asumsi normalitas atau homogenitas varians. Jika hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan nilai  $p < 0,05$ , maka hipotesis alternatif ( $H_1$ ) diterima, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antar kelompok yang dibandingkan. Setelah itu, dilakukan uji *post hoc* untuk menentukan kelompok mana yang memiliki perbedaan signifikan.

#### **3.9.4. Analisis probit**

Analisis probit dilakukan untuk mengetahui dan menentukan *Lethal Concentration* ( $LC_{50}$  dan  $LC_{90}$ ) atau daya bunuh dan *Lethal Time* ( $LT_{50}$  dan  $LT_{90}$ ) atau waktu bunuh dari ekstrak daun lantana terhadap mortalitas nyamuk *Aedes aegypti*.

#### **3.10. Etika Penelitian**

Penelitian ini telah mendapatkan izin etik penelitian No.5101/UN26./PP.05.02.00/2024 Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang diterbitkan pada tanggal 11 November 2024 untuk melakukan penelitian.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian ini, ekstrak etanol daun lantana (*Lantana camara linn*) berpotensi sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. Hal ini ditandai oleh:

1. Ekstrak etanol daun lantana (*Lantana camara linn*) dalam sediaan spray menunjukkan perbedaan signifikan terhadap rerata mortalitas nyamuk *Aedes aegypti* di setiap kelompok perlakuan, dengan mortalitas nyamuk meningkat seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak.
2. Nilai LC<sub>50</sub> pada jam ke-24 adalah 2,616% (setara dengan 26.160 mg/L), sedangkan nilai LC<sub>90</sub> adalah 4,983% (setara dengan 49.830 mg/L). Berdasarkan kriteria toksisitas, nilai LC<sub>50</sub> ini tergolong *nontoxic* (>1000 mg/L) terhadap nyamuk *Aedes aegypti* sehingga ekstrak daun lantana pada penelitian ini disimpulkan memiliki potensial yang sangat rendah sebagai bioinsektisida.
3. Semakin tinggi konsentrasi, waktu untuk mencapai LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> semakin singkat. Konsentrasi 24% menghasilkan LT<sub>50</sub> 5,010 jam dan LT<sub>90</sub> 11,439 jam. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi yang efektif dalam membunuh nyamuk berdasarkan LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> adalah 24%.

#### **5.2. Saran**

1. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mencakup pengujian toksisitas ekstrak etanol daun lantana terhadap organisme non-target dan lingkungan sekitar untuk memastikan keamanan bioinsektisida dalam penggunaan

jangka panjang. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap potensi efek residu dan stabilitas senyawa dalam berbagai kondisi lingkungan.

2. Untuk meminimalkan variabilitas kandungan senyawa aktif akibat perbedaan lingkungan, disarankan untuk mengambil daun lantana dari satu lokasi yang memiliki ketersediaan cukup untuk seluruh kebutuhan penelitian.
3. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan untuk menentukan kondisi penyimpanan yang optimal bagi ekstrak daun lantana untuk meminimalkan degradasi senyawa aktif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, N. 2017. Buku Ajar: Teknologi Bahan Alam. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Alexander, Sari, M.P., Susilowati, R.P. 2022. Bioinsektisida dalam Bentuk Aerosol Terhadap Mortalitas *Aedes aegypti*. Jurnal Kedokteran Meditek. 28(2): 186–192. <https://doi.org/10.36452/jkdoktmeditek.v28i2.2091>
- Apriyanto, A., Balaka, K.I., Zulkarnain, R.A. 2022. Uji Efektivitas Ekstrak Daun lantana (*Lantana camara linn*) Dalam Bentuk Granul Pada Bunga Pink Terhadap Kematian Larva Aedes sp. Jurnal Analis Kesehatan Kendari. 4(2): 29-36. <https://doi.org/10.46356/jakk.v4i2.188>
- Araújo, M.F., Castanheira, E.M.S., Sousa, S.F. 2023. The Buzz on Insecticides: A Review of Uses, Molecular Structures, Targets, Adverse Effects, and Alternatives. Molecules 28(8): 3641. <https://doi.org/10.3390/molecules28083641>
- Armayanti, A., & Rasjid, A. 2019. Efektivitas Ekstrak Daun Mengkudu Dengan Metode Spray Dalam Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti*. Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat. 19(2): 157-161. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v19i2.1349>
- Asril, M., Wahidah, Lismaini, Ginting, M. S., Suryanti, E., Wati, C., Aksan, M., & Joeniarti, E. 2022. Pengelolaan Hama Terpadu. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Atamanalp, M., Alak, G., Uçar, A., Parlak, V. 2024. Aquatic Toxicology in Freshwater: The Multiple Biomarker Approach. Switzerland: Springer Water.

- Aulya, M. S., & Tanjung, A. 2024. Efektivitas Ekstrak Daun Patilawa (*Lantana Camara Linn*) sebagai Insektisida Terhadap Kematian *Aedes Sp.* Jurnal Kolaboratif Sains. 7(8): 2871-2878.
- Azratul-Hizayu, T., Chen, C.D., Azrizal-Wahid, N., Sofian-Azirun, M., Chew, F.P., Low, V.L. 2021. Knowledge, Attitudes, and Practices on the Use of Household Insecticide Products: Is the Awareness in Place?. Journal of Integrated Pest Management. 12(1): 48. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab040>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2023. Pedoman Penyiapan Bahan Baku Obat Bahan Alam Berbasis Ekstrak/ Fraksi. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia
- Bennett, J.E., Blaser, M.J., Dolin, R. 2015. Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice Of Infectious Diseases Eight Edition. Canada: Elsevier.
- Cahyani, D.N., Asngad, A. 2020. Efektivitas Ekstrak Daun lantana dengan Penambahan Daun Cengkeh dalam Bentuk Spray sebagai Bioinsektisida terhadap Mortalitas Nyamuk. In Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek). pp. 568-572.
- Cahyati, W. H., & Nuryanti, S. (2021). Potensi Elektrik Mat Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum L*) sebagai Upaya Pengendalian Vektor Nyamuk *Aedes aegypti*. Higeia Journal of Public Health Research and Development, 5(1): 171-181.
- CDC. 2024. Mosquito Life Cycle *Aedes aegypti*. <https://www.cdc.gov/mosquitoes/about/life-cycle-of-aedes-mosquitoes>. Diakses pada 15 Agustus 2024.
- Das, Sumitra. 2022. Biopesticides: A Green Approach Towards Healthy Crop Production. Everyman's Science. 57(2).
- Dinas Kesehatan Provinsi Lampung. 2023. Profil Kesehatan Provinsi Lampung. Lampung: Dinas Kesehatan Provinsi Lampung.
- Hujjatusnaini, M.P., Ardiansyah, Indah, B., Afitri, E., Widyastuti, R. 2021. Buku Referensi Ekstraksi. Palangkaraya: Insitut Agama Islam Negeri Palangkaraya.

- Eljarrat, E. 2020. Pyrethroid Insecticides. Switzerland: Springer.
- Eka, R., Moerfiah, Triastinumiatianingsih. 2018. Potensi Ekstrak Daun Karuk (*Piper sarmentosum*) Sebagai Insektisida Nabati Hama Ulat Grayak. *Ekologia : Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup*. 20(1): 40–44. <https://doi.org/10.33751/ekol.v18i2.1626>
- Farida, L., Ratnasari, E. 2019. Pengaruh Asap Cair Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*) terhadap Mortalitas Kutu Daun (*Aphis gossypii*). *Lentera Bio*. 8(1): 44-49.
- Frida, 2020. Mengenal Demam Berdarah Dengue Edisi 2. Semarang: Alprin.
- Handayani, D. 2024. Uji Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* terhadap Cypermethrin 0,05% di Pelabuhan Sungai Duku Pekanbaru. *Jurnal Kesehatan Komunitas*. 9(3): 624-629. <https://doi.org/10.25311/keskom.vol9.iss3.1574>
- Indriyani, D.P.R., Gustawan, I.W. 2020. Manifestasi klinis dan penanganan demam berdarah dengue grade 1: sebuah tinjauan pustaka. *Intisari Sains Medis*. 11(3): 1015-1019. <https://doi.org/10.15562/ism.v11i3.847>
- Kandi, J., Almet, J. and Ndaong, N. 2023. Studi Literatur Status Resistensi *Aedes sp.* Terhadap Larvasida di Indonesia. *Jurnal Veteriner Nusantara*. 6(1): 115-127. doi: 10.35508/jvn.v6i1.5843.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Pedoman Pencegahan Dan Pengendalian Demam Berdarah Dengue Di Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2023. Profil Kesehatan Indonesia 2024. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2012. Pedoman Penggunaan Insektisida (pestisida) Dalam Pengendalian Vektor. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kurniawati, Putri. 2017. Aplikasi Pemamfaatan Daun Pepaya (*Calica papaya*) Sebagai Biolarvasida Terhadap larva *Aedes aegypti*. Kediri: Universitas Nusantara PGRI.
- Kurniawati, R.D., Ekawati, E. 2020. Analisis 3M Plus Sebagai Upaya Pencegahan Demam Berdarah Dengue di Wilayah Puskesmas Margaasih

- Kabupaten Bandung. *Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*. 12 (1): 1-10.  
<https://doi.org/10.22435/vk.v12i1.1813>
- Labibah Fara Anindya, Fitriyani, N.L., Jaya Maulana, Hairil Akbar. 2023. Efektivitas Spray Bioinsektisida Terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*: Literature Review. *Promotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 13(2), 66- 73.  
<https://doi.org/10.56338/promotif.v13i2.4543>
- Laksono, F.W., Sari, N.L.S., Salsabila, S., Kurniasari, L. 2022. Pengaruh Insektisida Alami Ekstrak Daun Jelatang (*Urtica Dioica L.*) Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*. 12(1): 1-8. <https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7136>
- Lees, R. S., Fornadel, C., Snetselaar, J., Wagman, J., & Spiers, A. (2023). Insecticides for Mosquito Control: Improving and Validating Methods to Strengthen the Evidence Base. In *Insects* (Vol. 14, Issue 2).  
<https://doi.org/10.3390/insects14020116>
- Lesmana, S.D., Maryanti, E., Haslinda, L., Jazila, A., Mislindawati, M. 2021. Resistensi *Aedes aegypti* Terhadap Insektisida: Studi pada Insektisida Rumah Tangga. *Jurnal Ilmu Kedokteran (Journal of Medical Science)*. 15(2): 63-68. <https://doi.org/10.26891/jik.v15i2.2021.63-68>
- Madke, G., Bhutkar, K., Chaudhari, S.R. 2024. Overview on Lantana Camara Showing Various Pharmacological Benefits. *IARJSET*. 11(1): 86-92.  
<https://doi.org/10.17148/iarjset.2024.11110>
- Matsuo, N. 2019. Discovery and development of pyrethroid insecticides. In *Proceedings of the Japan Academy Series B: Physical and Biological Sciences* 95(7): 378-400. <https://doi.org/10.2183/pjab.95.027>
- Ministry of Health. 2022. National Guideline for Clinical Management of Dengue 2022. Timor Leste: World Health Organization Democratic Republic of Timor-Leste.
- Morais, J. 2023. Percolation for Herbal Alcohol Extract. <https://joanmorais.com/percolation-herbal-alcohol-extract/>. Diakses pada 26 Agustus 2024.
- Narang, J., Khanuja, M. 2020. *Small Bite, Big Threat: Deadly Infections Transmitted by Aedes Mosquitoes*. Singapore: Jenny Stanford.

- Nawarathne, M., & Dharmarathne, C. 2024. Control of dengue larvae of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* using the larvicidal bioactive compounds in different plant extracts and plant extract-mediated nanoparticles. *Tropical Medicine and Health*. 52: 95.
- Nea, F., Kambiré, D. A., Genva, M., Tanoh, E. A., Wognin, E. L., Martin, H., Brostaux, Y., Tomi, F., Lognay, G. C., Tonzibo, Z. F., & Fauconnier, M. L. 2020. Composition, seasonal variation, and biological activities of *lantana camara* essential oils from Côte d'Ivoire. *Molecules*. 25(10). <https://doi.org/10.3390/molecules25102400>
- Ningsih, I. S., Chatri, M., Advinda, L., & Violita. 2023. Senyawa Aktif Flavonoid yang Terdapat Pada Tumbuhan. *Serambi Biologi*. 8(2):125-132.
- Nugraheni, E., Rizqoh, D., Sundari, M. 2023. Manifestasi Klinis Demam Berdarah Dengue (DBD). *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan: Publikasi Ilmiah Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*. 10(3): 267-274. <https://doi.org/10.32539/jkk.v10i3.21425>
- Nuraini, D., Ratnasari, E. 2021. Efektivitas Biopestisida Ekstrak Daun *lantana* (*Lantana camara*) terhadap Hama Penggerek Batang (*Ostrinia furnacalis*). *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*. 9(1): 1-5. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n1.p1-5>
- OECD. 2018. Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 8: OECD Consensus Document of the Biology of Mosquito *Aedes aegypti*, Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264302235-en>.
- Oluah, N., & Ezeabiakwa, O. 2013. Evaluation of Larvicidal Activity of Leaf Extract of *Lantana camara* (Family: Verbenaceae) Against the *Aedes aegypti* Mosquito. *Bio-Research*, 9(2): 768-774. <https://doi.org/10.4314/br.v9i2.98408>
- Orji, E.A., Ejere, V.C., Orji, C.T., Anorue, E.C., Ossai, N.I., Ojua, E.O., Nwani, C.D. and Eyo, J.E.. 2024. Phytochemical Profiling and GC-MS Analysis of *Lantana camara* linneaf Extract. *Tropical Journal of Natural Product Research*. 8(7): 7920-7927.

- Pan, A. 2024. Dictionary of Toxicology. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R. 2022. Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 13). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- Prasetyo, E., Wahyudi, A., Murni, N. 2023. Analisis Faktor Determinan yang Berhubungan Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue Di Wilayah Kerja Dinas Kesehatan. *Jurnal 'Aisyiyah Palembang*. 8(1): 203-222.
- Purba, I., Sitorus, R. 2019. Determinants Behavior of Household Insecticide Use in Subdistrict Indralaya Ogan Ilir, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 10(2): 101–111.
- Purba, I.G., Sunarsih, E., Septiawati, D., Sitorus, R.J., Lionita, W. 2020. Keluhan Kesehatan Subjektif Pada Masyarakat Pengguna Insektisida Antinyamuk di Kecamatan Indralaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 19(1):35-44. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.1.35-44>
- Purwani, N. P. A. E. N., & Swastika, I. K. 2018. Efektivitas Ekstrak Ethanol Daun Kemangi (*Ocimum Sanctum*) Sebagai Insektisida Terhadap Nyamuk *Aedes Aegypti*. *E-Jurnal Medika*. 7(12)
- Rao, S. R., Chitra, G. A., Elavarasu, G., Kamaraj, P., Kaliaperumal, K., & Kaur, P. (2022). Exposure to mosquito coil and biomass fuel smoke and respiratory health in rural Tamil Nadu, India. *Journal of Public Health (United Kingdom)*, 44(3). <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdab119>
- Sari, Y., A., R., Muin, H. 2020. Breeding Place and Resting Place Factor on DHF (Social Culture) Events In The Working Area of Pangkajene Sidrap District Maritanggae. *Higiene: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 6(3): 121-128.
- Schaefer, T.J., Panda, P.K., Wolford, R.W. 2024. Dengue Fever. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Şengül Demirak MŞ, Canpolat E. 2022. Plant-Based Bioinsecticides for Mosquito Control: Impact on Insecticide Resistance and Disease

- Transmission. *Insects*. 13(2):162. doi: 10.3390/insects13020162. PMID: 35206735; PMCID: PMC8878986.
- Service, M. (2012). *Medical Entomology For Students (Fifth)*. Cambridge University Press.
- Shah, M., Alharby, H.F., Hakeem, K.R. 2020. Lantana camara: A Comprehensive Review on Phytochemistry, Ethnopharmacology and Essential Oil Composition. *Letters in applied nanobioscience*. 9(3): 1199-1207. <https://doi.org/10.33263/LIANBS93.11991207>
- Sharma, V., Sharma, A., Joshi, S., Ojha, P., Soni, S., Saxena, A., & Vyas, S. 2024. Human health risks to the use of chemical mosquito repellents: A review. *International Journal of Mosquito Research*. 11(1): 161-167. <https://doi.org/10.22271/23487941.2024.v11.i1c.757>
- Sukaningtyas, R., Udijono, A., Martini, M., Hestinationsih, R. 2020. Praktik Penggunaan Insektisida Rumah Tangga Di Area Buffer Pelabuhan Tanjung Emas Wilayah Kerja Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 8(6): 756-751.
- Sutriyawan, A. 2021. Pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD) melalui pemberantasan sarang nyamuk. *Journal of Nursing and Public Health*. 9(2): 1-10. <https://doi.org/10.37676/jnph.v9i2.1788>
- Wagh, A.R., Ingale, Y.N., Narkhedkar, P.S., Bhujbal, O.S., Survase, Y.D. 2023. Lantana Camara: A Valuable Medicinal Plant. *International Journal of Novel Research and Development*. 8(3): 462-475.
- Wahyuningsih, S., Yunita, I., Sundari, U.Y. 2024. *Ekstraksi Bahan Alam. Padang: Gita Lentera*.
- Wang, W.H., Urbina, A.N., Chang, M.R., Assavalapsakul, W., Lu, P.L., Chen, Y.H., Wang, S.F. 2020. Dengue hemorrhagic fever – A systemic literature review of current perspectives on pathogenesis, prevention and control. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*. 53(6): 963-978. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.007>
- Wardani, I.G.A.A.K., Rahayu, N.P.S., Udayani, N.N.W. 2022. Efektivitas Sediaan Spray Ekstrak Bunga Tembelekan (*Lantana Camara L.*) Sebagai Repellent Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Ilmiah Medicamento*. 8(1): 8- 13.

- WHO. 2009. Guidelines for Efficacy Testing of Household Insecticide Products. Geneva: World Health Organization.
- WHO. 2023. Dengue and Severe Dengue. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. Diakses pada 15 Agustus 2024.
- Willian, N., Pardi, H. 2022. Buku Ajar Pemisahan Kimia Sebuah Pengantar Pada Aspek Kemaritiman. Riau: Umrah Press.
- Wulandari, K., Ahyanti, M. 2018. Efektivitas Ekstrak Biji Bintaro (Cerbera manghas) sebagai Larvasida Hayati pada Larva *Aedes aegypti* Instar III. Jurnal Kesehatan. 9(2): 218-224. <https://doi.org/10.26630/jk.v9i2.88>