

**UJI RESISTENSI INSEKTISIDA GOLONGAN ORGANOFOSFAT PADA
NYAMUK *Aedes aegypti* DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS
KEDUNGMUNDU**

Skripsi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Kedokteran



Disusun Oleh:

RODJIK ARDIANSYAH

30102000158

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2024**

SKRIPSI
UJI RESISTENSI INSEKTISIDA GOLONGAN ORGANOFOSFAT
PADA NYAMUK *Aedes aegypti* DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS
KEDUNGMUNDI

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Rodjik Ardiansyah:

30102000158

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 15 Februari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I

Anggota Tim Penguji I



dr. Menik Sahariyani M.Sc.

dr. Rizkie Woro Hastuti, M.Biomed

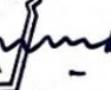
Pembimbing II

Anggota Tim Penguji II



dr. Widiana Rachim M.Sc.

dr. Bagas Widiyanto, M.Biomed

Semarang, 15 Februari 2024
Fakultas Kedokteran
Universitas Islam Sultan Agung
Dekan,

UNISSULA

Dr. dr. H. Setvo Trisnadi, Sp. KF, SH

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Rodjik Ardiansyah

NIM : 30102000158

Dengan ini menyatakan skripsi yang berjudul:

**“UJI RESISTENSI INSEKTISIDA GOLONGAN ORGANOFOSFAT
PADA NYAMUK *Aedes aegypti* DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS
KEDUNG MUNDU”**

Adalah benar hasil karya saya dan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Semarang, 06 Februari 2024
Yang menyatakan,



Rodjik Ardiansyah

PRAKATA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbilamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan nikmat serta anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Uji Resistensi Insektisida Golongan Organofosfat Pada Nyamuk *Aedes aegypti* Di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu”. Penelitian ini merupakan penelitian payungan dosen yang mendapatkan hibah pendanaan dari FK UNISSULA Tahun 2023.

Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Kedokteran di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Terelesaiannya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. dr. H. Setyo Trisnadi, S.H., Sp.KF., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian ini.
2. dr. Menik Sahariyani, M. Sc., selaku dosen pembimbing pertama dan dr. Widiana Rachim, M. Sc., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, wawasan, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
3. dr. Rizkie Woro Hastuti, M. Biomed selaku dosen penguji pertama dan dr. Bagas Widiyanto, M. Biomed selaku dosen penguji kedua yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan bimbingan serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.

4. Bapak/Ibu selaku staff laboratorium B2P2VRP yang telah membantu dalam pemeliharaan dan pengujian nyamuk hingga skripsi ini dapat selesai.
5. Bapak/Ibu Kader Puskesmas Kedungmundu yang telah membantu dalam pengambilan sampel penelitian.
6. Bapak/Ibu Dinas Kesehatan Kota Semarang telah memberikan informasi dan izin dalam melakukan penelitian.
7. Bapak/Ibu Puskesmas Kedungmundu yang telah memberikan informasi dan izin dalam melakukan penelitian.
8. Keluarga saya tercinta, Bapak Rojikin, Ibu Uripah, Kakak M. Purwo widodo, dan adek Nailul Faqos yang telah memberikan kasih sayang, doa, fasilitas, dan dukungan yang tiada henti hingga selama penyusunan skripsi ini.
9. Sahabat kelompok bimbingan Yoga, Chirly, Tiara, dan Afi yang selalu mendukung dan bersama-sama melakukan penelitian dan menyusun skripsi ini.
10. Sahabat KOMODS, KKN, dan Asisten Laboratorium Parasitologi yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Bapak/Ibu Karyawan FK Unissula yang sudah membantu dalam proses administrasi pengambilan data.

Semoga Allah SWT berkenan membalas semua kebaikan serta bantuan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih sangat terbatas dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Sebagai akhir kata dari penulis, penulis berharap semoga karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 06 Februari 2024
Penulis

Rodjik Ardiansyah



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1. Tujuan Umum.....	3
1.3.2. Tujuan Khusus.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1. Manfaat Teoritis.....	4
1.4.2. Manfaat Praktis.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Demam Berdarah Dengue (DBD).....	5
2.1.1. Definisi.....	5
2.1.2. Epidemiologi.....	5
2.1.3. Patofisiologi.....	6
2.1.4. Klasifikasi.....	7
2.2. Angka Kejadian DBD.....	8
2.2.1. Definisi.....	8
2.2.2. Angka Kejadian DBD di Kota Semarang.....	9
2.2.3. Daerah Endemis DBD di Kota Semarang.....	10

2.3.	Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	12
2.3.1.	Definisi.....	12
2.3.2.	Taksonomi.....	12
2.3.3.	Morfologi	13
2.3.4.	Perbedaan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Jantan dan Betina.....	17
2.3.5.	Siklus Hidup Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	18
2.3.6.	Tempat Perkembangbiakan.....	18
2.3.7.	Pengendalian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	19
2.4.	Insektisida <i>Malathion</i>	20
2.4.1.	Jenis Insektisida	20
2.4.2.	Cara Kerja Insektisida <i>Malathion</i>	24
2.4.3.	Enzim Asetilkolinesterase.....	25
2.5.	Status Resistensi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Terhadap Insektisida <i>Malathion</i>	27
2.5.1.	Pengertian Resistensi	27
2.5.2.	Faktor- faktor Penyebab Terjadinya Resistensi	27
2.5.3.	Mekanisme Resistensi.....	28
2.5.4.	Uji Resistensi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> terhadap insektisida <i>malathion</i>	31
2.6.	Kerangka Teori	32
2.7.	Kerangka Konsep.....	33
2.8.	Hipotesis	33
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1.	Jenis Penelitian.....	34
3.2.	Variabel dan Definisi Operasional.....	34
3.2.1.	Variabel Penelitian	34
3.2.2.	Definisi Operasional.....	34
3.3.	Subjek Uji	35
3.4.	Instrumen dan Bahan Penelitian	36
3.4.1.	Instrumen dan Bahan Penangkap Larva Nyamuk	36
3.4.2.	Instrumen dan Bahan Pemeliharaan (<i>Rearing</i>) Nyamuk	36

3.4.3. Instrumen dan Bahan Uji Resistensi	37
3.5. Cara Penelitian	37
3.5.1. Cara Pengumpulan Larva <i>Aedes aegypti</i> dan Pembangbiakan Nyamuk F2	37
3.5.2. Persentase Kematian Nyamuk Menggunakan Uji Resistensi	38
3.6. Alur Penelitian	41
3.7. Tempat dan Waktu	42
3.8. Analisis Hasil	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil Penelitian	43
4.2. Pembahasan.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	56



DAFTAR SINGKATAN



AChE	: Asetilkolinesterase
B2P2VRP	: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit
CDC	: <i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CFR	: <i>Case Fatality Rate</i>
COVID-19	: <i>Corona Virus Disease 2019</i>
DBD	: Demam Berdarah Dengue
DD	: Demam Dengue
DDT	: Diklorodifeniltrikloroetana
DKK	: Dinas Kesehatan Kota
EDS	: <i>Expanded Dengue Syndrom</i>
IR	: <i>Incidence Rate</i>
JUMANTIK	: Juru Pemantau Jentik
KDR	: <i>Knockdown Resistence</i>
KEMENKES	: Kementerian Kesehatan
KLB	: Kejadian Luar Biasa
KT	: <i>Knockdown Time</i>
MACE	: <i>Modified Asetilkolin Esterase</i>
PSN	: Pemberantasan Sarang Nyamuk
RI	: Republik Indonesia
VGSC	: <i>Voltage Gate Sodium Channel</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>
3M PLUS	: Menguras, Menutup, Memanfaatkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Persebaran Angka Kejadian DBD.....	10
Gambar 2.2.	Kasus DBD di Kota Semarang Tahun 2022	10
Gambar 2.3.	Peta Dasar Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu.....	11
Gambar 2.4.	Telur Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	13
Gambar 2.5.	Larva Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	14
Gambar 2.6.	Pupa Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	15
Gambar 2.7.	Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	16
Gambar 2.8.	Perbedaan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Jantan dan Betina.....	18
Gambar 2.9.	Siklus Hidup Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	18
Gambar 2.10.	Struktur Insektisida <i>Malathion</i>	25
Gambar 2.11.	Reaksi Pengikatan Kolinesterase Pada Insektisida <i>Malathion</i>	26
Gambar 2.12.	Kerangka Teori.....	32
Gambar 2.13.	Kerangka Konsep	33
Gambar 3.1.	Tabung WHO <i>Susceptibility Test Kit</i>	37
Gambar 3.2.	Alur Penelitian	41
Gambar 4.1.	Grafik kasus kejadian DBD di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu	43
Gambar 4.2.	Rerata persentase kematian nyamuk <i>Aedes aegypti</i> pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu	45
Gambar 4.3.	Grafik <i>knockdown time</i> nyamuk <i>Aedes aegypti</i> pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu	46

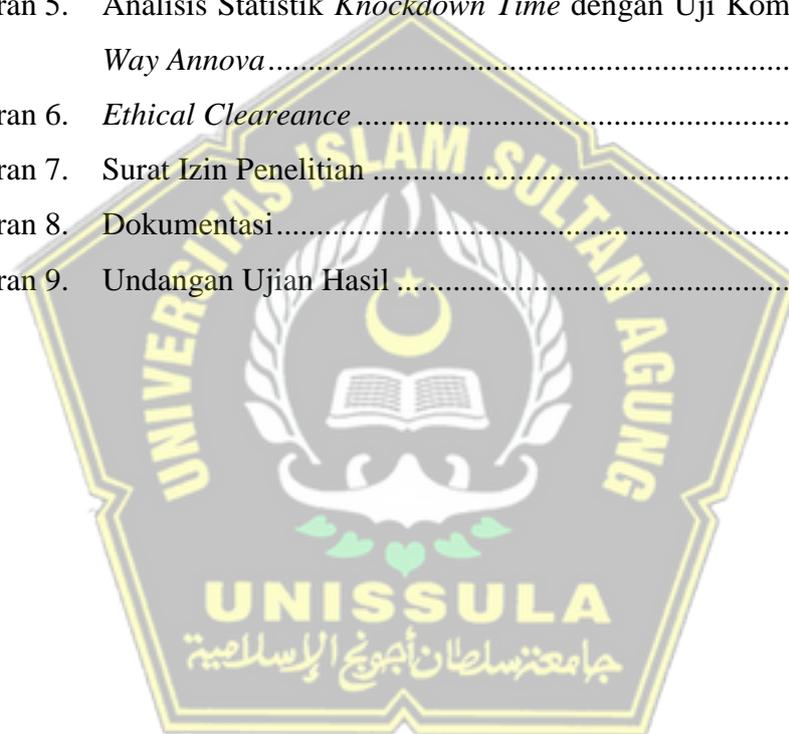
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Klasifikasi Infeksi Dengue dan Derajat Keparahan DBD menurut WHO.....	8
Tabel 2.2.	Golongan Insektisida	23
Tabel 4.1.	Hasil uji resistensi nyamuk <i>Aedes aegypti</i> pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu	44
Tabel 4.2.	Hasil statistik <i>knockdown time</i> nyamuk <i>Aedes aegypti</i> pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.....	47
Tabel 4.3.	Hasil uji <i>One Way Anova</i> terhadap <i>knockdown time</i> nyamuk <i>Aedes aegypti</i> pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tabel Hasil <i>Knockdown Time</i> (di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu) Kelurahan Sendangmulyo	56
Lampiran 2.	Laporan Hasil Uji	58
Lampiran 3.	Hasil Analisi Uji Statistik.....	59
Lampiran 4.	Analisis Statistik <i>Knockdown Time</i> dengan Uji Normalitas <i>Saphiro Wilk</i> dan <i>Homogenitas Levene Test</i>	60
Lampiran 5.	Analisis Statistik <i>Knockdown Time</i> dengan Uji Komparatif <i>One Way Annova</i>	61
Lampiran 6.	<i>Ethical Cleareance</i>	62
Lampiran 7.	Surat Izin Penelitian	63
Lampiran 8.	Dokumentasi.....	67
Lampiran 9.	Undangan Ujian Hasil	71



INTISARI

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor penyebab penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Salah satu upaya untuk mengendalikan vektor nyamuk yaitu dengan *fogging* menggunakan insektisida *malathion*. Masyarakat Indonesia menganggap *fogging* merupakan upaya yang tepat dan efektif dalam mengendalikan vektor nyamuk akan tetapi hal ini seperti istilah pedang bermata dua yang bila mana dilakukan secara terus-menerus menimbulkan resistensi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status resistensi insektisida *malathion* pada 3 Kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu yaitu di Kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto, dan Tandang yang merupakan daerah endemis DBD di Kota Semarang. Sampel penelitian diambil dari setiap kelurahan masing-masing 40 rumah menggunakan *cluster random sampling*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain penelitian *posttest only control group design*. Uji resistensi dilakukan dengan *metode susceptibility test* menggunakan 150 nyamuk *Aedes aegypti* betina (F1) tiap wilayah kemudian dimasukkan ke dalam 4 tabung uji dan 2 tabung kontrol dimana masing-masing tabung berisi 25 ekor nyamuk. Nyamuk yang berada di tabung uji dipaparkan *impregnated paper malathion 0,8%* selama 1 jam dan dihitung waktu pingsan (*knockdown time*) setiap 5 menit.

Hasil uji resistensi nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan menunjukkan kematian nyamuk pada tabung uji adalah 100% dan pada tabung kontrol 0%. Hasil *knockdown time* di Kelurahan Sendangmulyo terjadi pada menit ke-15, di Kelurahan Sambiroto pada menit ke-20, dan di Kelurahan Tandang pada menit ke-15. Rerata *knockdown time* pada 3 kelurahan tersebut terjadi pada menit ke-15.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* pada Kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto, dan Tandang adalah rentan terhadap insektisida *malathion 0,8%*.

Kata Kunci: *Aedes aegypti*, Insektisida *malathion*, *knockdown time*, resisten

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu masalah kesehatan di masyarakat yang kasusnya masih tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya (Harapan *et al.*, 2019). DBD merupakan penyakit virus dengue yang ditularkan melalui perantara nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor (Lesmana, 2017). Salah satu upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia untuk mengendalikan vektor nyamuk yaitu dengan *fogging* menggunakan insektisida *malathion* dari golongan organofosfat akan tetapi, upaya tersebut belum mampu menekan angka kejadian DBD yang terus meningkat (Indriyani *et al.*, 2022). Masyarakat Indonesia menganggap *fogging* merupakan upaya pengendalian vektor yang paling tepat dan efektif sehingga mengakibatkan permintaan *fogging* ke puskesmas meningkat (Firdatullah *et al.*, 2020). Penggunaan *fogging* ini seperti istilah pedang bermata dua yang bila mana dilakukan secara terus-menerus dan digunakan dalam jangka waktu yang lama maka dapat menimbulkan efek resistensi pada vektor nyamuk (Lesmana, 2017). Resistensi yang terjadi pada nyamuk *Aedes aegypti* dapat meningkatkan kasus DBD di indonesia (Ariati *et al.*, 2019).

Berdasarkan laporan perkembangan DBD di Indonesia pada tahun 2021 terdapat total kasus 103.509 dengan kematian 725 yang dilaporkan dari 475 kabupaten/kota di 34 provinsi (Kemenkes, 2021). Pada akhir tahun

2022 jumlah kasus DBD di Indonesia mencapai 143.000 kasus dengan angka kejadian DBD terbanyak berada di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur dan Jawa Tengah (Akhyar, 2022). Menurut data Dinas Kesehatan Kota Semarang pada tahun 2022 kasus DBD di wilayah kerja puskesmas Kota Semarang mencapai 857 kasus dengan 33 orang meninggal. Daerah endemis DBD berada di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu dengan jumlah 85 kasus kemudian diikuti wilayah kerja Puskesmas Tlogosari Wetan dengan 49 kasus dan di wilayah kerja Puskesmas Bandarharjo 45 kasus (Dinkes Kota Semarang, 2022).

Penelitian mengenai status resistensi insektisida *malathion* 0,8% yang dilakukan di 34 provinsi didapatkan adanya resistensi di 12 provinsi salah satunya adalah Provinsi Jawa Tengah (Ariati *et al.*, 2019). Penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Kota Semarang dan di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dimana di wilayah tersebut menunjukkan adanya resistensi (Iswidaty *et al.*, 2016). Penelitian lainnya juga pernah dilakukan pada 12 kelurahan di Kecamatan Tembalang dan didapatkan adanya resistensi di seluruh kelurahan tersebut (Novita *et al.*, 2019).

Berdasarkan data laporan Dinas Kesehatan Kota (DKK) Semarang mengenai kasus DBD yang terus meningkat terutama di Kecamatan Kedungmundu yang menjadi wilayah endemis dengan kasus DBD tertinggi di Kota Semarang maka, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai

status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida *malathion* di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah terdapat pengaruh paparan insektisida golongan organofosfat terhadap status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan organofosfat di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.

1.3.2. Tujuan Khusus

1.3.2.1. Mengetahui jumlah kasus DBD di 3 kelurahan pada wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

1.3.2.2. Menghitung persentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan organofosfat di 3 kelurahan pada wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.

1.3.2.3. Mengetahui *knockdown time* (KT) resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan organofosfat di 3 kelurahan pada wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi peneliti selanjutnya mengenai status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan organofosfat.

1.4.2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai informasi bagi masyarakat dan instansi terkait mengenai penggunaan insektisida yang tepat sehingga dapat mencegah terjadinya penyakit DBD.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Demam Berdarah Dengue (DBD)

2.1.1. Definisi

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit infeksi virus dengue yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor utama dan *Aedes albopictus* sebagai ko-vektor. DENV adalah virus RNA *single-stranded* yang terdiri dari empat serotipe yang berbeda yaitu DENV-1, DENV-2, DENV-3 dan DENV-4 termasuk dalam *Genus Flavivirus, Family Flaviviridae*. Penyakit ini ditandai dengan demam bifasik, leukopenia, limfadenopati, mialgia atau artralgia dan ruam (Isna dan Sjamsul, 2021).

2.1.2. Epidemiologi

DBD sebagian besar terjadi di daerah tropis dan subtropis contohnya seperti di Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara tropis dengan sebaran keempat serotipe DENV-1, 2, 3, 4. Infeksi oleh salah satu serotipe akan menimbulkan antibodi terhadap serotipe yang bersangkutan, sedangkan antibodi yang terbentuk terhadap serotipe lain sangat kurang, sehingga tidak dapat memberikan perlindungan yang memadai terhadap serotipe lain. Ketika hal tersebut terjadi maka seseorang dapat terinfeksi 3 atau bahkan 4 serotipe selama hidupnya.

Case Fatality Rate (CFR) penyakit DBD di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung fluktuatif. Tahun 2014 (0,9), 2015 (0,83), 2016(0,78), 2017 (0,72), 2018 (0,65), 2019 (0,94). Data tersebut menggambarkan kenaikan DBD pada lima tahunan, karena selama empat tahun berturut-turut terjadi penurunan CFR. Kabupaten Banyumas merupakan salah satu daerah endemis DBD di Jawa Tengah dengan *case fatality rate* (CFR) tahun 2016 sebesar 8,69. Tingginya CFR inilah yang menyebabkan Kabupaten Banyumas dinyatakan sebagai status kejadian luar biasa (KLB) (Isna dan Sjamsul, 2021).

2.1.3. Patofisiologi

DBD ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor utama dan *Aedes albopictus* sebagai ko-vektor. Virus dengue dapat tetap hidup (*survive*) di alam melalui 2 mekanisme: Mekanisme pertama melalui transmisi vertikal dalam tubuh nyamuk, virus ditularkan oleh nyamuk betina melalui telur yang nantinya akan menjadi nyamuk atau ditularkan dari nyamuk jantan pada nyamuk betina melalui kontak seksual. Mekanisme kedua melalui transmisi horizontal yaitu virus ditularkan dari nyamuk ke dalam tubuh makhluk vertebrata seperti manusia dan sebaliknya. Nyamuk mendapatkan virus dengue pada saat menggigit manusia (mahluk vertebrata) yang saat itu darahnya mengandung virus dengue (viremia). Virus yang sampai ke dalam lambung nyamuk akan

mengalami replikasi (memecah diri atau berkembang biak), kemudian akan migrasi dan akhirnya sampai di kelenjar ludah. Virus tersebut selanjutnya akan ditularkan ke manusia yang sehat melalui gigitan nyamuk yang menembus kulit. Empat hari kemudian virus akan mereplikasi dirinya secara cepat dan apabila jumlahnya sudah cukup, virus akan memasuki sirkulasi darah dan saat itulah manusia yang terinfeksi akan mengalami gejala panas (Isna dan Sjamsul, 2021).

2.1.4. Klasifikasi

Menurut WHO klasifikasi infeksi dengue dibagi menjadi DD, DBD, dan *Expanded Dengue Syndrom* (EDS). DBD sendiri dibagi lagi menjadi derajat I-IV. Berikut klasifikasi infeksi dengue:



Tabel 2.1. Klasifikasi Infeksi Dengue dan Derajat Keparahan DBD menurut WHO

Dd/dbd	Derajat	Tanda dan Gejala	Uji Laboratorium
DD		Demam dengan dua dari berikut ini: <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri kepala • Nyeri retro-orbital • Mialgia • Artralgia • Ruam kulit • Manifestasi perdarahan • Tidak ada bukti kebocoran plasma 	<ul style="list-style-type: none"> • Leukopenia (leukosit ≤ 5000 sel/mm³) • Trombositopenia (trombosit $\leq 150,000$ sel/mm³) • Peningkatan hematokrit (5% - 10%) • Tidak ada bukti kebocoran plasma
DBD	I	Demam dan manifestasi perdarahan (uji torniket positif) dan adanya bukti kebocoran plasma	Trombositopenia (trombosit $\leq 100,000$ sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$
DBD	II	DBD derajat I dan perdarahan spontan	Trombositopenia (trombosit $\leq 100,000$ sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$
DBD	III	DBD derajat I dan II disertai kegagalan sirkulasi (akral dingin dan lembab)	Trombositopenia (trombosit $\leq 100,000$ sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$
DBD	IV	Syok berat disertai dengan tekanan darah tidak terukur dan nadi yang tidak teraba	Trombositopenia (trombosit $\leq 100,000$ sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$

Sumber: (Ikhsanto, 2020)

2.2. Angka Kejadian DBD

2.2.1. Definisi

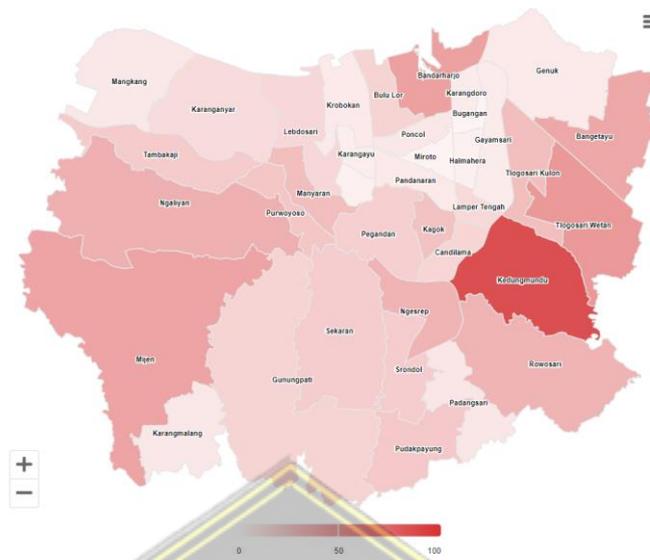
Angka kejadian DBD adalah jumlah individu yang terdiagnosis DBD di suatu wilayah tertentu. Secara umum terdapat 3 faktor yang mempengaruhi angka kejadian DBD yaitu, host

(manusia), vektor (*nyamuk Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*), dan lingkungan (cuaca hangat dan kelembapan tinggi). Peningkatan persebaran DBD di suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor lingkungan, biologi, demografi, pelayanan kesehatan, perilaku masyarakat, tingkat pendidikan, jenis kelamin, dan kelompok usia masyarakat (Ismail, 2019).

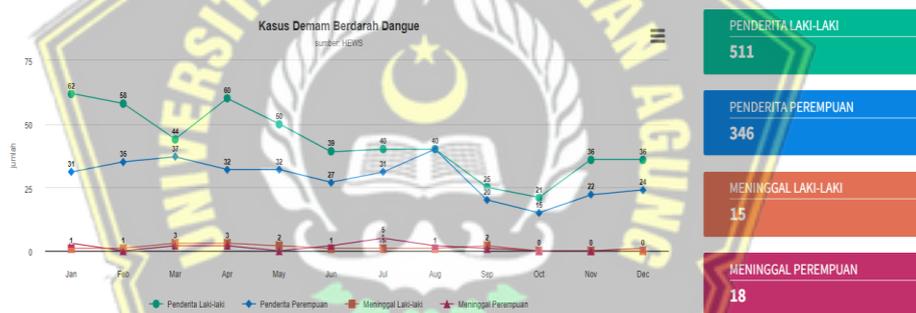
2.2.2. Angka Kejadian DBD di Kota Semarang

Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Semarang pada tahun 2022 kasus DBD di Kota Semarang mencapai 857 kasus dengan 33 orang meninggal di seluruh wilayah Kecamatan Kota Semarang. Kasus DBD tertinggi berada di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu yakni dengan 85 kasus kemudian di wilayah kerja Puskesmas Tlogosari Wetan 49 kasus dan di wilayah kerja Puskesmas Bandarharjo 45 kasus (Dinkes Kota Semarang, 2022)

Terdapat 7 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu yaitu, Kelurahan Kedungmundu, Kelurahan Tandang, Kelurahan Jangli, Kelurahan Sendangguwo, Kelurahan Sendangmulyo, Kelurahan Sambiroto, dan Kelurahan Mangunharjo



Gambar 2.1. Persebaran Angka Kejadian DBD
Sumber: (Dinkes Kota Semarang, 2022)



Gambar 2.2. Kasus DBD di Kota Semarang Tahun 2022
Sumber: (Dinkes Kota Semarang, 2022)

2.2.3. Daerah Endemis DBD di Kota Semarang

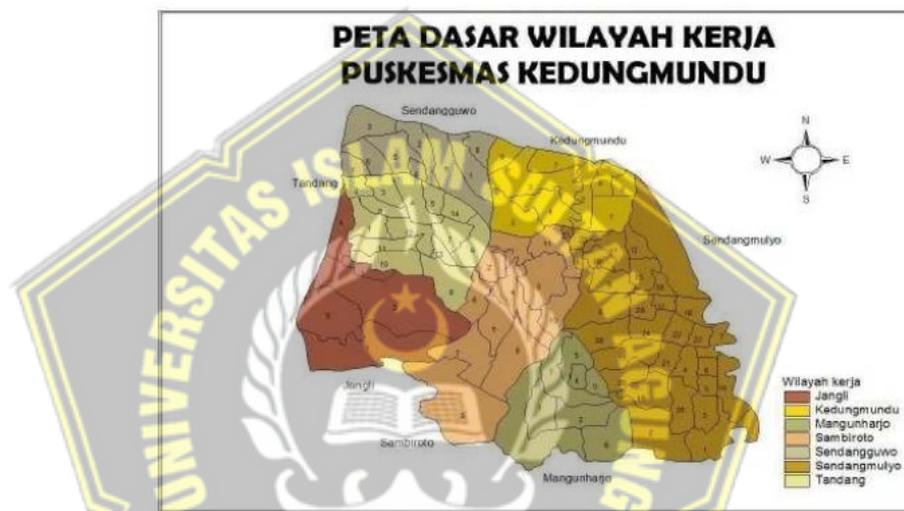
Keadaan dimana ditemukan kasus DBD disuatu wilayah secara terus menerus minimal dalam kurun waktu 3 tahun (Perda Kota Kediri, 2019)

Daerah endemis DBD memiliki tingkatan berdasarkan *incidence rate* atau IR dimana tingkatan nya sebagai berikut

1. Endemis tinggi apabila $IR > 5$ per 10.000 penduduk
2. Endemis sedang apabila $IR > 3-5$ per 10.000 penduduk

3. Endemis rendah apabila $IR < 3$ per 10.000 penduduk

Daerah endemis DBD Kota Semarang berada di wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu. Berdasarkan tingkatan endemis wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu sebagai wilayah endemis tinggi DBD dengan perhitungan IR 5,5 per 10.000 penduduk (Kedungmundu, 2022).



Gambar 2.3. Peta Dasar Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu
Sumber: (Kedungmundu, 2022)

Wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu masuk kedalam Kecamatan Tembalang dengan luas wilayah sebesar 2.153,96 hektar dengan jumlah penduduk sebanyak 141.753 jiwa. Wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu terdiri dari 7 kelurahan yaitu: Kedungmundu, Jangli, Sendangguwo, Sendangmulyo, Tandang, Mangunharjo, dan Sambiroto (Kedungmundu, 2022).

2.3. Nyamuk *Aedes aegypti*

2.3.1. Definisi

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan nyamuk yang dapat menyebabkan penyakit DBD karena sebagai vektor utama virus dengue. Nyamuk *Aedes aegypti* juga menjadi vektor utama penular penyakit demam kuning (*yellow fever*) sehingga disebut sebagai *yellow fever mosquito*. Persebaran nyamuk *Aedes aegypti* sangat luas dan hampir mencakup seluruh daerah tropis maupun subtropis di dunia. Hal ini menunjukkan bahwa siklus hidupnya merata mulai dari desa sampai ke kota yang padat penduduknya. Nyamuk *Aedes aegypti* akan berkembangbiak di tempat yang berair bersih seperti di bak mandi, kaleng kosong, dan wadah buatan lainnya (Susanti dan Suharyo, 2017). Nyamuk *Aedes aegypti* betina biasanya hidup dan mencari mangsa di dalam rumah atau bangunan beratap lainnya pada waktu siang sampai sore hari (Patricia, 2018).

2.3.2. Taksonomi

Urutan taksonomi nyamuk *Aedes aegypti* sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Phylum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Diptera</i>
Familli	: <i>Culicidae</i>
Sub famili	: <i>Culicinae</i>

Genus : *Aedes*
 Sub genus : *Stegomyia*
 Spesies : *Aedes aegypti*
 Sumber: (Isna dan Sjamsul, 2021)

2.3.3. Morfologi

Nyamuk *Aedes aegypti* mengalami metamorfosis sempurna yaitu selama masa hidupnya mengalami perubahan morfologi mulai dari stadium telur sampai stadium dewasa. Tahap perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* sebagai berikut:

1. Telur nyamuk *Aedes aegypti*



Gambar 2.4. Telur Nyamuk *Aedes aegypti*
 Sumber: (CDC, 2021)

Telur *Aedes aegypti* berwarna hitam, berbentuk lonjong, kulit seperti garis sarang lebah, panjang $\pm 0,80$ mm dan berat $\pm 0,0010-0,015$ mg. Nyamuk *Aedes aegypti* betina dapat bertelur 100-300 butir telur dan rata-rata 150 telur. Nyamuk *Aedes aegypti* bertelur telur pada dinding sarang 1-2 cm di atas permukaan air. Nyamuk *Aedes aegypti* lebih menyukai tempat tertutup dengan temperatur yang optimal yakni 24,5 C-27,5 C

dengan kelembaban 81,5%- 89,5% pada PH 7 karena dengan suhu yang tepat telur akan lebih cepat menetas. Telur akan menetas dalam jangka waktu 1-2 hari sampai menjadi larva dan berdasarkan jenis kelaminnya nyamuk jantan akan lebih cepat menetas dan dewasa dibandingkan nyamuk betina (Isna dan Sjamsul, 2021).

2. Larva nyamuk *Aedes aegypti*



Gambar 2.5. Larva Nyamuk *Aedes aegypti*
Sumber: (CDC, 2021)

Larva nyamuk *Aedes aegypti* berbentuk seperti cacing simetris bilateral atau sering disebut *vermoform*. Larva (jentik) berukuran sekitar 0,5-1 cm dan merupakan fase pertama setelah menetas dari telur. Larva memiliki corong pernapasan (*siphon*) yang tidak langsing, memiliki sepasang *hair tuft*, dan *pecten* yang tidak sempurna. Larva akan mengalami empat fase pertumbuhan yang ditandai dengan pergantian kulit (*ecdysis*) yang disebut fase instar.

- a. Instar I panjang 1-2 mm, tubuh transparan, *siphon* masih transparan, tumbuh menjadi larva stadium instar II dalam 1 hari.
- b. Larva instar II berukuran panjang 2,5-3,9 mm, *siphon* berwarna kecoklatan, tumbuh menjadi larva stadium III dalam 1-2 hari.
- c. Larva instar III memiliki panjang 4-5 mm, *siphon* coklat, dimana larva tahap keempat tumbuh dalam dua hari.
- d. Larva instar IV berukuran 5-7 mm sudah terlihat sepasang mata dan pasang antena yang tumbuh menjadi pupa dalam 2-3 hari.

Umur Pertumbuhan rata-rata dari larva menjadi pupa bervariasi antara 5-8 hari. Posisi larva istirahat membentuk sudut 45 terhadap permukaan air (Isna dan Sjamsul, 2021)

3. Pupa nyamuk *Aedes aegypti*



Gambar 2.6. Pupa Nyamuk *Aedes aegypti*

Sumber: (CDC, 2021)

Pupa nyamuk *Aedes aegypti* tidak akan aktif makan karena pada fase ini merupakan bentuk persiapan untuk berubah

menjadi nyamuk dewasa. Pupa memiliki bentuk *coartate* artinya hanya terlihat seperti kantung. Pupa bernafas menggunakan corong yang berbentuk segi tiga (*tri angular*) dengan bentuk tubuh seperti tanda baca “koma”. Struktur morfologi pupa terdiri dari 2 bagian yakni *cephalothorax* yang lebih besar dan abdomen yang membengkok. Nyamuk *Aedes aegypti* dewasa akan keluar melalui celah di antar kepala dan dada (*cephalothorax*). Waktu yang dibutuhkan pupa untuk menjadi nyamuk dewasa yakni sekitar 2-3 hari (Isna dan Sjamsul, 2021).

4. Nyamuk *Aedes aegypti*



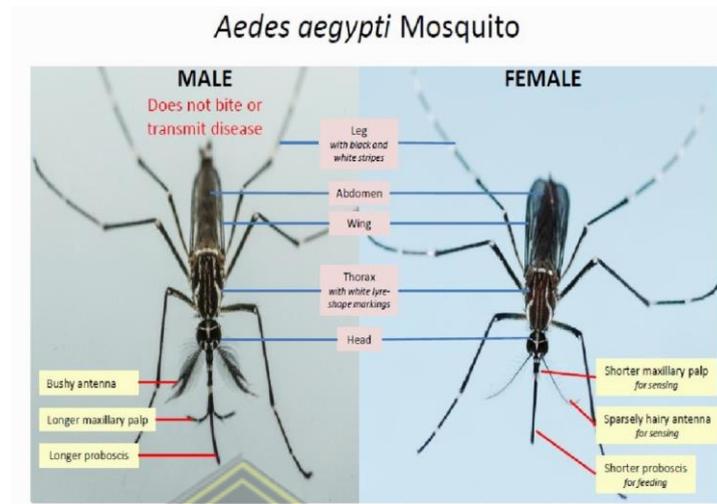
Gambar 2.7. Nyamuk *Aedes aegypti*
Sumber: (CDC, 2021)

Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki tubuh berwarna hitam yang disertai dengan garis-garis putih pada kaki. Morfologi nyamuk dewasa terdiri dari 3 bagian yakni kepala (*caput*), dada (*thorax*) dan perut (*abdomen*) dengan ukuran tubuh sekitar 5 mm. Bagian kepala nyamuk terdapat sepasang mata majemuk, sepasang palpi dan sepasang antena yang digunakan untuk peraba dan pembau. Pada nyamuk betina antena berbulu pendek

dan jarang (tipe pilose) sedangkan pada nyamuk jantan, antena berbulu panjang dan lebat (*plumose*). Pada bagian *thorax* terdiri dari 3 ruas yaitu *prothorax*, *mesothorax*, dan *metathorax* dengan 3 pasang kaki pada setiap ruasnya serta pada ruas ke dua yakni di *mesothorax* terdapat sepasang sayap. Secara makroskopis nyamuk *Aedes aegypti* dan nyamuk *Aedes albopictus* hampir sama, tetapi secara mikroskopis terdapat perbedaan pada morfologi punggung (*mesonotum*). Nyamuk *Aedes aegypti* mempunyai gambaran punggung berupa garis seperti *lyre* dengan dua garis melengkung dan dua garis lurus, sedangkan pada *Aedes albopictus* hanya mempunyai satu garis putih pada *mesonotum* (Isna dan Sjamsul, 2021).

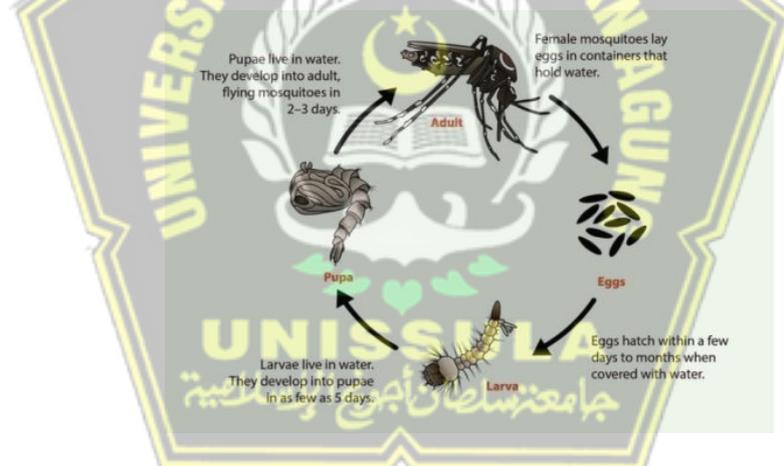
2.3.4. Perbedaan Nyamuk *Aedes aegypti* Jantan dan Betina

Secara mikroskopis perbedaan antara nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina terletak pada antenanya. Bentuk antena adalah filiform yang panjang dan langsing terdiri dari 15 segmen. Antena nyamuk jantan memiliki banyak rambut halus/ *plumose*, sedangkan pada nyamuk betina mempunyai sedikit rambut halus/*pilose*. Secara perilaku nyamuk *Aedes aegypti* betina lebih suka hinggap dan menghisap darah manusia pada siang hingga malam hari



Gambar 2.8. Perbedaan Nyamuk *Aedes aegypti* Jantan dan Betina
Sumber: (National Environment Agency, 2022)

2.3.5. Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*



Gambar 2.9. Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*
Sumber: (CDC, 2021)

2.3.6. Tempat Perkembangbiakan

Nyamuk *Aedes aegypti* berkembang biak di tempat yang terdapat genangan air bersih, seperti di penampungan air yang terdapat di dalam rumah, di luar rumah, maupun di sekitarnya.

Tempat perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* sebagai berikut:

1. Tempat penampungan air untuk keperluan sehari-hari, seperti bak mandi, ember, drum dan tangki.
2. Tempat penampungan air bukan untuk keperluan sehari-hari, seperti vas bunga dan barang bekas.
3. Tempat penampungan air alamiah, seperti potongan bambu, lubang pohon dan pelepah daun (Reichenbach *et al.*, 2019).

2.3.7. Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti*

Pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* bertujuan untuk menurunkan morbiditas (angka kesakitan).

Pengendalian vektor dilakukan dengan beberapa cara :

1. Pengelolaan Lingkungan

a. Pembersihan Sarang Nyamuk

Pemberantasan sarang nyamuk dapat dilakukan dengan cara mengurangi atau menghilangkan tempat perindukan yang bertujuan untuk memberantasan jentik atau mencegah agar nyamuk tidak dapat berkembangbiak. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menguras bak mandi, menutup rapat tempat penampungan air, mengganti air pada vas bunga dan membersihkan pekarangan (Reichenbach *et al.*, 2019).

b. Pengawasan Kualitas Lingkungan

Pengawasan kualitas lingkungan adalah cara pemberantasan vektor demam berdarah dengue melalui pengawasan kebersihan lingkungan oleh masyarakat. Masyarakat harus lebih memperhatikan kualitas dan kebersihan lingkungan di sekitarnya (Reichenbach *et al.*, 2019).

2. Pengendalian Biologis

Pengendalian biologis dilakukan dengan memelihara makhluk hidup sebagai pengendalian alami contohnya seperti menaruh ikan sebagai predator jentik nyamuk *Aedes aegypti*. Salah satu jenis ikan yang bisa digunakan yaitu ikan gupi, ikan kepala timah, ikan cupang, maupun jenis ikan kecil lainnya (Reichenbach *et al.*, 2019).

3. Pengendalian Kimia

Pengendalian kimia dilakukan untuk memberantas nyamuk dan larva dengan cara *fogging* (pengasapan). *Fogging* dilakukan menggunakan bahan insektisida yang dilakukan di sekitar rumah warga (Reichenbach *et al.*, 2019).

2.4. Insektisida *Malathion*

2.4.1. Jenis Insektisida

Insektisida merupakan bahan yang mengandung senyawa kimia yang digunakan untuk mematikan serangga atau vektor

penyakit bagi manusia dan tanaman. Pada kasus kejadian luar biasa pengendalian vektor tidak bisa dilakukan dengan cara yang biasa, perlu tindakan *fogging* menggunakan insektisida yang ideal untuk memutuskan rantai penularan.

Insektisida yang ideal harus mempunyai sifat berupa :

- a. Mempunyai kemampuan membunuh yang besar dan cepat serta tidak membahayakan bagi manusia dan hewan ternak.
- b. Harganya terjangkau dan mudah didapat dalam jumlah yang besar.
- c. Mempunyai susunan kimia yang stabil dan tidak mudah terbakar.
- d. Mudah digunakan dan dapat dicampur dengan berbagai macam bahan pelarut.
- e. Tidak berwarna dan tidak berbau yang tidak enak (Niroui *et al.*, 2015).

Selain itu menurut macam bahan kimianya, insektisida dibagi menjadi beberapa golongan:

1. Karbamat

Insektisida karbamat adalah ester asam yang mempunyai kemiripan dengan insektisida golongan organofosfat. Mekanisme kerjanya yaitu mempengaruhi reseptor asetilkolinesterase.

2. Organofosfat

Insektisida organofosfat merupakan ester atau amida dari ikatan asam fosfor atau pirofosfor organik. Mekanisme kerjanya yaitu dengan mempengaruhi reseptor asetilkolinesterase. Jenis insektisida golongan organofosfat yang sering digunakan adalah temefos dan *malathion*.

3. Organoklorin

a. DDT dan Analog DDT

DDT merupakan insektisida yang memiliki toksisitas tinggi pada serangga tetapi memiliki toksisitas yang rendah pada manusia. DDT mampu membunuh serangga dengan kontak yang sederhana. DDT saat ini sudah jarang digunakan karena dapat menyebabkan terjadinya resistensi pada serangga sehingga sering digantikan dengan jenis insektisida yang lainnya.

b. Heksakloroheksan

Insektisida ini mempunyai aksi yang cepat, membunuh dengan cepat dan sedikit meninggalkan residu. Insektisida ini secara khusus digunakan sebagai pengganti DDT jika resistensi.

c. Siklodien

Golongan insektisida siklodien salah satunya adalah Dieldrin. Dieldrin memiliki toksisitas yang lebih tinggi

dibandingkan dengan DDT dan heksakloroheksan pada serangga maupun manusia sehingga penggunaannya juga harus diperhitungkan.

4. Piretroid

Insektisida ini memiliki toksisitas tinggi, tidak meninggalkan residu di tanah dan aksinya cepat pada sejumlah besar serangga. Insektisida piretroid digunakan sebagai alternatif jika terjadi resistensi pada insektisida organofosfat, karbamat dan organoklorin.

5. Biopestisida

Biopestisida merupakan insektisida yang menggunakan suatu organisme pemberantas serangga. Insektisida ini digunakan jika terjadi resistensi pada insektisida golongan organofosfat, karbamat, organoklorin dan piretroid. (Niroui *et al.*, 2015)

Tabel 2.2. Golongan Insektisida

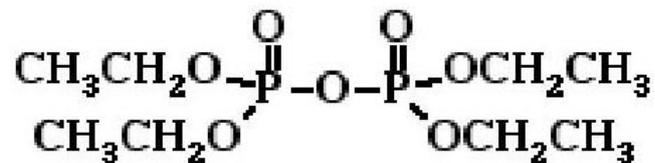
Karbamat	Ester asam N-metilkarbamat. Menghambat asetilkolinesterase. Contoh: Bendiokarb
Organofosfat	Ester asam fosfat atau asam tiofosfat. Insektisida paling toksik pada makhluk vertebrata. Contoh: Malation dan temephos
Organoklorin	Insektisida chlorinated hydrocarbon Contoh: Dikloro-difeniltrikloroetana (DDT), Heksakloroheksan, dan Siklodien,
Piretroid	Berasal dari piretrum diperoleh dari bunga <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> . Contoh: Deltametrin dan cypermethrin
Biopestisida	Berasal dari suatu organisme pemberantas serangga. Insektisida ini digunakan jika terjadi resistensi pada semua golongan insektisida di atas.

Sumber: (Yulida dan Sutarto, 2018)

2.4.2. Cara Kerja Insektisida *Malathion*

Malathion merupakan salah satu jenis insektisida dari golongan organofosfat yang banyak digunakan di Indonesia dalam program pengendalian nyamuk terutama vektor demam berdarah. *Malathion* memiliki kemampuan *knockdown* yang cepat pada serangga. *Malathion* berfungsi sebagai racun perut, racun kontak, dan racun hirup pada vektor demam berdarah (Sudiharto *et al.*, 2020).

Malathion merupakan insektisida yang bersifat cairan berwarna coklat, berbau tidak enak, bersifat korosif, memiliki rantai karbon yang pendek, dan lambat larut dalam air maupun pelarut lainnya. *Malathion* terdiri dari ikatan ester asam fosfat atau asam tiofosfat. *Malathion* mempunyai efek yakni menghambat penyaluran impuls saraf dengan cara mengikat enzim asetilkolinesterase. *Mode of action malathion* yaitu membatasi kerja kolinesterase terhadap *asetikolin* (inhibitor asetilkolinesterase) dalam tubuh serangga. *Mode of entry malathion* yaitu racun kontak dan racun perut. Insektisida ini masuk melalui eksoskelet ke dalam badan serangga dengan bantuan tarsus (jari-jari kaki) pada waktu istirahat di permukaan yang memuat residu insektisida. *Malathion* digunakan untuk membasmi serangga yang mempunyai bentuk mulut penusuk dan penghisap seperti vektor demam berdarah yaitu nyamuk *Aedes aegypti* (Sudiharto *et al.*, 2020).



Gambar 2.10. Struktur Insektisida *Malathion*
Sumber: (Dhamayanti dan Saftarina, 2018)

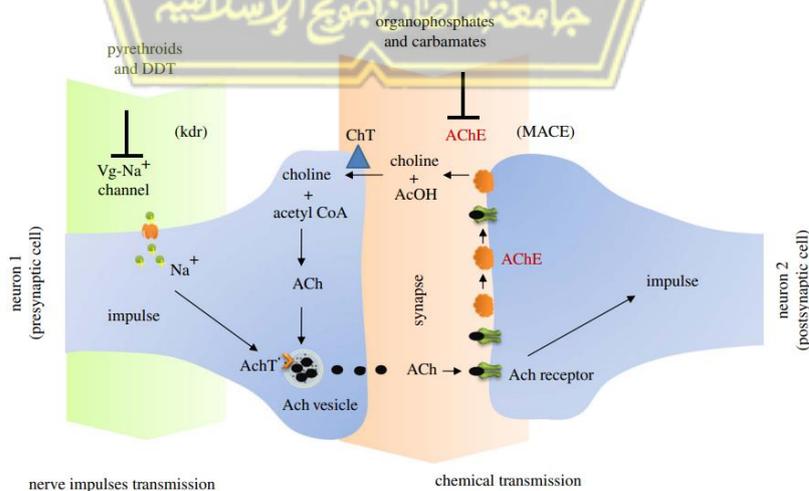
2.4.3. Enzim Asetilkolinesterase

Enzim merupakan katalis efektif yang bertanggung jawab dalam terjadinya reaksi kimia terkoordinasi yang melibatkan proses biologi dari sistem kehidupan. Enzim merupakan katalis yang tidak rusak dalam sekali reaksi saja, artinya bisa digunakan kembali. Laju reaksi enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain konsentrasi substrat, pH, suhu, adanya inhibitor, dan kekuatan ionik (Pratamawati *et al.*, 2017).

Esterase merupakan enzim yang memecah ikatan ester dengan cara hidrolisis. Enzim asetilkolinesterase akan menghidrolisis ikatan ester pada insektisida golongan organofosfat menjadi kolin dan asam asetat. Enzim asetilkolinesterase akan mengalami peningkatan aktivitas esterase 25 kali lebih tinggi pada serangga yang resisten dibandingkan dengan serangga yang masih rentan (De Araújo *et al.*, 2019).

Esterasi yang berfungsi untuk menetralkan organofosfat adalah esterase yang dihasilkan kelenjar saliva *Aedes aegypti*. Esterase mempunyai spesifitas yang rendah artinya hanya mampu mengolah

rantai kimia saja dan tidak membedakan berbagai senyawa kimia satu dengan lainnya. Asetilkolinesterase mengendalikan hidrolisis dari asetilkolin yaitu neurotransmitter yang dihasilkan dalam vesikel-vesikel yang terdapat pada aksin dekat celah sinap. Impuls saraf akan diteruskan dan asetilkolin serta asetilkolinesterase akan dihidrolisis menjadi kolin. Pada kondisi tidak terdapat asetilkolinesterase maka akan jadi penumpukan asetil kolin. Penumpukan asetilkolin akan berdampak pada terjadinya gangguan transmisi impuls yang dapat menyebabkan menurunnya koordinasi otot-otot, konvulsi, dan kematian. Secara elektrolit struktur organofosfat mirip dengan struktur asetilkolin sebagai substrat dari enzim asetilkolinesterase sehingga mekanisme kerjanya juga sama yaitu akan terjadi akumulasi asetilkolin yang sangat banyak sehingga dapat menyebabkan penurunan koordinasi otot, konvulsi, dan berakhir menjadi kematian nyamuk (De Araújo *et al.*, 2019)



Gambar 2.11. Reaksi Pengikatan Kolinesterase Pada Insektisida Malathion
Sumber: (David *et al.*, 2013)

2.5. Status Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap Insektisida *Malathion*

2.5.1. Pengertian Resistensi

Resistensi adalah proses biologi yang digunakan serangga untuk bertahan dari pengaruh insektisida. Serangga akan menggunakan berbagai mekanisme resistensi untuk menghindari paparan insektisida. Resistensi pada serangga akan lebih mudah terjadi bila serangga menggunakan lebih dari satu mekanisme resistensi pada waktu yang sama (Pradani *et al.*, 2018)

2.5.2. Faktor- faktor Penyebab Terjadinya Resistensi

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya resistensi:

1. Frekuensi penggunaan insektisida yaitu seberapa sering insektisida digunakan dimana resistensi dalam suatu populasi serangga akan terjadi lebih cepat bila persentase individu lemah (*lower fitness cost*).
2. Dosis dan persistensi yaitu formulasi dan lama penggunaan insektisida akan mempengaruhi resistensi sehingga dianjurkan mengikuti regulasi yang sudah diatur pabrik atau berdasarkan standar WHO.
3. Percepatan reproduksi serangga yaitu lama waktu yang dibutuhkan serangga dalam bereproduksi, semakin pendek siklus hidup serangga akan mempunyai percepatan reproduksi yang semakin tinggi, hal ini akan berdampak pada terjadinya

resistensi yang lebih cepat. Nyamuk merupakan serangga dengan siklus hidup pendek sehingga akan terjadi resistensi yang lebih cepat (Pratamawati *et al.*, 2017).

2.5.3. Mekanisme Resistensi

Mekanisme resistensi secara umum dibedakan menjadi 4, yaitu:

1. Resistensi metabolik atau enzimatis (*detoxification enzym based resitenance*)

Mekanisme resistensi ini merupakan mekanisme yang paling sering terjadi pada serangga. Serangga akan menggunakan enzim yang dimiliki untuk membantu mendetoksifikasi insektisida secara alami. Mekanisme kerja enzim ini adalah dengan cara memecah insektisida menjadi lebih sederhana sebelum menimbulkan efek membunuh. Terdapat tiga jenis enzim yang berperan dalam proses detoksifikasi insektisida yaitu enzim esterase, enzim monooksigenase, dan enzim glutation-S-transferase. Dari ketiga enzim tersebut metabolik yang paling sering terjadi pada semua kelas insektisida adalah peningkatan enzim esterase yang dimana berfungsi menghidrolisa ikatan ester pada insektisida (Pradani *et al.*, 2018).

2. Resistensi Pada Tempat Aksi

Pada susunan saraf serangga insektisida mempunyai tempat ikatan spesifik (*target site*). Pada serangga terjadi

mekanisme dimana *target site* akan diubah sehingga insektisida tidak dapat berikatan menjadi tidak aktif. *Target site* insektisida pada golongan organofosfat dan karbamat adalah asetilkolin esterase (AChE) pada sinaps sel saraf yang akan memecah neurotransmitter asetilkolin. Asetilkolinesterase (AChE) juga akan mengalami perubahan bentuk atau mutasi AChE yang disebut MACE (*modified asetilkolin esterase*). Selain dari golongan organofosfat dan karbamat *target site* juga ada pada insektisida DDT dan Pyrethroid yang disebut *Voltage gate sodium channel* (VGSC). Mutasi pada VGSC disebut sebagai mutasi gen *knockdown resistance* (Pradani *et al.*, 2018).

3. Reduksi Penetrasi

Pada serangga juga terjadi resistensi penetrasi yaitu resistensi serangga dalam memodifikasi kutikula atau lapisan luar serangga sehingga akan mencegah atau memperlambat absorpsi insektisida (Pradani *et al.*, 2018).

4. Resistensi Bawaan

Resistensi bawaan merupakan kemampuan serangga untuk menghindari efek mematikan insektisida dengan cara melakukan perubahan perilaku saat dilakukan penyemprotan insektisida. Resistensi bawaan ini bersifat turun temurun sehingga akan menimbulkan populasi yang resisten (Pradani *et al.*, 2018).

Berdasarkan tipenya resistensi serangga dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Toleransi vigour

Toleransi vigour merupakan tipe resistensi yang mudah rentan dan bersifat musiman. Resistensi ini terjadi karena adanya keanekaragaman morfofisiologi. Resistensi ini tidak spesifik karena tidak ada gen spesifik yang mengaturnya (Pradani *et al.*, 2018).

2. Resistensi fisiologi

Resistensi fisiologi merupakan resistensi yang bersifat genetik dan permanen karena terdapat satu atau lebih gen spesifik yang mengatur mekanisme secara fisiologis (Pradani *et al.*, 2018).

3. Resistensi Perilaku

Resistensi perilaku merupakan kemampuan populasi nyamuk untuk menghindari pengaruh insektisida berdasarkan perilaku alami yang dimiliki oleh nyamuk itu sendiri. Nyamuk akan selalu berusaha menghindari dinding yang disemprot insektisida sehingga terhindar dari dosis letal yang dapat membunuhnya (Pradani *et al.*, 2018).

2.5.4. Uji Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida *malathion*

Uji resistensi diperlukan untuk memberikan informasi pengendalian vektor yang efektif kepada masyarakat. Manajemen resistensi yang efektif dan sederhana membutuhkan proses pemantauan, penilaian status, dan mekanisme resistensi insektisida.

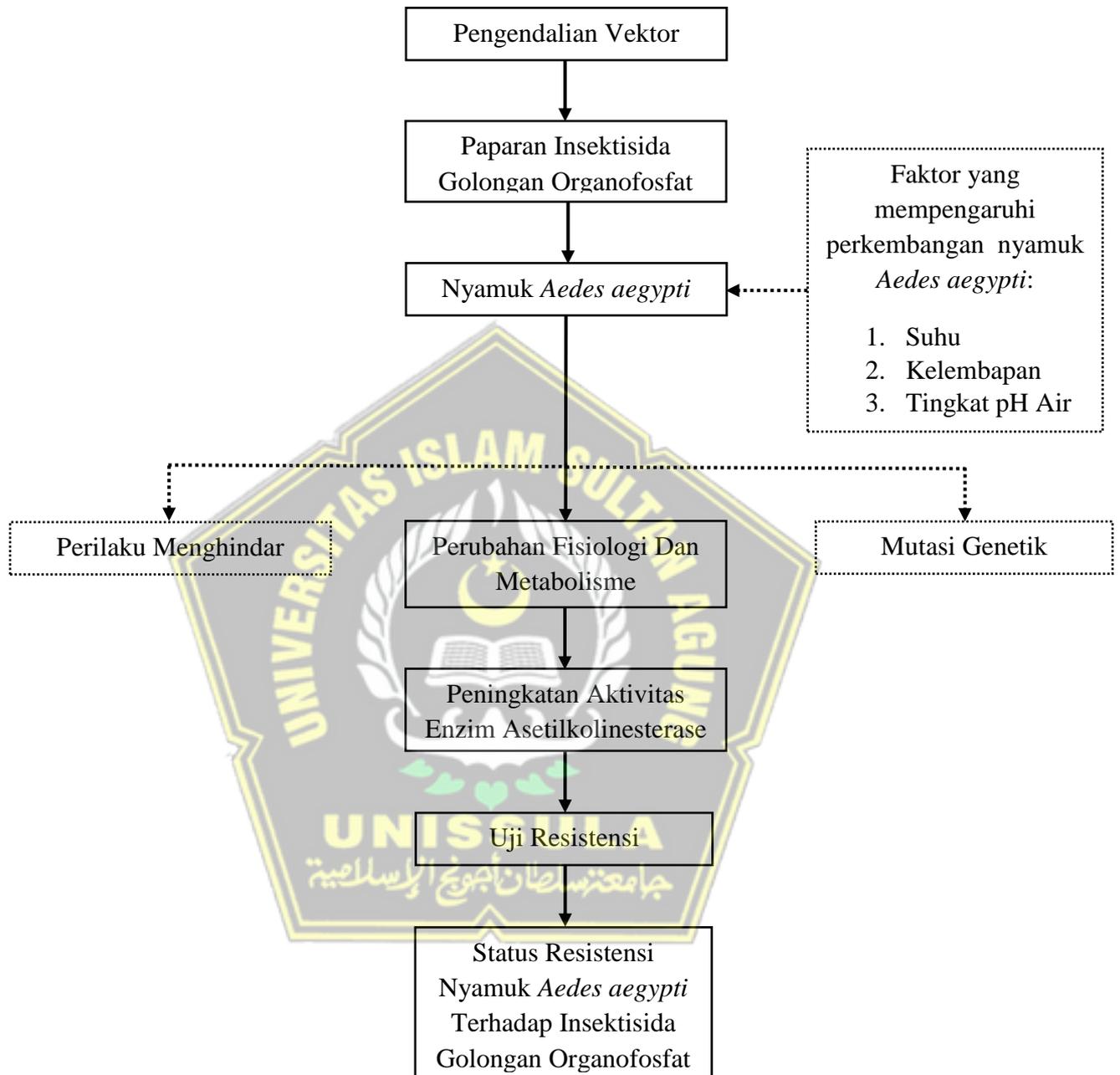
Uji resistensi ada 3 cara yaitu:

1. Uji *susceptibilitas* atau uji kerentanan secara konvensional dengan menggunakan *impregnated paper* yang sesuai dengan standar WHO.
2. Uji biokimia/microplate/enzimatis untuk mengukur enzim yang berperan dalam mendegradasi insektisida.
3. Uji molekuler dengan mengidentifikasi gen VGSC dan AChE 1 untuk mendeteksi adanya mutasi gen. Uji molekuler dilakukan untuk mendeteksi adanya resistensi tanpa peningkatan enzim biokimia (Reichenbach *et al.*, 2019).

Pada uji *susceptibilitas* status resistensi ditentukan dengan menggunakan standar baku WHO setelah dilakukan pengamatan selama 24 jam terhadap insektisida *malathion* dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Kematian nyamuk uji ≥ 98 % adalah rentan
- b. Kematian nyamuk uji 90 - <98 % adalah terduga resisten
- c. Kematian nyamuk uji < 90 % adalah resisten

2.6. Kerangka Teori



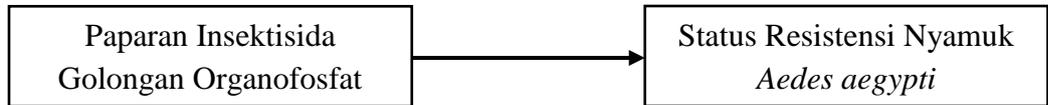
Keterangan:

————: yang diteliti

.....: yang tidak diteliti

Gambar 2.12. Kerangka Teori

2.7. Kerangka Konsep



Gambar 2.13. Kerangka Konsep

2.8. Hipotesis

Terdapat status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan organofosfat di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang menggunakan desain penelitian *posttest only control group design*.

3.2. Variabel dan Definisi Operasional

3.2.1. Variabel Penelitian

3.2.1.1. Variabel bebas

Paparan insektisida golongan organofosfat

3.2.1.2. Variabel terikat

Status resistensi nyamuk *Aedes aegypti*

3.2.2. Definisi Operasional

3.2.2.1. Paparan insektisida golongan organofosfat

Paparan insektisida yang digunakan adalah insektisida dari golongan organofosfat yaitu insektisida *malathion*. Insektisida *malathion* yang digunakan dalam bentuk *impregnated paper* dengan dosis 0,8% dan dimasukkan kedalam tabung uji resistensi metode *susceptibility test* kemudian diamati nyamuk *Aedes aegypti* yang hidup dan mati setelah dipaparkan.

Skala data: Nominal

3.2.2.2. Status Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti*

Status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* dinilai dari persentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* setelah dilakukan uji resistensi metode *susceptibility test* yang di *holding* selama 24 jam. Uji resistensi metode *susceptibility test* menggunakan 4 tabung dimana setiap tabung di isi 25 ekor nyamuk dan dihitung persentase kematian nyamuk di setiap tabungnya.

Skala data: Rasio

3.3. Subjek Uji

Nyamuk *Aedes aegypti* dewasa yang digunakan adalah seluruh nyamuk *Aedes aegypti* yang diambil dari survei larva di kelurahan Puskesmas Kedungmundu. Teknik pengambilan larva di rumah warga menggunakan teknik *cluster random sampling* dimana setiap kelurahan akan diambil 40 rumah. Subjek uji menggunakan nyamuk *Aedes aegypti* F2 dengan tujuan untuk menyamakan usia nyamuk yang akan diteliti. Nyamuk dewasa F2 didapatkan dengan cara mengembangbiakan larva yang sudah didapatkan di 40 rumah warga di setiap kelurahan dengan kasus DBD tertinggi di Puskesmas Kedungmundu. Larva nyamuk yang diambil akan dipelihara dan diberi makan pakan ikan agar menjadi nyamuk dewasa F1, lalu nyamuk dewasa dipelihara untuk menghasilkan telur agar mendapatkan nyamuk dewasa F2 yang akan digunakan dalam uji resistensi dan dinilai persentase kematian nyamuk setelah di paparkan insektisida. Larva nyamuk

akan di kembangbiakan dan diteliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP) selatiga untuk dinilai presentase dan status resistensinya. Jumlah nyamuk F2 yang digunakan dalam uji ini sebanyak 120 sampai 150 nyamuk disetiap masingmasing tabung uji dan 20 sampai 25 nyamuk di dalam tabung kontrol. Nyamuk yang digunakan dalam kondisi fisiologis yang relatif homogen seperti usia nyamuk berkisar 3 sampai 5 hari, kondisi perut yang kenyang larutan gula 10% dan menggunakan nyamuk betina.

3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian

3.4.1. Instrumen dan Bahan Penangkap Larva Nyamuk

1. Aspirator larva
2. *Cool box* larva nyamuk
3. Senter
4. Air bersih

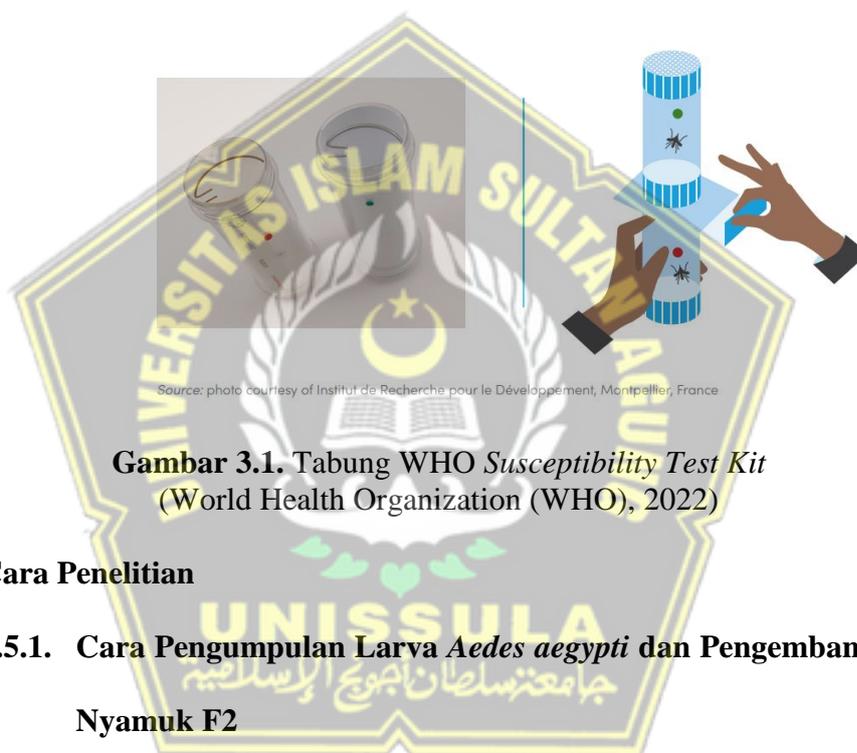
3.4.2. Instrumen dan Bahan Pemeliharaan (*Rearing*) Nyamuk

1. Makanan larva (pakan ikan)
2. Kurungan nyamuk
3. Penampan
4. Kertas saring
5. Tabung aspirator nyamuk
6. Larutan gula 10 %
7. Kapas

8. Marmut

3.4.3. Instrumen dan Bahan Uji Resistensi

1. Tabung standar WHO *Susceptibility test kit*
2. *Insecticides impregnated paper malathion 0,8%*
3. *Stopwatch*
4. Kertas label



Gambar 3.1. Tabung WHO *Susceptibility Test Kit*
(World Health Organization (WHO), 2022)

3.5. Cara Penelitian

3.5.1. Cara Pengumpulan Larva *Aedes aegypti* dan Pengembangbiakan Nyamuk F2

1. Pengambilan larva dibantu kader setempat untuk membantu dalam perizinan masuk ke dalam rumah warga.
2. Pengambilan larva dilakukan pada 100 rumah warga dan dibantu menggunakan penerangan senter ditempat penampungan air seperti bak mandi, drum, ember, vas bunga dan tempat lain yang berpotensi terdapat larva nyamuk.

3. Larva nyamuk diambil menggunakan aspirator larva nyamuk dan larva yang didapatkan diletakkan di penampungan larva nyamuk yang sudah diberi setengah air bersih.
4. Larva nyamuk akan dikembangkan menjadi nyamuk dewasa dengan cara diberikannya makan dengan pakan ikan sehingga nyamuk akan berkembang menjadi pupa lalu menjadi nyamuk dewasa sekitar 3 hari.
5. Nyamuk dewasa akan disimpan dalam kandang nyamuk dan akan diberi makan dengan nyamuk mengisap darah marmut hidup untuk tujuan agar nyamuk akan memproduksi telur nyamuk.
6. Waktu yang diperlukan untuk nyamuk memproduksi telur nyamuk sekitar 3 sampai 4 hari.
7. Kandang nyamuk akan diberikan kertas saring yang sudah dibasahi air agar nyamuk meletakkan telurnya ditempat tersebut.
8. Telur yang didapatkan akan diletakkan di dalam bak air dengan suhu ruang diatas 30°C agar telur cepat menetas dan menjadi larva nyamuk.
9. Larva nyamuk diberi makan dengan pakan ikan sehingga larva akan berkembang menjadi nyamuk dewasa F2.

3.5.2. Persentase Kematian Nyamuk Menggunakan Uji Resistensi

Penelitian ini akan menggunakan uji resistensi metoda *susceptibility test* dalam menentukan persentase kematian nyamuk.

Selain menilai persentase kematian nyamuk uji *susceptibility test* tersebut bisa menilai status resistensi insektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti*. Uji ini menggunakan standar WHO dengan cara kerja sebagai berikut :

1. Menyiapkan 6 pasang tabung standar WHO (2 kontrol & 4 ulangan). Tabung penyimpanan (*holding tube*) ditandai dengan stiker berwarna hijau dan dilapisi dengan kapas tanpa insektisida. Tabung uji (*exposure tube*) ditandai dengan stiker berwarna merah dan dilapisi dengan *impregnated paper* yang sudah diberik dosis insektisida sesuai standar WHO. Tabung kontrol ditandai dengan stiker berwarna kuning dan dilapisi dengan kapas tanpa insektisida.
2. Masukkan 25 ekor nyamuk betina disetiap tabung penyimpanan (*holding tube*) selama 1 jam.
3. Setelah menunggu 1 jam, hitung dan catat nyamuk yang pingsan dan mati sehingga tidak diikuti dalam uji.
4. Memindahkan secara hati-hati ke tabung perlakuan atau tabung uji yang sudah diberikan *Impregnated paper* lalu mengamati jumlah nyamuk yang *knock down* (lumpuh) setiap 15, 30, 45, dan 60 menit menggunakan *stopwatch*.
5. Setelah dilakukan uji selama 1 jam, nyamuk dipindahkan kembali ke tabung penyimpanan dan didiamkan selama 24 jam.

6. Setelah 24 jam, hitung persentase jumlah nyamuk yang mati di setiap tabung

Status resistensi nyamuk dewasa *Aedes aegypti* dinilai dari kematian nyamuk dewasa yang diberikan insektisida *malathion*. Apabila kematian nyamuk kontrol setelah dilakukan pengamatan selama 24 jam antara 3-10% maka perhitungan dikoreksi menggunakan formula Abbot dengan rumus :

$$AI = \frac{A - B}{100 - B} \times 100$$

Keterangan :

AI = % Kematian nyamuk uji setelah dikoreksi

A = % Kematian nyamuk uji

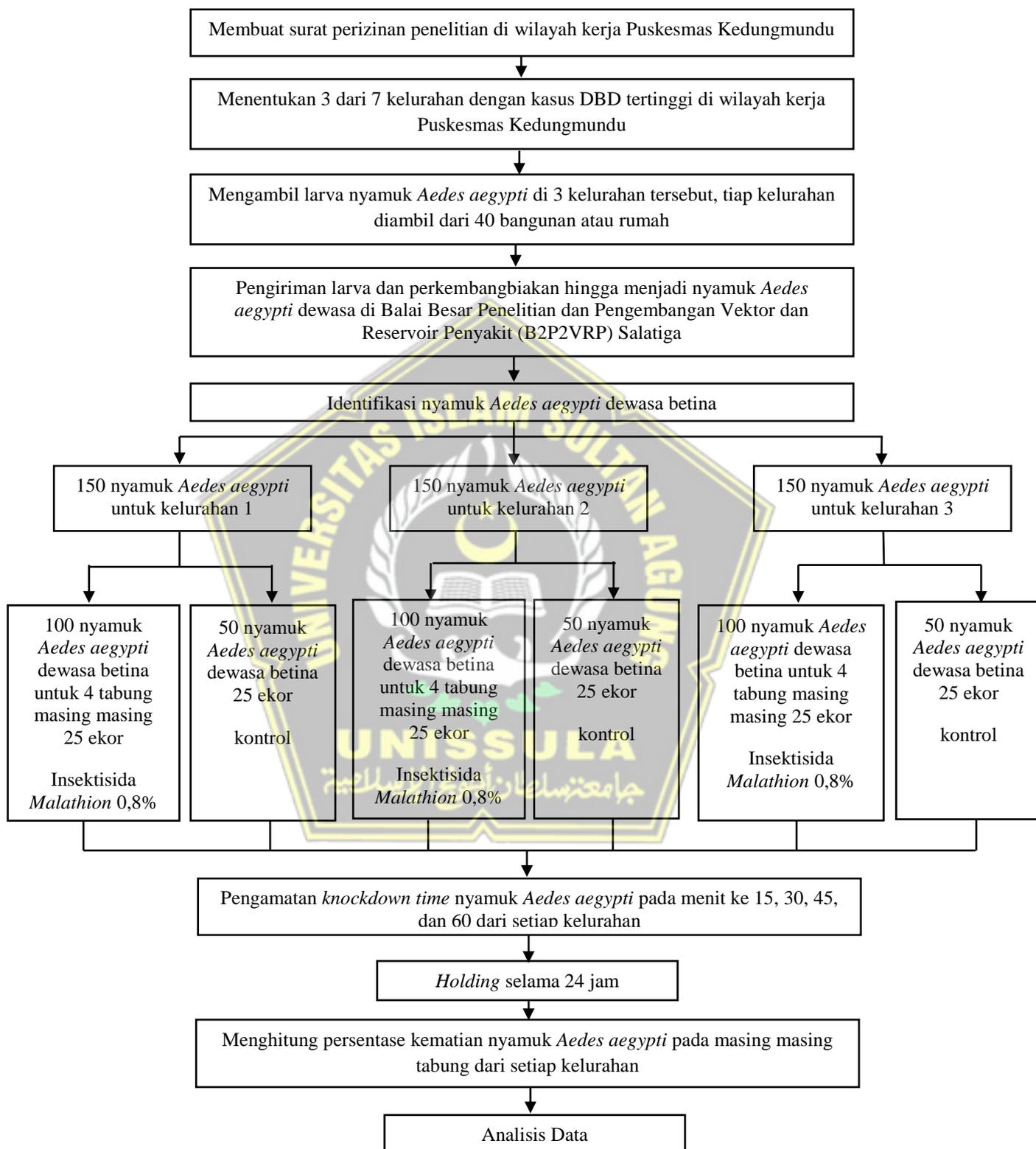
B = % Kematian nyamuk kontrol

Apabila persentase kematian nyamuk kontrol lebih dari 10%, maka uji di anggap gagal dan harus dilakukan pengujian ulang.

Kriteria status resistensi ditentukan berdasarkan angka presentase kematian nyamuk uji setelah pengamatan 24 jam terhadap insektisida *malathion* dengan kriteria sebagai berikut:

- Kematian nyamuk uji $\geq 98\%$ dikatakan rentan
- Kematian nyamuk uji 90 - < 98% dikatakan terduga resisten
- Kematian nyamuk uji < 90% dikatakan resisten

3.6. Alur Penelitian



Gambar 3.2. Alur Penelitian

3.7. Tempat dan Waktu

Tempat penelitian ini akan dilakukan di daerah endemis Kelurahan Kedungmundu, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Tempat pemeliharaan nyamuk dan pengujian resistensi berada di Laboratorium Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Vektor Dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP) Salatiga. Waktu penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 hingga Januari 2024.

3.8. Analisis Hasil

Hasil uji resistensi metode *susceptibility test* dianalisis menggunakan SPSS untuk mengetahui persentase kematian nyamuk pada tabung uji dan tabung kontrol pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu. Apabila hasil uji tersebut menunjukkan tidak adanya perbedaan persentase kematian dari setiap kelurahan maka hasil tersebut tidak bisa dilakukan uji beda dan status resistensi ditentukan dengan menggunakan analisis deskriptif.



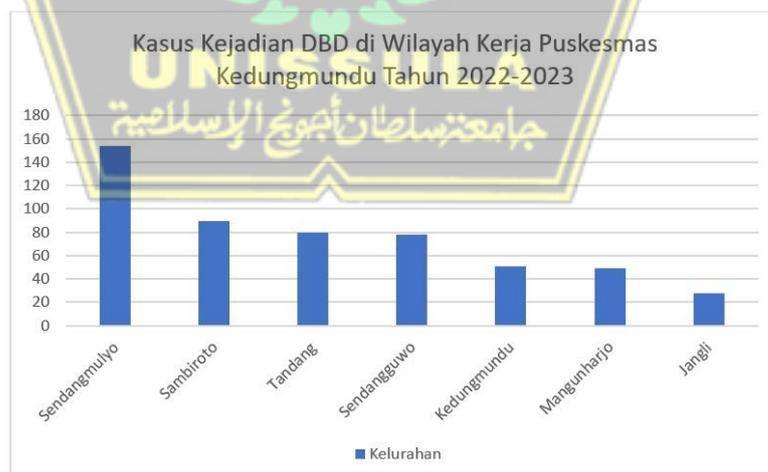
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian mengenai status resistensi insektisida golongan organofosfat terhadap nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu dilakukan menggunakan metode *susceptibility test*. Penelitian ini bertempat di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP) dan berlangsung pada tanggal 20 Oktober 2023 sampai 4 Januari 2024.

Sampel penelitian diambil dari 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu dengan jumlah kasus DBD terbanyak dari tahun 2022 hingga 2023. Berikut ini adalah grafik kasus DBD dari 7 kelurahan yang ada di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu.



Gambar 4.1. Grafik kasus kejadian DBD di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

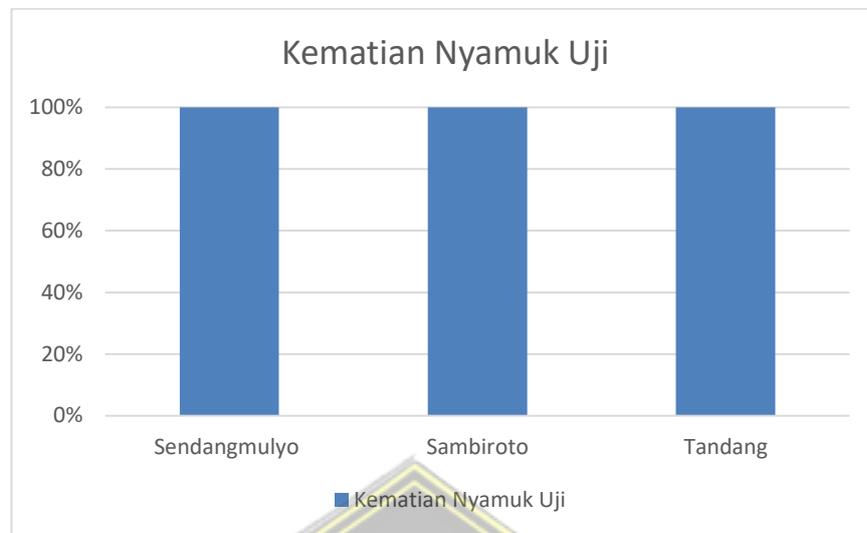
Gambar diatas merupakan data kasus DBD yang ada di wilayah kerja Puskesmas pada tahun 2022 hingga 2023. Jumlah kasus tertinggi berada di Kelurahan Sendangmulyo dengan 154 kasus, kemudian di Kelurahan Sambiroto 90 kasus, dan di Kelurahan Tandang 80 kasus. Jumlah kasus di 4 kelurahan lainnya yaitu di Kelurahan Sendangguwo 78 kasus, Kelurahan Kedungmundu 51 kasus. Kelurahan Mangunharjo 49 kasus, dan Kelurahan Jangli 28 kasus. Tiga kelurahan dengan kasus DBD tertinggi itulah yang kami jadikan tempat untuk melakukan pengambilan sampel penelitian

Hasil uji resistensi insektisida *malathion* terhadap nyamuk *Aedes aegypti* yang dilakukan dengan metode *susceptibility test* dan di *holding* selama 24 jam pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil uji resistensi nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

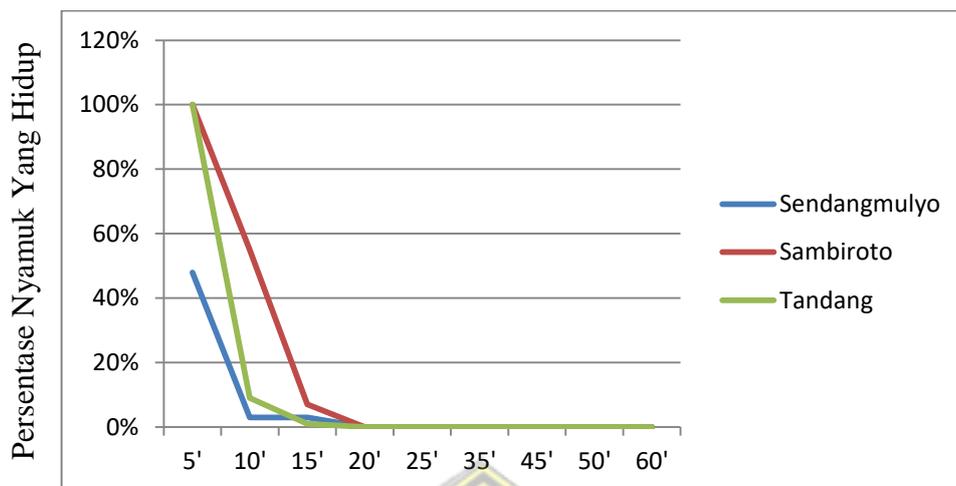
Wilayah	Terpapar Insektisida			Tidak Terpapar	
	N	% Kematian	Status	N	% Kematian
Sendangmulyo	100	100	Rentan	100	0
Sambiroto	100	100	Rentan	100	0
Tandang	100	100	Rentan	100	0

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan bahwa jumlah kematian nyamuk *Aedes aegypti* pada kelompok terpapar di 3 kelurahan yaitu Kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto, dan Tandang, berjumlah sebanyak 100 nyamuk. Hal tersebut menunjukkan bahwa status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida *malathion* di 3 kelurahan tersebut adalah rentan.



Gambar 4.2. Rerata persentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

Setelah mengetahui status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* selanjutnya dilakukan analisis terhadap waktu pingsan nyamuk (*knockdown time*) setelah diberikan paparan insektisida pada 3 kelurahan. Waktu pingsan nyamuk pada 3 kelurahan tersebut menunjukkan perbedaan waktu dan jumlah kematian nyamuk di setiap 5 menit. Rerata kematian nyamuk pada 3 kelurahan tersebut terjadi di menit ke-15 setelah diberi paparan insektisida. Diagram dibawah ini merupakan hasil uji yang menunjukkan waktu pingsan (*knockdown time*) nyamuk di 3 kelurahan.



Gambar 4.3. Grafik *knockdown time* nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

Keterangan: *Knockdown time* diamati tiap 5 menit selama 1 jam.

Gambar tersebut merupakan grafik waktu pingsang nyamuk (*knockdown time*) pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu. *Knockdown time* (KT) resistensi nyamuk *Aedes aegypti* setelah diberi paparan *impregnated paper malathion* 0,8% di Kelurahan Sendangmulyo terjadi pada menit ke-15, Kelurahan Sambiroto pada menit ke-20, dan Kelurahan Tandang pada menit ke-15. Rerata kematian nyamuk di 3 kelurahan tersebut terjadi pada menit ke-15.

Tabel 4.2. Hasil statistik *knockdown time* nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

Kelompok	<i>p value</i>	
	Uji <i>Shapiro-Wilk</i>	Uji <i>Levene Statistic</i>
<i>Knockdown Time</i>	0,914	1,000
Nyamuk Pingsan	0,00	0,850

* $p < 0,05$ dinyatakan berbeda signifikan

Setelah mengetahui status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* selanjutnya dianalisis waktu pingsan nyamuk (*knockdown time*) pada 3 kelurahan tersebut. Sebelum dianalisis data dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi normal dan homogen. Berdasarkan data pada tabel 4.2 Hasil uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan hasil nilai $p > 0,05$ yang berarti data tersebut terdistribusi normal. Hasil uji homogenitas *Levene statistic* diperoleh $p > 0,05$ yang berarti data tersebut memiliki variasi data yang homogen.

Tabel 4.3. Hasil uji *One Way Anova* terhadap *knockdown time* nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu

Kelompok	<i>p value</i>
	Uji <i>One Way Anova</i>
<i>Knockdown Time</i>	1,000
Nyamuk Pingsan	0,963

* $p < 0,05$ dinyatakan berbeda signifikan

Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas selanjutnya dilakukan uji *One way Anova* untuk mengetahui apakah ada perbedaan waktu pingsan nyamuk. Hasil uji *One Way Anova* $p=1,000$ ($p > 0,05$) yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu pingsan nyamuk (*knockdown time*) pada 3 kelurahan di wilayah kerja

Puskesmas Kedungmundu sehingga waktu pingsan nyamuk diakibatkan karena paparan insektisida.

4.2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian insektisida *malathion* tidak berpengaruh terhadap status resistensi nyamuk *Aedes aegypti*. Status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* yang awalnya diduga resisten kini setelah dilakukan uji menjadi rentan. Hal tersebut disebabkan karena status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* disebabkan banyak hal diantaranya rotasi jenis insektisida yang digunakan untuk *fogging*, program pemberhentian *fogging* selama 2 tahun oleh Dinas Kesehatan Kota Semarang, dan perilaku hidup masyarakat di lokasi penelitian (Iswidaty *et al.*, 2016).

Paparan insektisida merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya resistensi, akan tetapi hal ini bisa terjadi dengan syarat insektisida yang digunakan hanya 1 jenis saja dan dilakukan secara terus menerus (Mu'azah *et al.*, 2021). Pemberlakuan sistem rotasi jenis insektisida yang digunakan untuk *fogging* ternyata mempengaruhi status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* di lokasi penelitian. Hal ini juga dibenarkan dengan adanya data jenis insektisida yang digunakan oleh Dinas Kesehatan Kota Semarang dalam melakukan program *fogging* di daerah endemis DBD. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Ilham selaku penanggung jawab *fogging* dari Dinas Kesehatan Kota Semarang beliau mengatakan bahwa “Dinas Kesehatan Kota Semarang telah melakukan rotasi penggunaan insektisida,

untuk wilayah Semarang timur seperti di Kedungmundu tidak menggunakan insektisida *malathion* tetapi menggunakan jenis insektisida *cypermethrin* sebaliknya, untuk daerah Semarang barat tidak menggunakan insektisida *cypermethrin* tetapi menggunakan jenis insektisida *malathion*". Hal ini dilakukan karena pada tahun 2021 wilayah Kedungmundu sudah berstatus resistensi terhadap insektisida *malathion*.

Pemberhentian program *fogging* selama 2 tahun belakangan ini juga mempengaruhi status resistensi nyamuk *Aedes aegypti*. Hal ini disebabkan karena menurunnya aktivitas enzim esterase di tubuh nyamuk yang berfungsi untuk memecah senyawa insektisida sehingga nyamuk tidak ada lagi pertahanan untuk menangkal masuknya insektisida tersebut, akibatnya ketika nyamuk terkena insektisida maka akan langsung mati. Alasan ini juga dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sari *et al.*, 2018) di Kelurahan Kembangarum, Kecamatan Semarang Barat dimana status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida *malathion* menjadi rentan. Bapak ilham selaku penanggung jawab *fogging* dari Dinas Kesehatan Kota Semarang juga membenarkan hal tersebut bahwasannya "di Kedungmundu sendiri insektisida *malathion* terakhir digunakan pada bulan Mei 2010 dan setelah itu tidak pernah lagi digunakan dikarenakan sudah terjadi resistensi, selain itu di kedungmundu terakhir kali dilakukan pada *fogging* pada tahun 2021 dan hanya menggunakan insektisida jenis *cypermethrin*". Pemberhentian program *fogging* selama 2 tahun belakangan ini juga disebabkan karena adanya virus COVID-19 sehingga laporan kasus

DBD tertutup oleh kasus COVID-19. Tidak adanya laporan kasus yang masuk itulah sehingga membuat tidak adanya permintaan untuk dilakukan *fogging*".

Selain dari faktor insektisida, penurunan resistensi ini juga diakibatkan oleh kebiasaan hidup masyarakat di lokasi penelitian. Dari hasil wawancara dengan kader puskesmas bahwa mereka sering mengadakan penyuluhan dampak bahaya *fogging* dan penyuluhan program 3 M (Menguras, menutup, dan mengubur) untuk menekan angka kejadian DBD. Selain itu di lokasi penelitian juga setiap seminggu sekali para kader akan mengajak masyarakat untuk melakukan jumantik, hal ini bisa meningkatkan kesadaran masyarakat untuk menerapkan hidup bersih dan sehat serta bisa mengurangi jumlah jentik nyamuk *Aedes aegypti*.

Penelitian status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisidan golongan organofosfat masih memiliki beberapa keterbatasan diantaranya yaitu keterbatasan pengambilan sampel sehingga sampel yang diambil hanya 3 dari 7 kelurahan yang ada. Penelitian ini juga hanya menguji status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida sehingga tidak dapat mengetahui kadar enzim yang berperan dalam penentuan status resistensi nyamuk *Aedes aegypti*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan uji resistensi insektisida golongan organofosfat terhadap nyamuk *Aedes aegypti* pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

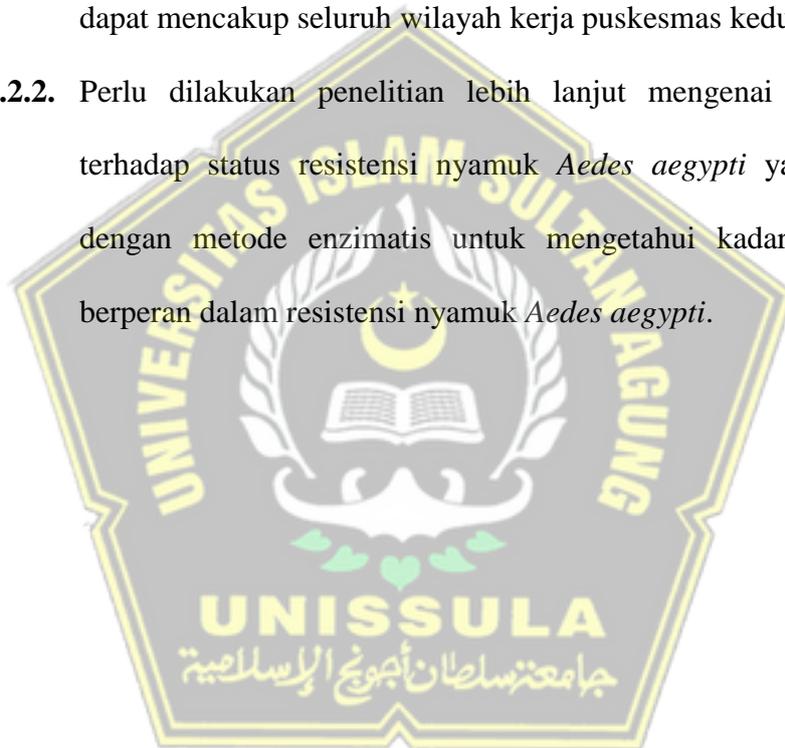
- 5.1.1. Status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan organofosfat di Kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto, dan Tandang adalah rentan.
- 5.1.2. Jumlah kasus DBD pada tahun 2022 pada 3 kelurahan di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu yaitu di Kelurahan Sendangmulyo sebanyak 154 kasus, Kelurahan Sambiroto sebanyak 90 kasus, dan di Kelurahan Tandang sebanyak 80 kasus.
- 5.1.3. Persentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan organofosfat jenis *malathion* 0,8% setelah di *holding* 24 jam pada Kelurahan Sendangmulyo adalah 100%, Kelurahan Sambiroto adalah 100%, dan Kelurahan Tandang adalah 100%.
- 5.1.4. *Knockdown time (KT)* resistensi nyamuk *Aedes aegypti* setelah diberi paparan *impregnated paper malathion* 0,8% di Kelurahan Sendangmulyo terjadi pada menit ke-15, Kelurahan Sambiroto pada menit ke-20, dan Kelurahan Tandang pada menit ke-15. Rerata kematian nyamuk di 3 kelurahan tersebut terjadi pada menit ke-15.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan oleh peneliti terkait keterbatasan dalam penelitian ini adalah:

5.2.1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai uji resistensi nyamuk *Aedes aegypti* pada seluruh kelurahan diwilayah kerja puskesmas kedungmundu sehingga didapatkan hasil penelitian yang dapat mencakup seluruh wilayah kerja puskesmas kedungmundu.

5.2.2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai uji resistensi terhadap status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* yang dilakukan dengan metode enzimatik untuk mengetahui kadar enzim yang berperan dalam resistensi nyamuk *Aedes aegypti*.



DAFTAR PUSTAKA

- CDC. (2021). *Aedes Mosquito life cycle*. Dalam: http://www.cdc.gov/Dengue/entomologyEcology/m_lifecycle.html
Dikutip tanggal 28 Agustus 2023.
- David, J. P., Ismail, H. M., Chandor-Proust, A., & Paine, M. J. I. (2013). Role of cytochrome P450s in insecticide resistance: Impact on the control of mosquito-borne diseases and use of insecticides on earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1612). <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0429>
- Dhamayanti, F. A., & Saftarina, F. (2018). Efek Neurobehavioral akibat Paparan Kronik Organofosfat pada Petani. Dalam: <https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/agro/article/download/1991/pdf>. Dikutip tanggal 28 Agustus 2023.
- Dinkes Kota Semarang, 2021. (2021). Profil Kesehatan Kota Semarang 2021. Dalam: *Dinas Kesehatan Kota Semarang*, 30. Dikutip tanggal 20 Juli 2023.
- Firdatullah, M. A., Azis, W. A., & Hudayah, N. (2020). Faktor yang Berhubungan dengan Permintaan Fogging Focus oleh Masyarakat. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Jiwa*, 2(1), 13–20. Dalam: <https://jurnal.rs-amino.jatengprov.go.id/index.php/JIKJ/article/view/9> . Dikutip tanggal 28 Agustus 2023.
- Harapan, H., Michie, A., Mudatsir, M., Sasmono, R. T., & Imrie, A. (2019). Epidemiology of dengue hemorrhagic fever in Indonesia: Analysis of five decades data from the National Disease Surveillance. *BMC Research Notes*, 12(1), 4–9. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4379-9>
- Indriyani, I., Rosa, E., Dania Pratami, G., & Nukmal, N. (2022). Effectiveness of Ovitrapp Against *Aedes aegypti* Mosquito In Kemiling Raya Sub-District Bandar Lampung City And The Vulnerability Of Its Larvals To Temephos. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 9(1), 57–64. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v9i1.205>
- Isna, H., & Sjamsul, H. (2021). *Peran Nyamuk Sebagai Vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) Melalui Transovarial*. Banyumas: Satria Publisher.
- Iswidaty, T., Martini, M., & Widiastuti, D. (2016). Status Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap Malathion 0,8% di Area Perimeter dan Buffer Pelabuhan Tanjung Emas Semarang (Pengujian Berdasarkan Teknik Bioassay dan Biokimia). *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(1), 211–217.

- Lesmana, S. D. (2017). Resistensi *Aedes aegypti* terhadap Insektisida Golongan Organofosfat. *Jurnal Ilmu Kedokteran*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.26891/jik.v4i1.2010.10-13>
- Mu'azah, Z. A., Rofieq, A., Nuryady, M. M., Permana, T. I., Dinindra, A. M., Agustin, J. U., Sasmitasari, N. I. D., Setiawan, M. A. L., & Irrodah, P. A. (2021). Uji Susceptibility Nyamuk *Aedes aegypti* terhadap Insektisida Malathion di Wilayah Fogging Kabupaten Malang. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 378. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v9i2.4051>
- Niroui, F., Sletten, E. M., Song, Y., Wang, A. I., Ong, W. J., Kong, J., Yablonovitch, E., Swager, T. M., Lang, J. H., & Bulovic, V. (2015). Tunneling nanoelectromechanical switches. *2015 4th Berkeley Symposium on Energy Efficient Electronic Systems, E3S 2015 - Proceedings*, 1(3), 42–46. <https://doi.org/10.1109/E3S.2015.7336790>
- Novita, I. B., Martini, M., Hestningsih, R., Yuliawati, S., Kusariana, N., & Hadi, M. (2019). *Aedes aegypti* vector resistance status on malation and activity of non specific esteration enzymes in Tembalang district, Semarang city. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Indonesia*, 10(3), 215–221. <https://doi.org/10.20885/jkki.vol10.iss3.art3>
- Pradani, F. Y., Ipa, M., Marina, R., Yuliasih, Y., Ciamis, L. L. P. B., Km, P., Kamurang, D., Babakan, D., & Pangandaran, K. (2018). Susceptibility Di Kota Cimahi Terhadap Cypermethrin Determination Resistance On Susceptibility Method For *Aedes Aegypti* With Cypermethrin In Cimahi Pendahuluan Pengendalian Vector Dewasa Dengan Cara Fogging Masih Menjadi Pilihan Utama Dalam Penanggulangan. *Jurnal Vektora*, 3(1), 35–43.
- Prasetyowati, H., Hendri, J., & Wahono, T. (2016). Status Resistensi *Aedes aegypti* (Linn.) terhadap Organofosfat di Tiga Kotamadya DKI Jakarta. *Balaba: Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 12(1), 23–30. <https://doi.org/10.22435/blb.v12i1.4454.23-30>
- Pratamawati, D. A., Irawan, A. S., & Widiarti, W. (2017). Hubungan Antara Perilaku Penggunaan Insektisida Rumah Tangga Dengan Riwayat Pernah Sakit Demam Berdarah di Provinsi Bali Tahun 2011. *Spirakel*, 7(2). <https://doi.org/10.22435/spirakel.v7i2.6130.15-27>
- Puspitasari, A., Santjaka, A., & Widyanto, A. (2019). Eksplorasi Status Resistensi Nyamuk *Aedes* sp. Terhadap Insektisida Golongan Organofosfat Secara Biokimia Di Kabupaten Banyumas Tahun 2017. *Buletin Keslingmas*, 38(1), 67–76. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v38i1.4076>

- Sari, Maya, Sayono, U. N. (2018). *Kerentanan Nyamuk Aedes Aegypti Terhadap Cypermethrin Dan Malathion*. 1, 53–60.
- Sudiharto, M., Udiyono, A., & Kusariana, N. (2020). Status Resistensi Aedes aegypti Terhadap Malathion 0,8% dan Sipermetrin 0,05% Di Pelabuhan Pulau Baai Kota Bengkulu. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(2), 2356–3346.
- Sunaryo. (2014). Status resistensi vektor demam berdarah dengue 0,25% di Provinsi Jawa Tengah Resistance Status of Dengue Haemorrhagic Fever Vector (Aedes Aegypti) to Malathion 0 , 8 % and Permethrin 0 , 25 % in Central Java Province. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 13(2), 146–152.
- Susanti, S., & Suharyo, S. (2017). Hubungan Lingkungan Fisik Dengan Keberadaan Jentik Aedes Pada Area Bervegetasi Pohon Pisang. *Unnes Journal of Public Health*, 6(4), 271–276. <https://doi.org/10.15294/ujph.v6i4.15236>
- World Health Organization (WHO). (2022). Standard operating procedure for testing insecticide susceptibility of adult mosquitoes in WHO bottle bioassays. Dalam: *World Health Organization, January*, 17p. Dikutip tanggal 20 Juli 2023
- Yulida, A., & Sutarto, S. (2018). Insecticide Resistance in Aedes aegypti. *J Agromedicine Unila*, 5(2), 582–586.

