

**SKRIPSI  
TAHUN 2023**

**ANALISIS RESISTENSI NYAMUK *Aedes aegypti* TERHADAP  
*PERMETHRIN* DI KOTA MAKASSAR TAHUN 2023**



**Muhammad Ilma Darajat**

**C011201142**

**Pembimbing:**

**Prof. dr. Syafruddin, Ph.D.**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN  
TAHUN 2023**

**ANALISIS RESISTENSI NYAMUK *Aedes aegypti* TERHADAP  
PERMETHRIN DI KOTA MAKASSAR TAHUN 2023**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada Universitas Hasanuddin Untuk  
Melengkapi Salah Satu Syarat Mencapai Gelar  
Sarjana Kedokteran**

**Muhammad Ilma Darajat  
C011201142**

**Pembimbing:  
Prof. dr. Syafruddin, Ph.D.  
NIP. 19600516 198601 1 002**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

## HALAMAN PENGESAHAN

Telah disetujui untuk dibacakan pada seminar akhir di bagian Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dengan judul :

**“Analisis Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap *Permethrin* di Kota Makassar Tahun 2023”**

Hari/tanggal : Selasa, 12 Desember 2023

Waktu : 09.30 WITA

Tempat : Ruang Pertemuan Dept Parasitologi

Makassar, 12 Desember 2023

Pembimbing

  
**Prof. dr. Syafruddin, Ph.D**  
**NIP. 19600516 198601 1 002**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Ilma Darajat

NIM : C011201142

Fakultas / Program Studi: Kedokteran / Pendidikan Dokter Umum

Judul Skripsi : Analisis Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap *Permethrin* di Kota Makassar Tahun 2023

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana kedokteran pada Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin

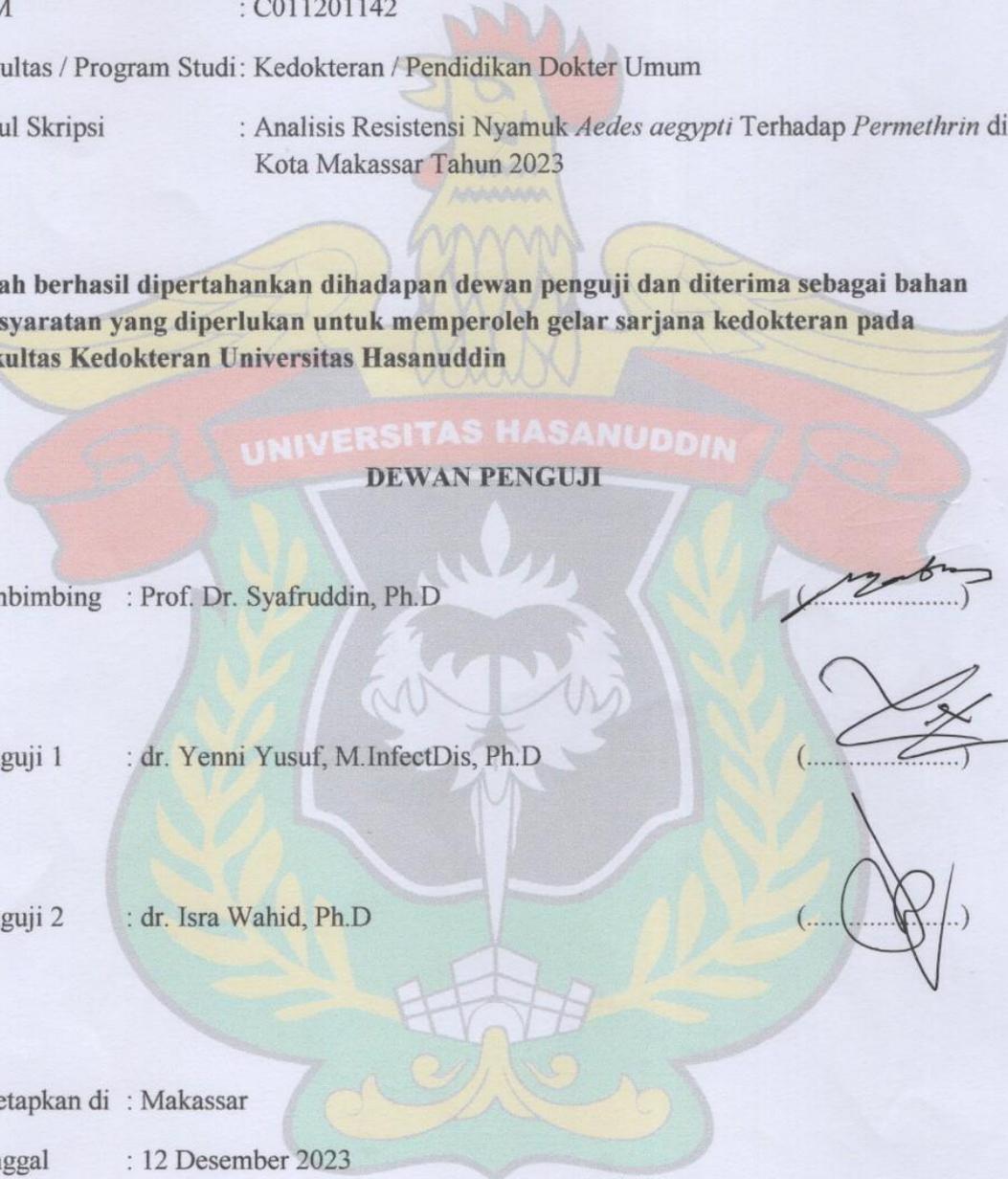
Pembimbing : Prof. Dr. Syafruddin, Ph.D

Penguji 1 : dr. Yenni Yusuf, M.InfectDis, Ph.D

Penguji 2 : dr. Isra Wahid, Ph.D

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 12 Desember 2023



UNIVERSITAS HASANUDDIN  
DEWAN PENGUJI

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

“Analisis Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap Insektisida *Permethrin* di Kota  
Makassar Tahun 2023”

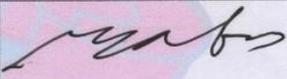
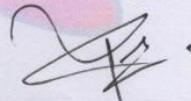
Disusun dan Diajukan Oleh

Muhammad Ilma Darajat

C011201142

Menyetujui

Panitia Penguji

No	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	Prof. Dr. Syafruddin, Ph.D	Pembimbing	
2	dr. Yenni Yusuf, M.InfectDis, Ph.D	Penguji 1	
3	dr. Isra Wahid, Ph.D	Penguji 2	

Mengetahui

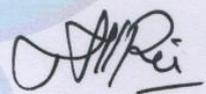
Wakil Dekan Bidang Akademik dan  
Kemahasiswaan



Dr. dr. Agussalim Bukhari, M.Clin.Med., Ph.D.,  
Sp.GK(K)

NIP. 197008211999931001

Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran  
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin



dr. Ririn Nislawati, M.Kes., Sp.M  
NIP. 198101182009122003

**BAGIAN PARASITOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

TELAH DISETUJUI UNTUK DICETAK DAN DIPERBANYAK

**Judul Skripsi :**

**“Analisis Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap *Permethrin* di Kota Makassar tahun 2023”**

**Makassar, 12 Desember 2023**

**Pembimbing**

**Prof. dr. Syafruddin, Ph.D**  
**NIP. 19600516 198601 1 002**

## HALAMAN PERNYATAAN ANTI PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ilma Darajat

NIM : C011201142

Fakultas/Program Studi : Kedokteran/Pendidikan Dokter

Dengan ini saya menyatakan bahwa seluruh skripsi ini adalah hasil karya saya. Apabila ada kutipan atau pemakaian dari hasil karya orang lain baik berupa tulisan, data, gambar, atau ilustrasi baik yang telah dipublikasikan atau belum dipublikasikan telah direferensikan sesuai ketentuan akademik

Saya menyadari plagiarisme adalah kejahatan akademik dan melakukannya akan menyebabkan sanksi yang berat berupa pembatalan skripsi dan sanksi akademik yang lain.

Makassar, 19 Desember 2023

Penulis,



Muhammad Ilma Darajat

NIM C011201049

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah S.W.T. karena atas ridhonya maka kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Adapun judul skripsi yang kami ajukan adalah “**Analisis Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap *Permethrin* Di Kota Makassar Tahun 2023**”.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan di Fakultas Kedokteran Umum Universitas Hasanuddin. Kami tidak dapat menyangkali bahwa dibutuhkan usaha yang keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun, karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta di sekeliling saya yang mendukung dan membantu. Terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Dr.Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK, FINASIM, Selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin,
2. Prof. dr. Syafruddin, Ph.D. selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan berbagai pengalaman kepada penulis.
3. Dr. Yenni Yusuf, M.InfectDis, Ph.D dan dr. Isra Wahid, Ph.D selaku dosen penguji yang juga telah memberikan arahan dan kritikan yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Pak Dendi Hadi Permana, Ibu Lepa Syahrani, dan seluruh staf Laboratorium Malaria dan Resistensi Vektor LP2M Universitas Hasanuddin yang telah membimbing dan membantu penulis serta bantuan fasilitas yang menunjang penelitian ini.
5. Segenap Dosen Fakultas kedokteran Umum Universitas Hasanuddin yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama kuliah dan seluruh staf yang selalu sabar melayani segala administrasi selama proses penelitian ini.
6. Nyamuk-mate, Nabilah Puteri Larassaphira dan Nurul Magfirah selaku teman penulis yang selalu bersama-sama mengambil dan menjalankan penelitian.
7. ATLAS, teman-teman Asisten Dosen Anatomi angkatan 2020 yang telah bersama-sama membimbing dan berjuang selama masa bakti.
8. Anti Impostor Club, Ismail, Muhammad Kurniawan, Nilpa Triyana, Humaira, dan Farah Fakhitha Syam selaku sahabat atas belajar dan kebersamaannya selama preklinik.
9. Siti Fatimah Azzahrah Hakim, Kharisma Fatikhah Adinda Paramitha Wibowo, Andi Nuzul Reski Qamaria, Joane Joys, dan Angga Pranata Purba selaku teman atas kebersamaannya selama preklinik.
10. Adik-adik Pra-Inauguras 2022 atas perjuangan dan kebersamaannya selama Inaugurasi dan Apresiasi Seni 2022.
11. Adik-adikku, Nurul Ilmi Ridwan, Andi Rifdah Ananda Zahra, dan Muhammad Nurrisyahdi yang bersama-sama berjuang menempuh pendidikan dokter.

12. Teman-teman KKN-PK Universitas Hasanuddin Angkatan 63 Desa Bentang, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar atas kebersamaan dan perjuangannya selama KKN.
13. Teman-teman KKN-T Universitas Hasanuddin Gelombang 110 Desa Bentang, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar atas bantuan dan kebersamaannya selama KKN.
14. M2F, HMI Komisariat Kedokteran Unhas Cabang Makassar Timur, AMSA-Unhas, MYRC, dan BEM INKLUSIF sebagai tempat penulis untuk mengembangkan potensi diri dan mengimplementasikan kemampuan dan pengetahuan selama masa prelinik.
15. Segenap teman-teman AST20GLIA (2020) dan semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.
16. Kepada kedua orang tua kami, bapak Dr. Ir. Ridwan, MP, dan Ibunda Dr. Ir. Idawarni Asmal, MT, dan juga adik-adik tercinta Nurul Ilmi Ridwan dan Nur Ilmu Ramadhansyah atas kasih sayang, perhatian, dan pengertian yang diberikan selama kami melakukan kegiatan Tugas Akhir (Skripsi ini).

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Allah Swt. dan akhirnya saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang saya miliki. Untuk itu saya dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak demi membangun laporan penelitian ini.

Makassar, 12 Desember 2023

Muhammad Ilma Darajat

## DAFTAR ISI

JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ANTIPLAGIARISME.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Kajian Pustaka.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1. Bagi Peneliti.....	5
1.5.2. Bagi Institusi.....	5
1.5.3. Bagi Pemerintah.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. <i>Aedes aegypti</i> .....	6
2.1.1. Klasifikasi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	6
2.1.2. Morfologi.....	7
2.1.3. Siklus Hidup.....	8
2.1.3.1. Fase Telur.....	9
2.1.3.2. Fase Larva.....	9
2.1.3.3. Fase Pupa.....	10
2.1.3.4. Fase Dewasa (imago).....	11
2.1.4. Habitat.....	12
2.2. Pengendalian Nyamuk.....	12
2.3. Insektisida.....	14
2.4. Piretroid.....	15

2.4.1. Permethrin.....	16
2.5. Resistensi Insektisida.....	17
2.5.1. Resistensi Piretroid.....	17
2.5.1.1. Resistensi Permethrin.....	18
<b>BAB 3. KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEPTUAL.....</b>	<b>20</b>
3.1. Kerangka Teori.....	20
3.2. Kerangka Konsep.....	21
3.3. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	21
3.4. Hipotesis.....	22
3.4.1. Hipotesis Kerja.....	22
3.4.2. Hipotesis Nol.....	22
<b>BAB 4. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
4.1. Desain Penelitian.....	23
4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
4.2.1. Lokasi.....	23
4.2.2. Waktu Penelitian.....	23
4.3. Populasi dan Sampel Penelitian.....	24
4.3.1. Populasi.....	24
4.3.2. Sampel.....	24
4.4. Teknik Pengumpulan Data.....	25
4.5. Teknik Pengumpulan Data.....	25
4.6. Jenis Data dan Instrumen Penelitian.....	25
4.6.1. Jenis Data.....	25
4.6.2. Instrumen Penelitian.....	25
4.7. Bahan dan Alat.....	25
4.8. Variabel Penelitian.....	26
4.9. Tahapan Riset.....	26
4.10.    Prosedur Penelitian.....	27
4.10.1. Pengambilan Sampel Larva.....	27
4.10.2. Pembiakan <i>Ae. Aegypti</i> .....	27
4.10.3. Uji Kerentanan Permethrin.....	27
4.11.    Pengolahan Data.....	28

4.12. Penafsiran dan Penyimpulan Hasil Penelitian .....	29
4.13. Jadwal Kegiatan.....	29
<b>BAB 5. HASIL PENELITIAN</b>	
5.1. Tinjauan Umum dan Kasus DBD .....	30
5.1.1. Tinjauan Umum Puskesmas Pampang.....	30
5.1.2. Tinjauan Umum Puskesmas Mangasa.....	30
5.2. Kasus DBD di Kota Makassar.....	31
5.2.1. Kasus DBD di Puskesmas Pampang.....	32
5.2.2. Kasus DBD di Puskesmas Mangasa.....	33
5.3. Hasil Survei Larva.....	34
5.3.1. Gambaran Keberadaan Larva.....	34
5.3.2. Gambaran Karakteristik Responden.....	35
5.3.3. Gambaran Pengetahuan Responden terhadap Penyakit DBD.....	36
5.3.4. Gambaran Kebiasaan Responden terhadap Pengendalian Penyakit DBD.....	40
5.3.5. Gambaran Kebiasaan Responden terkait Pemakaian Obat Nyamuk Komersial dan Kebiasaan Fogging/Pengasapan di Lingkungan Sekitar.....	41
5.4. Uji Kerentanan <i>Ae. aegypti</i> terhadap <i>Permethrin</i> .....	44
5.5. Uji Intensitas Resistensi <i>Ae. aegypti</i> terhadap <i>Permethrin</i> .....	47
5.5.1. Uji Intensitas Resistensi <i>Ae. aegypti</i> 0,0075% dari Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa.....	47
5.5.2. Uji Intensitas Resistensi <i>Ae. aegypti</i> 0,015% dari Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa.....	50
<b>BAB 6. PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
6.1. Kasus DBD di Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa.....	53
6.2. Hasil Survei Larva di Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa....	54
6.3. Pelaksanaan Uji Resistensi Nyamuk <i>Ae. aegypti</i> terhadap <i>Permethrin</i> ...	55
<b>BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>59</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR TABEL

No Tabel	Judul Tabel	Hal
<b>Tabel 1</b>	Keaslian Penelitian	3
<b>Tabel 2</b>	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	21
<b>Tabel 3</b>	Jadwal Kegiatan	29
<b>Tabel 4</b>	Distribusi Frekuensi DBD berdasarkan Jenis Kelamin di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang Tahun 2022	32
<b>Tabel 5</b>	Distribusi Frekuensi DBD berdasarkan Jenis Kelamin di Wilayah Kerja Puskesmas Mangasa Tahun 2022	33
<b>Tabel 6</b>	Distribusi Keberadaan Larva di Dalam Rumah Warga di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa Tahun 2022	34
<b>Tabel 7</b>	Gambaran Karakteristik Responden di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa	35
<b>Tabel 8</b>	Pernah tidaknya responden mendapat informasi mengetahui penyakit DBD	36
<b>Tabel 9</b>	Sumber informasi responden mengenai penyakit DBD	37
<b>Tabel 10</b>	Pengetahuan Resonden Terkait Nyamuk sebagai Vektor Penyebab Penyakit DBD	37
<b>Tabel 11</b>	Pengetahuan Responden Terkait Cara Pengendalian Penyakit DBD	38
<b>Tabel 12</b>	Kebiasaan Responden terhadap Pengendalian Nyamuk	40
<b>Tabel 13</b>	Kebiasaan Responden terkait Pemakaian Obat Nyamuk Komersial	41
<b>Tabel 14</b>	Kebiasaan <i>Fogging</i> /Pengasapan di Lingkungan Sekitar	43
<b>Tabel 15</b>	Hasil Uji Kerentanan Nyamuk di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0015%	44
<b>Tabel 16</b>	Hasil Uji Kerentanan Nyamuk di Wilayah Kerja Puskesmas Mangasa terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0015%	45
<b>Tabel 17</b>	Jumlah Nyamuk Mati Periode Akhir Paparan di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa	46
<b>Tabel 18</b>	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0075%	47
<b>Tabel 19</b>	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah Kerja Puskesmas Mangasa terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0075%	48
<b>Tabel 20</b>	Jumlah Nyamuk Mati Periode Akhir Paparan di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa	49
<b>Tabel 21</b>	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah Kerja Puskesmas Pampang terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.015%	50

<b>Tabel 22</b>	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah Kerja Puskesmas Mangasa terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.015%	51
<b>Tabel 23</b>	Jumlah Nyamuk Mati Periode Akhir Paparan di Wilayah Kerja Puskesmas Mangasa	53

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	Hal
Gambar 1	Taksonomi <i>Ae. aegypti</i> (ITIS, 2014)	6
Gambar 2	<i>Ae. aegypti</i> (Rueda, 2004)	8
Gambar 3	Toraks <i>Ae. aegypti</i> dan <i>Ae. albopictus</i> (WRBU, 2021a dan WRBU, 2022b)	8
Gambar 4	Siklus hidup <i>Ae. aegypti</i> (CDC, 2022)	8
Gambar 5	Telur <i>Ae. aegypti</i> (CDC, 2022)	9
Gambar 6	Larva <i>Ae. aegypti</i> dan sisik sikat ( <i>Comb scale</i> ) (CDC, 2022 dan Rueda, 2004)	10
Gambar 7	Pupa <i>Ae. aegypti</i> (CDC, 2022)	11
Gambar 8	<i>Ae. aegypti</i> dewasa (CDC, 2022)	11
Gambar 9	<i>Mesepimeron</i> dan garis longitudinal tunggal bewarna perak (Rueda, 2004).	12
Gambar 10	Peta Wilayah Kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa	31
Gambar 11	10 Puskesmas dengan Kasus Tertinggi di Kota Makassar Tahun 2022	31
Gambar 12	Distribusi Kasus DBD berdasarkan umur di Kota Makassar tahun 2023	32
Gambar 13	Grafik Distribusi Frekuensi Kasus DBD berdasarkan Bulan di wilayah kerja Puskesmas Pampang Tahun 2022	32
Gambar 14	Grafik Distribusi Frekuensi Kasus DBD berdasarkan Bulan di wilayah kerja Puskesmas Mangasa Tahun 2022	33
Gambar 15	Hasil Uji Kerentanan Nyamuk terhadap Permethrin di Wilayah kerja Puskesmas Pampang terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0015%	45
Gambar 16	Hasil Uji Kerentanan Nyamuk terhadap <i>Permethrin</i> di Wilayah kerja Puskesmas Mangasa terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0015%	46
Gambar 17	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah kerja Puskesmas Pampang terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0075%	48
Gambar 18	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah kerja Puskesmas Mangasa terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.0075%	49
Gambar 19	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah kerja Puskesmas Pampang terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.015%	50
Gambar 20	Hasil Uji Intensitas Resistensi Nyamuk di Wilayah kerja Puskesmas Mangasa terhadap Paparan <i>Permethrin</i> 0.015%	51
Gambar 21	Survei Larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> dari kontainer responden	94

Gambar 22	Wawancara dan pengisian ODK collect pada masyarakat di Mangasa	94
Gambar 23	Larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> yang diambil dari lapangan	95
Gambar 24	Pemeliharaan Larva nyamuk <i>Ae. aegypti</i> di dalam sangkar nyamuk	95
Gambar 25	Pengumpulan dan penetasan telur generasi pertama (F1)	96
Gambar 26	Larva dan pupa telur generasi pertama (F1)	96
Gambar 27	Pemeliharaan Larva generasi pertama (F1)	97
Gambar 28	Pembuatan larutan insektisida <i>permethrin</i>	97
Gambar 29	Proses <i>coating</i> botol uji dan botol kontrol	98
Gambar 30	Pengambilan nyamuk <i>Ae. aegypti</i> dewasa betina	98
Gambar 31	Proses memasukkan sampel ke botol uji dan botol kontrol	99
Gambar 32	Proses pemaparan sampel dengan <i>permethrin</i> selama 2 jam	99
Gambar 33	Proses identifikasi sampel uji	100

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>No. Lampiran</b>	<b>Judul Lampiran</b>	<b>Hal</b>
<b>Lampiran 1</b>	Biodata Penulis	73
<b>Lampiran 2</b>	Bahan dan Alat	74
<b>Lampiran 3</b>	Surat Izin Penelitian	76
<b>Lampiran 4</b>	Distribusi Kasus DBD Kota Makassar Tahun 2022	79
<b>Lampiran 5</b>	Rekapan Hasil Wawancara dalam Spreadsheet	82
<b>Lampiran 6</b>	Formulir Hasil Pengujian Konfirmasi dan Intensitas Resistensi	83
<b>Lampiran 7</b>	Dokumentasi Penelitian	94

## Abstrak

**Latar Belakang :** Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksi virus Dengue yang menyebar luas di kawasan tropis dan subtropis. Penyakit Demam Berdarah Dengue tersebar di 477 kabupaten/kota di Indonesia dan tercatat 523 kasus di Kota Makassar pada tahun 2022. Penyebaran penyakit DBD tidak lepas dari peranan vektornya, salah satunya adalah spesies *Aedes aegypti*. Berbagai tindakan telah dilakukan untuk mengendalikan vektor ini dan salah satunya adalah *fogging* menjadi salah satu upaya yang diminati masyarakat karena dianggap paling tepat dan efektif. Insektisida yang sering digunakan untuk *fogging* adalah *Permethrin*. Penggunaan secara ekstensif hingga dekade mengakibatkan munculnya *Ae. aegypti* resisten terhadap *permethrin*. Maka diperlukan riset berkala mengenai perkembangan perkembangan status resistensi *Ae. aegypti* terhadap *permethrin*.

**Tujuan :** Menentukan status resistensi nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida *permethrin* di Kota Makassar tahun.

**Metode Penelitian :** Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode *cross-sectional* dimana pengujian kerentanan vektor menggunakan metode *CDC bottle bioassay* dengan sampel nyamuk *Ae. aegypti* dari wilayah endemis DBD di Kota Makassar, yaitu wilayah kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa.

**Hasil :** Pemberian *permethrin* 15 µg/ml (0,0015%) didapatkan mortalitas nyamuk strain Pampang 5,88% dan strain Mangasa 1,25%. Pada pengujian *permethrin* 75 µg/ml (0,0075%) didapatkan mortalitas nyamuk strain Pampang 10% dan strain Mangasa 6%. Sedangkan, pada pengujian *permethrin* 150 µg/ml (0,015%) didapatkan mortalitas nyamuk strain Pampang 99% dan strain Mangasa 100%.

**Kesimpulan :** Status resistensi nyamuk *Ae. aegypti* di daerah endemis Kota Makassar, yaitu wilayah kerja Puskesmas Pampang dan Puskesmas Mangasa terhadap insektisida *permethrin* adalah resisten sedang.

**Kata Kunci :** *Aedes aegypti*, *Permethrin*, resistensi, *susceptibility test*, *intensity test*

## **Abstract**

**Background :** *Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is a dengue virus infection that is widespread in tropical and subtropical areas. Dengue Hemorrhagic Fever is spread across 477 districts/cities in Indonesia and 523 cases were recorded in Makassar City in 2022. The spread of dengue fever cannot be separated from the role of its vector, one of which is the Aedes aegypti species. Various actions have been taken to control this vector and one of them is fogging which is one of the efforts that is popular with the public because it is considered the most appropriate and effective. The insecticide often used for fogging is Permethrin. Extensive use for decades resulted in the emergence of Ae. aegypti is resistant to permethrin. So regular research is needed regarding the development of Ae. aegypti resistance status to permethrin.*

**Objective :** *Determining the resistance status of Ae. aegypti against permethrin insecticide in Makassar City.*

**Research Method :** *By administering 15 µg/ml permethrin (0.0015%), the mortality rate for Pampang strain mosquitoes was 5.88% and Mangasa strain 1.25%. In testing permethrin 75 µg/ml (0.0075%) it was found that the mortality of the Pampang strain mosquito was 10% and the Mangasa strain was 6%. Meanwhile, in testing permethrin 150 µg/ml (0.015%) the mortality of the Pampang strain mosquito was 99% and the Mangasa strain was 100%.*

**Conclusion :** *Resistance status of Ae. aegypti in the endemic area of Makassar City, namely the working area of Pampang Health Center and Mangasa Health Center, is moderately resistant to the insecticide permethrin.*

**Keywords :** *Aedes aegypti, Permethrin, resistance, susceptibility test, intensity test*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksi virus Dengue yang menyebar luas di kawasan tropis dan subtropis. Setiap tahun diperkirakan ada 390 juta orang terinfeksi virus Dengue dan benua Asia sebagai penyumbang terbesar (70% kasus di dunia)(WHO, 2021). Pada tahun 2019, *World Health Organization* (2021) menerima laporan 5,2 juta kasus infeksi, jumlah ini meningkat berkali-kali lipat selama dua dekade. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, terdapat 131.265 kasus dengan jumlah kematian 1.135 kasus, 73% terjadi pada anak-anak (Kemenkes, 2023). Penyakit ini tersebar di 477 kabupaten/kota (92,8%) di Indonesia. Pada tahun 2020, Sulawesi Selatan mencatat 2.714 kasus dengan angka kesakitan 29,6 per 100.000 penduduk (Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan, 2021). Makassar merupakan salah satu daerah endemis dengan 583 kasus dengan 1 orang meninggal pada tahun 2021 dan angka ini meningkat tajam dibanding tahun sebelumnya (175 kasus) (Makassar, 2022). Jumlah kasus DBD tertinggi dilaporkan di Puskesmas Antang Kecamatan Manggala dengan 41 kasus di tahun 2019 (Suhaela and Hasan, 2021).

Penyebaran penyakit DBD tidak lepas dari peranan vektornya, salah satunya adalah spesies *Aedes aegypti*. Spesies ini merupakan vektor utama dari berbagai penyakit seperti DBD, Demam Kuning, Demam Chikungunya dan Demam Zika sehingga salah satu pencegahan penyakit tersebut masih bertumpu pada pengendalian vektor. Berbagai tindakan telah dilakukan untuk mengendalikan vektor ini, mulai dari *fogging*, larvasida, pemberantas sarang nyamuk (PSN), kelambu dan 3M (menutup, menguras, dan mendaur ulang barang bekas), dan

Gerakan 1 Rumah 1 Jumantik (G1R1J). *Fogging* menjadi salah satu upaya yang diminati karena masyarakat beranggapan bahwa pencegahan ini merupakan upaya pengendalian vektor yang paling tepat dan efektif (Firdatullah et al., 2020). Persepsi yang kuat terhadap metode ini mengakibatkan peningkatan permintaan *fogging* baik dari puskesmas maupun inisiatif masyarakat (Kemenkes, 2021). Ada berbagai macam insektisida yang digunakan untuk *fogging*, salah satu diantaranya adalah Piretroid (Meier et al., 2022).

Piretroid merupakan salah satu insektisida yang banyak digunakan masyarakat. Cara kerja insektisida ini dengan mengganggu aktivitas kanal sodium pada akson sel neuron dan mengubah kinetika depolarisasi sehingga transmisi aksi potensial pada akson terganggu (Meier et al., 2022). Piretroid telah digunakan sejak tahun 1980an dan diterapkan di sektor agrikultur dan program nasional pengendalian nyamuk di Indonesia. Penggunaan secara ekstensif hingga dekade mengakibatkan munculnya *Ae. aegypti* resisten terhadap piretroid. Salah satu insektisida piretroid yang sering digunakan sekarang adalah *permethrin*. Insektisida ini masih sering dijumpai dan digunakan sebagai bahan *fogging*. Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, resistensi terhadap piretroid tergolong tinggi di beberapa wilayah di Indonesia dan *Ae. Aegypti* menunjukkan peningkatan tingkat resistensi dalam beberapa tahun (Mantolu et al., 2016; Silalahi et al., 2022). Di Kota Makassar, *Ae. aegypti* resisten sedang terhadap beberapa insektisida, termasuk 0,75% permethrin, tetapi spesies ini masih rentan terhadap insektisida 5% malathion dan 0,15% cyfluthrin (Hamid et al., 2020). Meskipun didapatkan adanya resistensi *Ae. Aegypti* terhadap insektisida di Makassar, namun perlu dilakukan riset berkala untuk

mengetahui perkembangan resistensi *Ae. aegypti* terhadap *permethrin* di Kota Makassar.

Oleh karena itu, diperlukan riset baru mengenai perkembangan status resistensi *Ae. aegypti* terhadap *permethrin*. Riset ini dibutuhkan karena pemerintah masih bergantung pada pemberantasan vektor dibanding pencegahan lainnya seperti vaksin DBD dan nyamuk wolbachia yang belum memadai. Riset ini diharapkan memberikan kontribusi untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan acuan bagi Dinas Kesehatan Kota Makassar dalam mengontrol perkembangan vektor, *Ae. aegypti*, sekaligus menanggulangi penyebaran penyakit DBD di Kecamatan Manggala, Kota Makassar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hal yang diuraikan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana status resistensi nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida *permethrin* di Kota Makassar?”

## 1.3 Kajian Pustaka

Penelitian lain yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut :

**Tabel 1.** Keaslian Penelitian

No.	Judul Penelitian	Penulis	Hasil
1	Permethrin Resistance in <i>Aedes aegypti</i> Affects Aspects of Vectorial Capacity.	(Chen et al., 2021)	<i>Mutasi kdr</i> homozigot pada nukleotida 1016 dan 1534 dari gen saluran natrium berpintu tegangan dikarakterisasi pada populasi ps dan mungkin berkontribusi terhadap resistensi yang tinggi terhadap <i>permethrin</i> .
2	The Resistance of <i>Aedes aegypti</i> to Permethrin 0.25% Insecticide, Malathion 0.8%, and Transfluthrin 25% in the Universitas Islam Bandung Tamansari Campus	(Astuti et al., 2019)	<i>Aedes aegypti</i> di Universitas Islam Kampus Bandung Tamansari sudah resisten terhadap insektisida <i>permethrin</i> 0,25% dan transfluthrin 25% dan toleran terhadap malathion 0,8%.

3	Uji resistensi <i>Aedes aegypti</i> terhadap insektisida permethrin di Desa Pangkah, Kabupaten Tegal = Resistance test of <i>aedes aegypti</i> against permethrin insecticide in Pangkah Village, Tegal Regency	Bany Faris Amin. 2018.	Hasil percobaan menunjukkan angka kematian <i>Ae. aegypti</i> terhadap permethrin 0,25% selama 24 jam adalah 26% yang menunjukkan terjadinya resistensi. Resistensi terhadap permethrin oleh <i>Ae. aegypti</i> diidentifikasi sehingga penggunaan permethrin 0,25% perlu dipertimbangkan.
4	Status dan perkembangan resistensi <i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) strain Bandung, Bogor, Makassar, Palu, dan VCRU terhadap insektisida permethrin dengan seleksi lima generasi	(Mantolu et al., 2016)	mengetahui status dan perubahan tingkat resistensi <i>Ae. aegypti</i> strain lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua strain lapangan telah resisten terhadap permethrin dengan tingkat resistensi tinggi
5	Status Resistensi Vektor Demam Berdarah Dengue ( <i>Aedes Aegypti</i> ) Terhadap Malathion 0,8% Dan Permethrin 0,25% Di Provinsi Jawa Tengah	(Sunaryo, 2014)	<i>Ae.aegypti</i> sudah resisten/tidak rentan terhadap malathion 0,8% dan permethrin 0,25%. Disarankan untuk mencari jenis insektisida dari golongan lain selain golongan yang telah terbukti resisten.
6	Status Kerentanan Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i> Terhadap Insektisida Permethrin Di Kecamatan Jembrana Bali	(Latifa et al., 2022)	Perluasan jangkauan wilayah pengambilan sampel dan penggunaan generasi sampel yang lebih beragam sangat diperlukan agar lebih merepresentasikan status kerentanan nyamuk <i>Ae. aegypti</i> .
7	Uji Resistensi Nyamuk <i>Culex</i> sp. Terhadap Insektisida Golongan Piretroid (Permethrin 0,25 %) Di Kota Kupang	(Sunbanu et al., 2021)	Hasil penelitian menunjukkan status resistensi <i>Culex</i> sp. di Kelapa Lima adalah 7,06% dan 12,69% di Oebobo. Hal ini menunjukkan bahwa nyamuk di regio tersebut resisten tinggi terhadap permethrin 0,25%.
8	Resistensi <i>Aedes aegypti</i> Terhadap Insektisida: Studi pada Insektisida Rumah Tangga	(Lesmana et al., 2021)	Kecenderungan resistensi kemungkinan disebabkan oleh penggunaan insektisida terus-menerus dalam jangka panjang
9	Distribusi Resistensi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> terhadap Insektisida Sipermetrin di Semarang	(Sayono et al., 2012)	Populasi nyamuk <i>Aedes aegypti</i> di Kota Semarang termasuk tinggi, jauh di atas ambang batas aman penularan (HI = 5%), dan sangat resisten terhadap insektisida golongan piretroid.
10	Insecticide Resistance Profiles and Synergism of Field <i>Aedes aegypti</i> from Indonesia.	(Silalahi et al., 2022)	Populasi nyamuk <i>Ae. aegypti</i> di Makassar berstatus resistensi sedang terhadap permethrin. Resistensi tertinggi terjadi pada nyamuk <i>Ae. aegypti</i> dari Banjarmasin.
11	The V1016G mutation of the voltage-gated sodium	(Hamid et al., 2020)	Populasi nyamuk <i>Ae. aegypti</i> di Makassar resisten terhadap $\lambda$ -

	channel (VGSC) gene contributes to the insecticide resistance of <i>Aedes aegypti</i> from Makassar, Indonesia		cyhalothrin, bendiocarb, deltamethrin, dan <i>permethrin</i> .
--	--	--	--

Perbedaan penelitian penelitian tersebut dengan penelitian ini adalah pada lokasi yang berbeda, karena lokasi yang berbeda berpengaruh pula pada karakteristik perlakuan manusia terhadap nyamuk *Ae. aegypti*, yang selanjutnya akan berpengaruh pada derajat resistensinya terhadap *permethrin*. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan 3x perlakuan dengan memberikan yaitu 0,0015%, 0,0075%, dan 0,015% *permethrin*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan status resistensi nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida *permethrin* di Kota Makassar.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

##### **1.5.1 Bagi Peneliti**

Untuk meningkatkan pengetahuan mengenai efektifitas insektisida permethrin dalam pengendalian nyamuk *Ae. aegypti* di Kota Makassar, sekaligus memenuhi kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi.

##### **1.5.2 Bagi Institusi**

Sebagai sumber ilmu pengetahuan dan bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

##### **1.5.3 Bagi Pemerintah**

Sebagai bahan acuan dan masukan kepada Dinas Kesehatan Kota Makassar dalam mengendalikan nyamuk *Ae. aegypti* sekaligus penanggulangan penyebaran DBD di Kota Makassar.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Aedes aegypti*

*Aedes aegypti* merupakan vektor utama penyakit demam berdarah dan penyakit menular lainnya di Asia Tenggara yang berada di kawasan tropis dan subtropis. Penularan penyakit dilakukan oleh nyamuk betina yang terinfeksi virus. Nyamuk ini membutuhkan darah manusia sebagai sumber makanan untuk menghasilkan telur (WHO, 2021). Selain itu, *A. aegypti* merupakan salah satu spesies invasif. Spesies ini berasal dari benua Afrika dan telah menyebar hampir di seluruh dunia. *Ae. aegypti* banyak ditemukan di kawasan pemukiman manusia, terutama daerah semi-urban dimana jumlah tempat atau kontainer airnya lebih banyak (WHO, 2011).

#### 2.1.1 Klasifikasi Nyamuk *Aedes aegypti*

Klasifikasi *Aedes aegypti* berdasarkan *Intergrated Taxonomic Information System* (ITIS) sebagai berikut (ITIS, 2014):

Gambar 1. Taksonomi *Ae. aegypti*

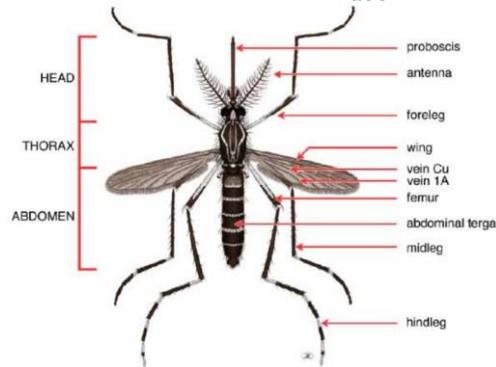
Taxonomic Hierarchy	
Kingdom	<a href="#">Animalia</a> – Animal, animaux, animals
Subkingdom	<a href="#">Bilateria</a>
Infrakingdom	<a href="#">Protostomia</a>
Superphylum	<a href="#">Ecdysozoa</a>
Phylum	<a href="#">Arthropoda</a> – Artrópode, arthropodes, arthropods
Subphylum	<a href="#">Hexapoda</a> – hexapods
Class	<a href="#">Insecta</a> – insects, hexapoda, inseto, insectes
Subclass	<a href="#">Pterygota</a> – insects ailés, winged insects
Infraclass	<a href="#">Neoptera</a> – modern, wing-folding insects
Superorder	<a href="#">Holometabola</a>
Order	<a href="#">Diptera</a> – mosca, mosquito, gnats, mosquitoes, true flies
Suborder	<a href="#">Nematocera</a> – long-horned flies
Infraorder	<a href="#">Culicomorpha</a>
Family	<a href="#">Culicidae</a> Meigen, 1818 – mosquitoes, maringouins, moustiques
Subfamily	<a href="#">Culicinae</a> Meigen, 1818
Tribe	<a href="#">Aedini</a> Neveu-Lemaire, 1902
Genus	<a href="#">Aedes</a> Meigen, 1818 – Pointy Mosquito
Subgenus	<a href="#">Aedes (Stegomyia)</a> Theobald, 1901
Species	<a href="#">Aedes aegypti</a> (Linnaeus, 1762) – yellow fever mosquito, stégomyie, yellowfever mosquito
<b>Direct Children:</b>	
Subspecies	<a href="#">Aedes aegypti aegypti</a> (Linnaeus, 1762)
Subspecies	<a href="#">Aedes aegypti formosus</a> (Walker, 1848)

Sumber: (ITIS, 2014)

### 2.1.2 Morfologi

Tubuh pada *Ae. aegypti* terdiri dari 3 bagian, yaitu kepala, toraks, dan abdomen. Penampakan nyamuk jantan dan nyamuk betina hampir sama, namun memiliki beberapa perbedaan pada organnya (OECD, 2018). Bagian kepala memiliki bentuk bulat dan bagian lateral berbentuk konveks dengan perak datar. Tipe mulut nyamuk ini adalah menusuk dan mengisap, memiliki sepasang palp maksilla dan proboscis. Proboscis pada nyamuk betina lebih panjang dibanding nyamuk jantan dan beradaptasi agar dapat menetrasi kulit ketika mencari darah. Pada antena, nyamuk jantan memiliki antena berbulu tebal dan nyamuk betina lebih kecil dan sedikit padat. Bagian abdomen terdiri dari 8 bagian ditutupi bercak warna hitam dan garis putih di setiap segmennya. Ukuran abdomen nyamuk jantan lebih besar dan lancip di ujungnya. Sedangkan, nyamuk betina memiliki abdomen kecil dan berbentuk bulat di ujungnya (service Mike, 2012). Karakteristik yang membedakan nyamuk *Ae. Aegypti* dan nyamuk lainnya terdapat pada bagian toraks (dada). Toraks nyamuk ini bewarna hitam atau cokelat gelap dan memiliki pola mencolok dibentuk dengan bercak perak, dan pola ini berbeda setiap spesies. Pola pada *Ae. aegypti* berbentuk “*lyre*”, dibandingkan dengan *Ae. albopictus* dengan pola garis median-longitudinal (OECD, 2018). *Ae. aegypti* memiliki *scutellum* dengan tiga lobus, setiap lobusnya memiliki bercak perak dan beberapa bercak hitam di ujung lobus tengah (OECD, 2018).

Gambar 2. *Aedes aegypti*



Sumber: (Rueda, 2004)

Gambar 3. Toraks *Ae. aegypti* (kiri) dan *Ae. albopictus* (kanan)

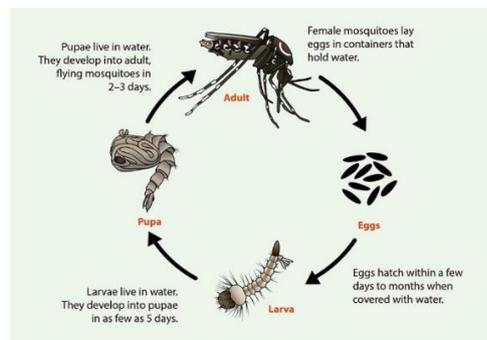


Sumber: (WRBU, 2021a) dan (WRBU, 2021b)

### 2.1.3 Siklus Hidup

Semua jenis nyamuk memiliki siklus hidup tipe holometabola termasuk *Ae. aegypti*. Siklus ini digambarkan dengan metamorfosis sempurna dan terdapat empat tahap, yaitu telur, larva, pupa, dan nyamuk dewasa. Perkembangan siklus hidup nyamuk bergantung kesediaan air dan temperatur. Pada suhu ruangan, siklus ini membutuhkan waktu lebih dari satu minggu, jika cuaca dingin maka butuh waktu lebih lama (OECD, 2018).

Gambar 4. siklus hidup *Ae. aegypti*



Sumber: (CDC, 2022)

### 2.1.3.1 Fase Telur

*Ae. aegypti* menghasilkan telur dan menyimpannya di wadah penampung air, seperti ban, pot, tangki air, kaleng dan lain-lain yang terdapat di sekitar permukiman penduduk. Tempat yang dipilih untuk bertelur memiliki intensitas cahaya yang kurang atau teduh agar mendapatkan suhu yang optimal. Telur yang dihasilkan dapat mencapai ratusan dan ditekankan di beberapa tempat, perilaku ini disebut sebagai "*skip oviposition*" agar telur memiliki peluang hidup yang lebih baik (OECD, 2018). Telur tersebut menempel di dinding wadah seperti lem dan dapat bertahan hidup dalam kondisi kering hingga lebih dari satu tahun. Telur ini, awalnya berwarna putih, akan menghitam akibat melanisasi. Pada kondisi mendukung, telur tersebut dapat menetas 1-2 hari (Ramos Jorge et al., 2020).

Gambar 5. Telur *Ae. aegypti*



Sumber: (CDC, 2022)

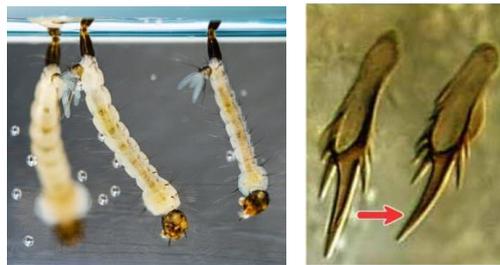
### 2.1.3.2 Fase Larva

Perkembangan larva *Ae. Aegypti* melalui 4 fase instar dengan perubahan bentuk dan ukuran. Pada instar pertama, panjang larva mencapai 1 mm dan fase ini berlangsung 1-2 hari. Pada fase akhir (instar IV), ukuran larva dapat mencapai 8 mm pada hari ke 8-9 dan akan memasuki tahap pupa (Clemons et al., 2010; OECD, 2018). Pertumbuhan dan perkembangan larva bergantung pada faktor suhu, ketersediaan sumber makanan dan kepadatan larva (Couret et al., 2014). Larva

mendapatkan makanannya dari materi terpendam di dasar wadah, seperti detritus, bakteri, diatom, alga, dan mikroorganisme lainnya (Carneiro et al., 2017).

Larva *Ae. aegypti* memiliki morfologi hampir sama dengan spesies lainnya. Pada umumnya, tubuh larva terdiri dari kepala, toraks, dan abdomen. Bagian abdomen memiliki delapan segmen, pada segmen anal terdapat siphon yang pendek, besar dan hitam. Untuk bernapas, larva perlu ke permukaan dengan posisi vertikal dan siphon (tabung udara) berada di permukaan air. Selain itu, larva *Ae. aegypti* memiliki 7 hingga 12 gigi sisik sikat (*comb scale*) dengan *stout* di lateralnya pada segmen ke-8 abdomen. Karakteristik diatas merupakan ciri khas yang membedakan larva *Aedes* dengan larva dari genus lainnya (OECD, 2018).

Gambar 6. Larva *Ae. aegypti* dan sisik sikat (*comb scale*)



Sumber: (CDC, 2022) dan (Rueda, 2004)

### 2.1.3.3 Fase Pupa

Fase pupa merupakan fase setelah tahap instar pada fase larva dan tahap akhir imatur. Pupa *Ae. aegypti* memiliki bentuk koma, terdiri dari bagian *cephalothorax* dan abdomen. Ukuran pupa betina biasanya lebih besar dibanding pupa jantan. Pupa tersebut menggunakan sepasang siphon yang ada di abdomen untuk mengambil oksigen di permukaan air. Pada fase ini, pupa tidak makan dan menghabiskan waktunya bernapas dekat permukaan. Fase ini berlangsung selama 2-3 hari bergantung kondisi suhu lingkungan (Carneiro et al., 2017; OECD, 2018).

Gambar 7. Pupa *Ae. aegypti*



Sumber: (CDC, 2022)

#### 2.1.3.4 Fase Dewasa (Imago)

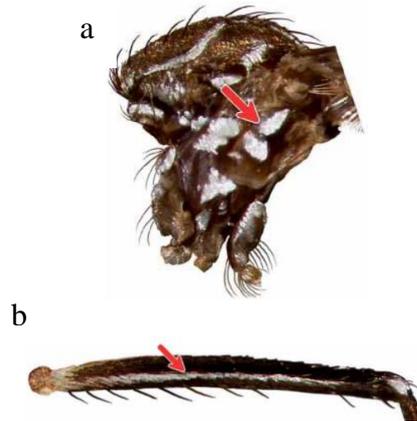
Pada hari ke-9 atau ke-10, imago muncul melalui celah pembungkus pupa dan beristirahat beberapa menit sebelum terbang. Dalam 24 jam setelah keluar dari pupa, terjadi perubahan fisiologis pada tubuh imago mulai dari pembentukan eksoskeleton dan pematangan seksual (OECD, 2018). Rentang hidup nyamuk dewasa berkisar 10-30 hari bahkan bisa lebih tergantung dari suhu lingkungan dan jenis makanannya (A.P.V. Posidonio et al., 2021; Goindin et al., 2015). Karakteristik tubuh *Ae. aegypti* memiliki perbedaan dengan spesies lainnya, yaitu *mesepimeron* yang terpisah di lateral toraks, bercak berbentuk "lyre" di dorsal toraks, dan garis longitudinal tunggal berwarna perak pada femur di kaki tengah (Senjarini et al., 2020).

Gambar 8. *Ae. aegypti* dewasa



Sumber: (CDC, 2022)

Gambar 9. *Mesepimeron* (a) dan garis longitudinal tunggal berwarna perak (b)



Sumber: (Rueda, 2004)

#### 2.1.4 Habitat

Karakteristik dari habitat spesies ini adalah memiliki wadah berisi air jernih hingga keruh, tidak terkena cahaya matahari langsung, berdinding kasar, dan bagian dasar tidak bersentuhan langsung dengan tanah (Poerwanto et al., 2020). Berdasarkan dari penelitian Siregar dkk. (2017), menyebutkan bahwa bak mandi merupakan tempat utama perkembangbiakan nyamuk *Ae. Aegypti* di Sumatra Utara. Hal tersebut juga selaras dengan penelitian Poerwanto dkk. (2020) dan Tomia (2022) bahwa larva *Ae. aegypti* paling sering ditemukan di bak mandi. Selain bak mandi, masih ada wadah lain yang menjadi habitat *Ae. aegypti*, seperti ban, drum air, kaleng minuman, pot, wadah plastic, dan barel.

Temperatur habitat juga memegang peranan penting dalam kehidupan nyamuk. Nyamuk termasuk salah satu hewan berdarah dingin dan dapat menyesuaikan suhu tubuhnya agar menimalisir stress termal. Faktor ini memiliki dampak terhadap perilaku terbang, waktu mencari makanan, siklus dan kelangsungan hidup. *Ae. aegypti* memiliki batas suhu terendah 13,7°C-14°C dan batas maksimalnya 36°C-40°C (Reinhold et al., 2018; Tsai et al., 2018). Suhu ideal bagi nyamuk berkisar 27-30°C (Goindin et al., 2015) dan bagi larva berkisar 25-

30°C (Manik et al., 2020). Selain itu, kelembapan tinggi mempengaruhi kompetensi dan metabolisme tubuh vektor (Ghaisani et al., 2021).

## 2.2 Pengendalian Nyamuk

Pengendalian nyamuk secara nasional meliputi kegiatan surveilans dan pengendalian vektor. Pengendalian vector terdiri dari beberapa cara :

### 1. Pengendalian Secara Fisik

Pengendalian vektor secara fisik merupakan pilihan utama pemberantasan larva nyamuk. Implementasi program Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) 3M Plus (Menguras, Menutup, dan Memanfaatkan ulang) (Kemenkes, 2021) .

### 2. Pengendalian Secara Biologi

Pengendalian secara biologi mencakup penyediaan organisme predasi natural, parasit, dan patogen untuk mengontrol vektor. Metode ini memiliki manfaat dibanding metode lainnya yakni perkembangan resistensinya sangat lambat (McGregor and Connelly, 2021). Salah satu contoh predasi yang digunakan untuk metode ini yaitu spesies ikan lele (DION et al., 2021).

### 3. Pengendalian Secara Kimiawi

secara kimiawi dilakukan dengan menggunakan insektisida yang bersifat neurotoxin yaitu *organochlorines*, *organophosphate*, *carbamates*, dan *pyrethorid* (Conway et al., 2023). Metode ini populer di masyarakat karena penggunaan yang mudah dan efektif dibanding metode lainnya (Firdatullah et al., 2020). Pengaplikasian metode ini dapat melalui cara *fogging* atau larvasida.

### 4. Pengelolaan Lingkungan

Lingkungan atau ekosistem menjadi target dalam upaya pengendalian vektor nyamuk *Ae. aegypti*. Pengelolaan lingkungan mencegah terjadinya produktivitas vektor dan kontak *host* dengan patogen. Metode ini menerapkan tiga jenis intervensi, yaitu Modifikasi lingkungan, manipulasi lingkungan dan mengubah kebiasaan manusia (Mahmud et al., 2022). Selain itu, metode ini tergolong aman dan berkelanjutan meskipun membutuhkan keterlibatan masyarakat dan modal.

### 2.3 Insektisida

Insektisida adalah bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan atau mencegah perilaku merusak dari serangga sebagai vektor penyakit dan digunakan dalam memutus rantai penularan penyakit ketika terjadi kejadian luar biasa seperti wabah. Pemakaian Insektisida, khususnya untuk vektor nyamuk, diaplikasikan dalam bentuk *fogging*, aerosol, atau larvasida. Kebanyakan bahan kimia tersebut bekerja dengan mengganggu proses neural dan neuromuskular melalui dua jalur, yaitu jalur sinaptik dan axon (Meier et al., 2022).

Insektisida yang digunakan untuk mengendalikan vektor penyakit terbagi menjadi 4 kelas utama, yakni *organochlorines*, *organophosphates*, *carbamates* dan *piretroid*. Selain itu, terdapat juga insektisida yang bekerja mengendalikan larva vektor disebut sebagai larvasida. Perbedaan 4 kelas insektisida sebagai berikut : (Silalahi et al., 2022; WHO South-East, 2022).

#### 1) Organoklorin

Organoklorin merupakan salah satu insektisida kelompok *chlorinated hydrocarbons* yang mengganggu aktivitas enzim asetilkolinesterase di sinaps saraf dan kanal sodium bertegangan pada sistem saraf serangga.

Insektisida ini terbagi menjadi dua macam, dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) dan dieldrin. DDT memiliki toksisitas tinggi dan sering digunakan untuk mengontrol berbagai jenis vektor, diantaranya adalah vektor malaria dan DBD.

## 2) Organofosfat

Organofosfat merupakan senyawa turunan asam fosfor, berifat racun bagi mamalia dan serangga. Insektisida ini bekerja dengan mengikat enzim asetilkolinesterase dan mencegah pemecahan asetilkolin. Golongan organofosfat yang sering digunakan adalah malathion dan temephos.

## 3) Karbamat

Karbamat merupakan senyawa turunan dari asam karbamat dan memiliki kemiripan dengan insektisida golongan organofosfat. Insektisida ini bekerja dengan menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase pada sinaps dan persimpangan neuromuskular.

## 4) Piretroid

Piretroid merupakan analog sintetis dari piretrin yang berasal dari insektisida ester alami, bunga krisantemum. Insektisida ini bekerja dengan mengganggu kanal sodium bertengangan pada sistem saraf serangga.

### **2.4 Piretroid**

Piretroid telah digunakan secara luas sejak tahun 1980-an karena memiliki efikasi tinggi dan efek toksiknya lebih rendah dibanding golongan lainnya. Piretroid lebih banyak digunakan di permukiman masyarakat daripada di sektor pertanian. Insektisida ini dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai macam serangga di

dalam rumah. Piretroid dapat ditemukan dengan berbagai bentuk, seperti bedak, aerosol, gel, dan lain-lain (Singh et al., 2022).

Piretroid diklasifikasikan menjadi 2 tipe berdasarkan komponen fisik dan kimiawinya, yaitu tipe 1 tanpa gugus  $\alpha$ -cyano (permethrin, tetramethrin, allethrin, phenothrin) dan tipe 2 dengan gugus  $\alpha$ -cyano (cyfuthrin, cyhalothrin, deltamethrin, cypermethrin). Kedua tipe tersebut memiliki mekanisme yang mirip pada kanal sodium. Mekanisme kerja dari piretroid yaitu menghambat atau mempertahankan kanal sodium tetap terbuka sehingga memperpanjang durasi aliran masuk ion sodium, hal ini disebut dengan '*tail current*'. Jika keadaan tersebut mengakibatkan membran potensial melebihi ambang batas, maka akan terjadi aksi potensial kedua lebih dini dan terbentuk aksi potensial berulang. Kemudian, hal tersebut menyebabkan sel tetap berfungsi dengan tingkat eksitasi tinggi hingga sel tidak lagi mampu mempertahankan keadaan tersebut, keadaan ini disebut '*conduction block*'. Kedua tipe piretroid dapat menimbulkan '*conduction block*'. Pada akhirnya, serangga akan mengalami paralisis dan kematian yang digambarkan sebagai "*knockdown*" (Conway et al., 2023; Singh et al., 2022).

Penggunaan yang lama mengakibatkan munculnya resistensi terhadap insektisida ini. Beberapa wilayah di Indonesia melaporkan munculnya resistensi nyamuk *Ae. aegypti* piretroid, terutama di Kalimantan Utara, Sulawesi Barat dan Aceh (Silalahi et al., 2022).

#### **2.4.1 Permethrin**

*Permethrin* adalah salah satu jenis insektisida golongan piretroid tipe 1 yang tidak mengandung gugus  $\alpha$ -cyano. Selain digunakan sebagai insektisida,

permethrin juga digunakan sebagai obat topikal scabies (kudis) (Irene et al., 2022). Permethrin telah digunakan di beberapa merek sebagai insektisida nyamuk.

## **2.5 Resistensi Insektisida**

Resistensi insektisida adalah kemampuan vektor untuk bertahan hidup dari paparan insektisida dengan dosis standar akibat adaptasi perilaku atau fisiologis. Penggunaan insektisida terus-menerus memberikan tekanan kepada vektor untuk berevolusi dan beradaptasi terhadap racun. Secara garis besar, resistensi piretroid dibagi menjadi 2 tipe : resistensi fisiologis dan resistensi perilaku. Resistensi fisiologis mencakup 3 jenis, yaitu modifikasi situs target, resistensi metabolik, dan resistensi penetrasi. Sedangkan resistensi perilaku merupakan kemampuan serangga untuk menghindar atau mengurangi paparan insektisida (Carrasco et al., 2019; WHO South-East, 2022).

### **2.5.1 Resistensi Piretroid**

Secara umum, *Ae. aegypti* resisten terhadap piretroid melalui modifikasi situs target dan resistensi metabolik. Modifikasi situs target terbagi menjadi 4 macam, salah satunya adalah *Knockdown resistance (kdr)*. *Kdr* (disebut juga dengan mutasi *Vgsc*) merupakan mekanisme fisiologis utama resistensi nyamuk terhadap DDT dan piretroid. *Kdr* terjadi akibat mutasi *voltage-gated sodium channel (Vgsc)* atau *voltage-sensitive sodium channel (Vssc)* yang dikode oleh gen *Vssc*. Mutasi ini menyebabkan insektisida tidak mampu mengikat atau menghambat fungsi *Vgsc*. Pada *Ae. aegypti*, terdapat 7 jenis mutasi dan 3 diantaranya telah terkonfirmasi di Indonesia, yaitu mutasi V1016G, S989P dan F1534C. Varian mutasi di atas juga terjadi di beberapa negara di Asia tenggara, seperti Malaysia, Thailand, Vietnam,

Myanmar, Laos, Kamboja, dan Singapura (Fauziyah et al., 2021; Ranathunge et al., 2021).

Selain itu, resistensi metabolik juga memegang peranan penting resistensi piretroid. Resistensi metabolik merupakan kemampuan menghilangkan efek racun insektisida dengan perubahan enzim target secara kuantitatif (*overexpression*) atau kualitatif (*point mutation*), salah satu mekanismenya adalah *P450 monooxygenase* (WHO South-East, 2022). P450 merupakan kelas enzim yang tidak larut dalam air yang memetabolisme molekul toksik (insektisida). Peningkatan aktivitas P450 berkaitan dengan resistensi serangga yang digambarkan dengan peningkatan ekspresi enzim, perubahan urutan asam amino penyanding protein atau perubahan fungsi enzim akibat perubahan fosforilasi (Ye et al., 2022). Salah satunya mutasi CYP6Z8 yang memegang peranan penting detoksifikasi piretroid pada nyamuk *Ae. aegypti* melalui karboksiesterase dimediasi hidrolisis. Hasil metabolisme berupa substrat dengan efek toksik rendah dibanding piretroid (Gan et al., 2021). Selain kedua mekanisme utama, masih ada mekanisme lain yang menimbulkan resistensi terhadap piretroid, seperti resistensi dimediasi esterase dan mutasi pelindung pada kutikula.

#### **2.5.1.1 Resistensi Permethrin**

Resistensi terhadap permethrin melalui modifikasi situs target, khususnya *kdr*. Mutasi terjadi di alel V1016G dan/atau F1534C mengakibatkan efektifitas permethrin menurun (Chen et al., 2021). Berdasarkan dari penelitian Silalahi (2022), resistensi permethrin sangat tinggi di daerah Pulau Kalimantan, namun resistensi ringan-sedang terjadi di beberapa wilayah Pulau Jawa dan Pulau Sulawesi, termasuk Makassar. Namun, berdasarkan laporan WHO (2022), hanya

Provinsi Sulawesi Tengah yang melaporkan kasus resistensi nyamuk *Ae. aegypti* terhadap berbagai insektisida di Pulau Sulawesi. Hal ini menimbulkan tanda tanya tentang kejelasan status resistensi *Ae. aegypti* terhadap permethrin khususnya di Kota Makassar.