

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

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Kedokteran



Diajukan Oleh:

Chirly Wafiyatul Abda

30102000043

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2024

Skripsi

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

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

**Chirly Wafiyatul Abda
30102000043**

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

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I

Anggota Tim Penguji


dr. Menik Sahariyani, M.Sc


dr. Rizkie Woro Hastuti, M.Biomed.

Pembimbing II


dr. Widiana Rachim, M.Sc.


dr. Bagas Widiyanto, M.Biomed.

Semarang, 15 Februari 2024

Fakultas Kedokteran

Universitas Islam Sultan Agung

Lekan,



Dr. dr. Setyo Trisnadi, S.H., Sp.KF

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Chirly Wafiyatul Abda

NIM : 30102000043

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

**“UJI RESISTENSI INSEKTISIDA GOLONGAN KARBAMAT PADA
NYAMUK *Aedes aegypti* DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS
KEDUNGUMUNDU**

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, 07 Februari 2024

Yang menyatakan,



Chirly Wafiyatul Abda

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil ‘alamin puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT berkat limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Uji Resistensi Insektisida Golongan Karbamat terhadap Nyamuk *Aedes Aegypti* di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung.

Selama penyusunan skripsi pastinya banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. dr. Setyo Trisnadi, S.H., Sp.KF selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. dr. Menik Sahariani, M.Sc dan dr. Widiana Rachim, M.Sc. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah sabar meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk mengarahkan dan membimbing penulis hingga terselesaikannya skripsi ini. Tak lupa dr. Ulfah Dian Indrayani, M.Sc selaku dosen wali saya yang telah memotivasi saya, memberikan saya konseling terhadap kesulitan yang saya hadapi dalam mengerjakan skripsi.
3. dr. Rizkie Woro Hastuti, M.Biomed dan dr. Bagas Widiyanto, M.Biomed selaku dosen penguji I dan II yang telah sabar meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk menguji, mengarahkan, dan memberikan nasihat hingga

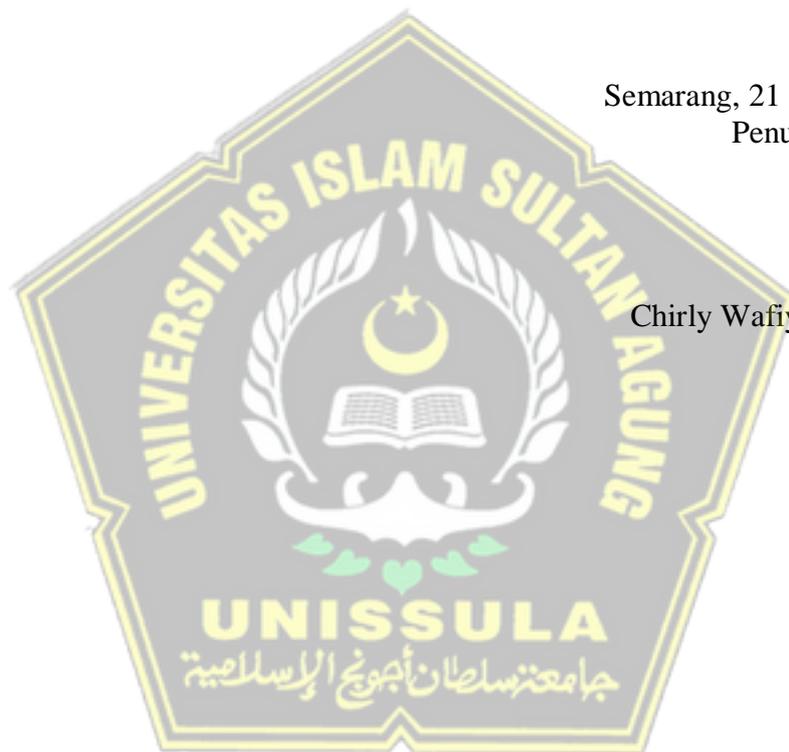
terselesaikan skripsi ini.

4. Kepala Dinas beserta staff dinas kesehatan yang telah banyak membantu penulis dalam hal administrasi pengantar ke puskesmas terkait.
5. Kepala Puskesmas Kedungmundu beserta staff yang telah memfasilitasi kami terkait perizinan mengambil sampel dilapangan.
6. Ibu ketua beserta kader FKK di kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang yang andilnya begitu besar dalam membantu dan mengarahkan kami dengan sabar untuk mencari sampel secara door to door dilapangan.
7. Keluarga saya tercinta yaitu dr. Neli Munjidah dan Wiwik Widodo, S.T selaku orang tua penulis. Abdullah Ibha Marsali selaku kakak penulis serta Hanin Haudhi Falha Faradisa selaku adik perempuan penulis yang telah memberikan nasihat, dukungan, fasilitas, dan doa yang tiada hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Sahabat kelompok bimbingan (Yoga, Rodjik, Afi, dan Titu) dan Gibran yang selalu kompak dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini.
9. Sahabat ASTROCYTES 2020, Asisten Laboratorium Parasitologi 2020, terkhusus teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu khususnya sahabat kos baru (Lola, Chika, dan Danindra), kos lama (Ijah, Fio, Zulfa, Asa dan Dede) dan Komods yang telah banyak memberikan dukungan, bantuan, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh pihak lain yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna mengingat keterbatasan penulis. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, civitas akademika Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung, masyarakat, dan menjadi salah satu sumbangan untuk dunia keilmiahan dan kedokteran.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, 21 Januari 2024
Penulis



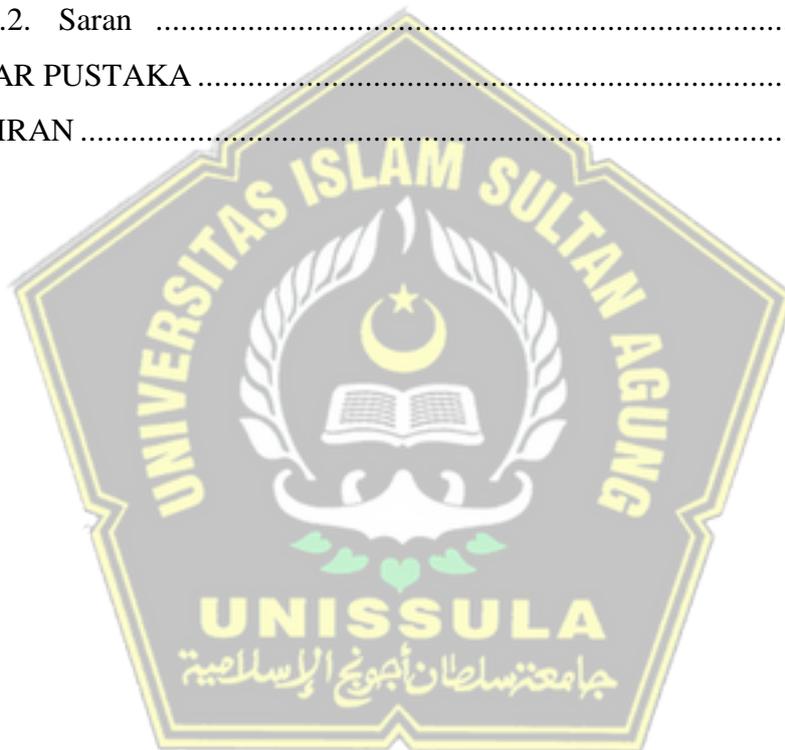
Chirly Wafiyatul Abda

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
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.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1. Tujuan Umum	4
1.3.2. Tujuan Khusus	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1. Manfaat Teoritis	5
1.4.2. Manfaat Praktis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Angka Kejadian DBD	6
2.1.1. Pengertian angka kejadian DBD	6
2.1.2. Angka kejadian DBD di Kota Semarang.....	6
2.1.3. Daerah Endemis DBD di Kota Semarang	7
2.2. Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	9
2.2.1. Pengertian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	9
2.2.2. Pengertian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	9
2.2.3. Pengendalian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	11
2.2.4. Morfologi <i>Aedes Aegypti</i>	13

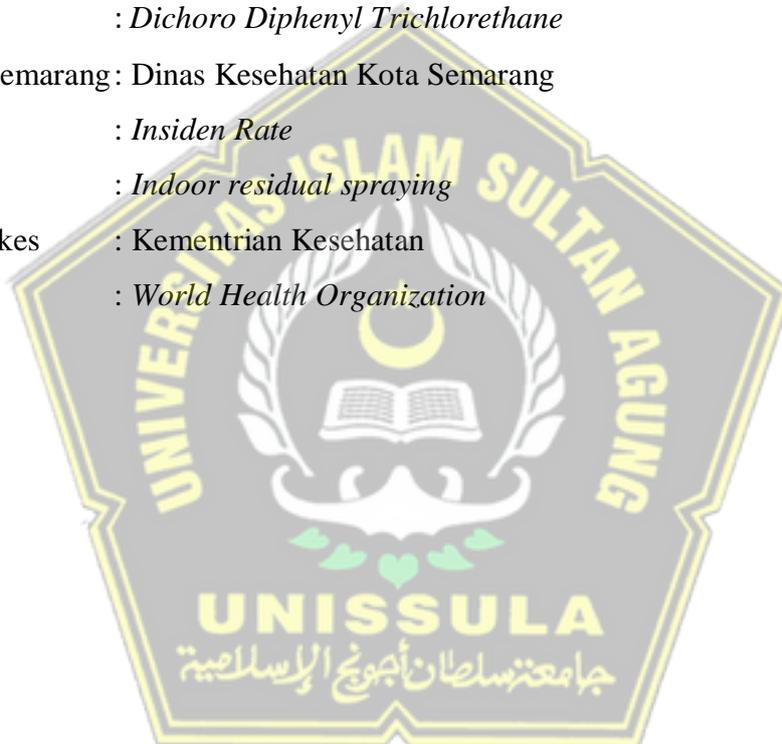
2.2.5.	Siklus Hidup	16
2.2.6.	Perkembangbiakan Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i>	17
2.2.7.	Perbedaan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Jantan dan Betina.....	18
2.3.	Insektisida Golongan Karbamat	19
2.3.1.	Jenis Insektisida	19
2.3.2.	Insektisida Golongan Karbamat Jenis <i>Bendiocarb</i>	21
2.4.	Resistensi Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i> terhadap Golongan Karbamat Jenis <i>Bendiocarb</i>	22
2.4.1.	Pengertian Resistensi.....	22
2.4.2.	Enzim Asetilkolinestrase	23
2.4.3.	Mekanisme Terbentuknya Resistensi Golongan Karbamat Jenis <i>Bendiocarb</i>	24
2.5.	Kerangka Teori.....	30
2.6.	Kerangka Konsep	30
2.7.	Hipotesis.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1.	Jenis Penelitian	32
3.2.	Variabel dan Definisi Operasional	32
3.2.1.	Variable	32
3.2.2.	Definisi Operasional.....	32
3.3.	Subjek Uji.....	33
3.4.	Instrumen dan Bahan Penelitian.....	34
3.4.1.	Instrument Penangkapan Larva.....	34
3.4.2.	Instrument Pemeliharaan	34
3.4.3.	Instrument Penelitian Resistensi	34
3.4.4.	Bahan.....	34
3.5.	Cara Penelitian	35
3.5.1.	Cara pengambilan Larva Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	35
3.5.2.	Pemeliharaan Larva Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> menjadi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> F2	36
3.5.3.	Pengujian Menggunakan <i>Impregnated Paper</i> Bendiocarb.....	36

3.6. Alur Penelitian.....	38
3.7. Tempat dan Waktu.....	39
3.8. Analisis Hasil	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Hasil Penelitian.....	40
4.2. Pembahasan.....	45
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1. Simpulan	50
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	56



DAFTAR SINGKATAN

AChE	: <i>Asetilkolinesterase</i>
B2P2VRP	: Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Vektor Dan Reservoir Penyakit
CFR	: <i>Case Fatality Rate</i>
COVID-19	: <i>Coronavirus Disease 2019</i>
DBD	: Demam Berdarah Dengue
DDT	: <i>Dichoro Diphenyl Trichlorethane</i>
DKK Semarang	: Dinas Kesehatan Kota Semarang
IR	: <i>Insiden Rate</i>
IRS	: <i>Indoor residual spraying</i>
Kemendes	: Kementerian Kesehatan
WHO	: <i>World Health Organization</i>



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Persebaran Angka Kejadian DBD.....	6
Gambar 2.2.	Kasus Demam Berdarah di Kota Semarang Tahun 2022.....	7
Gambar 2.3.	Peta Dasar Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu.....	8
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> , nyamuk dewasa muncul dari pupa dan akan terbang menjauh.....	15
Gambar 2.8.	Nyamuk <i>Aedes Aegypti</i> betina.....	16
Gambar 2.9.	Siklus nyamuk <i>Aedes Aegypti</i>	17
Gambar 2.10.	Perbedaan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Jantan dan Betina.....	18
Gambar 2.11.	Ikatan Enzim Asetilkolinesterase.....	24
Gambar 2.12.	Diagram skema sinapsis saraf yang menunjukkan contoh mekanisme resistensi insektisida.....	27
Gambar 2.13.	Ikatan Insektisida <i>Bendiocarb</i>	29
Gambar 2.14.	Kerangka Teori.....	30
Gambar 2.15.	Kerangka Konsep.....	31
Gambar 3.1.	Alur Penelitian.....	39
Gambar 4.1.	Jumlah Kasus DBD di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu Semarang.....	41
Gambar 4.2.	Diagram batang presentase kematian nyamuk terpapar tiap kelurahan.....	43
Gambar 4.3.	Grafik rerata knockdown time tiga kelurahan pada wilayah kerja puskesmas kedungmundu.....	43

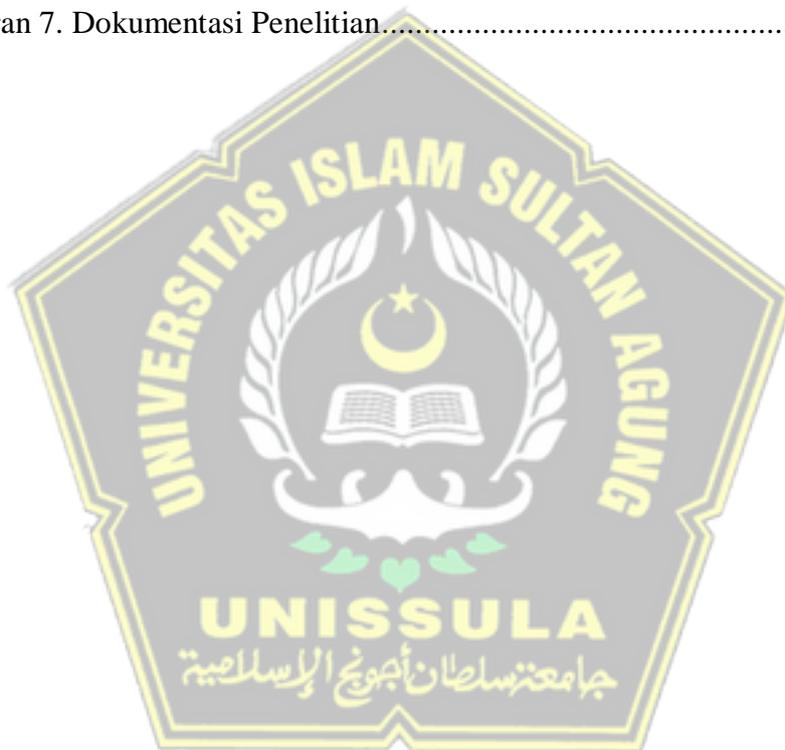
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Hasil Uji Deskriptif Status Resistensi metode Suscepibility Test dengan Impregnated Paper <i>Bendiocarb</i>41
------------	---



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Kematian Nyamuk Uji	56
Lampiran 2. Perhitungan Persentase Kematian.....	57
Lampiran 3. Analisis Statistik Uji Normalitas Dan Homogenitas.....	58
Lampiran 4. Analisis Statistik Uji Beda T Independent Test.....	58
Lampiran 5. <i>Ethical Clearance</i>	60
Lampiran 6. Surat Laporan Hasil Uji B2p2vrp	61
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	62



INTISARI

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vector utama dalam penyakit demam berdarah dengue. Upaya pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* salah satunya adalah dengan penyemprotan (*fogging*) insektisida golongan karbamat yang berguna untuk memutus penularan DBD. Penggunaan insektisida yang berlebihan dalam jangka waktu yang cepat menyebabkan peningkatan enzim asetikolinesterase sehingga menimbulkan resistensi nyamuk *Aedes aegypti*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui status resistensi dan *knockdown time* (waktu pingsan) nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan karbamat di wilayah kerja puskesmas kedungmundu diwakili oleh tiga wilayah yaitu Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang yang merupakan kasus tertinggi DBD di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu.

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen *post test only control group design*. Penelitian ini menggunakan teknik *cluster random sampling*. Menggunakan 450 nyamuk *Aedes aegypti* dari masing masing wilayah dianalisis menggunakan analisis statistik SPSS *T independent test* apabila terdapat perbedaan kematian di ketiga wilayah dan analisis deskriptif untuk menentukan status resistensi.

Hasil penelitian status kerentanan nyamuk *Aedes aegypti* dari wilayah Sendangmulyo rentan dengan kematian nyamuk uji 100%, Sambiroto rentan dengan kematian nyamuk uji 100% dan Tandang rentan dengan kematian nyamuk uji 100%. Hasil rerata *knockdown time* dari wilayah Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang adalah pada menit ke 20.

Kesimpulan penelitian ini bahwa uji *impregnated paper bendiocarb 0,1%* telah dilakukan dengan metode *susceptibility test* yang diholding selama 24 jam masih sensitif dan untuk membasmi nyamuk *Aedes aegypti* dengan status kerentanan diangka 100% karena didapatkan semua nyamuk mengalami kematian setelah dilakukan uji resistensi ini.

Kata Kunci: *Aedes aegypti*, Insektisida, Karbamat, Status Resistensi dan *Impregnated paper*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Demam berdarah dengue (DBD) adalah penyakit yang disebabkan oleh virus dengue yang disebarkan oleh vektor nyamuk *Aedes aegypti* (Lesmana, 2017). Spesies nyamuk *Aedes aegypti* memegang peranan penting dalam menjaga kesehatan lingkungan pemukiman. Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) banyak terjadi di lingkungan yang memiliki populasi nyamuk *Aedes aegypti* yang tinggi. Tindakan pencegahan DBD dapat dilakukan dengan metode pengendalian secara fisik, kimiawi, dan biologis. Pengendalian yang optimal dapat dilakukan dengan pencegahan secara kimiawi, yaitu dengan menggunakan racun hama yang biasa disebut dengan *fogging*. Selain itu, *fogging* yang dilakukan secara rutin dapat menyebabkan nyamuk mengalami resistensi. Khasiat pemberian insektisida ini untuk membasmi nyamuk *Aedes aegypti* sudah tidak efektif lagi (Aisyah, 2019).

Nyamuk *Aedes aegypti* adalah pembawa virus dengue yang menyebabkan gejala pada individu yang terinfeksi. Lingkungan yang memiliki tingkat kelembaban tinggi dan banyak genangan air merupakan tempat berkembang biak utama bagi vektor ini. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) sangat khawatir dengan kasus demam berdarah ini karena pada tahun 2019, terdapat insiden global sebanyak 5,2 juta orang yang terinfeksi penyakit ini, yang disebarkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* (Bhatt et al.,

2013). Penyakit ini banyak ditemukan di daerah beriklim tropis, terutama di Indonesia. Di Indonesia terdapat total 65.602 kasus demam berdarah pada tahun 2018, yang mengakibatkan 462 kematian dan angka kematian (CFR) sebesar 0,70%. Pada tahun 2018, angka kejadian (IR) Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah 24,73 kasus per 100.000 orang. Berdasarkan data statistik dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes), sebanyak 110.921 orang di Indonesia terjangkit Demam Berdarah Dengue (DBD) antara bulan Januari hingga 31 Oktober 2019. Setelah itu, terjadi penurunan pada tahun 2020. Secara khusus, dari Januari hingga April 2020, terdapat total 49.931 kasus pasien Demam Berdarah Dengue (DBD) yang dilaporkan di seluruh Indonesia (Widiarti et al., 2020). Pada tahun 2021, Kota Semarang memiliki 332 kasus DBD yang mengakibatkan 9 kematian. Pada tahun 2022, Kota Semarang mengalami lonjakan 857 kasus baru dan 33 kematian. Metode utama yang digunakan untuk memberantas nyamuk *Aedes aegypti* di Indonesia, khususnya di Kota Semarang, adalah pengendalian vektor. Namun demikian, pengendalian vektor yang dilakukan di Kota Semarang terbukti tidak efektif dalam menghentikan penyebaran DBD. Hal ini ditunjukkan dengan data yang menunjukkan bahwa hingga Mei 2023, terdapat total 287 kasus demam berdarah dengue di Kota Semarang, dengan rincian 185 pasien laki-laki dan 102 pasien perempuan (Dashboard Dinas Kesehatan Kota Semarang, 2023).

Masyarakat dan kelompok-kelompok terkait sering mengadvokasi penggunaan insektisida sebagai cara untuk mengendalikan

perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti*. Insektisida yang sering digunakan dalam kegiatan fogging adalah golongan karbamat, piretroid, dan organofosfat (Sinergi et al., 2022). Namun demikian, penggunaan dalam jangka waktu yang lama dan konsisten dapat menyebabkan resistensi. Insektisida golongan karbamat, termasuk bendiokarb, karbaril (Sevin), aldicarb (Temik), dan karbofuran (Furadan), telah banyak digunakan di Indonesia. Penggunaan insektisida dalam jangka waktu yang lama, berkisar antara 2 hingga 20 tahun, dapat menyebabkan perkembangan resistensi serangga (Denholm & Devine, 2013). Pada tahun 2020, telah dilakukan penelitian mengenai status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* di 11 provinsi di Jawa Tengah dan Yogyakarta. Penelitian ini berfokus pada efektivitas insektisida karbamat dan piretroid. Temuan menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi yang diteliti menunjukkan intoleransi terhadap insektisida piretroid dan karbamat. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ayu Sulistiawati pada tahun 2015 yang mengevaluasi daerah endemis di Kota Semarang, khususnya Terboyo Kulon dan Kaligawe, di mana ditemukan adanya resistensi terhadap insektisida malation.

Untuk mengurangi peningkatan kejadian demam berdarah, sangat penting untuk menerapkan taktik alternatif untuk memerangi resistensi Insektisida. Belum ada publikasi sebelumnya yang membahas tentang resistensi pestisida, khususnya yang berkaitan dengan insektisida karbamat, di Kota Semarang. Pemahaman tentang resistensi Insektisida sangat penting sebagai prasyarat untuk melakukan fogging. Oleh karena itu, pengujian

resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap golongan karbamat akan dilakukan di Kota Semarang, khususnya di daerah endemis DBD di Kota Semarang, yaitu di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida karbamat bendiokarb dan mengurangi penyebaran penyakit DBD di wilayah tersebut yang disebabkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hal yang diuraikan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah “apakah status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan golongan karbamat di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu”.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan karbamat di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu?

1.3.2. Tujuan Khusus

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

- 1.3.2.2. Menghitung presentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida karbamat di 3 kelurahan wilayah kerja puskesmas Kedungmundu.
- 1.3.2.3. Mengetahui waktu *knockdown time* resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan karbamat di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dasar untuk penelitian lanjutan mengetahui status resistensi insektisida golongan karbamat pada nyamuk *Aedes aegypti* di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu.

1.4.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat menjadi informasi dasar untuk penentuan penggunaan Insektisida golongan karbamat agar lebih tepat sasaran sebagai pencegahan munculnya penyakit DBD dan menjadi informasi bagi masyarakat Kota Semarang dalam penggunaan insektisida secara praktis.

BAB II

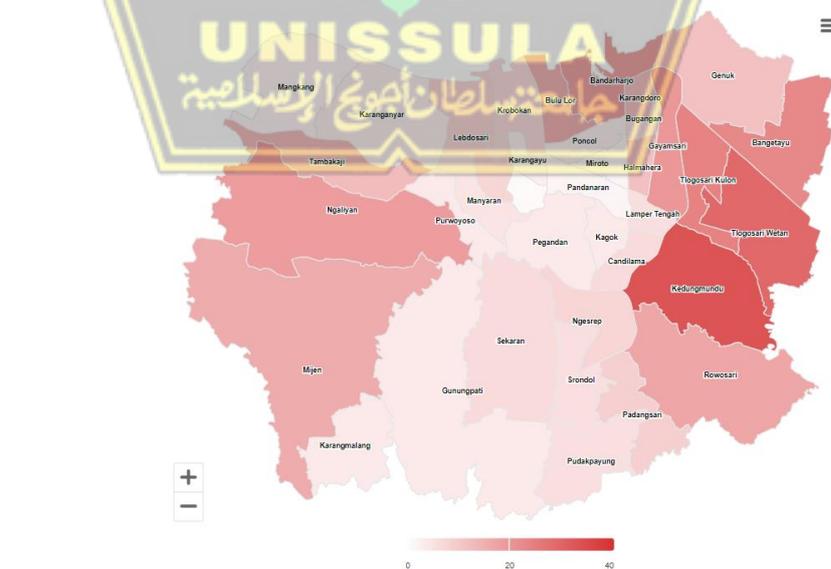
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Angka Kejadian DBD

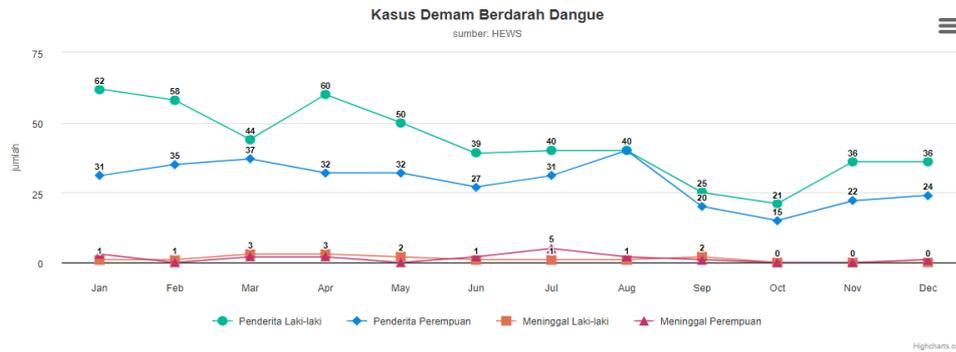
2.1.1. Pengertian angka kejadian DBD

Angka kejadian DBD mengacu pada frekuensi individu yang terkena demam berdarah dengue dalam wilayah geografis tertentu. Terjadinya DBD dipengaruhi oleh berbagai variabel, termasuk pengaruh lingkungan, biologis, dan demografis. Variabel lingkungan berkorelasi dengan peningkatan suhu dan peningkatan kelembaban. Variabel demografi, seperti perilaku masyarakat, tingkat pendidikan, dan kelompok usia, memiliki dampak pada terjadinya DBD (Ismail, 2019).

2.1.2. Angka kejadian DBD di Kota Semarang



Gambar 2.1. Persebaran Angka Kejadian DBD (Dashboard Dinas Kesehatan Kota Semarang, 2023)



Gambar 2.2. Kasus Demam Berdarah di Kota Semarang Tahun 2022 (Dashboard Dinas Kesehatan Kota Semarang 2022)

Berdasarkan peta persebaran angka kejadian DBD di Kota Semarang, didapatkan kelurahan Kedungmundu memiliki kasus DBD tertinggi dan menjadi daerah endemis di Kota Semarang. Kemudian disusul oleh Kelurahan Tlogosari Kulon dan Wetan. Sementara itu, kasus DBD di Puskesmas Kedungmundu pertahun ini sudah mencapai 33 kasus dengan 2 kematian (Dashboard Dinas Kesehatan Kota Semarang 2023).

Wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu terdiri dari 7 kelurahan, yaitu Kedungmundu, Tandang, Jangli, Sendangguwo, Sendangmulyo, Sambiroto, dan Mangunharjo (Profil Puskesmas Kedungmundu, 2013).

2.1.3. Daerah Endemis DBD di Kota Semarang

Daerah endemis DBD merupakan kondisi penyakit DBD yang muncul pada suatu wilayah tertentu dengan waktu yang sangat lama. Daerah endemis DBD memiliki tingkatan berdasarkan *insiden rate* atau IR dimana tingkatan nya sebagai berikut (Dinata et al., 2012):

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 terdeteksi 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).



Puskesmas Kedungmundu beroperasi di wilayah Kecamatan Tembalang, dengan luas wilayah 2.153,96 hektar dan melayani 141.753 jiwa. Wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu meliputi tujuh kelurahan, yaitu Kedungmundu, Jangli, Sendangguwo, Sendangmulyo, Tandang, Mangunharjo, dan Sambiroto (Kedungmundu, 2022).

2.2. Nyamuk *Aedes aegypti*

2.2.1. Pengertian Nyamuk *Aedes aegypti*

Aedes aegypti adalah spesies nyamuk yang membawa virus dengue, yang merupakan agen etiologi utama demam berdarah. Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki penyebaran yang luas, termasuk hampir di seluruh wilayah tropis, termasuk Indonesia, Malaysia, dan Filipina. Penularan penyakit virus dengue difasilitasi oleh nyamuk *Aedes aegypti* betina. Hal ini terbukti karena nyamuk membutuhkan protein untuk proses reproduksinya, yaitu untuk memproduksi telur.

Aedes aegypti memiliki urutan klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : *Animalia*
 Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insekta*
 Ordo : *Diphthera*
 Subordo : *Nematosera*
 Familia : *Culicidae*
 Subfamili : *Culicinae*
 Tribus : *Culicini*
 Genus : *Aedes*
 Spesies : *Aedes aegypti* (Beaver, 2014)

2.2.2. Pengertian Nyamuk *Aedes aegypti*

Demam berdarah dengue (DBD) adalah infeksi virus akut yang disebabkan oleh virus dengue, yang disebarkan oleh nyamuk *Aedes*

aegypti. Penyakit ini ditandai dengan periode peningkatan suhu tubuh yang berlangsung antara 2 hingga 7 hari, dengan beberapa manifestasi klinis.

1. Demam Dengue (DD)

Demam tinggi mendadak (biasanya ≥ 39 derajat) ditambah

2 atau lebih gejala/tanda penyerta:

- a. Nyeri kepala
- b. Nyeri belakang bola mata
- c. Nyeri otot & tulang
- d. Ruam kulit
- e. Manifestasi perdarahan
- f. Leukopenia (Leukosit ≤ 5000 /mm³)
- g. Trombositopenia (Trombosit < 150.000 /mm³)
- h. Peningkatan hematokrit 5 – 10 %

2. Demam Berdarah Dengue (DBD)

Diagnosis DBD dapat tegak apabila ditemukannya manifestasi seperti dibawah ini:

- a. Demam dengan durasi 2–7 hari yang muncul secara mendadak, disertai demam tinggi yang berlangsung secara terus-menerus.
- b. Manifestasi perdarahan yang muncul secara spontan, seperti petekie, purpura, ekimosis, epistaksis, perdarahan gusi,

hematemesis, dan/atau melena, atau dapat terbukti dengan uji tourniquet yang positif.

- c. Trombositopenia (jumlah trombosit $\leq 100.000/\text{mm}^3$).
- d. Terjadinya kebocoran plasma (plasma leakage) akibat peningkatan permeabilitas vaskular.
- e. Peningkatan hematokrit/hemokonsentrasi sebesar $\geq 20\%$ dari nilai baseline atau penurunan sebesar itu pada fase konvalesensi (Zain & Cahyati, 2022).

2.2.3. Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti*

Mengendalikan nyamuk *Aedes aegypti* memiliki tujuan untuk menurunkan angka kesakitan DBD di Indonesia. Pengendalian vektor dilakukan dengan beberapa langkah:

1. Pengelolaan Lingkungan

a. Pembersihan Sarang Nyamuk

Terdapat beberapa metode untuk mengurangi atau menghilangkan tempat berkembang biak, yang sebagian besar bertujuan untuk membasmi jentik atau mencegah nyamuk berkembang biak. Proses menghilangkan sarang nyamuk meliputi mengosongkan bak mandi, menutup tempat penampungan air dengan rapat, mengganti air dalam vas bunga dan merapikan halaman. (Lesmana, 2017).

b. Pengawasan Kualitas Lingkungan

Metode untuk menilai kualitas lingkungan adalah dengan membasmi vektor demam berdarah dengue dengan mengevaluasi kebersihan lingkungan oleh penduduk setempat. Hal ini dapat dilakukan dengan mengkoordinasikan upaya komunal untuk terlibat dalam kegiatan filantropi di lingkungan tempat tinggal (Lesmana, 2017).

2. Pengendalian Biologis

Salah satu contoh pengendalian nyamuk secara biologis adalah dengan membudidayakan ikan sebagai musuh alami jentik nyamuk *Aedes aegypti*. Dua contoh spesies ikan yang dapat digunakan adalah ikan gupi dan ikan kepala timah (Lesmana, 2017).

3. Pengendalian Kimia

Nyamuk dan jentik dibasmi dengan menggunakan teknik pengasapan atau penyemprotan sebagai bagian dari tindakan pengendalian kimiawi. Penyemprotan dalam ruangan ditargetkan pada benda-benda yang digantung seperti kelambu dan pakaian, yang sering menjadi sarang nyamuk (Lesmana, 2017).

2.2.4. Morfologi *Aedes Aegypti*



Gambar 2.4. Telur Nyamuk *Aedes Aegypti*
(CDC, 2019)

1. Telur *Aedes aegypti*

Benda ini memiliki diameter sekitar 0,8 milimeter dan berwarna hitam. Jumlah telur *Aedes aegypti* berkisar antara 100-300 butir. Telur akan menetas dalam waktu 1-2 hari setelah direndam dalam air. Dalam kondisi yang kering, nyamuk ini memiliki kemampuan untuk bertahan hidup lebih dari satu tahun.

2. Larva

Larva *Aedes aegypti* hidup di air yang akan mengalami empat pembagian:

- a. Larva instar pertama adalah yang terkecil, berukuran 1-2 mm. Larva ini berkembang satu sampai dua hari setelah telur menetas. Pada tahap ini, duri-duri (spinae) pada toraks belum terlihat jelas, dan corong pernapasan pada sifon belum menggelap.

- b. Larva instar kedua berukuran 2,5-3,5 mm dan berumur 2-3 hari setelah menetas. Pada tahap ini, duri pada toraks belum berkembang sempurna dan corong pernapasan mulai menggelap.
- c. Larva instar ketiga, dengan panjang 4-5 mm. Dalam rentang waktu 3-4 hari setelah telur menetas, duri-duri yang berbeda mulai terlihat jelas pada bagian dada, disertai dengan corong pernapasan yang berwarna coklat tua.
- d. Larva pada tahap instar keempat berukuran 5-6 mm dan berumur 4-6 hari setelah menetas. Larva ini ditandai dengan kepala yang berwarna gelap.



Gambar 2.5. Larva Nyamuk *Aedes aegypti*
(CDC,2019)

3. Pupa atau kepompong

Pupa *Aedes aegypti* tetap berada di dalam air dan tidak dapat dibedakan berdasarkan jenis kelaminnya. Pupa akan menjadi nyamuk dalam waktu 1-2 hari. Pupa nyamuk *Aedes*

aegypti memiliki bentuk tubuh yang melengkung, dengan bagian perut yang relatif lebih kecil daripada bagian kepala-dada (cephalothorax), sehingga terlihat seperti tanda baca atau koma.



Gambar 2.6. Pupa Nyamuk *Aedes aegypti* (CDC,2019)



Gambar 2.7. Nyamuk *Aedes aegypti*, nyamuk dewasa muncul dari pupa dan akan terbang menjauh (CDC,2019)

4. Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* sering berada ditempat dengan pakaian yang bergelantungan dan ruangan yang remang-remang. Nyamuk ini memiliki kemampuan menghisap darah antara 2 hingga 4 kali. Nyamuk jantan memiliki harapan hidup rata-rata

satu minggu, sementara nyamuk betina biasanya hidup selama dua hingga tiga bulan (Volkers, 2019).

Gigitan nyamuk adalah hasil dari aktivitas makan nyamuk betina yang telah berkembang sempurna. Nyamuk betina membutuhkan darah untuk tujuan spesifik pembuatan telur. Setelah selesai makan darah, nyamuk betina akan secara aktif mencari lingkungan air yang cocok untuk bertelur. Nyamuk *Aedes aegypti* memiliki ruang gerak yang terbatas. Jarak maksimum yang dapat ditempuh oleh nyamuk selama hidupnya hanya beberapa mil saja. Nyamuk menyerang manusia karena *Aedes aegypti* lebih suka tinggal di daerah pemukiman (CDC, 2021).

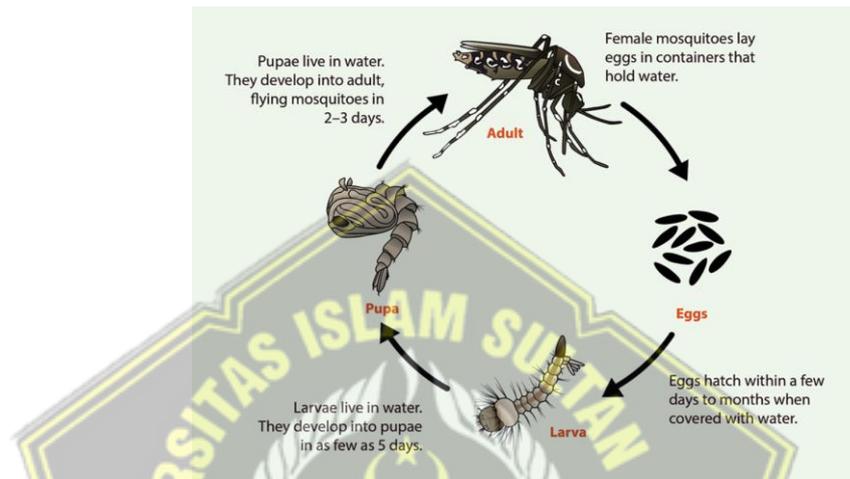


Gambar 2.8. Nyamuk *Aedes Aegypti* betina (CDC,2019)

2.2.5. Siklus Hidup

Nyamuk *Aedes aegypti* mengalami metamorfosis lengkap dalam siklus hidupnya, mulai dari telur, kemudian menetas menjadi larva, berkembang menjadi pupa, dan pada akhirnya berubah menjadi nyamuk dewasa. Perkembangan nyamuk dari telur hingga

menjadi dewasa bisa memakan waktu hingga sembilan atau 10 hari. Nyamuk dewasa berada di atmosfer sepanjang hidupnya, sedangkan tahap telurnya, yang dikenal sebagai larva dan pupa, terjadi di dalam air (Sucipto, 2011).



Gambar 2.9. Siklus nyamuk *Aedes Aegypti*
(*Mosquito Life Cycle*, CDC, 2022)

2.2.6. Perkembangbiakan Nyamuk *Aedes Aegypti*

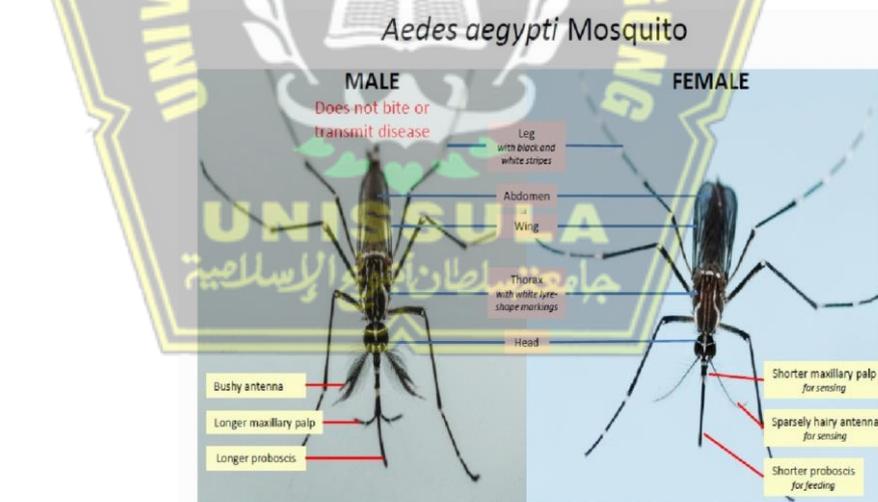
Nyamuk *Aedes aegypti* berkembang biak dengan memanfaatkan tempat penampungan air, baik di dalam maupun di luar rumah, serta di daerah sekitarnya, di mana terdapat genangan air. Kategorisasi tempat perindukan jentik nyamuk *Aedes aegypti* terdiri dari:

1. Tempat penampungan air yang biasa digunakan untuk keperluan sehari-hari, seperti bak mandi, ember, drum, dan tangki.
2. Tempat penampungan air yang ditujukan untuk penggunaan non-harian, seperti vas bunga dan barang-barang bekas (plastik, botol, kaleng, ban)

3. Tempat penampungan air alami, seperti batang bambu yang berlubang, rongga-rongga di pohon, dan permukaan daun (Lesmana, 2017).

2.2.7. Perbedaan Nyamuk *Aedes aegypti* Jantan dan Betina

Perbedaan antara nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina dapat diamati pada tingkat mikroskopis, khususnya pada antenanya. Antena adalah struktur filiform yang memanjang dan ramping yang terdiri dari 15 segmen. Nyamuk jantan memiliki banyak bulu antena plumose, sementara nyamuk betina memiliki susunan pilose yang jarang. Nyamuk *Aedes aegypti* betina lebih suka aktif dan memakan darah manusia dari siang hingga malam hari.



Gambar 2.10. Perbedaan Nyamuk *Aedes aegypti* Jantan dan Betina
Sumber: (National Environment Agency, 2022)

2.3. Insektisida Golongan Karbamat

2.3.1. Jenis Insektisida

Insektisida adalah zat yang terdiri dari senyawa kimia yang dirancang untuk membasmi serangga atau vektor penyakit yang menjadi ancaman bagi manusia dan tanaman (Lesmana, 2017). Mayoritas insektisida terdiri dari senyawa buatan, yang dikategorikan menurut komponen aktifnya. Bahan aktif ini menentukan kategorisasi:

1. Golongan Organoklorin

Contoh senyawa tersebut adalah Dikloro Difenil Trikloroetana (DDT) dan analognya. DDT adalah insektisida yang memiliki sifat insektisida yang kuat, menyebabkan kematian hanya dengan kontak dengan serangga, sementara menunjukkan toksisitas yang relatif minimal terhadap manusia. Penggunaannya telah berkurang sebagai akibat dari perkembangan resistensi serangga.

a. Heksakloroheksan

Bahan kimia ini menunjukkan kemanjuran yang cepat, membasmi hama dengan cepat dan hanya menyisakan sedikit residu. Insektisida terutama digunakan sebagai pengganti DDT jika terjadi resistensi.

b. Siklodien

Siklodien diklasifikasikan sebagai salah satu insektisida. Siklodien memiliki toksisitas yang lebih tinggi daripada DDT dan heksakloroheksana terhadap serangga dan manusia.

2. Golongan organofosfat

Contohnya adalah Parathion yang dipasarkan dengan nama generik dan nama dagang Abate, *azinphosmethyl (Guthion)*, *Carbophenothion (Trithion)*, *Chlorpiryfos (Dursban)*, *demeton (Systax)*, *Diazinon*, *Dicapthon (DiCaptan)* dan lain-lain.

3. Golongan karbamat, seperti: *Bendiocarb*, *Carbaryl (Sevin)*, *Aldicarb (Temik)*, *carbofuran (Furadan)*, *fometanate HCL (carsol)*, *metalkamate (Bux)* dan *methomyl (Lannate)*.

4. Piretroid

insektisida ini memiliki tingkat toksisitas yang tinggi, tidak meninggalkan jejak di dalam tanah, dan bekerja dengan cepat terhadap berbagai jenis serangga. Insektisida piretroid digunakan karena ketahanannya terhadap insektisida organofosfat, karbamat, dan organoklorin.

Organisasi Kesehatan Dunia mengkategorikan insektisida berdasarkan toksisitasnya baik dalam bentuk padat maupun cair.

Zat-zat ini diklasifikasikan ke dalam kategori berikut:

- a. Kelas IA: Amat sangat berbahaya
- b. Kelas IB: Amat Berbahaya
- c. Kelas II: Cukup berbahaya
- d. Kelas III : Agak Berbahaya (Muafiah, 2019).

2.3.2. Insektisida Golongan Karbamat Jenis *Bendiocarb*

Bendiocarb karbamat adalah insektisida yang sering digunakan untuk mengendalikan populasi nyamuk. Insektisida karbamat sering digunakan dalam formulasi seperti semprotan aerosol karena tingkat kematiannya yang cepat. Insektisida bendiokarb, seperti kelompok organofosfat, menghambat aktivitas enzim kolinesterase, yang merupakan mekanisme kerja insektisida ini dan menyebabkan keracunan. Kelumpuhan nyamuk adalah hasil dari aksi *bendiocarb*, yang berfungsi sebagai penghambat asetilkolinesterase (Bradley et al., 2020).

Pemberian dosis *bendiocarb* dalam insektisida sesuai rekomendasi WHO yaitu dosis 0,1-0,4 g/m².

Berdasarkan toksisitasnya ada 2 jenis karbamat:

- a. Toksisitas tinggi (*extremely toxic*): Temik, Carbofuran, Methomyl, Bendiocarb
- b. Toksisitas sedang (*moderate toxic*): Landrin, Carbaryl.
(Denholm & Devine, 2013).

2.4. Resistensi Nyamuk *Aedes Aegypti* terhadap Golongan Karbamat Jenis *Bendiocarb*

2.4.1. Pengertian Resistensi

Resistensi serangga muncul ketika sekelompok serangga mampu bertahan ketika terpapar insektisida pada konsentrasi yang biasanya mematikan bagi seluruh spesies. Resistensi serangga dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori: resistensi bawaan dan resistensi yang diperoleh. Populasi yang sepenuhnya resisten dapat ada dalam suatu populasi sebagai hasil dari resistensi diperoleh, yang merupakan karakteristik turun-temurun (Volkers, 2019).

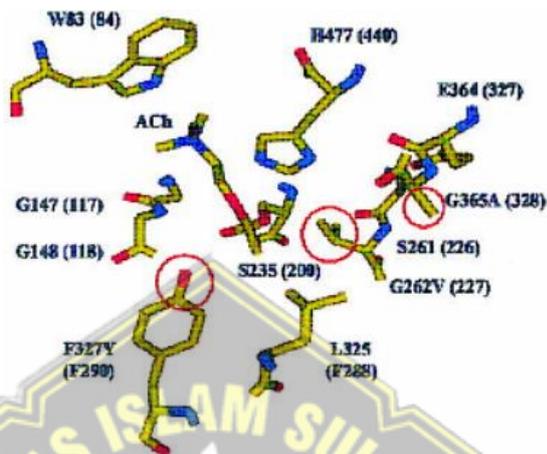
Tiga pendekatan utama untuk mendeteksi resistensi insektisida pada vektor adalah metode standar WHO *susceptibility test* menggunakan *impregnated paper*, deteksi secara biokimia atau enzimatis menggunakan mikroplate, dan deteksi secara molekuler (Widiarti et al., 2021). Jika hasil dari setiap pengujian menunjukkan bahwa insektisida tersebut menunjukkan kemanjuran dalam membasmi minimal 98% nyamuk dalam spesies tertentu, maka Insektisida tersebut dianggap cocok untuk digunakan dalam upaya pengendalian vektor. Tingkat kematian nyamuk mulai dari 90% hingga kurang dari 98% diklasifikasikan sebagai resisten. Tingkat resistensi ditandai dengan tingkat kematian di bawah 90% (RI, 2018).

2.4.2. Enzim Asetilkolinesterase

Enzim asetilkolinesterase adalah enzim sangat penting dalam proses biologis sistem kehidupan karena enzim memfasilitasi reaksi kimia yang terkoordinasi melalui katalisis. Konsentrasi substrat dan enzim adalah salah satu variabel yang mempengaruhi laju reaksi enzim. Faktor penting tambahan yang perlu dipertimbangkan adalah kekuatan ion, pH, suhu, dan keberadaan inhibitor. Enzim esterase memfasilitasi hidrolisis ikatan ester. Hidrolisis ikatan ester dalam bahan kimia, seperti karbamat, oleh enzim asetilkolinesterase menghasilkan produksi kolin dan asam asetat. Modifikasi ester menunjukkan kemanjuran yang lebih unggul dalam hidrolisis insektisida dibandingkan dengan kelompok serangga yang rentan.

Penelitian menunjukkan bahwa serangga yang resisten menunjukkan tingkat aktivitas esterase 25 kali lebih tinggi dibandingkan dengan serangga yang sensitif. Kelenjar ludah *Aedes aegypti* melawan efek karbamat dengan menghasilkan esterase. Karena spesifisitasnya yang rendah, esterase hanya mampu menghidrolisis rantai kimia dan tidak memiliki kemampuan untuk membedakan antara senyawa kimia yang berbeda. Asetilkolinesterase mengontrol pemecahan neurotransmitter asetilkolin. Akson menghasilkan vesikula berisi asetilkolin yang berada di dekat celah sinapsis. Proses penguraian asetilkolin dan

asetilkolinesterase menjadi kolin terjadi setelah transmisi impuls saraf (Muafiah, 2019).



Gambar 2.11. Ikatan Enzim Asetilkolinesterase (Lesmana, 2017)

2.4.3. Mekanisme Terbentuknya Resistensi Golongan Karbamat Jenis Bendiokarb

Resistensi nyamuk pada *Aedes aegypti* dapat terjadi karena dua faktor utama: dasar fisiologis dan dasar genetik. Secara fisiologis, serangga telah mengembangkan adaptasi untuk mengatasi penyerapan insektisida yang lambat, yang membatasi akumulasi bahan kimia ini di jaringan yang tidak penting seperti lemak, sehingga terhindar dari konsekuensi yang mematikan. Penguraian insektisida secara enzimatik dan pembuangan insektisida yang tidak beracun secara cepat. Jika nyamuk berasal dari gen induk yang resisten, maka keturunannya juga akan resisten. Perkembangan resistensi bawaan ditentukan oleh faktor genetik. Jalur genetik

berkontribusi terhadap perkembangan resistensi karena proses metabolisme dan perubahan pada sisi target. Resistensi Insektisida telah berkembang dari waktu ke waktu sebagai cara untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan.

Asetilkolinesterase mengontrol pemecahan neurotransmitter asetilkolin, yang disintesis dalam vesikula di dalam akson. Insektisida karbamat berfungsi dengan cara khusus menargetkan enzim ini. Setelah impuls lewat, pemecahan asetilkolin dan asetilkolinesterase akan menghasilkan kolin dan asam asetat melalui hidrolisis. Dengan tidak adanya asetilkolinesterase, akumulasi asetilkolin akan mengganggu transmisi impuls, yang menyebabkan penurunan koordinasi otot dan pada akhirnya mengakibatkan kematian. Struktur karbamat elektrofilik bertindak sebagai substrat untuk enzim asetilkolinesterase, menyerupai asetilkolin. Namun, jumlah asetilkolin yang berlebihan mengakibatkan hilangnya fungsi motorik dan pada akhirnya menyebabkan kematian (Volkers, 2019).

Serangga dapat mengembangkan resistensi terhadap insektisida melalui tiga mekanisme utama: resistensi kutikular, resistensi metabolik, dan perubahan pada situs target.

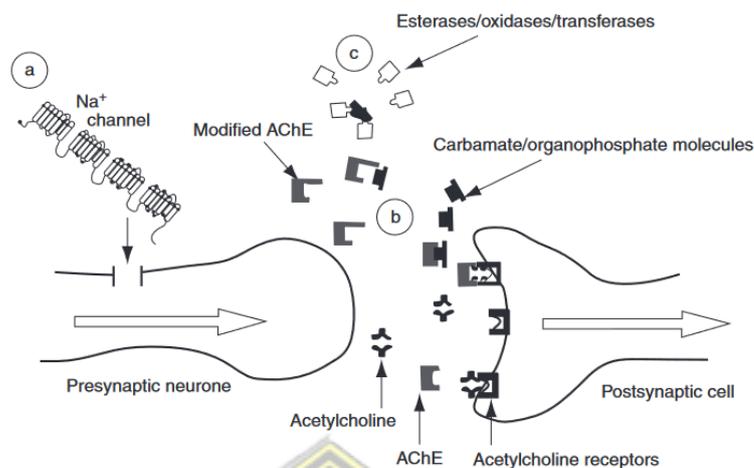
a. Resistensi metabolik

Enzim-enzim yang memetabolisme insektisida sebelum mencapai tempat yang dituju mengalami perubahan baik secara

kualitatif maupun kuantitatif dalam hal resistensi metabolik. Enzim-enzim ini bertanggung jawab untuk mendetoksifikasi xenobiotik. Enzim seperti esterase, glutathion S transferase, dan oksigenase termasuk dalam kategori ini. Enzim yang memainkan peran paling penting dalam resistensi serangga terhadap karbamat adalah esterase. Ada beberapa mekanisme molekuler yang dapat meningkatkan aktivitas enzim. Bisa jadi ada mutasi pada struktur gen yang membuat enzim lebih efektif dalam mengurai insektisida.

b. Perubahan sisi target

Resistensi dapat terjadi ketika perubahan pada sisi target menghalangi interaksi antara molekul insektisida dan target yang dituju. Perubahan pada situs target disebabkan oleh modifikasi asam amino target, yang mengakibatkan berkurangnya kemanjuran atau ketidakefektifan insektisida. Tempat kerja yang dituju untuk organofosfat dan karbamat adalah asetilkolinesterase, yang terletak di sinapsis saraf. Resistensi terhadap karbamat terjadi ketika ada perubahan pada situs aktif asetilkolinesterase (Lesmana, 2017).



Gambar 2.12. Diagram skema sinapsis saraf yang menunjukkan contoh mekanisme resistensi insektisida (Denholm & Devine, 2013).

Diilustrasikan dalam representasi skematik diatas adalah contoh mekanisme resistensi insektisida dalam sinapsis neuron. (a) Perubahan struktur saluran natrium memberikan resistensi terhadap piretroid. (b) Perubahan asetilkolinesterase (AChE) untuk menghilangkan afinitasnya terhadap organofosfat atau karbamat dan memungkinkan degradasi molekul asetilkolin setelah neurotransmisi melintasi sinaps. (c) Enzim detoksifikasi memecah atau mengisolasi pestisida sebelum mencapai tujuan yang dimaksudkan dalam sistem saraf.

c. Reduksi Penetrasi

Resistensi serangga muncul dari kemampuan serangga untuk mengubah kutikula atau lapisan saluran pencernaannya, sehingga menghambat atau memperlambat penyerapan insektisida (Denholm & Devine, 2013).

Menurut Pakar Entomologi, ada 3 tipe resistensi pada serangga yaitu:

1. Toleransi vigour

Merupakan tipe resistensi yang dengan mudah dapat menjadi rentan dan bersifat musiman. Hal ini dapat timbul dari beberapa bentuk morfofisiologi. Resistensi ini tidak spesifik karena tidak memiliki gen yang secara khusus mengaturnya.

2. Resistensi fisiologi

Resistensi ini bersifat turun-temurun dan bertahan lama karena adanya satu atau lebih gen tertentu yang secara fisiologis mengendalikan mekanisme resistensi.

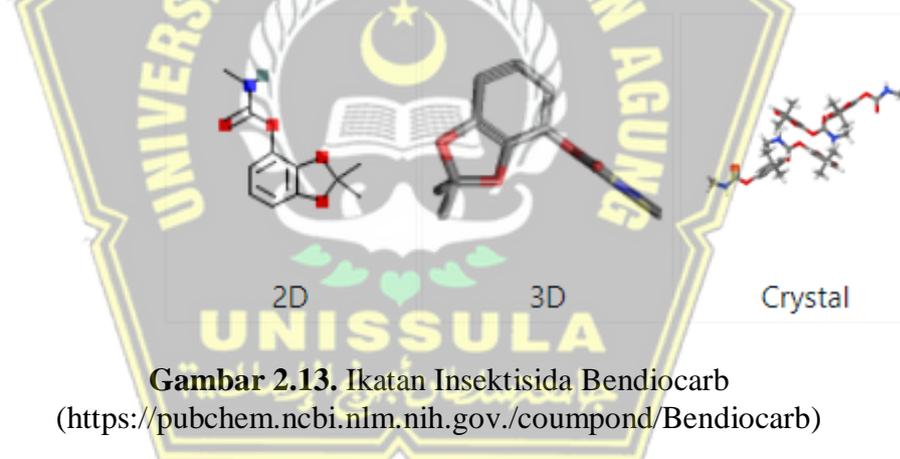
3. Resistensi perilaku

Populasi nyamuk dapat menunjukkan resistensi terhadap insektisida melalui pengembangan perilaku alami yang memungkinkan mereka untuk menghindari atau mengurangi efek bahan kimia ini. Sebagai ilustrasi, nyamuk akan secara konsisten menghindari dinding yang telah diberi insektisida untuk menghindari racun mematikan yang dapat mengakibatkan kematian (Muafiah, 2019)

Dosis insektisida yang mengandung *bendiocarb* ditentukan berdasarkan kriteria yang diberikan oleh Organisasi Kesehatan Dunia. Pedoman ini menetapkan

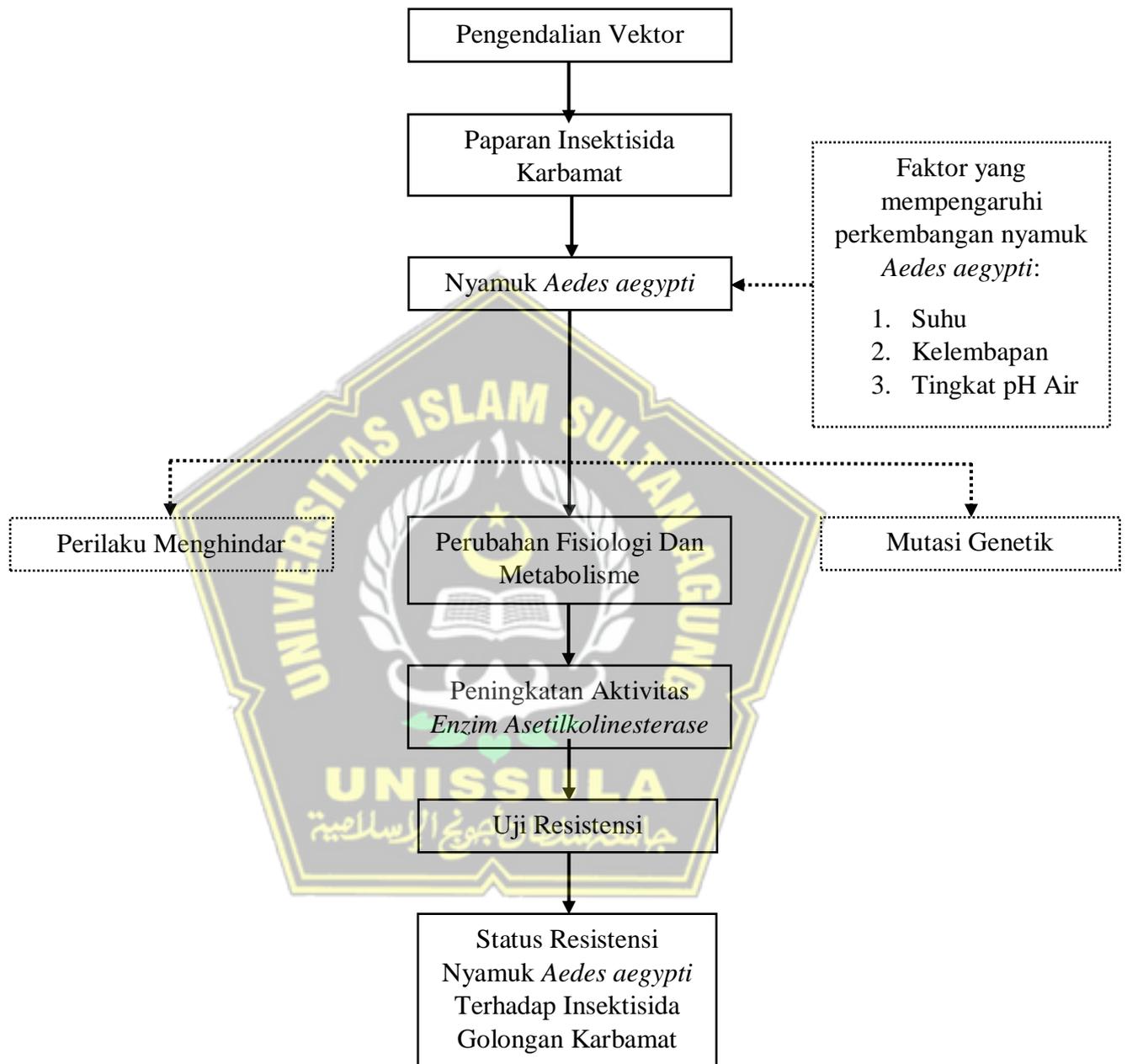
bahwa dosis yang direkomendasikan harus berada dalam kisaran 0,1 hingga 0,4 g/m². Sementara itu, Kementerian Kesehatan Indonesia merekomendasikan penggunaan bendiocarb 80% untuk penyemprotan residu dalam ruangan dengan dosis 0,1-0,2 g/m². *Bendiocarb* dilaporkan sebagai iritasi minimal pada intoksikasi.

Bendiocarb menunjukkan efek *knockdown* pada nyamuk yang rentan. Ketika nyamuk rentan, secara bertahap akan melumpuhkan *Aedes aegypti*, dan setelah satu jam, nyamuk tersebut akan mulai binasa (Bradley et al., 2020)



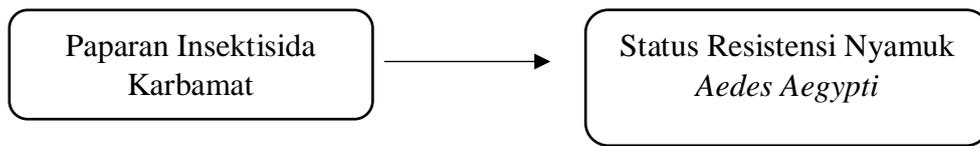
Gambar 2.13. Ikatan Insektisida Bendiocarb
(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bendiocarb>)

2.5. Kerangka Teori



Gambar 2.14. Kerangka Teori

2.6. Kerangka Konsep



Gambar 2.15. Kerangka Konsep

2.7. Hipotesis

Terdapat status resistensi nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan karbamat pada wilayah kerja puskesmas Kedungmundu Kota Semarang



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen *post-test only control group design*.

3.2. Variabel dan Definisi Operasional

3.2.1. Variable

3.2.1.1. Variable bebas: Paparan insektisida karbamat

3.2.1.2. Variable terikat: Status resistensi nyamuk *Aedes aegypti*

3.2.2. Definisi Operasional

3.2.2.1. Paparan insektisida karbamat

Paparan insektisida yang digunakan adalah insektisida dari golongan karbamat yaitu *bendiocarb*.

Insektisida *bendiocarb* yang digunakan dalam bentuk *impregnated paper* dengan dosis 0,1% 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*

Dinilai dari Persentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* dilihat setelah dilakukan uji resistensi metode

susceptibility test yang di *holding* selama 24 jam. Uji resistensi metode *susceptibility test* menggunakan tabung dimana setiap tabung di isi 25 ekor nyamuk dan dihitung persentase kematian nyamuk di setiap tabungnya

Skala data: Rasio

3.3. Subjek Uji

Penelitian ini menggunakan nyamuk *Aedes aegypti* dewasa yang berasal dari jentik di tiga kelurahan dengan kasus DBD terbesar di wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu. Larva nyamuk *Aedes aegypti* dikumpulkan dari tiga desa dengan menggunakan teknik *cluster random sampling*, dengan masing-masing desa dipilih dari total 40 rumah. Selanjutnya, larva tersebut dibawa ke Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP) Salatiga untuk dipelihara menjadi nyamuk *Aedes aegypti* F2. Setiap tabung reaksi dan tabung kontrol berisi 25 nyamuk *Aedes aegypti* betina dewasa, dengan pembagian 100 nyamuk pada tabung uji dan 50 nyamuk pada tabung kontrol. Nyamuk-nyamuk ini kemudian dipaparkan pada insektisida *bendiocarb*, yang diaplikasikan dengan menggunakan kertas yang telah diresapi dengan konsentrasi 0,1%. Setelah pemaparan, waktu *knockdown* akan ditentukan dalam 1 jam pertama dan dipertahankan selama 24 jam, di mana subjek akan diberikan kapas yang dibasahi larutan gula.

3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian

3.4.1. Instrument Penangkapan Larva

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

3.4.2. Instrument Pemeeliharaan

1. Makanan larva
2. Kurungan nyamuk
3. Kertas saring
4. Kapas
5. Marmut
6. Aspirator larva
7. Nampan untuk tempat kertas saring

3.4.3. Instrument Penelitian Resistensi

1. Tabung standar WHO *susceptibility test*
2. *Stopwatch*

3.4.4. Bahan

1. *Impregnated paper* bendiocarb 0,1%
2. Nyamuk *Aedes aegypti* control
3. Nyamuk *Aedes aegypti* F2
4. Larutan gula 10 %

5. Kapas
6. Pakan ikan
7. Kertas label/masking tape

3.5. Cara Penelitian

3.5.1. Cara pengambilan Larva Nyamuk *Aedes aegypti*

1. Meminta data 3 kelurahan dengan angka kejadian DBD tertinggi di puskesmas kedungmundu
2. Observasi tempat dilakukan pada 120 rumah/bangunan di 3 kelurahan wilayah kerja puskesmas kedungmundu, masing masing kelurahan 40 rumah/bangunan
3. Melakukan sosialisasi kepada warga yang rumahnya menjadi tempat pengambilan larva nyamuk *Aedes aegypti*.
4. Prosedur pengumpulan jentik di setiap rumah/bangunan adalah dengan menggunakan senter untuk menerangi tempat penampungan air seperti bak mandi, drum, ember, akuarium, vas bunga, dan tempat penampungan air lainnya yang berpotensi menjadi tempat perindukan nyamuk. Jentik-jentik nyamuk dikumpulkan dengan pipet/aspirator larva dan dipindahkan ke dalam wadah larva plastik, yang kemudian disimpan di dalam lemari pendingin.
5. Mendokumentasikan lokasi spesifik tempat pengambilan sampel larva.

6. Larva yang terkumpul dibawa ke laboratorium, dimana larva tersebut dikenali dan disortir berdasarkan spesies dan tahap perkembangannya.
7. Jika ada sampel yang berlebih, maka perlu dilakukan penghitungan jumlah individu yang termasuk dalam spesies yang sama dan membuang sampel yang tersisa dengan cara merendamnya di dalam air mendidih.

3.5.2. Pemeliharaan Larva Nyamuk *Aedes aegypti* menjadi Nyamuk *Aedes aegypti* F2

1. Memberi makan larva dengan pakan ikan
2. Nyamuk yang telah menetas dipelihara dan diberi makan dengan menghisap darah marmot di dalam kandang.
3. larva nyamuk dipelihara hingga menjadi nyamuk *Aedes aegypti* keturunan pertama (F1)
4. Nyamuk *Aedes aegypti* F1 bertelur dan dipelihara hingga keturunan F2. F2 yang berusia 3-5 hari diambil dan dipilah yang hanya berjenis kelamin betina.

3.5.3. Pengujian Menggunakan *Impregnated Paper Bendiocarb*

1. Nyamuk *Aedes aegypti* tiap kelurahan yang telah dipilah dimasukkan masing masing 4 tabung dan 2 tabung menggunakan nyamuk *Aedes aegypti* kontrol.

2. dilakukan uji menggunakan *impregnated paper bendiocarb* serta diamati selama 24 jam.
3. Melakukan penghitungan terhadap *knockdown time* menggunakan stopwatch di menit ke 15, 30, 45, dan 60.

Status resistensi nyamuk dewasa *Aedes aegypti* dinilai dari kematian nyamuk dewasa yang diberikan insektisida golongan karbamat. 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 0-3% maka rumus yang digunakan adalah

$$\frac{\text{Total jumlah kematian nyamuk uji di tabung kontrol}}{\text{Seluruh jumlah nyamuk pada tabung kontrol}} \times 100\%$$

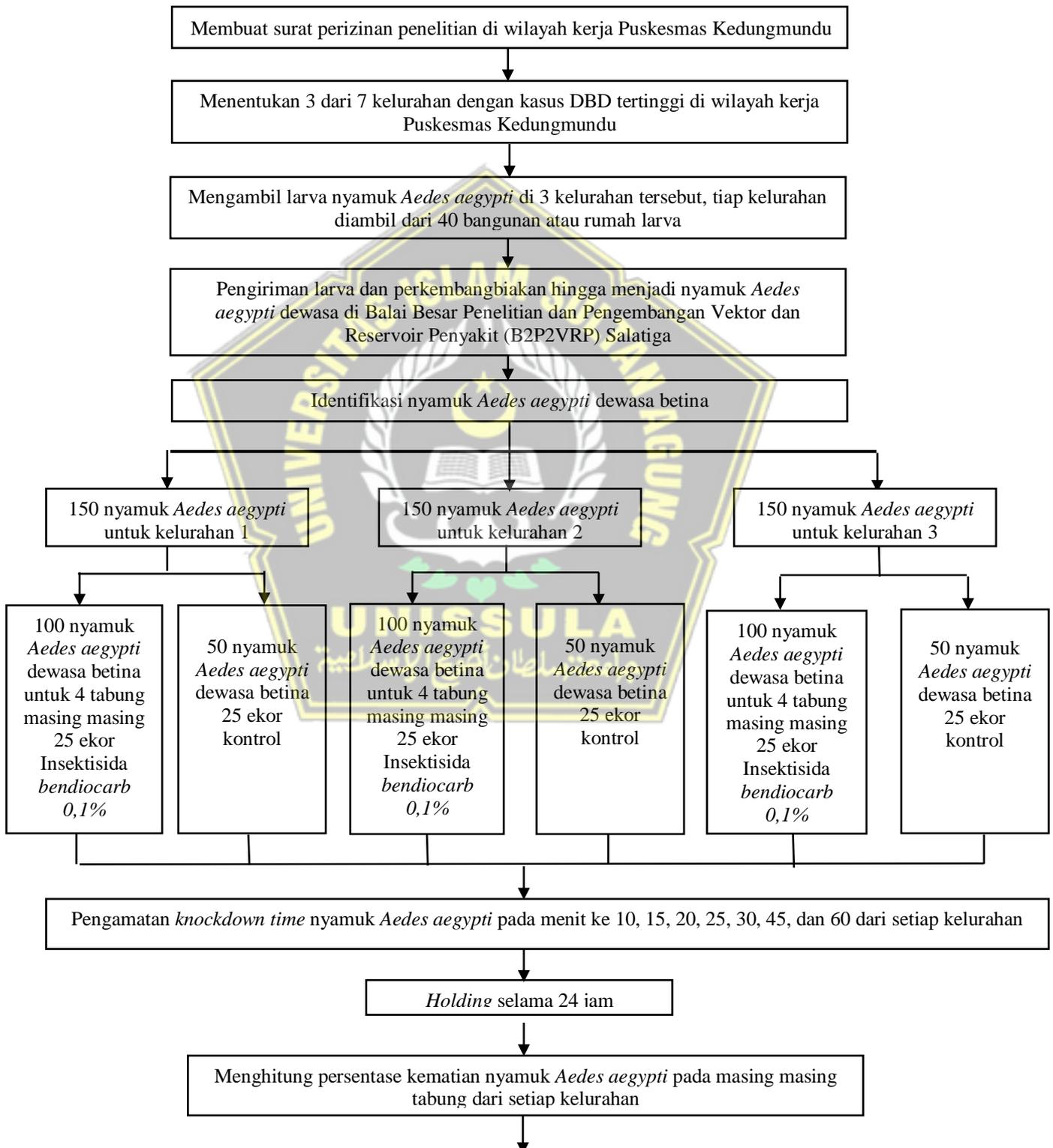
Apabila persentase kematian nyamuk kontrol lebih dari 10%, maka uji di anggap gagal dan harus dilakukan pengujian ulang.

Status resistensi dinilai dengan menilai tingkat kematian nyamuk uji setelah 24 jam terpapar insektisida karbamat. Kriteria yang digunakan adalah 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



Analisis Data

Gambar 3.1. Alur Penelitian

3.7. Tempat dan Waktu

Larva dan telur nyamuk *Aedes aegypti* dikumpulkan dari tiga wilayah dengan kasus DBD tertinggi di Kecamatan Kedung Mundu. Selanjutnya, penelitian dilakukan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP) Salatiga, mulai dari bulan November hingga Januari 2024.

3.8. Analisis Hasil

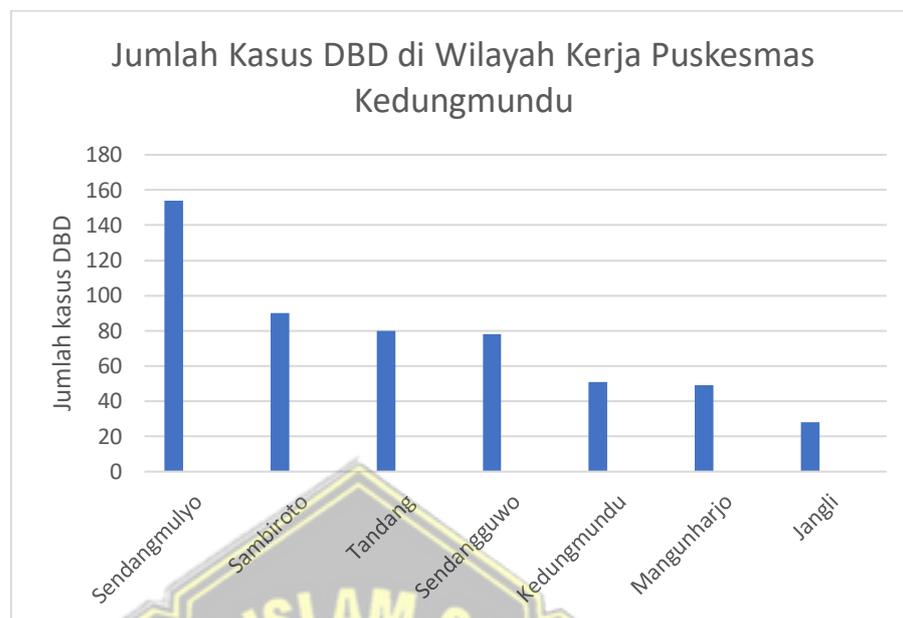
Hasil uji resistensi metode *susceptibility test* akan di analisis presentase kematian nyamuk di antara tabung uji dan kontrol menggunakan analisis SPSS menggunakan uji beda untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan persentase kematian nyamuk *Aedes aegypti* di tabung uji dan tabung kontrol pada 3 wilayah kelurahan Puskesmas Kedungmundu. Jika tidak ada perbedaan presentase kematian dari setiap tabung per wilayah maka uji beda tidak dapat dilakukan. Sehingga hanya dapat di analisis secara deskriptif untuk menentukan status resistensi. Selain menganalisis hasil uji resistensi, analisis dapat dilakukan juga menggunakan hasil pengamatan *knockdown time* nyamuk *Aedes aegypti* tiap wilayah. Analisis menggunakan *one way annova* untuk mengetahui nilai p value karena data lebih dari 2 kelompok. Jika p value $>0,05$ berarti tidak adanya signifikansi waktu pingsan nyamuk dan *knockdown time* tiap wilayah terhadap insektisida karbamat.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil uji resistensi insektisida karbamat dengan jenis *bendiocarb* 0,1% terhadap nyamuk *Aedes aegypti* dilakukan dengan *metode impregnated paper susceptibility test* di B2P2VRP. Seluruh nyamuk yang telah digunakan sesuai inklusi yaitu berjenis kelamin betina dan berumur 3-5 hari. Cara memilih nyamuk betina dalam kandang selain melihat plumose yang tipis juga dapat dilakukan dengan cara menempelkan tangan pada samping kadang nyamuk, apabila nyamuk berusaha menghisap berarti nyamuk tersebut merupakan nyamuk betina. Setelah itu kami mengamati waktu *knockdown* nyamuk *aedes aegypti*. Tabung kontrol maupun tabung uji kemudian diholding selama 24 jam Pengambilan sampel menggunakan 3 dari 7 kelurahan di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu berdasarkan data dengan kasus DBD tertinggi yaitu pada kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang.



Gambar 4.1. Jumlah Kasus DBD di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu Semarang

Dari gambar 4.1. diperlihatkan bahwa pemilihan kelurahan pada penelitian ini adalah diambil dari 3 kelurahan tertinggi kasus DBD. Data tersebut kami peroleh dari bagian epidemiologi puskesmas Kedungmundu tahun 2022. Kelurahan pertama yang mencapai kasus tertinggi adalah Sendangmulyo dengan 154 kasus. Menyusul Sambiroto dengan 90 kasus dan yang ketiga adalah Tandang dengan 80 kasus.

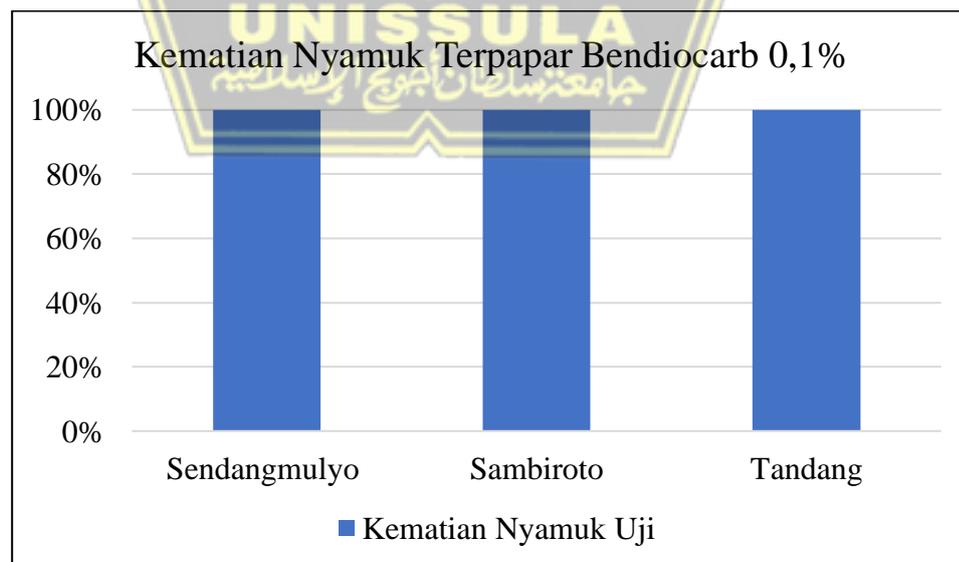
Seluruh nyamuk *Aedes aegypti* selama penelitian ini tidak ada yang *drop out* sehingga dapat dianalisis hingga akhir sehingga didapatkan kematian nyamuk *Aedes aegypti* setiap wilayah sebagai berikut.

Tabel 4.1. Hasil Uji Deskriptif Status Resistensi metode Susceptibility Test dengan Impregnated Paper *Bendiocarb*

Wilayah	N	Terpapar Insektisida <i>Bendiocarb</i>		Tidak Terpapar Insektisida <i>Bendiocarb</i>	
		%Kematian	status	N	%Kematian
Sendang	100	100	Rentan	50	0

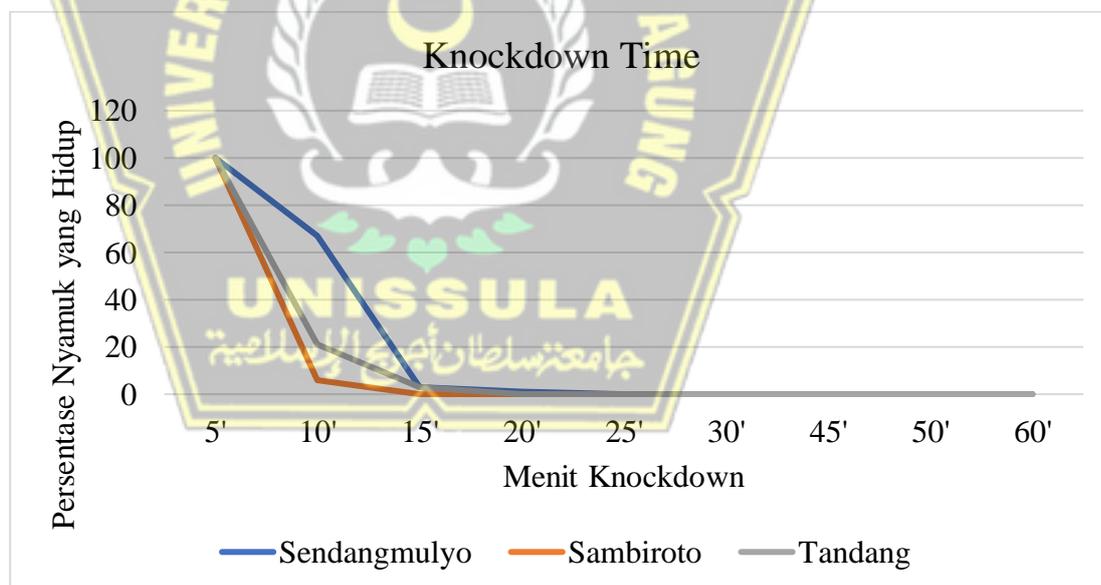
mulyo					
Sambiroto	100	100	Rentan	50	0
Tandang	100	100	Rentan	50	0

Pada tabel 4.1. diatas dapat diketahui ada kematian meyeluruh pada tabung terpapar *bendiocarb 0,1%* baik dari Sendangmulyo, Sambiroto, maupun Tandang. Uji *susceptibility test impregnated paper* menggunakan *bendiocarb 0,1%* menunjukkan kematian nyamuk terpapar sebanyak 100% yang artinya rentan terhadap insektisida tersebut. Hal ini sesuai dengan buku panduan monitoring resistensi kementerian kesehatan bahwa kematian $\geq 98\%$ dikatakan rentan. Sementara itu, Kematian nyamuk kontrol yang lebih dari 10% dianggap gagal uji, sehingga harus diulang. Untuk mengetahui uji *impregnated paper* ini dinyatakan berhasil adalah jika kematian nyamuk kontrol $<10\%$. Pada penelitian ini semua nyamuk *Aedes aegypti* kontrol masih hidup. Kematian nyamuk kontrol 0% setelah diholding 24 jam, ini menandakan bahwa uji berhasil dan memenuhi syarat.



Gambar 4.2. Diagram batang presentase kematian nyamuk terpapar tiap kelurahan

Dari diagram diatas didapatkan bahwa kematian nyamuk terpapar di ketiga kelurahan baik dari Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang dengan perlakuan menggunakan *impregnated paper bendiocarb* 0,1% hasilnya adalah kematian yang sama yaitu sebesar 100%. Namun, kematian sebesar 100% ini memiliki *knockdown time* (waktu pingsan) yang berbeda pada tiap wilayah. *Knockdown time* diukur dari 1 jam pertama pengujian dan terkhusus diukur pada menit ke 5,10,15,20,25,30,45,50, dan 60 menit. Rerata *knockdown time* yang diukur setiap wilayah akan ditampilkan pada grafik berikut.



Gambar 4.3. Grafik rerata knockdown time tiga kelurahan pada wilayah kerja puskesmas kedungmundu

Berdasarkan Gambar 4.2 didapatkan grafik presentase rerata nyamuk yang hidup di wilayah Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang. Pada daerah Sendangmulyo didapatkan bahwa di menit ke 10 masih terdapat 67%

nyamuk yang belum pingsan kemudian pada menit ke 15 hanya 3% nyamuk yang belum pingsan hingga pada menit ke 25 semua nyamuk sudah mengalami pingsan. Adapun pada wilayah Sambiroto didapatkan nyamuk yang belum pingsan di menit ke 10 adalah hanya 6% dan semua nyamuk sudah pingsan pada menit ke 15. Pada daerah Tandang didapatkan nyamuk yang belum pingsan sebanyak 21% di menit ke 10 kemudian 3% di menit ke 20 dan pingsan seluruhnya di menit ke 20.

Tabel 4.2. Hasil Uji normalitas, homogenitas dengan *knockdown time* dan jumlah nyamuk pingsan tiap wilayah

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

Analisis data pada kematian nyamuk uji terpapar dan tidak terpapar ini tidak dapat menggunakan analisis statistik SPSS. Dikarenakan semua hasil presentase kematian yang sama antar ketiga wilayah baik Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang membuat data konstan dan tidak memiliki beda. Sehingga hanya dapat dilakukan analisis uji secara deskriptif status resistensinya. Pada tabel 4.2 didapatkan analisis *knockdown time* yang diamati dan jumlah nyamuk pingsan. Pada kelompok *knockdown time* data berdistribusi normal karena *p value* >0,05. Berbeda dengan kelompok nyamuk pingsan data tersebut berdistribusi tidak normal karena *p value* <0,05. Sementara itu, untuk uji homogenitas menggunakan *levene test* dari kedua kelompok baik *knockdown time* dan nyamuk pingsan sama sama

homogen karena $p\text{ value} > 0,05$. Sehingga dari data ini dapat dilanjutkan menggunakan uji komparatif yaitu *one way annova*.

Tabel 4.3. Hasil uji komparatif menggunakan *one way annova* ketiga wilayah

Kelompok	$p\text{ value}$
	Uji One Way Annova
<i>Knockdown Time</i>	1,000
Nyamuk Pingsan	0,963

Dari tabel 4.3. didapatkan uji beda menggunakan uji *one way annova* dari *knockdown time* memiliki hasil 1,000 sementara nyamuk pingsan adalah 0,963 sehingga $p\text{ value} > 0,05$ berarti tidak signifikan. Sehingga tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok *knockdown time* dan nyamuk pingsan pada setiap wilayah kerja puskesmas Kedungmundu.

4.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji resistensi *impregnated paper bendiocarb 1%* terhadap nyamuk *Aedes aegypti* di wilayah kerja puskesmas kedungmundu yang diwakili oleh 3 kelurahan yaitu Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang adalah rentan. Status rentan ini menunjukkan bahwa insektisida karbamat jenis *bendiocarb* masih dapat dipakai sebagai insektisida pembasmi nyamuk *Aedes aegypti*. Uji *Impregnated papper* ini dilakukan pada suhu 25,8 celcius dan dengan kelembapan 87,0% yang sesuai dengan rentang normal.

Kerentanan nyamuk *Aedes aegypti* ini juga serupa dengan penelitian pada kecamatan Medan Denai pada tahun 2019 hasilnya adalah rentan,

disebutkan dalam riset tersebut bahwa resistensi yang terjadi sebanyak 0% nyamuk dengan insektisida karmabat. Insektisida Karbamat ini memiliki toksisitas tinggi dengan melumpuhkan nyamuk secara bertahap melalui penghambatan enzim asetilkolinesterase. Status kerentanan dipengaruhi oleh durasi dan frekuensi penggunaan insektisida, baik oleh lembaga seperti Dinas Kesehatan maupun oleh rumah tangga di masyarakat. Insektisida karmabat disebut masih jarang digunakan oleh instansi sehingga akan menyebabkan kematian yang signifikan pada nyamuk *Aedes aegypti*. Selain itu adanya perilaku menghindar nyamuk saat *fogging* dan tidak diturunkannya gen resistensi dari alel dapat menyebabkan kerentanan (Volkers, 2019)

Penelitian tentang kerentanan insektisida *bendiocarb* juga telah dilakukan di Jakarta pada tahun 2017 dengan metode penangkapan sampel dengan ovitrap, dari penelitian itu didapatkan *bendiocarb* masih berstatus rentan karena diduga nyamuk *Aedes aegypti* daerah setempat tidak menurunkan gen resistensi pada bahan kimia karbamat yang jarang digunakan dibanding organofosfat dan permethrin (Hamid et al., 2017). Status kerentanan juga dibahas juga pada jurnal penelitian di Pulau Bioko, Guinea terhadap *Indoor residual spraying* (IRS) pada tahun 2020, penelitian itu membandingkan insektisida karbamat dan permethrin dan hasilnya karbamat lebih efektif terhadap penurunan kasus IRS karena rotasi insektisida karbamat yang belum pernah digunakan 3 tahun terakhir. Ini dibuktikan dengan prevalensi kasus penyakit yang tidak meningkat setelah

penyemprotan karbamat (Bradley et al., 2020). Oleh karena itu, pengecekan kerentanan vektor terhadap insektisida secara rutin perlu dilakukan agar dapat memilih insektisida yang tepat untuk mengurangi vektor sekaligus menghindari terjadinya resistensi (Qibtiyah et al., 2022).

Resistensi karbamat juga ditemukan di Kabupaten Kudus pada tahun 2018, yang sangat sensitif terhadap kelompok insektisida tersebut. Kerentanan terjadi akibat adanya unsur rotasi dalam penggunaan insektisida oleh masyarakat di daerah tersebut. Karena bahan *fogging* akan diganti setiap 2 tahun sekali untuk mencegah terjadinya resistensi (Amini et al., 2018). Namun riset ini berbeda dengan penelitian oleh Widiarti pada tahun 2020 yang berlokasi di 11 daerah di Provinsi Jawa Tengah. Pada studi didapatkan hasil *bendiocarb* telah mengalami resistensi yakni kematian nyamuk hanya 60%. Hal ini disebabkan karena tidak adanya rotasi insektisida lain oleh dinas setempat dan seringnya penggunaan bahan kimia dengan cara *aerosol* yang mengandung karbamat (Widiarti et al., 2020).

Pada wawancara yang berlokasi di dinas kesehatan kota Semarang pada Senin, 29 Januari 2024, dengan Pak Ilham selaku penanggung jawab *fogging* Dinas Kesehatan Kota Semarang ada beberapa faktor yang mempengaruhi resistensi, beliau mengatakan bahwa “Daerah Kedungmundu sudah lama tidak melakukan *fogging*, terakhir tercatat bulan Mei tahun 2021 menggunakan insektisida *malathion*. Setelah itu Kedungmundu sama sekali tidak ada permintaan untuk melakukan *fogging* kembali. DKK Kota

Semarang juga hanya melakukan *fogging* sebanyak 8 lokasi di tahun 2022 dan 4 lokasi di 2023. Bahan *fogging* yang digunakan adalah *malathion* dan *cipermetrin*. Namun, khusus untuk daerah semarang atas seperti kecamatan tembalang, tidak lagi digunakan *malathion* karena sudah dianggap resisten pada tahun 2010. Sehingga tahun 2019-2021 terakhir ini dilakukan dengan insektisida *cipermetrin*. Kemudian dari DKK Kota Semarang sendiri punya ketentuan untuk dilaksanakannya *fogging*, yaitu masyarakat setempat lebih dari 50% sudah setuju akan dilakukan *fogging*. kasus DBD/ DSS minimal 3, dan *fogging* dilakukan 2 kali pada minggu pertama dan minggu kedua. Tujuan untuk melakukan 2 kali *fogging* pada dua tempat sekaligus adalah yang pertama untuk membasmi nyamuk *Aedes aegypti* di kota tersebut dan yang kedua adalah untuk membasmi larva dari peranakan nyamuk *Aedes aegypti* dahulu. Sejauh ini rekor yang terbanyak melakukan *fogging* adalah pada tahun 2018 ada sekitar 200 titik yang digalkkan *fogging* pada saat itu. Kemudian pada saat pandemi *COVID-19* kasus DBD turun, kemungkinan karena tertutup oleh kasus *COVID*, sehingga kami jarang sekali melakukan *fogging*. Faktor lain adalah karena tolakan dari masyarakat setempat, mereka menganggap bahwa dengan adanya *fogging* mereka kerepotan untuk memindahkan hewan peliharaan, apabila ada bayi maka mereka harus mengungsikan ketempat lain yang tidak di *fogging* dan setelahnya harus membersihkan rumah mereka yang licin akibat *fogging*. Mengepel lantai harus 3-4 kali agar tidak licin akibat *fogging* serta sebelumnya rumah harus didiamkan selama lebih dari 15 menit agar tidak ada gejala keracunan bahan

isnektisida untuk *fogging* tersebut. itulah yang menjadi alasan tidak semua masyarakat mau untuk digalakkan *fogging* didaerahnya. Terlebih banyak sekali masyarakat yang sudah teredukasi bahwa *fogging* secara berlebihan akan menyebabkan resistensi. Dinas kesehatan Kota Semarang bersama pemerintah kota juga sedang menggalakkan nyamuk *Wolbachia*. Nyamuk *Aedes aegypti wolbachia* memiliki flora normal *wolbachia* jumlahnya lebih banyak daripada virus dengue yang nantinya akan memblok virus dengue di tubuh *Aedes aegypti*. Nyamuk dengan *wolbachia* inilah yang dicurigai akan memutus gen resistensi dari alel.”

Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu hanya mengambil sampel di 3 kelurahan dari 7 kelurahan. Kelurahan yang kami ambil adalah kelurahan Sendangmulyo, Sambiroto dan Tandang yang ada di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu, sehingga belum mewakili semua wilayah. Kami meneliti hanya menggunakan uji *impregnated paper* dan belum disertai dengan uji *enzimatik bioassay* untuk menganalisa enzim asetikolinesterase sebagai enzim yang dapat menyebabkan resistensi.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan uji resistensi larva nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida karbamat di Wilayah kerja Puskesmas Kedungmundu, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

5.1.1. Status Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan karbamat jenis *bendiocarb* 0,1% di wilayah kerja puskesmas Kedungmundu adalah rentan.

5.1.2. Jumlah kasus DBD pada tahun 2022 di 3 wilayah kerja puskesmas kedungmundu yaitu masing masing;

- a. Kasus DBD di Sendangmulyo selama tahun 2022 adalah sebanyak 154 kasus.
- b. Kasus DBD di Sambiroto selama tahun 2022 adalah sebanyak 90 kasus.
- c. Kasus DBD di Tandang selama tahun 2022 adalah sebanyak 80 kasus.

5.1.3. Presentase Kematian nyamuk *Aedes aegypti* terhadap paparan insektisida golongan karbamat jenis *bendiocarb* 0,1% di 3 wilayah baik Sendangmulyo, Sambiroto, dan tandang adalah 100% kematian nyamuk setelah di *holding* 24 jam.

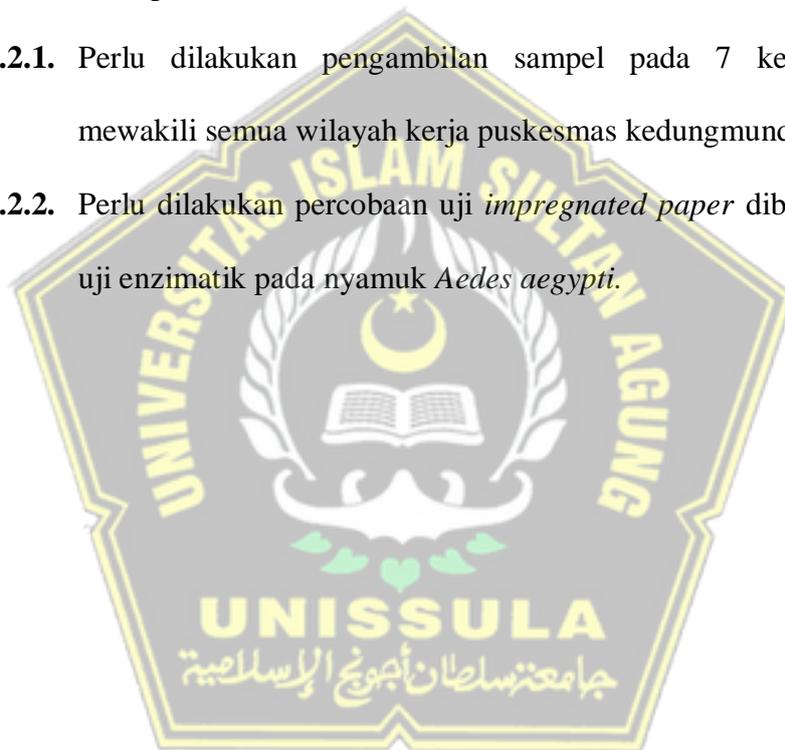
5.1.4. *Knockdown time* nyamuk *Aedes aegypti* tiap wilayah berbeda beda, Sendangmulyo pingsan pada menit ke 20, Sendangmulyo pingsan

pada menit ke 15, dan Tandang pingsan pada menit ke 25. Tetapi untuk rerata nyamuk pingsan pada menit ke 20 setelah pemberian *impregnated paper bendiocarb 0,1%*.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran terkait dengan keterbatasan penelitian ini adalah:

- 5.2.1. Perlu dilakukan pengambilan sampel pada 7 kelurahan yang mewakili semua wilayah kerja puskesmas kedungmundu.
- 5.2.2. Perlu dilakukan percobaan uji *impregnated paper* dibarengi dengan uji enzimatik pada nyamuk *Aedes aegypti*.



DAFTAR PUSTAKA

- Beaver, P. C. (2014). Atlas of Medical Helminthology and Protozoology. In *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* (Vol. 16, Issue 4, pp. 558–559). <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1967.16.558>
- Bradley, J., Hergott, D., Garcia, G., Lines, J., Cook, J., Slotman, M. A., Phiri, W. P., Schwabe, C., & Kleinschmidt, I. (2020). A cluster randomized trial comparing deltamethrin and bendiocarb as insecticides for indoor residual spraying to control malaria on Bioko Island, Equatorial Guinea. *Malaria Journal*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1433-0>
- Denholm, I., & Devine, G. (2013). Insecticide Resistance. *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 4, 298–307. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00104-0>
- Dinata, A., Dhewantara, P. W., Beberapa, T., Tenggara, A., & Timur, M. (2012). Karakteristik Lingkungan Fisik, Biologi, Dan Sosial Di Daerah Endemis Dbd Kota Banjar Tahun 2011. *Jurnal Ekologi Kesehatan*.
- Hamid, P. H., Prastowo, J., Ghiffari, A., Taubert, A., & Hermosilla, C. (2017). *Aedes aegypti* resistance development to commonly used insecticides in Jakarta, Indonesia. *PLoS ONE*, 12(12), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189680>
- Ismail, A. R. (2019). Angka Kejadian Pasien dan Penyebab Penyakit Demam Berdarah Dengue serta Peran Puskesmas dalam Upaya Penyembuhan dan Pencegahan pada Tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1–5.
- Kedungmundu, U. P. (2022). *Profil UPTD Puskesmas Kedungmundu*. 024.
- 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>
- Muafiah, A. F. (2019). uji resistensi larva nyamuk *aedes aegypti* terhadap insektisida golongan organofosfat di kecamatan medan selayang. *Ayan*, 8(5), 55.
- Nafisah, S. L., & Sukendra, D. M. (2021). Kondisi Lingkungan dan Perilaku dengan Kejadian DBD di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 1(1), 62–72. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/IJPHN>
- Qibtiyah, S. M., Nuryady, M. M., Susetyarini, R. E., Permana, T. I., & Sasongkojati, A. (2022). *ANALISIS STATUS RESISTENSI Aedes aegypti*

TERHADAP INSEKTISIDA CYPERMETHRIN 0,05 % DI KECAMATAN Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia PENDAHULUAN Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit endemik yan. 10(1), 240–251.

RI, D. P. K. (2018). *Panduan Monitoring Resistensi Vektor Terhadap Insektisida.* 1–54.

https://p2pm.kemkes.go.id/storage/publikasi/media/file_1614827860.pdf

Volkers, M. (2019). UJI RESISTENSI LARVA NYAMUK *Aedes aegypti* TERHADAP INSEKTISIDA GOLONGAN KARBAMAT DI KECAMATAN MEDAN DENAI. *Ayan*, 8(5), 55.

Widiarti, Heriyanto, B., Boewono, D. T., Mujiono, U. W., Lasmiati, & Yuliadi. (2020). PETA RESISTENSI VEKTOR DEMAM BERDAMH DENGUE. *Jurnal Kesehatan*, 39(4), 6–7.

Zain, A. A., & Cahyati, W. H. (2022). Faktor Risiko Kejadian Demam Berdarah Dengue pada Anak Usia 5-14 Tahun di Kota Semarang. *Jurnal Sehat Mandiri*, 17(1), 48–56. <https://doi.org/10.33761/jsm.v17i1.609>

Beaver, P. C. (2014). Atlas of Medical Helminthology and Protozoology. In *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* (Vol. 16, Issue 4, pp. 558–559). <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1967.16.558>

Bradley, J., Hergott, D., Garcia, G., Lines, J., Cook, J., Slotman, M. A., Phiri, W. P., Schwabe, C., & Kleinschmidt, I. (2020). A cluster randomized trial comparing deltamethrin and bendiocarb as insecticides for indoor residual spraying to control malaria on Bioko Island, Equatorial Guinea. *Malaria Journal*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1433-0>

Denholm, I., & Devine, G. (2013). Insecticide Resistance. *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 4, 298–307. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00104-0>

Dinata, A., Dhewantara, P. W., Beberapa, T., Tenggara, A., & Timur, M. (2012). Karakteristik Lingkungan Fisik, Biologi, Dan Sosial Di Daerah Endemis Dbd Kota Banjar Tahun 2011. *Jurnal Ekologi Kesehatan*.

Hamid, P. H., Prastowo, J., Ghiffari, A., Taubert, A., & Hermosilla, C. (2017). *Aedes aegypti* resistance development to commonly used insecticides in Jakarta, Indonesia. *PLoS ONE*, 12(12), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189680>

Ismail, A. R. (2019). Angka Kejadian Pasien dan Penyebab Penyakit Demam Berdarah Dengue serta Peran Puskesmas dalam Upaya Penyembuhan dan Pencegahan pada Tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1–5.

- Kedungmundu, U. P. (2022). *Profil UPTD Puskesmas Kedungmundu*. 024.
- 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>
- Muafiah, A. F. (2019). uji resistensi larva nyamuk aedes aegypti terhadap insektisida golongan organofosfat di kecamatan medan selayang. *Ayan*, 8(5), 55.
- Nafisah, S. L., & Sukendra, D. M. (2021). Kondisi Lingkungan dan Perilaku dengan Kejadian DBD di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 1(1), 62–72. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/IJPHN>
- Qibtiyah, S. M., Nuryady, M. M., Susetyarini, R. E., Permana, T. I., & Sasongkojati, A. (2022). ANALISIS STATUS RESISTENSI *Aedes aegypti* TERHADAP INSEKTISIDA CYPERMETHRIN 0,05 % DI KECAMATAN Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia PENDAHULUAN Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit endemik yan. 10(1), 240–251.
- RI, D. P. K. (2018). *Panduan Monitoring Resistensi Vektor Terhadap Insektisida*. 1–54. https://p2pm.kemkes.go.id/storage/publikasi/media/file_1614827860.pdf
- Volkers, M. (2019). UJI RESISTENSI LARVA NYAMUK *Aedes aegypti* TERHADAP INSEKTISIDA GOLONGAN KARBAMAT DI KECAMATAN MEDAN DENAI. *Ayan*, 8(5), 55.
- Widiarti, Heriyanto, B., Boewono, D. T., Mujiono, U. W., Lasmiati, & Yuliadi. (2020). PETA RESISTENSI VEKTOR DEMAM BERDAMH DENGUE. *Jurnal Kesehatan*, 39(4), 6–7.
- Zain, A. A., & Cahyati, W. H. (2022). Faktor Risiko Kejadian Demam Berdarah Dengue pada Anak Usia 5-14 Tahun di Kota Semarang. *Jurnal Sehat Mandiri*, 17(1), 48–56. <https://doi.org/10.33761/jsm.v17i1.609>