

**DISERTASI**

**EFEKTIVITAS MINYAK LIMBAH DAUN CENGKEH (*Syzigium aromaticum*) SEBAGAI BIOLARVASIDA DAN BIOINSEKTISIDA VEKTOR NYAMUK**

***The Efficacy of Waste Oil of Cloves (*Syzigium aromaticum*) As A Biolarvacide and Vector Bioinsecticides For Mosquitoes***

**BUDIMAN  
NIM: K013191011**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**EFEKTIVITAS MINYAK LIMBAH DAUN CENGKEH (*Syzigium aromaticum*)  
SEBAGAI BIOLARVASIDA DAN BIOINSEKTISIDA VEKTOR NYAMUK**

*The Efficacy of Waste Oil of Cloves (*Syzigium aromaticum*) As  
A Biolarvacide and Vector Bioinsecticides  
For Mosquitoes*

**Disertasi**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor (Dr)

**Program Studi  
Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat**

Disusun dan diajukan oleh

**BUDIMAN  
NIM: K013191011**

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## DISERTASI

### EFEKTIVITAS MINYAK LIMBAH DAUN CENGKEH (*SYZIGIUM AROMATICUM*) SEBAGAI BIOLARVASIDA DAN BIONSEKTISIDA VEKTOR NYAMUK

Disusun dan diajukan oleh

**BUDIMAN**  
Nomor Pokok K013191011

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi  
pada tanggal 23 Desember 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasehat,



Prof. dr. Hasanuddin Ishak, M.Sc., Ph.D  
Promotor



Prof. Dr. Stang, M.Kes  
Ko-Promotor



Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes  
Ko-Promotor

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Hasanuddin,



Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., Ph.D

Ketua Program Studi Doktor (S3)  
Ilmu Kesehatan Masyarakat



Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.Ed

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Budiman**  
NIM : K013191011  
Program Studi : Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan disertasi yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dengan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika pedoman penulisan disertasi.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2022

Yang Menyatakan,

  
**Budiman**

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas petunjuk dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan disertasi dengan judul **“Efektivitas Minyak Limbah Daun Cengkeh (*Syzigium aromaticum*) Sebagai Biolarvasida dan Bioinsektisida Vektor Nyamuk”**. Disertasi ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam proses mengikuti pendidikan dan penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berarti. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih yang tulus dan penghargaan setinggi-tingginya kepada yang terhormat Prof. dr. Hasanuddin Ishak, M.Sc., Ph.D., sebagai Promotor, Prof. Dr. Stang, M.Kes., sebagai Ko-promotor 1 dan Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes. sebagai Ko-promotor 2 yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan, bimbingan, perhatian, serta motivasi kepada penulis mulai dari pengembangan topik hingga penulisan disertasi ini. Terkhusus pada Tim Penilai, terima kasih dan apresiasi yang tinggi penulis sampaikan kepada yang terhormat Penilai Eksternal Prof. Dr. Ririh Yudhastuti, drh., M.Sc., Prof. Dr. dr. H. M. Alimin Maidin, MPH., dr. M. Furqaan Naiem, M.Sc, Ph.D.,

dan dr. Isra Wahid, S.Ked., Ph.D., atas bimbingan, masukan dan arahan bermanfaat dalam perbaikan penyusunan disertasi ini.

Terima kasih yang tulus dan penuh rasa hormat kepada kedua orang tua penulis Ayahanda Abd. Hamid Wahyudin (Almarhum) dan Ibu Dahniar atas doa, motivasi dan dukungan yang selalu diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan disertasi ini. Ayah mertua Muchtar Djuraid, S.Ag (Almarhum) dan Ibu Mertua Siti Halifah (Almarhum) serta kakak dan adik tercinta Hamidah, S.Pd., M.Pd., Abdul Rahman, ST dan Jamila, SKM. Kepada istri tercinta Nurlaila, Amd. Kep., SKM dan anak anak Ahmad Abdillah, Abdullah Shiddiq dan Alfaruq Umar atas dukungan moril, inspirasi, penyemangat dan doa tiada henti hingga penulis mampu menyelesaikan disertasi ini. Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada Ipar-iparku Dr. Miswan, S.Pd., M.Si., Mariani, SE (Alm), Andi Faizal Nur, S.Pd., M.Pd, Nur Hidayah, S.Ag., Zulkifli, S.Sos dan Nurhaeda, S.Pd.

Perkenankan pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi tingginya kepada yang terhormat:

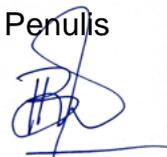
1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, Rektor Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan di Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Sukri Palutturi, SKM, M.Kes, M.Sc,PH, Ph.D, Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis melanjutkan Studi Program S3 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

3. Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.Ed, Ketua Program Studi S3 Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada penulis melanjutkan studi program S3 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
4. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Program Studi S3 Ilmu Kesehatan Masyarakat Unhas, atas bimbingan dan bantuan selama mengikuti proses perkuliahan hingga penulisan disertasi.
5. Muh. Fauzan, SKM., MPH., Kepala Balai Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Donggala yang telah memberikan ijin tempat melaksanakan penelitian dan dukungan selama pelaksanaan penelitian.
6. Ucapan terima kasih juga kepada sahabat-sahabat seperjuangan Program Doktoral Ilmu Kesehatan Masyarakat Angkatan 2019 atas semua suka duka, canda tawa dan kebersamaan selama menempuh study sampai meraih gelar bersama. Aamiin.
7. Semua pihak yang telah ikut membantu dalam kelancaran penyusunan disertasi ini.

Penulis mengharapkan masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan disertasi ini. Akhir kata penulis mengharapkan agar disertasi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Makassar, Desember 2022

Penulis



Budiman

## ABSTRAK

**BUDIMAN.** Efektivitas Minyak Limbah Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) Sebagai Biolarvasida dan Bioinsektisida Vektor Nyamuk (Dibimbing oleh **Hasanuddin Ishak, Stang, Erniwati Ibrahim**)

Pengendalian vektor yang sering dilakukan selama ini adalah dengan pengendalian secara kimiawi yang secara kontinyu akan memberikan dampak buruk. Oleh karena itu, dibutuhkan cara pengendalian yang lebih ramah lingkungan, efektif dan efisien serta aman bagi kesehatan salah satunya menggunakan minyak atsiri tumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektifitas minyak limbah daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai Biolarvasida dan Bioinsektisida vektor Nyamuk.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan rancangan *post test only with control group design*. Subjek penelitian ini adalah minyak limbah daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) yang diperoleh dari hasil penyulingan limbah daun cengkeh yang kering. Objek penelitian ini adalah Larva Instar III dan nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp* dan *Anopheles sp* dewasa yang diperoleh dari hasil *Rearing* di laboratorium dan dari lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) efektif sebagai biolarvasida untuk larva *Aedes aegypti*, larva *Culex sp* dan larva *Anopheles sp* dengan  $LC_{50}$  pada 0,005% dan nilai uji *Kruskall Wallis* sebesar 0,000 – 0,001 ( $P < 0,05$ ). Penelitian ini juga efektif sebagai bioinsektisida dengan metode uap cair elektrik (*Difusser*) dengan kategori rentan untuk nyamuk *Anopheles sp* (100%) serta untuk nyamuk *Aedes aegypti* (95,3%) dan *Culex sp* (96,7%) dengan kategori toleran. Hasil untuk daya tolak (*repellent*) untuk nyamuk *Aedes aegypti* efektif pada konsentrasi 14,2% - 42,8% sedangkan nyamuk *Culex sp* efektif pada konsentrasi 28,5% - 42,8%. Nyamuk *Anopheles sp* efektif untuk semua konsentrasi (14,2% - 71,4%). Penelitian ini merekomendasikan penggunaan minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai Biolarvasida dan Bioinsektisida dalam pengendalian vektor nyamuk.

Kata kunci: Minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*), Biolarvasida, Bioinsektisida, Vektor Nyamuk



## ABSTRACT

**BUDIMAN.** The efficacy of clove leaf waste oil (*Syzygium aromaticum*) as a biolarvicide and bioinsecticide for vector mosquitoes (Supervised by **Hasanuddin Ishak, Stang, Erniwati Ibrahim**)

The vector control that is often done so far is by chemical control, which will continually have a negative impact. Therefore, it is necessary to control methods that are more friendly to the environment, effective and efficient, and safe for health, one of which is the use of essential oils from plants. This study aims to determine the effectiveness of clove leaf waste oil (*Syzygium aromaticum*) as a biolarvicide and bioinsecticide for vector mosquitoes.

The research method used is experimental research with a post-test only design with a control group design. The object of this research is clove leaf waste oil (*Syzygium aromaticum*) obtained from the distillation of dried clove leaf waste. The object of this research is the third-instar larvae and the adult *Aedes aegypti*, *Culex sp* and *Anopheles sp* mosquitoes obtained from the results of rearing in the laboratory and in the field.

The results showed that clove (*Syzygium aromaticum*) leaf waste oil was effective as a biolarvicide for *Aedes aegypti* larvae, *Culex sp* larvae and *Anopheles sp* larvae with  $LC_{50}$  at 0.005% and a Kruskal Wallis test value of 0.000 – 0.001 ( $P < 0.05$ ). This study is also effective as a bioinsecticide with the electric liquid vapor method (Difusser) with a susceptible category for *Anopheles sp* mosquitoes (100%) and for *Aedes aegypti* (95.3%) and *Culex sp* (96.7%) mosquitoes with a category tolerant. The results for the repellent power for *Aedes aegypti* mosquitoes were effective at concentrations of 14.2% - 42.8%, while for *Culex sp* mosquitoes they were effective at concentrations of 28.5% - 42.8%. *Anopheles sp* mosquitoes were effective for all concentrations (14.2% - 71.4%). This study recommends the use of clove leaf waste oil (*Syzygium aromaticum*) as a biolarvicide and bioinsecticide in vector mosquito control.

Keywords: Clove leaf waste oil (*Syzygium aromaticum*), Biolarvicide, Bioinsecticide, Mosquito Vector



## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR GRAFIK .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
 <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Tujuan Penelitian .....	9
1.4 Manfaat Penelitian .....	11
 <b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Vektor Demam Berdarah Dengue .....	13
2.2 Tinjauan Vektor Filariasis.....	33
2.3 Tinjauan Vektor Malaria .....	40
2.4 Manajemen Pengendalian Vektor .....	54
2.5 Insektisida .....	77

2.6	Insektisida Alami dalam Pengendalian Vektor .....	81
2.7	Tanaman Cengkeh ( <i>Syzigium aromaticum</i> ) .....	85
2.8	Kerangka Teori.....	94
2.9	Kerangka Konsep.....	96
2.10	Defenisi Operasional.....	99
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Jenis Penelitian .....	101
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	103
3.3	Subjek dan Objek Penelitian .....	103
3.4	Prosedur Penelitian .....	104
3.5	Rancangan Penelitian .....	117
3.6	Teknik Pengumpulan Data .....	119
3.7	Analisis dan Penyajian Data.....	120
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Pemeriksaan Kandungan Senyawa Minyak limbah daun Cengkeh ( <i>Syzigium aromaticum</i> ) ..	122
4.2	Hasil Penelitian .....	125
4.3	Pembahasan .....	152
4.4	Keterbatasan Penelitian .....	163
4.5	Kebaruan/Novelty.....	164
<b>Bab V PENUTUP</b>		
5.1	Simpulan .....	166
5.2	Saran .....	167
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>168</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Sintesa Penelitian Larvasida dan Insektisida Menggunakan Daun Cengkeh ( <i>Syzigium aromaticum</i> ) Di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	91
Tabel 3.1 Defenisi Operasional.....	99
Tabel 4.1 Kandungan Senyawa Kimia Minyak limbah daun Cengkeh ( <i>Syzigium aromaticum</i> ) di Laboratorium Kimia Unhas, 2021 .....	122
Tabel 4.2 Rata-rata Kematian Larva <i>Aedes aegypti</i> selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	125
Tabel 4.3 Hasil Uji Regresi Probit Tingkat Kematian Larva <i>Aedes aegypti</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	127
Tabel 4.4 Hasil Uji Kruskal Wallis Larva <i>Aedes aegypti</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	128
Tabel 4.5 Rata-rata Kematian Larva <i>Culex sp</i> selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	129
Tabel 4.6 Hasil Uji Regresi Probit Tingkat Kematian Larva <i>Culex sp</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	130
Tabel 4.7 Hasil Uji Kruskal Wallis Larva <i>Culex sp</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	131

Tabel 4.8	Rata-rata Kematian Larva <i>Anopheles sp</i> selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	132
Tabel 4.9	Hasil Uji Regresi Probit Tingkat Kematian Larva <i>Anopheles sp</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	133
Tabel 4.10	Hasil Uji Kruskal Wallis Larva <i>Anopheles sp</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	134
Tabel 4.11	Rata-rata Kematian Larva Berbagai Spesies selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	135
Tabel 4.12	Hasil Uji Perbandingan Rata-rata Kematian Larva Berbagai Spesies selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	136
Tabel 4.13	Hasil Uji Regresi Probit Tingkat Kematian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	139
Tabel 4.14	Hasil Uji Regresi Probit Tingkat Kematian Nyamuk <i>Culex sp</i> di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	141
Tabel 4.15	Jumlah Kematian Berbagai Spesies Nyamuk Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Uap Minyak Limbah Daun Cengkeh di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	143
Tabel 4.16	Jumlah Kematian Berbagai Spesies Nyamuk Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Setelah Holding 24 Jam di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	144
Tabel 4.17	Hasil Uji Mann Whitney Tingkat Kematian Berbagai Spesies Nyamuk di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	145

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .....	26
Gambar 2.2 Siklus Hidup Nyamuk <i>Culex sp</i> .....	36
Gambar 2.3 Telur Nyamuk <i>Culex sp</i> .....	37
Gambar 2.4 Larva Nyamuk <i>Culex sp</i> .....	38
Gambar 2.5 Pupa Nyamuk <i>Culex sp</i> .....	38
Gambar 2.6 Nyamuk <i>Culex sp</i> .....	39
Gambar 2.7 Nyamuk <i>Anopheles</i> .....	42
Gambar 2.8 Komponen <i>Integrated Vektor Management (IVM)</i> .....	55
Gambar 2.9 Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> ).....	86
Gambar 2.10 Kerangka Teori .....	95
Gambar 2.11 Kerangka Konsep .....	98
Gambar 2.12 Desain Penyulingan Minyak Limbah Daun Cengkeh.	105

## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Rata-rata Kematian Larva <i>Aedes aegypti</i> selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	126
Grafik 4.2 Rata-rata Kematian Larva <i>Culex sp</i> selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	129
Grafik 4.3 Rata-rata Kematian Larva <i>Anopheles sp</i> selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) .....	132
Grafik 4.4 Rata-rata Kematian Larva berbagai Species selama 24 Jam Berdasarkan Konsentrasi Minyak Limbah Daun Cengkeh (%v/v) di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	135
Grafik 4.5 Jumlah Kematian Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Uap Minyak Limbah Daun Cengkeh di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	138
Grafik 4.6 Jumlah Kematian Nyamuk <i>Culex sp</i> Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Uap Minyak Limbah Daun Cengkeh di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	140
Grafik 4.7 Jumlah Kematian Nyamuk <i>Anopheles sp</i> Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Uap Minyak Limbah Daun Cengkeh di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	142
Grafik 4.8 Jumlah Kematian berbagai Spesies Nyamuk Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Uap Minyak Limbah Daun Cengkeh di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	143
Grafik 4.9 Jumlah Kematian berbagai Spesies Nyamuk Berdasarkan Waktu Pemaparan 20 Menit Uap Minyak Limbah Daun Cengkeh Setelah Holding 24 Jam di Laboratorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	144

Grafik 4.10 Tingkat Penolakan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Perempuan di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	146
Grafik 4.11 Tingkat Penolakan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Laki-laki di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	146
Grafik 4.12 Tingkat Penolakan Nyamuk <i>Culex sp</i> Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Perempuan di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	147
Grafik 4.13 Tingkat Penolakan Nyamuk <i>Culex sp</i> Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Laki-laki di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	147
Grafik 4.14 Tingkat Penolakan Nyamuk <i>Anopheles sp</i> Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Perempuan di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	148
Grafik 4.15 Tingkat Penolakan Nyamuk <i>Anopheles sp</i> Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Laki-laki di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	149
Grafik 4.16 Tingkat Penolakan Nyamuk Berbagai Konsentrasi Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Perempuan di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	150
Grafik 4.17 Tingkat Penolakan Nyamuk Berbagai Konsentrasi Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Laki-laki di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	150
Grafik 4.18 Tingkat Penolakan Nyamuk Berbagai Spesies Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Perempuan di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	151
Grafik 4.19 Tingkat Penolakan Nyamuk Berbagai Spesies Setiap Jam Dalam Waktu 6 Jam Pada Probandus Laki-laki di Labortorium Entomologi LITBANGKES Labuan, 2021 .....	150

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pengamatan Laboratorium.....	177
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian .....	182
Lampiran 3 Rekomendasi Persetujuan Etik .....	183
Lampiran 4 Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian .....	184
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian .....	185

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penyakit vektorial merupakan salah satu penyakit yang menjadi ancaman bagi kesehatan masyarakat di seluruh dunia (World Health Organization, 2017) (Kraemer *et al.*, 2019). Sekitar 17% dari perkiraan beban global penyakit menular disebabkan oleh penyakit yang ditularkan melalui vektor dan telah merenggut lebih dari 700.000 jiwa setiap tahun. Lebih dari 80% dari jumlah penduduk yang ada di seluruh dunia tinggal di wilayah yang berisiko dari setidaknya satu penyakit yang ditularkan melalui vektor, dengan lebih dari setengah berisiko dari dua atau lebih penyakit yang ditularkan melalui vektor (World Health Organization, 2017) (World Health Organization, 2016).

Beban secara global penyakit yang ditularkan melalui vektor untuk malaria 212.000.000 kasus per tahun, yang meninggal 429.000 kematian per tahun (World Health Organization, 2016). Sedangkan kasus demam berdarah sebanyak 96.000.000 kasus per tahun, jumlah kematian sebanyak 9.110 per tahun (Bhatt *et al.*, 2013) (Vos *et al.*, 2016).

Nyamuk merupakan vektor penting dan utama dalam penyebaran penyakit dan sangat menular ke manusia (Medeiros *et al.*, 2013). *Anopheles* merupakan vektor utama dalam penularan malaria, *Aedes*

dikenal karena penularan Demam berdarah dan *Culex* dikenal untuk penularan Filariasis (Lokesh *et al.*, 2010).

Risiko tertinggi penyakit yang ditularkan melalui vektor terjadi di daerah tropis dan subtropis khususnya di wilayah kota besar dan kecil dimana nyamuk *Aedes*, *Culex* dan *Anopheles* dapat berkembang biak dengan cepat karena banyaknya tempat-tempat perindukan dan memudahkan terjadinya kontak dengan manusia. Angka kesakitan dan kematian tertinggi secara proporsional pada penduduk yang lebih miskin (World Health Organization, 2010) (World Health Organization, 2016) (World Health Organization, 2017).

Sekitar 50 juta kasus demam berdarah yang terjadi setiap tahun dan sekitar 500.000 pasien dirawat di rumah sakit yang didominasi oleh anak-anak (Guzman *et al.*, 2010) (Simmons *et al.*, 2012) (Halstead, 2005) (Anderson *et al.*, 2007).

Angka kejadian kasus malaria (kasus per 1.000 penduduk berisiko) menurun dari 80 (238 juta kasus) pada tahun 2000 menjadi 57 (229 juta kasus) pada tahun 2019. Sedangkan tingkat kematian (kematian per 100.000 populasi berisiko) berkurang dari 25 (736.000 kasus kematian) pada tahun 2000 menjadi 10 (409.000 kasus kematian) pada tahun 2019 (World Health Organization, 2020b).

Secara umum, seluruh wilayah Indonesia mempunyai kasus demam berdarah yang tinggi (*Incidence Rate* 78,0) dan terjadi peningkatan kasus demam berdarah yang tersebar di Kota dan Kabupaten di 34 Provinsi yang

ada di Indonesia. Dari total 497 Kota dan Kabupaten yang ada di Indonesia, sekitar 80% telah melaporkan kasus demam berdarah pada tahun 2017. Dalam kasus kematian karena demam berdarah, sebanyak 1.229 orang meninggal pada tahun 2015 karena terserang virus dengue ini (Karyanti *et al.*, 2014)(Prayitno *et al.*, 2017a) (CDC, 2020).

Pada tahun 2019 di Indonesia terjadi kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) sebanyak 138.127 kasus dengan jumlah kematian mencapai 919 orang. Jumlah *Incidence Rate* (IR) yaitu 51,53 per 100.000 penduduk. Sedangkan persentase *Case Fatality Rate* (CFR) mencapai 0,67% (Kemenkes RI, 2019).

Selain itu, Indonesia sebanyak beberapa ratus ribu infeksi dan sekitar 2.000 kematian setiap tahun di Indonesia akibat malaria. Kemajuan dalam pemberantasan malaria telah terjadi di bagian barat negara tetapi stagnan di Provinsi Papua, yang menyumbang 74% dari kasus yang dilaporkan setiap tahun. Pengendalian dan pemberantasan malaria bekerja sama dengan Kemenkes, *National Malaria Control Program* (NMCP), *United Nations Children's Fund* (UNICEF), dan *World Health Organization* (WHO) (CDC, 2020).

Provinsi Sulawesi Tengah merupakan salah satu provinsi yang mempunyai kasus DBD, Malaria dan Filariasis yang tersebar di beberapa Kabupaten/Kota. Pada tahun 2019 kejadian kasus Demam Berdarah *Dengue* di Sulawesi Tengah sebesar 1.933 kasus dengan jumlah kematian sebesar 18 orang. Jumlah *Incidence Rate* (IR) sebesar 64,21% per 100.000

penduduk, sedangkan *Case Fatality Rate* (CFR) sebesar 0,93%. Bila dibandingkan dengan data pada tahun 2018, kejadian kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) pada tahun 2019 mengalami peningkatan/penambahan kasus sebesar 863 kasus. Jika mengacu pada indikator target kasus yang diharapkan *Incidence Rate* (IR)  $\leq 49$  per 100.000 penduduk maka pada tahun 2019 tidak mencapai target yaitu 64,21 per 100.000 penduduk. Sedangkan target *Case fatality Rate* (CFR) masih bisa ditekan di bawah 1% yaitu 0,93% (Dinas Kesehatan Provinsi Sulteng, 2019).

Terdapat 9 kabupaten endemis di Provinsi Sulawesi Tengah dengan angka *Mikro Filaria Rate*  $> 1\%$  yaitu Kabupaten Sigi 1,14% (2003), Donggala 1,14% (2003), Parigi Moutong 2,14% (2004), Poso 1,66% (2004), Tojo Unauna 4,3% (2009), Morowali 1,17% (2009), Banggai 1,1% (2009), Bangkep 1,16% (2002) dan Buol 1,52% (2015). sehingga filariasis masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Provinsi Sulawesi Tengah (Dinas Kesehatan Provinsi Sulteng, 2019).

Pengendalian vektor nyamuk dapat dilakukan secara mekanis, fisik, biologis dan pengendalian lingkungan baik pada perkembangan nyamuk sampai pada nyamuk dewasanya (Oduola *et al.*, 2010)(Roiz *et al.*, 2018)(Idowu, Adeleke and Aina, T, 2012). Dewasa ini, pengendalian yang sering dilakukan adalah dengan pengendalian secara kimiawi menggunakan bahan kimia antara lain senyawa golongan organofosfat, organoklorin, karbamat dan pyretroid. Namun penggunaan bahan kimia ini

secara kontinyu akan memberikan dampak buruk seperti matinya organisme non target, pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat. Selain itu, cara ini juga membutuhkan banyak biaya dan dapat menimbulkan resistensi terhadap nyamuk (Oduola *et al.*, 2010)(Roiz *et al.*, 2018)(Idowu, Adeleke and Aina, T, 2012).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah terjadinya resistensi nyamuk terhadap beberapa bahan kimia. Oleh karena itu dibutuhkan cara pengendalian khususnya insektisida yang lebih ramah lingkungan, efektif dan efisien serta aman bagi kesehatan (Cavalcanti *et al.*, 2004). Pengendalian secara hayati (*biological control*) dapat menjadi alternatif pengendalian vektor nyamuk yaitu dengan mengurangi populasi vektor nyamuk dan menggunakan bahan alami (Krishnappa *et al.*, 2012).

Indonesia memiliki banyak jenis tumbuh-tumbuhan yang merupakan sumber bahan insektisida yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian vektor penyakit (Cavalcanti *et al.*, 2004). Penggunaan ekstrak tanaman dan minyak atsiri sebagai alternatif pengendalian vektor nyamuk sudah mulai digalakan oleh para peneliti (Krishnappa *et al.*, 2012).

Larvasida/Insektisida alami telah terbukti memberikan kontribusi yang bermakna sebagai alternatif baru dalam usaha menurunkan jumlah penyakit yang ditimbulkan oleh vektor nyamuk. Kandungan eugenol, alkaloid, flavonoid, saponin dan bahan aktif lainnya pada tanaman dapat bersifat toksik bagi larva *Aedes aegypti*. Minyak atsiri tumbuhan dapat

mengganggu proses metabolisme, biokimia, fisiologis dan perilaku dari serangga (Maia and Moore, 2011).

Larvasida/Insektisida yang berasal dari tanaman memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan larvasida/insektisida buatan antara lain dapat terurai dengan cepat oleh sinar matahari, udara, kelembapan dan faktor alami lainnya. Hal ini membuat larvasida/insektisida alami memiliki resiko rendah terhadap pencemaran tanah, air dan udara. Selain itu karena berbahan dasar alami, larvasida/insektisida alami memiliki tingkat toksisitas yang rendah bagi manusia, sehingga dapat aman digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Pratiwi, 2012).

Tanaman Cengkeh (*Syzigium aromaticum*) yang banyak tumbuh di Indonesia memiliki kemungkinan untuk digunakan sebagai larvasida/insektisida alternatif untuk membunuh vektor nyamuk karena banyak mengandung senyawa kimia yang mencapai 40 senyawa kimia diantaranya senyawa *Eugenol* (87,24%), *Eugenyl acetate* (5,8%), *b-Caryophyllene* (3,85%),  *$\alpha$ -cadinol* (2,43%), *Myrcene* (1,84%), *Metil eugenol* (1,8%) (Mohammad Nazrul Islam Bhuiyan, 2012), (Fayemiwo *et al.*, 2014), (Costa *et al.*, 2005), (Elzayyat *et al.*, 2018), (Thomas *et al.*, 2017), (Faraco *et al.*, 2016).

Selain kandungan di atas, cengkeh juga memiliki kandungan senyawa saponin, flavonoid dan tanin yang bersifat larvasida karena bersifat sebagai racun perut (*Stomach Poisoning*). Senyawa-senyawa tersebut larut di dalam air dan akhirnya masuk ke sistem pencernaan dan

mengakibatkan gangguan sistem pencernaan larva sehingga larva gagal tumbuh dan akhirnya mati. Flavonoid punya sejumlah kegunaan. Pertama, terhadap tumbuhan, yaitu sebagai pengatur tumbuhan, pengatur fotosintesis, kerja antimikroba dan antivirus. Kedua, terhadap manusia, yaitu sebagai antibiotik terhadap penyakit kanker dan ginjal, menghambat perdarahan. Ketiga, terhadap serangga, yaitu sebagai daya tarik serangga untuk melakukan penyerbukan. Keempat, kegunaan lainnya adalah sebagai bahan aktif dalam pembuatan insektisida nabati (Chintihia, 2015).

Tanin dapat menurunkan kemampuan mencerna makanan karena menurunkan aktivitas enzim pencernaan (protease dan amilase) serta mengganggu aktivitas protein usus. Serangga yang memakan tumbuhan dengan kandungan tanin tinggi akan memperoleh sedikit makanan, akibatnya akan terjadi penurunan pertumbuhan. Respon larva terhadap senyawa ini adalah menurunnya laju pertumbuhan dan gangguan nutrisi (Chintihia, 2015).

Eugenol dapat mempengaruhi susunan saraf yang khas dipunyai serangga dan tidak terdapat pada hewan berdarah panas. Senyawa eugenol dapat menyebabkan kematian serangga, saponin dapat merusak lapisan lilin yang berfungsi melindungi tubuh serangga serta tanin yang menghalangi pencernaan makanan (Haditomo, 2010).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh para peneliti menunjukkan bahwa tingkat mortalitas atau kematian larva nyamuk yang dinyatakan dalam *Lethal Concentration* (LC) menunjukkan bahwa minyak atsiri

tanaman cengkeh mempunyai kemampuan yang potensial untuk dijadikan sebagai Larvasida alami. Penggunaan tanaman cengkeh terhadap tingkat mortalitas *Aedes aegypti*  $LC_{50} = 32,7$  ppm dan *Aedes albopictus*  $LC_{50} = 138,1$  ppm (Rodrigues *et al.*, 2019); *Aedes aegypti* 21,4 ppm dan *Culex sp* = 14,5 ppm (Costa *et al.*, 2005); *Aedes aegypti*  $LC_{50}$  (93,56 ppm) (Faraco *et al.*, 2016); *Anopheles stephensi*  $LC_{50}$  57,49 ppm dan  $LC_{90}$  93,14 ppm (Osanloo *et al.*, 2019).

Penelitian (Fayemiwo *et al.*, 2014) menunjukkan bahwa Cengkeh (*Syzigium aromaticum*) mempunyai senyawa yang potensial untuk digunakan sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti* dan *Culex sp* dengan tingkat mortalitas di atas 85%. Dari penelitian ini juga diketahui bahwa kandungan yang paling banyak dimiliki oleh minyak cengkeh adalah Eugenol sebanyak 80,5%.

Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa kandungan eugenol dari minyak cengkeh lebih efektif digunakan sebagai larvasida pada nyamuk *Anopheles stephensi* dibandingkan kandungan eugenol yang bukan dari senyawa tumbuhan (Osanloo *et al.*, 2018).

Kabupaten Donggala merupakan salah satu kabupaten penghasil cengkeh yang banyak sehingga masyarakat banyak yang membuat pabrik penyulingan minyak limbah daun cengkeh khususnya daun yang sudah kering. Limbah yang dihasilkan pada perusahaan minyak limbah daun cengkeh sebetulnya merupakan limbah yang mempunyai nilai ekonomis kesemuanya. Proses penyulingan minyak limbah daun cengkeh ini hampir

tidak dihasilkan limbah yang berarti atau merusak lingkungan (Budiwan *et al.*, 2016).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mencoba menentukan kemampuan dari minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dalam membunuh larva dan nyamuk serta sebagai penolak/*repellent* nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp* dan *Anopheles sp*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dapat digunakan sebagai bahan vektor kontrol untuk Nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp* dan *Anopheles sp*?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini antara lain untuk:

### **1.3.1 Tujuan Umum**

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menentukan efektifitas minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai Biolarvasida dan Bioinsektisida vektor Nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp* dan *Anopheles sp*.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menentukan kandungan senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*)
2. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian larva vektor *Aedes aegypti* (Biolarvasida)
3. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian larva vektor *Culex sp* (Biolarvasida)
4. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian larva vektor *Anopheles sp* (Biolarvasida)
5. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor *Aedes aegypti* menggunakan metode *Difusser* (Bioinsektisida)
6. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor *Culex sp* menggunakan metode *Difusser* (Bioinsektisida)
7. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor *Anopheles sp* menggunakan metode *Difusser* (Bioinsektisida)

8. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor *Aedes aegypti* menggunakan metode Penolak Nyamuk (*Repellent*)
9. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor *Culex sp* menggunakan metode Penolak Nyamuk (*Repellent*)
10. Menentukan efektifitas senyawa aktif minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor *Anopheles sp* menggunakan metode Penolak Nyamuk (*Repellent*).

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

##### **1.4.1 Manfaat Teoritis**

Menambah pengetahuan dan data ilmiah tentang kemampuan minyak limbah daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai bahan pengendalian vektor nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp* dan *Anopheles sp* dalam bentuk biolarvasida, bioinsektisida dan penolak (*Repellent*) Nyamuk.

#### **1.4.2 Manfaat Praktis**

Memberi informasi kepada Dinas Kesehatan, Puskesmas dan masyarakat bahwa minyak limbah daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dapat digunakan sebagai bahan pengendalian vector nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp* dan *Anopheles sp* dalam bentuk biolarvasida, bioinsektisida, dan penolak (*Repellent*) Nyamuk.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Vektor Demam Berdarah Dengue

##### 1. Pengertian Demam Berdarah Dengue

Demam Berdarah *Dengue* adalah penyakit virus yang ditularkan oleh nyamuk yang paling cepat menyebar di dunia. Dalam 50 tahun terakhir, insiden meningkat 30 kali lipat dengan meningkatnya ekspansi geografis ke negara-negara baru dan meningkatkan perpindahan penduduk dari tempat yang satu ke tempat yang lain (World Health Organization, 2009a). Sekitar 50 – 100 juta infeksi baru diperkirakan terjadi setiap tahun di lebih dari 00 negara endemis (World Health Organization, 2011).

Demam Berdarah Dengue disebabkan oleh salah satu dari empat demam berdarah yang berhubungan erat virus (DenV-1, DenV-2, DenV-3, dan DenV-4). Demam berdarah ditularkan oleh gigitan nyamuk Nyamuk *Aedes* terinfeksi virus dengue. Nyamuk betina menjadi terinfeksi ketika itu menggigit seseorang dengan virus dengue di dalam darahnya baik di dalam maupun di luar rumah pada siang hari (dari fajar hingga senja). *Aedes aegypti* sangat terlibat, karena ia lebih suka bertelur wadah air buatan, untuk hidup dekat dengan manusia, dan untuk memberi makan orang-orang dari vertebrata lainnya (World Health Organization, 2011) (Haryanto, 2018).

*Aedes aegypti* adalah vektor utama virus dengue, Zika, demam kuning, dan chikungunya. Itu ditemukan dalam hubungan dekat dengan manusia, dan bertelur dalam wadah yang biasa ditemukan di habitat domestik dan peri-domestik, seperti stoples penyimpanan, pot bunga, dan plastik bekas. Karena telah menyebar ke sebagian besar kota-kota tropis dan sub-tropis, Nyamuk ini mengancam kesehatan jutaan orang. Di beberapa daerah, *Aedes albopictus* juga mempertahankan transmisi termasuk dalam tidak adanya *Ae. aegypti*. Intervensi terhadap nyamuk *Aedes* sering berpusat pada aplikasi insektisida di dalamnya domisili, meskipun ini sulit dilakukan dengan benar dan seringkali tidak mencukupi (World Health Organization, 2017).

## **2. Penyebaran Demam Berdarah Dengue**

Selama tahun 1980-an, insiden Demam Berdarah Dengue meningkat secara nyata dan penyebaran virus meluas Kepulauan Pasifik dan Amerika tropis. Di wilayah terakhir, spesies ini kembali menempati sebagian besar wilayah negara tropis pada 1980-an karena pembubaran program pemberantasan *Aedes aegypti* di awal 1970-an. Peningkatan penularan penyakit dan frekuensi epidemi juga merupakan hasil dari sirkulasi beberapa serotipe di Asia. Hal inilah yang menyebabkan munculnya DBD di Kepulauan Pasifik, Karibia, dan Amerika Tengah dan Selatan. Jadi, dalam waktu kurang dari 20 tahun pada tahun 1998, Daerah tropis Amerika dan Kepulauan Pasifik berubah dari bebas demam berdarah menjadi demam berdarah serius (World Health Organization, 2011).

Di negara bagian Amerika, pada tahun 2018 total kasus Demam Berdarah Dengue yang dilaporkan sebanyak 560.000 kasus (*Insiden Rate* 57,3 kasus per 100.000 penduduk), termasuk 336 kasus yang meninggal. Dari total kasus, 209.192 (37,3%) dilakukan pemeriksaan di laboratorium dan 3.535 (0,63%) dikategorikan sebagai kasus demam berdarah yang parah. Kasus yang dilaporkan pada tahun 2018 lebih tinggi dari total kasus yang dilaporkan pada tahun 2017 tetapi lebih rendah dari rata-rata historis kasus 11 tahun sebelumnya (2006-2016) (Pan America Health Organization, 2016)(Pan American Health Organization, 2018).

Demikian pula kasus demam berdarah yang parah dan kasus demam berdarah dengan tanda-tanda gejala yang dilaporkan pada tahun 2018 lebih tinggi dari 2 tahun sebelumnya tapi lebih rendah dari 10 tahun sebelumnya dan masih di bawah 1% yang tercapai di tahun 2015 (Pan America Health Organization, 2016)(Pan American Health Organization, 2018).

Pada tahun 2018, sekitar 16 negara dan wilayah di Amerika melaporkan adanya peningkatan kasus secara nasional atau di beberapa wilayah negara (dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun 2017). Antigua dan Barbuda, Argentina, Brasil, Chili, Kolombia, El Salvador, Guatemala, Guadeloupe, Guyana, Honduras, Jamaika, Martinik, Meksiko, Paraguay, Saint Martin, dan Venezuela. Dalam enam minggu pertama di tahun 2019 di wilayah Amerika, ada 99.998 kasus demam berdarah yang dilaporkan (angka kejadian 10,2 per 100.000 penduduk), termasuk yang

meninggal sebanyak 28 kasus kematian. Dari semua kasus yang dilaporkan, 25.333 dilakukan pemeriksaan di laboratorium dan 632 dikategorikan sebagai kasus demam berdarah yang parah (0,63%) (Pan American Health Organization, 2016)(Pan American Health Organization, 2018).

Indonesia dengan jumlah penduduk sekitar 257,5 juta jiwa dan 17.500 pulau yang tersebar di garis khatulistiwa, berperan sebagai negara kepulauan terbesar di dunia (The World Bank, 2016). Wilayah yang terdiri dari 3,1 juta km<sup>2</sup> wilayah laut (62% dari total wilayah) dengan garis pantai 81.000 km dan sekitar 2 juta km<sup>2</sup> wilayah daratan (38% dari total wilayah). Iklim tropis dan kelembaban relatif tinggi menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki kondisi yang kondusif untuk penularan penyakit yang ditularkan melalui vektor. meningkatnya trend infeksi dengue selama beberapa dekade terakhir ini menempatkan Indonesia sebagai salah satu daerah endemik demam berdarah dan menyerang para wisatawan yang berkunjung ke kepulauan yang ada di Indonesia (World Health Organization, 2014).

Indonesia tercatat sebagai negara dengan kasus demam berdarah terbesar kedua di antara 30 negara endemis. Jumlah kasus demam berdarah paling banyak terjadi di provinsi Jawa Timur, Jawa Barat, dan Jawa Tengah. Namun demikian, terdapat sejumlah provinsi yang rentan dengan angka kejadian demam berdarah yang tinggi. Pada tahun 1968, terdapat 58 kasus demam berdarah pertama dilaporkan Indonesia dari kota

Jakarta (DKI Jakarta) dan Surabaya (Jawa Timur)(Malavige *et al.*, 2004) (Porter *et al.*, 2005) (Suwandono *et al.*, 2006)(Haryanto, 2018). Dari dulu, Jumlah kasus yang meningkat tajam dan menyebar ke banyak lokasi geografis lainnya telah dilaporkan (Malavige *et al.*, 2004) (Porter *et al.*, 2005) (Suwandono *et al.*, 2006)(Haryanto, 2018). Epidemiologi penyakit demam berdarah di Indonesia telah berkembang pesat dijelaskan sebagian besar dalam bentuk rangkaian kasus, pelaporan wabah tunggal, atau klinis dan studi virologi di lokasi geografis terbatas dan tahun-tahun tertentu (Setiati *et al.*, 2006).

Sebuah studi pada tahun 2014 melaporkan bahwa kejadian demam berdarah tahunan meningkat dari 0,05/100.000 pada 1968 menjadi ~ 35–40/100.000 pada 2013. Epidemio tertinggi terjadi pada 2010 dengan insidensi 85,7/100.000 penduduk. Data menunjukkan penurunan *Case Fatality Rate* (CFR) dari 41% di 1968 menjadi 0,73% pada 2013. Kasus demam berdarah meningkat antar umur selama periode observasi ke atas hingga 1998 dengan insiden tertinggi pada usia 5-14 tahun. Sejak 1999 dan seterusnya, demam berdarah insiden meningkat di antara mereka yang berusia 15 tahun atau lebih. Studi ini menunjukkan kejadian insiden demam berdarah meningkat pesat selama 45 tahun terakhir di Indonesia dengan pergeseran insiden puncak dari anak kecil hingga kelompok usia yang lebih tua (Karyanti *et al.*, 2014).

Ancaman demam berdarah di kalangan anak-anak pun ditekankan secara gamblang pada terbitan studi baru-baru ini di antara 3.194 anak usia 1 sampai 18 tahun yang tinggal di 30 lingkungan perkotaan yang berbeda. Sampel darah anak-anak diambil untuk mengetahui antibodi terhadap demam berdarah, sebuah indikasi bahwa seseorang telah terinfeksi virus di masa lalu, dan ditemukan bahwa 69,4% dari semua anak dinyatakan positif antibodi demam berdarah. Di antara kelompok umur, ditemukan antibodi positif 33,8% pada kelompok usia 1–4 tahun, 65,4% pada kelompok usia 5–9 tahun, 83,1% pada kelompok usia dari 10–14 tahun, dan 89% pada kelompok usia 15–18 tahun. Pertama kali terinfeksi dengan demam berdarah pada usia 4,8 tahun sebagai median, dan sebagai tambahan, 13,1% pada anak-anak rata-rata terkena infeksi dengue pertama mereka setiap tahun. Ditemukan juga bahwa semakin banyak orang yang masuk rumah tangga yang telah didiagnosis DBD sejak anak lahir, kemungkinan besar anak dites positif untuk antibodi dengue (Prayitno *et al.*, 2017).

### **3. Epidemiologi Demam Berdarah Dengue**

Penularan virus dengue tergantung pada faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi virus, vektor, dan host. Faktor abiotik meliputi suhu, kelembaban dan curah hujan (World Health Organization, 2011).

#### **1. Faktor-Faktor Biotik yang Mempengaruhi DBD**

Faktor-faktor biotik yang mempengaruhi penularan virus dengue antara lain:

### **a. Virus**

Virus dengue adalah anggota dari genus *Flavivirus* dan famili *Flaviviridae*. Ukuran virus ini sangat kecil (50 nm) yang mengandung RNA untai tunggal sebagai genom. Virion terdiri dari nukleokapsid dengan kubus simetris tertutup dalam penutup lipoprotein. Genom virus dengue adalah 11.644 nukleotida dalam posisi memanjang, dan terdiri dari tiga gen protein struktural yang mengkode nukleokapsid atau inti protein (C), protein terkait membran (M), protein penutup (E), dan tujuh protein non-struktural protein (NS). Di antara protein non-struktural, penutup glycoprotein, NS1, bersifat diagnostik dan untuk kebutuhan patologis. Ukurannya 45 kDa dan berhubungan dengan hemaglutinasi virus dan kegiatan netralisasi.

Virus dengue membentuk kompleks yang berbeda dalam genus *Flavivirus* berdasarkan antigenik dan karakteristik biologis. Ada empat serotipe virus, yang ditetapkan sebagai DENV-1, DENV-2, DENV-3 dan DENV-4. Infeksi dengan salah satu serotipe memberikan kekebalan seumur hidup terhadap serotipe virus tersebut. Meskipun keempat serotipe serupa secara antigen, mereka cukup berbeda untuk memperoleh perlindungan silang hanya beberapa bulan setelah terinfeksi oleh salah satu dari mereka. Infeksi sekunder dengan serotipe lain atau beberapa infeksi dengan serotipe berbeda menyebabkan bentuk dengue yang parah.

Terdapat variasi genetik yang cukup besar dalam setiap serotipe dalam bentuk filogenetik "sub-jenis" atau "genotipe" yang berbeda. Saat ini, tiga sub-tipe dapat diidentifikasi untuk DENV-1, enam untuk DENV-2 (salah satunya ditemukan pada primata non-manusia), empat untuk DENV-3 dan empat untuk DENV-4, dengan DENV-4 lainnya eksklusif untuk primata non-manusia (Simmons *et al.*, 2006).

Virus dengue dari keempat serotipe telah dikaitkan dengan epidemi demam berdarah (dengan atau tanpa DBD) dengan derajat keparahan yang berbeda-beda.

#### **b. Kemampuan Menularkan/vektorial**

Kemampuan vektorial menunjukkan kemampuan dari spesies aedes dalam hal:

- 1) Kerentanan tinggi untuk menginfeksi virus
- 2) Kemampuan untuk mereplikasi virus
- 3) Kemampuan untuk menularkan virus ke host lain.

Kedua spesies *Aedes* yakni *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus* memiliki kemampuan vektorial yang tinggi untuk virus dengue. Sedangkan kapasitas vektor diatur oleh karakteristik lingkungan dan biologi spesies sehingga kedua spesies ini memiliki perbedaan dalam kapasitas vektornya.

*Aedes aegypti* adalah spesies yang suka di rumah (domestik), sangat antropofilik, suka menggigit lebih dari satu inang untuk menyelesaikan satu kali mengisap darah dan merupakan spesies

yang membutuhkan lebih banyak dari satu umpan untuk menyelesaikan siklus gonotropiknya. Kebiasaan ini secara epidemiologis menyebabkan beberapa kasus dan pengelompokan kasus demam berdarah di kota-kota. Sebaliknya, *Ae. albopictus* masih mempertahankan tambatan liar dan sebagian menyerang daerah pinggiran kota dan mengisap darah manusia dan hewan. *Ae. Albopictus* merupakan spesies yang agresif dan dapat menyelesaikan makan darahnya dalam sekali hisap dan juga tidak membutuhkan umpan yang lain untuk menyelesaikan siklus gonotropiknya. Makanya, *Ae. albopictus* mempunyai kemampuan vektorial yang buruk dalam siklus epidemi perkotaan.

### **c. Host**

Virus demam berdarah, berevolusi dari nyamuk, beradaptasi dengan primata non-manusia dan kemudian menjadi manusia dalam proses evolusi. Virus di antara manusia menumpuk dalam konsentrasi yang tinggi selama dua hari sebelum timbulnya demam (tidak demam) dan berlangsung 5-7 hari setelah timbulnya demam (demam). Selama dua periode inilah manusia terinfeksi virus ini. Setelah itu, manusia menjadi host atau inang untuk penularan/transmisi virus. Penyebaran infeksi terjadi melalui pergerakan inang (manusia) karena pergerakan vektor sangat terbatas. Kerentanan manusia tergantung pada status kekebalan

dan faktor genetik (Wagenaar, 2004) (Chaturvedi, Nagar and Shrivastava, 2006) (Soundravally and Hoti, 2008).

Penularan demam berdarah biasanya terjadi pada musim hujan saat suhu dan kelembaban kondusif untuk membangun perkembangbiakan populasi vektor di habitat sekunder maupun untuk kelangsungan hidup nyamuk lebih lama. Di zona kering di mana curah hujan sedikit selama musim kemarau, populasi vektor tinggi terbentuk dalam wadah penyimpanan buatan manusia. Suhu lingkungan, selain mempercepat siklus hidup *Ae. aegypti* dan menghasilkan produksi nyamuk berukuran kecil, juga mengurangi masa inkubasi ekstrinsik virus. Nyamuk betina berukuran kecil dipaksa makan lebih banyak darah untuk mendapatkan protein yang dibutuhkan untuk produksi telur. Hal ini berdampak pada meningkatnya jumlah individu yang terinfeksi dan mempercepat penumpukan epidemi selama musim kemarau (Gubler, 1998).

Sejumlah faktor yang berkontribusi pada permulaan dan pemeliharaan epidemi meliputi:

- 1) Tekanan virus, yang dapat mempengaruhi besarnya dan durasi virus pada manusia
- 2) Kepadatan, perilaku dan kapasitas vektor dari populasi vektor
- 3) Kerentanan populasi manusia (baik faktor genetik maupun daya tahan tubuh/kekebalan yang sudah ada sebelumnya)

4) Virus sebelumnya yang menjadi komunitas reseptif (Monath, 1988)

Karena jangkauan penerbangan *Ae. aegypti*, (Gubler, 1998) DBD disebabkan oleh pergerakan manusia. Penerimaan (potensi perkembangbiakan tinggi untuk *Ae. Aegypti*) dan kerentanan (potensi impor virus yang tinggi) perlu dipetakan. Setiap orang di daerah reseptif akan menghasilkan transmisi dari nyamuk yang terinfeksi ke manusia atau dari manusia yang terinfeksi virus ke nyamuk yang tidak terinfeksi. Rumah sakit, sekolah, lembaga keagamaan, dan pusat hiburan tempat orang berkumpul menjadi fokusnya penularan karena penerimaan dan kerentanan yang tinggi untuk DBD. Gerakan manusia selanjutnya menyebarkan infeksi ke bagian kota yang lebih besar (Baruah, Kumar and Meena, 2004).

## **2. Faktor-Faktor Abiotik yang Mempengaruhi DBD**

### **a. Perubahan Iklim**

Perubahan iklim global mengacu pada perubahan skala besar dalam pola iklim selama bertahun-tahun, termasuk fluktuasi efek rumah kaca yang berhubungan dengan curah hujan dan suhu (termasuk emisi karbondioksida dari pembakaran bahan bakar fosil dan metana dari sawah dan peternakan), sedangkan matahari radiasi terjebak di bawah atmosfer. Pemanasan global diperkirakan akan menyebabkan suhu 2,0°C-4,5°C kenaikan suhu global rata-rata pada tahun 2.100 (Schnoor,

2007) dan ini bisa memiliki dampak yang terlihat tentang penyakit yang ditularkan melalui vektor.

Dampak maksimum dari perubahan iklim pada penularan kemungkinan besar akan diamati secara ekstrim akhir kisaran suhu tempat transmisi terjadi. Kisaran suhu untuk demam berdarah demam terletak antara suhu 14°C dan 18°C untuk suhu terendah dan suhu 35°C dan 40°C untuk suhu tertinggi. Meskipun spesies vektor ini sebagai nyamuk rumahan (domestik), mereka bersifat endofagik dan endofilik sehingga sebagian besar tetap menyesuaikan dengan kondisi ekologi manusia. Namun, dengan peningkatan suhu 2°C membuat masa inkubasi ekstrinsik DENV akan diperpendek dan nyamuk yang terinfeksi akan semakin banyak tersedia untuk jangka waktu yang lebih lama (Simmons *et al.*, 2006). Selain itu, nyamuk akan lebih sering menggigit karena dehidrasi dan dengan demikian semakin meningkatkan kontak manusia-nyamuk.

#### **b. Urbanisasi**

Berdasarkan laporan Perserikatan Bangsa-Bangsa, 40% populasi di negara berkembang sekarang tinggal di daerah perkotaan, yang diproyeksikan meningkat menjadi 56% pada tahun 2030 sebagian besar karena migrasi desa-kota. Migrasi seperti itu dari pedesaan ke perkotaan disebabkan oleh "dorongan" (mencari jalan penghasilan yang lebih baik) dan "tarikan" (mencari fasilitas yang lebih baik seperti faktor pendidikan, perawatan kesehatan). Kegagalan pemerintah daerah

perkotaan untuk menyediakan fasilitas dan infrastruktur sipil yang sesuai untuk mengakomodasi arus masuk yang tidak direncanakan pemukiman dengan air minum yang tidak memadai, sanitasi yang buruk termasuk pembuangan limbah padat, dan buruk infrastruktur kesehatan masyarakat. Semua ini memunculkan potensi *Ae. aegypti* berkembang biak ke tingkat tinggi dan membuat lingkungan transmisi kondusif (World Health Organization, 2011).

### **c. Peningkatan Perjalanan Global**

Dengan adanya peningkatan jalur perjalanan dan peningkatan jumlah pariwisata dan perdagangan, terdapat kemungkinan yang tinggi pengenalan serotipe/genotipe DENV baru melalui orang-orang yang terinfeksi virus yang sehat, sehingga membantu dalam membangun potensi transmisi yang tinggi.

*Aedes albopictus* telah menyebar lebih jauh ke utara dibandingkan dengan *Ae. aegypti*. Telurnya agak tahan terhadap suhu sub-beku (Hawley *et al.*, 1987). Hal ini meningkatkan kemungkinan *Ae. albopictus* dll dapat menengahi kemunculan kembali demam berdarah di Amerika Serikat atau di Eropa. Spesies ini selamat dari musim dingin yang ekstrim di Italia<sup>33</sup> dan baru-baru ini terlibat dalam wabah chikungunya di Italia (World Health Organization, 2011).

## **3. Bionomik Vektor Demam Berdarah Dengue**

Di Wilayah Asia Tenggara yang merupakan bagian dari wilayah World Health Organization (WHO), *Aedes aegypti* (atau *Ae. Aegypti*,

dan juga dikenal sebagai *Stegomyia aegypti*) adalah vektor epidemi utama virus dengue. *Aedes albopictus* (*Ae. albopictus*) telah diakui sebagai vektor sekunder yang juga penting dalam keberlanjutan virus.

**a. Klasifikasi *Aedes aegypti***

*Aedes aegypti* menunjukkan spektrum pola skala yang berkelanjutan di seluruh rentang distribusinya dari bentuk yang sangat pucat ke bentuk gelap, dengan perbedaan perilaku yang terkait. Ini penting untuk dipahami bionomik populasi nyamuk lokal sebagai dasar pengendaliannya

Klasifikasi *Aedes aegypti* adalah sebagai berikut : (Farid, 2015)

- 1) Kingdom : Animalia
- 2) Filum : Arthropoda
- 3) Kelas : Insecta
- 4) Ordo : Diptera
- 5) Famili : Culicidae
- 6) Genus : *Aedes*
- 7) Spesies : *Aedes aegypti*



Gambar 2.1. Nyamuk *Aedes aegypti*  
(World Health Organization, 2020a)

## **b. Distribusi *Aedes aegypti***

Distribusi *Ae. aegypti* tersebar luas di daerah tropis dan subtropis di Asia Tenggara. Distribusinya muncul terkait dengan isotherm 20°C, yang secara kasar berkorelasi dengan zona tropis antara garis lintang 40°LU dan 40°LS. Ini paling umum di daerah perkotaan. Penyebaran pedesaan *Ae. aegypti* relatif baru kejadian yang terkait dengan inisiatif pertumbuhan pembangunan dan infrastruktur seperti perluasan skema pasokan air pedesaan dan sistem transportasi yang lebih baik.

Di daerah semi-kering seperti di beberapa bagian India, *Ae. aegypti* adalah vektor perkotaan dan populasi biasanya berfluktuasi dengan curah hujan dan kebiasaan penyimpanan air. Di negara lain di Asia Tenggara dimana tahunan curah hujan umumnya lebih dari 200 cm, populasi *Ae. aegypti* lebih stabil dan mapan di perkotaan, semi-perkotaan dan pedesaan daerah. Karena praktik penyimpanan air tradisional di Indonesia, Myanmar dan Thailand, kepadatannya lebih tinggi di daerah semi-perkotaan daerah daripada di perkotaan. Urbanisasi cenderung meningkatkan jumlah habitat cocok untuk *Ae. aegypti*.

Di beberapa kota di mana tumbuh-tumbuhan melimpah, baik *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus* terjadi bersamaan. Tapi *Ae. aegypti* umumnya merupakan spesies dominan, tergantung tentang ketersediaan dan jenis habitat larva serta luasnya urbanisasi. Indeks

premis untuk *Ae. aegypti* adalah yang tertinggi rumah kumuh, ruko dan rumah susun bertingkat. *Aedes albopictus*, di sisi lain, tampaknya tidak terkait dengan perumahan yang ada jenis dalam distribusinya tetapi cenderung terjadi lebih sering di area dengan ruang terbuka dan vegetasi (World Health Organization, 2011).

### **c. Ketinggian**

Ketinggian merupakan faktor penting dalam membatasi distribusi *Ae. aegypti*. Di India, *Ae. aegypti* berkisar dari permukaan laut hingga ketinggian sekitar 1.200 meter di atas permukaan laut. Elevasi lebih rendah (lebih sedikit dari 500 meter) memiliki populasi nyamuk sedang hingga berat sedangkan daerah pegunungan (lebih dari 500 meter) memiliki dataran rendah populasi (Kalra, Kaul and Rastogi, 1997). Di negara-negara Asia Tenggara, ketinggian 1.000 hingga 1.500 meter tampaknya menjadi batas untuk distribusi *Ae. aegypti*. Di wilayah lain di dunia, ditemukan di ketinggian yang lebih tinggi, misalnya, hingga 2.200 meter di Kolumbia (Christophers, 1960).

### **d. Sklus Hidup**

Nyamuk memiliki empat tahapan berbeda dalam siklus hidupnya: telur, larva, pupa dan dewasa.

#### **1) Telur**

*Aedes aegypti* bertelur sekitar 50 hingga 120 telur dalam ukuran kecil wadah seperti vas bunga, toples penyimpanan air dan lain-lain

reseptikel air dalam ruangan, serta air hujan dikumpulkan dalam jumlah kecil wadah seperti gelas, ban, dll. di luar ruangan. Telur disimpan satu per satu di permukaan lembab tepat di atas permukaan air. Kebanyakan *Ae. aegypti* bertelur dalam beberapa tempat oviposisi selama satu siklus gonotrofik. Perkembangan embrio biasanya selesai pada 48 jam di lingkungan yang hangat dan lembab. Setelah perkembangan embrio selesai, file telur dapat bertahan dalam periode pengeringan yang lama (selama lebih dari satu tahun). Telur menetas setelah wadah tergenang air, tetapi tidak semua telur menetas pada saat yang bersamaan. Kapasitas telur untuk menahan pengeringan memfasilitasi kelangsungan hidup spesies dalam kondisi iklim yang merugikan.

## 2) Larva dan Pupa

Larva melewati empat tahap perkembangan. Lamanya perkembangan larva tergantung tentang suhu, ketersediaan makanan dan kepadatan larva di dalam wadah. Dalam kondisi optimal, waktu yang dibutuhkan dari menetas hingga munculnya dewasa bisa kira-kira 10 hari dan sebagai sesingkat tujuh hari, termasuk dua hari dalam tahap kepompong. Namun, pada suhu rendah, mungkin butuh beberapa minggu sampai orang dewasa muncul. Di sebagian besar Asia Tenggara, oviposits *Ae. aegypti* hampir seluruhnya di dalam negeri dan wadah air buatan manusia termasuk banyak wadah yang ditemukan di dalam dan

sekitar perkotaan lingkungan (rumah tangga, lokasi konstruksi dan pabrik) seperti toples penyimpanan air, piring pada tempat istirahat pot bunga, vas bunga, bak mandi semen, bak kaki, tong kayu dan logam, logam tangki, ban bekas, botol, kaleng, wadah polistiren, gelas plastik, sel basah yang dibuang baterai, wadah kaca yang terkait dengan "rumah roh" (kuil), pipa pembuangan dan perangkap semut di dalamnya kaki lemari dan meja sering diistirahatkan.

Habitat larva alami jarang, tetapi termasuk lubang pohon, ketiak daun dan tempurung kelapa. Dalam panas dan daerah kering, tangki atas dan tangki penyimpanan air tanah mungkin merupakan habitat utama. Di daerah dimana persediaan air tidak teratur, penduduk menyimpan air untuk keperluan rumah tangga, sehingga meningkatkan jumlah habitat larva yang tersedia. Sementara wadah air buatan manusia bisa saja dilepas untuk menolak nyamuk *Ae. aegypti* sebuah pembiakan habitat, seseorang juga harus bersiap untuk menghilangkan habitat perkembangbiakan tidak konvensional lainnya yang nyamuk akan dipaksa untuk menemukan.

### 3) Dewasa

Segera setelah muncul, nyamuk dewasa kawin dan betina yang diinseminasi dapat mengambil darah dalam waktu 24–36 jam. Darah adalah sumber protein penting untuk pematangan

telur. *Aedes aegypti*, menjadi spesies yang sumbang, membutuhkan lebih dari satu kali makan darah untuk menyelesaikan satu siklus gonotropik. Ini perilaku meningkatkan kontak manusia-nyamuk dan sangat penting secara epidemiologis.

a) Perilaku Makan

*Aedes aegypti* sangat antropofilik, meskipun dapat memakan hewan berdarah panas lain yang tersedia. Menjadi spesies diurnal, betina memiliki dua periode aktivitas menggigit: satu di pagi hari untuk beberapa jam setelah fajar dan lainnya di sore hari selama beberapa jam sebelum gelap (Christophers, 1960). Sebenarnya puncak aktivitas menggigit dapat bervariasi menurut lokasi dan musim.

*Aedes aegypti* menjadi pengumpan gugup, dapat memakan lebih dari satu orang. Perilaku ini sangat meningkatkan efisiensi penularan epidemiknya. Jadi, tidak jarang melihat beberapa anggota rumah tangga yang sama dengan permulaan penyakit yang terjadi dalam waktu 24 jam, menunjukkan bahwa memang demikian terinfeksi oleh nyamuk infeksi yang sama (Gubler, 1998). *Aedes aegypti* umumnya tidak menggigit di malam hari, tetapi akan menggigit memberi makan di malam hari di kamar yang terang.

b) Perilaku istirahat

Lebih dari 90% *Ae. aegypti* bertumpu pada permukaan yang tidak dapat tersemprot, yaitu gelap, lembab, tempat-tempat terpencil di dalam rumah atau bangunan, termasuk kamar tidur, lemari, kamar mandi, dan dapur. Lebih jarang ditemukan di luar ruangan di vegetasi atau situs terlindung lainnya. Istirahat dalam ruangan yang disukai permukaan adalah bagian bawah furnitur, benda-benda gantung seperti pakaian dan tirai, dan dinding. Oleh karena itu, sisa semprotan dalam ruangan bukan merupakan pilihan untuk pengendaliannya seperti pada vektor malaria.

c) Jarak Terbang

Penyebaran *Ae. aegypti* betina dewasa dipengaruhi oleh sejumlah faktor termasuk ketersediaan tempat oviposisi dan makanan darah, tetapi tampaknya sering terbatas pada jarak 30-50 meter dari situs kemunculan. Namun, studi terbaru di Puerto Rico (AS) menunjukkan bahwa mereka mungkin menyebar lebih dari 400 meter terutama untuk mencari lokasi oviposisi. Transportasi pasif dapat terjadi melalui telur dan larva kering dalam wadah.

d) Umur Dewasa

*Aedes aegypti* memiliki umur sekitar 3–4 minggu. Saat musim hujan, saat bertahan hidup Semakin lama, risiko penularan

virus semakin besar. Diperlukan lebih banyak penelitian tentang kelangsungan hidup alami *Ae. aegypti* dalam berbagai kondisi lingkungan.

e) Penularan virus

Nyamuk vektor dapat terinfeksi ketika memakan inang manusia yang virus. Dalam kasus DBD, viremia dalam tubuh manusia dapat terjadi 1-2 hari sebelum timbulnya demam dan berlangsung selama kurang lebih lima hari setelah timbulnya demam. Setelah masa inkubasi intrinsik 10-12 hari, virus tumbuh melalui usus tengah untuk menginfeksi jaringan lain pada nyamuk, termasuk kelenjar ludah. Jika menggigit orang lain yang rentan setelah kelenjar ludah terinfeksi, virus dengue ditularkan kepada orang-orang tersebut dengan menyuntikkan cairan saliva.

## **2.2 Tinjauan Vektor Filariasis**

### **1. Pengenalan *Culex* sp**

Nyamuk merupakan vektor utama dari berbagai penyakit. Ada beribu-ribu jenis spesies nyamuk yang tersebar diseluruh dunia, family Culicidae tersebar di seluruh dunia sendiri memiliki 3.531 spesies, subfamily Culicinae , Genus *Culex* sp memiliki 26 subgenera dengan 768 jenis spesies 113 genera (MTI, 2022). Beberapa spesies tertentu dari genus ini menjadi vektor transmisi berbagai infeksi arbovirus dan genus

*Culex* sp menjadi salah satu vektor untuk transmisi penyakit filariasis ke manusia (Azari-Hamidian, 2007).

Nyamuk *Culex* sp memiliki kebiasaan yang berbeda dengan nyamuk yang lain, *Culex* sp menyukai air yang kotor seperti genangan air, limbah pembuangan mandi, got (selokan) dan sungai yang penuh sampah. *Culex* sp merupakan nyamuk yang memiliki ciri fisik coklat keabu-abuan ini mampu berkembang biak disegala musim. Hanya saja jumlahnya menurun saat musim hujan karena larva-larvanya terbawa arus. *Culex* sp melakukan kegiatannya dimalam hari (Sembel, 2009).

*Culex* sp merupakan salah satu spesies *Culex* yang mempunyai beberapa ciri yaitu tubuhnya dibedakan atas kaput, toraks, abdomen dan mempunyai 3 pasang kaki dan sepasang antena. Satu pasang sayap dan halter menempatkan nyamuk dalam ordo Diptera. Sisik pada sayap dan adanya alat mulut yang panjang seperti jarum menempatkan nyamuk ke dalam familia Culicidae (Borror dkk., 1992). Genus *Culex* ini dicirikan dengan bentuk abdomen nyamuk betina yang tumpul pada bagian ujungnya.

## **2. Taksonomi *Culex* sp**

Klasifikasi nyamuk *Culex* menurut Romoser & Stoffolano (1998), adalah sebagai berikut:

1. Phylum : Arthropoda
2. Classis : Insecta
3. Subclassis : Pterygota

4. Ordo : Diptera
5. Subordo : Nematocera
6. Familia : Culicidae
7. Subfamilia : Culicianaes
8. Genus : *Culex*
9. Spesies : *Culex sp*

Kepala *Culex* umumnya bulat atau sferik dan memiliki sepasang mata, sepasang antena, sepasang palpi yang terdiri atas 5 segmen dan 1 probosis antena yang terdiri atas 15 segmen. Berbeda dengan *Aedes*, pada genus *Culex* tidak terdapat rambut pada spiracular maupun pada post spiracular. Panjang palpus maxillaries nyamuk jantan sama dengan proboscis (MTI, 2022)

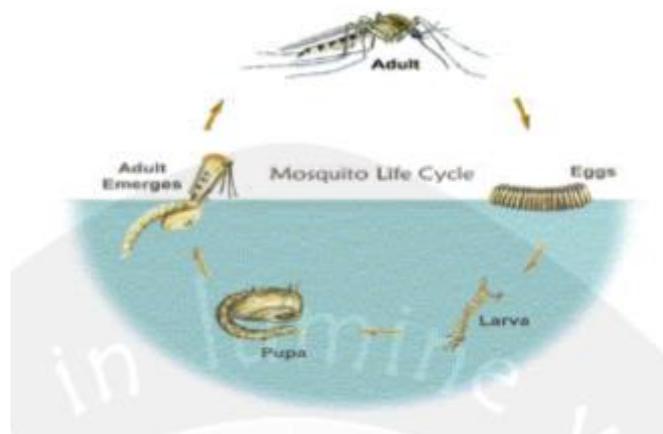
Bagian toraks nyamuk terdiri atas 3 bagian yaitu protoraks, mesotoraks dan metatoraks. Bagian metatoraks mengecil dan terdapat sepasang sayap yang mengalami modifikasi menjadi halter. Abdomen terdiri atas 8 segmen tanpa bintik putih di tiap segmen. Ciri lain dari nyamuk *Culex* adalah posisi yang sejajar dengan bidang permukaan yang dihinggapi saat istirahat atau saat menusuk dengan kaki belakang yang sedikit terangkat (World Health Organization, 1992a).

Genus *Culex* dikenali dengan struktur sketelurnya yang trilobus, ujung abdomen yang tumpul dan badannya yang penuh dengan sisik-sisik. Selain itu, struktur yang membedakan genus ini dengan genus yang lain adalah struktur yang disebut pulvilus yang berdekatan dengan kuku diujung

kaki nyamuk. Nyamuk *Culex sp* berwarna coklat, berukuran sedang, dengan bintik-bintik putih di bagian dorsal abdomen. Sedangkan kaki dan *proboscis* berwarna hitam polos tanpa bintik-bintik putih. Spesies ini sulit dibedakan dengan nyamuk genus *Culex* lainnya (MTI, 2022)

### 3. Siklus Hidup *Culex sp*

Seluruh siklus hidup *Culex sp* mulai dari telur hingga dewasa membutuhkan waktu sekitar 14 hari. Untuk bertelur, nyamuk betina akan mencari tempat yang sesuai seperti genangan air yang lembab.



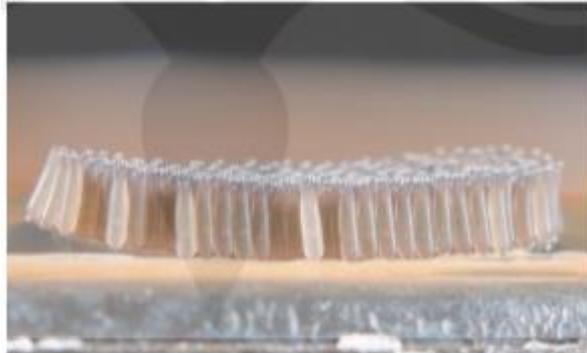
Gambar 2.2. Siklus hidup nyamuk *Culex sp* (Matsumura, 1985)

Metamorfosis sempurna (holometabola) nyamuk *Culex*, adalah sebagai berikut:

#### 1. Telur

Nyamuk *Culex* meletakkan telur di atas permukaan air secara bergerombol dan bersatu membentuk rakit sehingga mampu untuk

mengapung. Sekali bertelur menghasilkan 100 telur dan biasanya dapat bertahan selama 6 bulan. Telur akan menjadi larva setelah sekitar 2 hari.



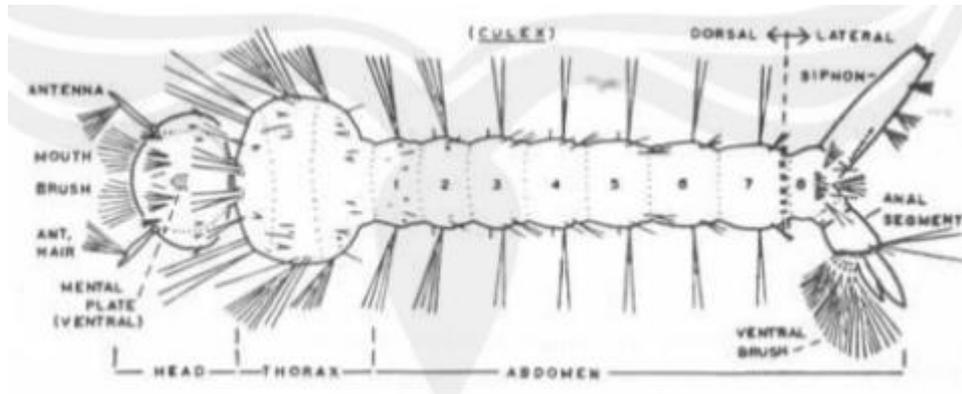
Gambar 2.3. Telur Nyamuk *Culex sp*  
(Matsumura, 1985)

## 2. Larva

Salah satu ciri dari larva nyamuk *Culex* adalah memiliki siphon. Siphon dengan beberapa kumpulan rambut membentuk sudut dengan permukaan air. Nyamuk *Culex* mempunyai 4 tingkatan atau instar sesuai dengan pertumbuhan larva tersebut, yaitu:

- a. Larva instar I, berukuran paling kecil yaitu 1–2 mm atau 1–2 hari setelah menetas. Duri-duri (*spinae*) pada dada belum jelas dan corong pernafasan pada siphon belum jelas.
- b. Larva instar II, berukuran 2,5–3,5 mm atau 2–3 hari setelah telur menetas. Duri-duri belum jelas, corong kepala mulai menghitam.
- c. Larva instar III, berukuran 4–5 mm atau 3–4 hari setelah telur menetas. Duri-duri dada mulai jelas dan corong pernafasan berwarna coklat kehitaman.

- d. Larva IV, berukuran paling besar yaitu 5–6 mm atau 4–6 hari setelah telur menetas, dengan warna kepala.



Gambar 2.4. Larva Nyamuk *Culex sp*  
(Matsumura, 1985)

### 3. Pupa (kepompong)

Tubuh pupa berbentuk bengkok dan kepalanya besar. Pupa membutuhkan waktu 2-5 hari. Pupa tidak makan apapun. Sebagian kecil tubuh pupa kontak dengan permukaan air, berbentuk terompet panjang dan ramping, setelah 1–2 hari akan menjadi nyamuk *Culex*.

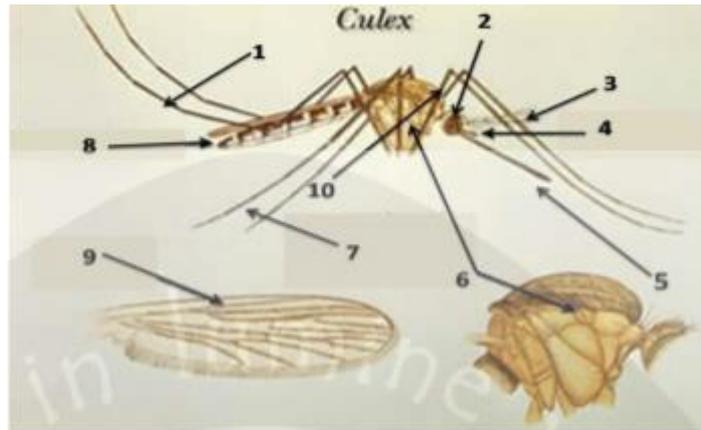


Gambar 2.5. Pupa Nyamuk *Culex sp*  
(Matsumura, 1985)

Keterangan: 1. Antena 2. Kaki 3. Tabung pernapasan

#### 4. Nyamuk Dewasa

Ciri-ciri nyamuk *Culex sp* dewasa adalah berwarna hitam belang-belang putih, kepala berwarna hitam dengan putih pada ujungnya. Pada bagian thorak terdapat 2 garis putih berbentuk kurva.



Gambar 2.6. Nyamuk *Culex sp*  
(Matsumura, 1985)

Keterangan: 1. Kaki belakang  
2. Kepala 3. Palp 4. Palp kecil 5. Belalai 6. Torak  
7. Kaki tengah 8. Abdomen 9. Sayap 10. antena

#### 4. Perilaku *Culex sp*

Nyamuk tertarik pada benda dan pakaian berwarna gelap, manusia serta hewan. Hal ini disebabkan oleh rangsangan bau zat-zat yang dikeluarkan hewan, terutama CO<sub>2</sub> dan beberapa asam amino. Berbeda dengan nyamuk *Anopheles*, nyamuk genus *Culex* mempunyai kebiasaan menghisap pada malam hari saja. Jarak terbang nyamuk *Culex* sangat pendek hanya beberapa puluh meter saja.

## **5. Peran *Culex sp***

Nyamuk *Culex sp* merupakan golongan serangga penular (vektor). Nyamuk dari genus *Culex* dapat menyebarkan penyakit Japanese Encephalitis (radang otak), West Nile Virus, Filariasis, Japanese encephalitis, St Louis encephalitis. Dan Filariasis. Japanese Encephalitis (JE) adalah suatu penyakit yang menyerang susunan syaraf pusat yang disebabkan oleh virus. Ada beberapa macam encephalitis diantaranya Japanese Encephalitis dan St Louis Encephalitis (Matsumura, 1985).

### **2.3 Tinjauan Vektor Malaria**

#### **1. Pengertian Malaria**

Penyakit malaria adalah salah satu penyakit menular yang penyebarannya sangat luas di dunia. Penyakit malaria merupakan penyakit infeksi yang menjadi masalah kesehatan masyarakat dunia terutama di negara-negara yang beriklim tropis dan sub tropis. Kejadian kasus malaria setiap tahunnya berjumlah sekitar 300-500 juta dan mengakibatkan 1,5 – 2,7 juta kematian terutama di negara benua Afrika.

Malaria merupakan penyakit menular yang menjadi masalah kesehatan dunia dan disebabkan oleh plasmodium sp. yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles*. Malaria merupakan penyakit yang penyebarannya sangat luas salah satu penyakit menular yang bersifat akut dan kronis. Penyakit malaria ini ditemukan dengan derajat dan berat infeksi yang bervariasi. Penyakit malaria ini ditemukan dengan derajat dan berat infeksi yang bervariasi. Penyakit malaria disebabkan oleh protozoa genus

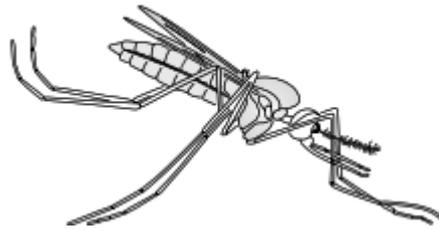
plasmodium yang ditandai dengan demam, panas dingin, berkeringat, anemia hemolitik dan splenomegali. Penyebar malaria adalah nyamuk *Anopheles*. yaitu spesies yang telah terbukti mengandung sporozoit di dalam kelenjar ludahnya (Munif dan Imron, 2010).

Malaria merupakan penyakit menular yang bersifat akut maupun kronis. Terdiri dari kata mal dan area yang berarti udara yang busuk, diambil dari kondisi yang terjadi yaitu suatu penyakit yang banyak diderita masyarakat yang tinggal di sekitar rawa-rawa yang mengeluarkan bau busuk (Gandahusada dkk, 1998). Penyakit malaria merupakan infeksi yang disebabkan oleh parasit malaria, suatu protozoa darah genus plasmodium yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* betina yang terinfeksi (Nugroho, 2000).

## **2. Klasifikasi *Anopheles***

Urutan penggolongan klasifikasi nyamuk *Anopheles* seperti binatang lainnya adalah sebagai berikut

1. Phylum : Arthropoda
2. Classis : Hexapoda/Insecta
3. Sub Classis : Pterigota
4. Ordo : Diptera
5. Familia : Culicidae
6. Sub Famili : Anophellinae
7. Genus : *Anopheles*



Gambar 2.7. Nyamuk *Anopheles*  
(World Health Organization, 2020a)

Penyakit malaria di Indonesia memiliki jenis yang berbeda-beda dan jenis yang paling banyak ditemukan adalah *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax* sedangkan *plasmodium malariae* ditemukan di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Papua dan Lampung (Depkes RI, 2008). Penyakit malaria dapat ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles*. Penyakit malaria hanya dapat ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Diseluruh dunia ditemukan 2.000 spesies *Anopheles* dan 60 diantaranya diketahui sebagai penular malaria. Di Indonesia ada sekitar 80 spesies dengan 24 diantaranya terbukti menularkan malaria. Sifat masing-masing spesies berbeda-beda tergantung dari faktor seperti iklim, geografis, dan tempat perindukannya. Malaria hidup sesuai dengan kondisi lingkungan setempat, misalnya nyamuk yang hidup di air payau (*Anopheles sundaicus* dan *Anopheles subpictus*), di sawah (*Anopheles aconitus*) dan air bersih pegunungan (*Anopheles maculatus*) (Prabowo dan Arlan, 2004).

Badan Kesehatan Dunia/WHO (2015) menyatakan bahwa terdapat 214 juta kasus malaria baru di dunia. Pada tahun yang sama, terjadi 438.000 kasus malaria yang berujung pada kematian. Wilayah dengan

kematian tertinggi adalah Afrika, yaitu 90 persen, diikuti oleh Asia Tenggara, yaitu 7 persen. Di Indonesia prevalensi malaria pada tahun 2014 adalah 6 persen. Lima propinsi dengan insiden prevalensi tertinggi adalah Papua, Nusa Tenggara Timur, Papua Barat, Sulawesi Tengah, dan Maluku.

### **3. Faktor-faktor yang mempengaruhi Malaria**

Tempat atau daerah yang ideal untuk perindukan nyamuk *Anopheles* adalah hal yang penting. Kehidupan nyamuk sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan yang ada seperti kondisi suhu, kelembapan, curah hujan, salinitas, derajat keasaman, oksigen terlarut, tumbuhan air dan hewan air lainnya. Lingkungan dapat mempengaruhi kehidupan nyamuk. Lingkungan yang dimaksud adalah lingkungan fisik, kimia, dan biologi. Lingkungan fisik mempengaruhi tempat berkembangbiakan (*breeding places*) nyamuk *Anopheles* (Depkes RI, 2001 dan Sucipto, 2011).

#### **1. Lingkungan Fisik**

Faktor lingkungan fisik yang mempengaruhinya adalah musim, kelembapan, angin, air, ketinggian lokasi, dan sinar matahari. Air adalah tempat perindukan nyamuk. Fauna *Anopheles* dengan berbagai spesiesnya dapat dijumpai pada lingkungan dengan genangan air payau misalnya di tambak udang, kolam terlantar, dan genangan air. Beberapa spesies *Anopheles* yang dapat kontak dengan manusia antara lain: *Anopheles sudaicus*, *Anopheles sp*, *Anopheles tessellatus*, *Anopheles aconitus*, *Anopheles subpictus*, *Anopheles annularis*, *Anopheles kochi*, *Anopheles minimus*, *Anopheles barbirostris* dan *Anopheles maculatus*.

Nyamuk *Anopheles sundaicus* merupakan spesies paling dominan ditunjukkan dari angka gigitan per orang per jam (Suwito, Hadi, Sigit dan Sukowati, 2010). Curah hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi banyaknya nyamuk *Anopheles*. Air hujan menambah jumlah dan jenis genangan air, yang sebelumnya sedikit atau tidak ada pada musim kemarau sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya siklus akuatik dalam siklus hidup nyamuk. Tambak terbengkalai dan kubangan yang kering menjadi berisi air, kondisi air lagun dan rawa menjadi lebih payau. Hujan yang diselingi dengan cuaca panas akan meningkatkan berkembangbiaknya nyamuk *Anopheles*.

Kondisi di perairan ini merupakan habitat yang disenangi oleh *Anopheles sundaicus* untuk perkembangan larva. Pengaruh dari curah hujan adalah arus air yang tinggi karena berpengaruh pada *breeding site*, jika sangat lebat diikuti dengan angin dalam waktu yang relatif lama, justru dapat menghilangkan tempat perindukan. Aliran air yang deras membawa larva dalam tempat perindukannya dan pada akhirnya larva akan mati atau hanyut pindah lokasi, dengan demikian siklus hidup nyamuk akan terputus mata rantainya. Kolam yang terlantar dan ketika hujan datang akan menimbulkan genangan air, genangan air tersebut tidak dapat mengalir sehingga menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk. Selain itu ketika intensitas hujan rendah, banyak kubangan, rawa, dan muara yang terisi air tetapi air tidak mengalir atau mengalir pelan. Hal ini menjadikan tempat tersebut banyak ditemukan larva nyamuk *Anopheles*. Suhu air sangat

berpengaruh pada perkembangbiakan larva, umumnya larva lebih menyukai tempat yang hangat. Oleh sebab itu larva *Anopheles* lebih banyak dijumpai di daerah tropis. Waktu tetas telur *Anopheles* tergantung suhu air, semakin tinggi suhu air (dalam batas tertentu) akan lebih cepat menetas menjadi instar. Hasil penelitian menunjukkan pada suhu 20°C telur menetas selama 3,5 hari, sedangkan jika suhu dinaikkan sampai 35°C telur menetas selama 2 hari. Pada penelitian yang dilakukan Setyaningrum, didapatkan suhu air berkisar 32-33,5°C, sedangkan menurut DepKes RI suhu air optimum untuk *Anopheles sp* adalah 25-27°C (Depkes RI, 2008).

Genangan dan ketinggian air serta derasnya arus air pada rawa tergantung dari deras tidaknya curah hujan di daerah tersebut. Kedalaman berkisar antara 15-100 cm, sedangkan arus air yang deras akan menghilangkan larva karena terbawa arus air. Curah hujan yang tinggi berpengaruh pula terhadap kelembapan udara. Pada penelitian Suwito, kelembapan tertinggi pada bulan Desember sekitar kurang lebih 84 persen dan terendah pada bulan Agustus 76 persen. Suhu air juga mempengaruhi perkembangbiakan nyamuk. Didapatkan berkisar antara 25-27°C untuk perkembangbiakan nyamuk DepKes RI (2008). Perkembangan alamiah *Anopheles* menyesuaikan dengan suhu lingkungannya sekitarnya. Ketika suhu lingkungan turun di bawah ambang tertentu, betina dari beberapa *Anopheles* mengalami proses hibernasi selama mereka mengembangkan bagian lemak dan berhenti memproduksi telur (gonothrophic dissociation) dan mungkin terjadi pada *Anopheles* tropis selama musim kering.

Periode inaktivitas reproduktif adalah diapauses. Telur disimpan pada atau dekat air, jumlah per kumpulan yang bervariasi antara 100-200. Kumpulan telur berikutnya cenderung menurun ukurannya dan mungkin menunjukkan satu variasi musiman. Telur yang dikeluarkan biasanya membutuhkan periode istirahat 2-3 hari sebelum menetas, meskipun pada beberapa spesies *Anopheles* telur bisa tetap dorman selama 16 hari bahkan lebih lama pada lumpur basah, ketika banjir telur dorman menetas dalam 3-4 menit. Sedangkan telur *Anopheles* tidak dapat terus hidup sesudah pengeringan meskipun beberapa spesies lebih resisten terhadap kondisi tersebut.

Larva *Anopheles* mudah dikenali dengan tampilan mereka mengambang horizontal di permukaan air dan makan dengan sarana sikat mulut mereka yang menyapu partikel yang mengambang ke mulutnya. Permukaan air yang dibutuhkan adalah permukaan air yang tenang. Sebaliknya pada daerah yang airnya mengalir deras biasanya bebas dari *Anopheles* (Astuti, 1998). Larva bergerak dengan sentakan yang kuat dan jika terganggu tenggelam di bawah permukaan air. Sesudah pergantian bulu ketiga, larva *Anopheles* instar keempat berkembang pada pupa yang masih akuatik berbentuk koma. Pupa tidak makan tapi sangat aktif dan merespon dengan cepat semua rangsangan eksternal. Mereka menyelam dalam air tetapi muncul lagi di permukaan dan mereka bernapas melalui trumpet pernapasan mereka. Sesudah 2-4 hari yang bergantung pada suhu

dan faktor lain, kulit pupa membelah secara dorsal dan serangga dewasa (*imago*) mulai muncul.

Proses munculnya (*eklosi*) perlu beberapa menit dan memperkuat sayapnya untuk terbang. Setiap spesies mempunyai rentang suhu optimum. Lama hidup *Anopheles* dewasa bergantung pada karakteristik internal mereka seperti tenaga yang lebih besar dari beberapa spesies tetapi lebih banyak pada faktor eksternal diantara suhu, kelembaban, keberadaan musuh alami. Durasi siklus telur *Anopheles* dewasa bervariasi antara 7 hari dengan suhu 31°C dan 20 hari pada suhu 20°C. Saat suhu rata-rata lebih dari 35°C atau kelembaban kurang dari 50 persen lama hidup *Anopheles* menurun secara drastis kecuali bila mereka menemukan lebih banyak kondisi yang menguntungkan pada iklim mikro di tempat istirahat mereka.

Nyamuk *Anopheles* lebih senang temperatur tropis. Durasi rata-rata kehidupan *Anopheles* pada betina dalam kondisi iklim yang menguntungkan lebih dari 3-4 minggu dan kadang jauh lebih lama jantan hidup kurang lama dibandingkan betina. Lama hidup populasi *Anopheles* lokal memiliki satu hubungan langsung pada potensi penularan malaria. Jika rata-rata mortalitas populasi tertentu adalah 35 persen kemudian kurang dari 1 persen dari mereka akan terus hidup diperlukan 10 hari untuk perkembangan plasmodium falciparum (Sucipto, 2011).

Faktor lain (fisik) seperti kondisi geografis memiliki angin yang cukup kuat juga berpengaruh terhadap jarak terbang nyamuk. Curah hujan yang

tinggi disertai angin yang berpengaruh terhadap jarak terbang nyamuk. Faktor lingkungan fisik yang berpengaruh lainnya adalah ketinggian lokasi. Malaria berkurang pada ketinggian yang semakin bertambah. Daya terbang nyamuk berbeda-beda menurut spesies. Khususnya nyamuk *Anopheles* dapat terbang pada hingga 1,6 km. Nyamuk betina mempunyai jarak terbang lebih jauh daripada nyamuk jantan.

Sinar matahari merupakan energi alam yang mempengaruhi keberadaan nyamuk dan berpengaruh pada kelembapan dan suhu sehingga berdampak pada kehidupan larva dan nyamuk. Nyamuk *Anopheles sundaicus* menyukai tempat yang teduh, pada jenis yang lain menyukai tempat yang terbuka seperti *Anopheles punctulatus* dan *Anopheles hyrcanus*. Larva *Anopheles sundaicus* suka bersembunyi di bawah lumut untuk menghindar dari sinar matahari (Pentury dan Nusaly, 2014). Tiga kelompok nyamuk yang berhubungan dengan sinar matahari serta terlindung tidaknya tempat perindukannya yaitu *heliophilic* (*Anopheles maculates*) dimana jenis ini senang sinar matahari, *heliophobic* (*Anopheles umbrosus*) yaitu nyamuk yang tidak senang dengan sinar matahari dan nyamuk yang hidup di habitat yang terlindung (*shaded*) (Effendy, 2003, Depkes RI, 2008 dan Suwito, Hadi, Sigit dan Sukowati, 2013, Setianingrum, Rosa, Murwani dan Andananta, 2013).

Faktor lingkungan fisik yaitu salinitas, pH, dan oksigen terlarut mempengaruhi keberadaan nyamuk *Anopheles sundaicus*. Salinitas air sangat mempengaruhi ada tidaknya nyamuk malaria di suatu daerah.

Salinitas merupakan ukuran yang dinyatakan dengan jumlah garam-garam yang larut dalam suatu volume air. Daerah yang berada di pesisir pantai memiliki angin yang cukup kuat dapat berpengaruh terhadap nyamuk pada beberapa aspek yaitu jarak terbang, evaporasi cairan dalam tubuh nyamuk, dan suhu udara. Pada kecepatan angin 11-14 meter perdetik akan menghambat kemampuan terbang nyamuk. Pada keadaan tenang, suhu tubuh nyamuk lebih tinggi dari lingkungan, tetapi ketika berangin maka suhu akan turun dengan demikian evaporasi akan berkurang. Semua desa yang berada di pinggir pantai memiliki angka kejadian malaria yang tinggi. Hal ini merupakan salah satu akibat dari angin yang membawa dan mempengaruhi jarak payau. Dan hal ini didukung oleh tempat perindukan yang sesuai dengan nyamuk *Anopheles* seperti yang ditemukan oleh Suwito yaitu tambak terbungkalai, bak benur terbungkalai, kolam, lagun, rawa, parit, kubangan air, kobakan, dan bak air (Prabowo dan Arlan, 2004).

## **2. Lingkungan Kimia**

Lingkungan kimia juga merupakan faktor lain yang mempengaruhi perkembangbiakan nyamuk. Lingkungan kimia yang terdiri dari derajat keasaman (pH), kadar garam, salinitas, dan oksigen terlarut. Derajat keasaman air, nilai pH sangat berpengaruh terhadap proses biokimiawi suatu perairan, sebagian besar biota akuatik menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nyamuk *Anopheles sundaicus* menyukai genangan air payau yang berkisar antara 5-30 ‰. Menurut Effendi salinitas air payau berkisar antara 0,5 – 30‰. Untuk menopang kehidupan organisme akuatik, diperlukan

kadar oksigen terlarut (DO) yang optimum yaitu berkisar 5,0 – 9,0 mg/L. Tingkat keasaman sangat mempengaruhi kehidupan larva nyamuk. Banyak spesies *Anopheles* yang senang hidup di air garam atau air payau dan air jernih. *Anopheles sundaicus* tumbuh pada air payau yang kadar garamnya 12 -18 persen dan tidak berkembang pada kadar garam 40 persen ke atas. Derajat keasaman (pH air) mempunyai peranan penting dalam pengaturan respirasi dan fotosintesis (Efendi, 2003). Dengan bertambahnya kedalaman maka pH cenderung menurun, hal ini diduga berhubungan dengan kandungan CO<sub>2</sub>. Sebagian besar biota akuatik menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air.

Proses respirasi tumbuhan air dan hewan serta proses dekomposisi bahan organik dapat menyebabkan hilangnya oksigen dalam suatu perairan, selain itu peningkatan suhu akibat semakin meningkatnya intensitas cahaya juga mengakibatkan berkurangnya oksigen. Oksigen terlarut (DO) memiliki kaitan dengan kemampuan untuk menopang kehidupan organisme akuatik, kadar DO optimum yang baik berkisar antara 5,0-9,0 mg/L (Effendi, 2013). Pada penelitian Setyaningrum pada tempat perindukan nyamuk didapatkan DO berkisar antara 5,3-6,4 mg/L. Hal ini merupakan kondisi yang cocok untuk tempat perindukan nyamuk (Setyaningrum, Rosa, Murwani dan Andananta, 2014).

### 3. Lingkungan Biologik

Jenis tanaman air merupakan indikator bagi beberapa jenis nyamuk tertentu. Berbagai jenis tumbuhan air seperti seperti bakau, lumut, ganggang, dan berbagai jenis tumbuh-tumbuhan lain dapat mempengaruhi kehidupan larva nyamuk. Tumbuhan dapat melindungi kehidupan larva nyamuk karena dapat menghalangi matahari yang masuk atau melindungi dari serangan makhluk hidup lain atau predator dan kemungkinan hanyut terbawa oleh aliran air. Predator larva juga mempengaruhi kepadatan larva nyamuk. Beberapa predator larva nyamuk yaitu ikan kepala timah (*Panchax* spp), ikan cere (*Gambusia affinis*), ikan mujair (*Tilapia mossambica*) dan nila (*Oreochromis niloticus*) dan anak katak. Predator ini banyak dijumpai di rawa dan muara yang banyak ditumbuhi tumbuhan (Harijanto, 2000).

Tumbuhan bakau, lumut, ganggang vegetasi, dan tumbuhan lain di sekitar tempat perindukan dan musim alami dapat melindungi larva nyamuk dari sinar matahari (Depkes RI, 2006). Tumbuh-tumbuhan dapat mempengaruhi kehidupan dan kepadatan larva nyamuk karena dapat dihalangi oleh sinair matahari atau melindungi dari serangan makhluk hidup lainnya/ predator dan kemungkinan hanyut terbawa oleh aliran air. Predator ini banyak dijumpai di rawa dan muara yang banyak ditumbuhi tumbuhan (Febriani dan Devita, 2011, Sandjaka dan Aris, 2013).

Hewan air yang umumnya sebagai predator larva nyamuk terdiri dari vertebrata dan invertebrata, seperti kepala timah (*Panchax* spp), ikan cere (*Gambusia affinis*), ikan mujair (*Tilapia mossambica*) dan nila (*Oreochromis*

niloticus), dan anak katak yang akan mempengaruhi populasi nyamuk di suatu daerah. Ikan kepala timah, ikan cere, udang, dan ikan mujair merupakan pemakan larva. Rawa yang banyak tumbuhan sehingga akan mempengaruhi keberadaan oksigen yang dibutuhkan oleh biota air untuk hidup, hal ini memungkinkan hewan air dapat hidup dengan baik di rawa dan akan memangsa larva yang terdapat pada habitat yang sama.

Secara umum ciri-ciri larva dan nyamuk *Anopheles* dapat digambarkan seperti dibawah ini

1. Ciri-ciri nyamuk *Anopheles*: sangat dipengaruhi kelembapan, dan suhu, menggigit pada malam hari, jarak terbang 0,5-3 km, umur di laboratorium dewasanya 3-5 minggu.
2. Ciri-ciri larva nyamuk *Anopheles*: Bentuk siphon seperti tanduk, larva nyamuk mansonie menempel pada akar tumbuhan air, bagian toraks terdapat *stout spine*.
3. Ciri-ciri nyamuk *Anopheles*
  - a. Bentuk tubuh kecil dan pendek
  - b. Antara palpi dan proboscis sama panjang
  - c. Menyebabkan penyakit malaria
  - d. Pada saat hinggap membentuk sudut 90°
  - e. Warna tubuhnya coklat kehitaman
  - f. Bentuk sayap simetris
  - g. Berkembang biak di air kotor atau tumpukan sampah

#### **4. Bionomik Vektor Malaria**

Nyamuk Anopheles mempunyai siklus hidup yang termasuk dalam metamorfosa sempurna, yang berarti dalam siklus hidupnya terdapat stage/fase pupa. Lama siklus hidup dipengaruhi kondisi lingkungan, misalnya: suhu, adanya zat kimia/biologi di tempat hidup. Siklus hidup nyamuk Anopheles secara umum adalah:

##### **1. Telur**

Nyamuk dewasa mampu menghasilkan 50-200 buah telur langsung air dan terpisah dan sifatnya tidak bergabung menjadi satu. Waktu yang dibutuhkan untuk menetas kurang lebih 2-3 hari, kecuali daerah beriklim dingin bisa 2-3 minggu.

##### **2. Larva**

Larva terbagi dalam 4 instar dengan posisi larva saat istirahat adalah sejajar dengan permukaan perairan karena mereka tidak mempunyai siphon (alat bantu pernafasan). Lama hidup kurang lebih 7 hari. Makanan untuk mempertahankan hidup dengan memakan algae, bakteri dan mikroorganisme lainnya yang berada disekitarnya.

##### **3. Pupa (kepompong)**

Bentuk seperti koma dan setelah beberapa hari pada bagian dorsal terbelah sebagai tempat keluar nyamuk dewasa.

#### 4. Dewasa

Nyamuk dewasa mempunyai proboscis yang berfungsi untuk menghisap darah atau makanan lainnya. Lama hidup nyamuk jantan bisa hidup sampai seminggu, sedangkan nyamuk betina bisa mencapai sebulan. Perkawinan terjadi setelah beberapa hari setelah menetas dan kebanyakan perkawinan terjadi di sekitar rawa (*breeding place*). Untuk membantu pematangan telur, nyamuk menghisap darah dan beristirahat sebelum bertelur. Salah satu ciri khas dari nyamuk Anopheles adalah pada saat posisi istirahat menungging.

#### **2.4 Manajemen Pengendalian Vektor**

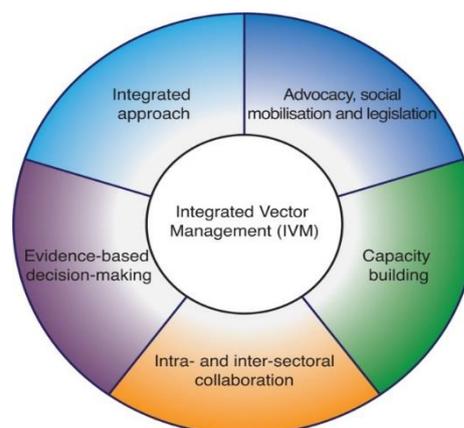
Pada tahun 2004, WHO pertama kali menerbitkan Kerangka Strategis Global untuk Manajemen Vektor Terintegrasi Manajemen Vektor Terpadu/*Integreted Vector Management/IVM* (World Health Organization, 2004). Program ini memerlukan penggunaan berbagai intervensi pengendalian vektor khasiat yang telah terbukti melalui kerjasama dalam bidang kesehatan dan dengan sektor lain yaitu lingkungan, pendidikan, departemen pekerjaan umum, pertanian dan lain-lain. Seperti intersektoral dan pendekatan interprogramatik meningkatkan efikasi, efektivitas biaya, kesehatan ekologis dan keberlanjutan pengendalian vektor penyakit.

Penerapan lebih dari satu intervensi berbasis bukti atau selektif secara terintegrasi cara, undang-undang kesehatan masyarakat yang kompeten, dan kebijakan pengelolaan pestisida yang baik merupakan bagian integral ke IVM. Melalui pengambilan keputusan berbasis bukti, IVM

merasionalisasi penggunaan manusia dan finansial sumber daya dan struktur organisasi untuk pengendalian penyakit yang ditularkan melalui vektor dan menekankan keterlibatan masyarakat untuk memastikan keberlanjutan (World Health Organization, 2004).

Karakteristik IVM yang ditawarkan oleh (World Health Organization, 2004) meliputi:

1. Metode berdasarkan pengetahuan biologi vektor lokal, penularan penyakit dan morbiditas
2. Penggunaan berbagai intervensi, seringkali dalam kombinasi dan sinergis
3. Kolaborasi dalam sektor kesehatan dan dengan sektor publik dan swasta lainnya berdampak pada pemuliaan vektor
4. Keterlibatan dengan masyarakat lokal dan pemangku kepentingan lainnya
5. Kerangka peraturan dan legislatif kesehatan masyarakat.



Gambar 2.8. Komponen Integrated Vektor Management (IVM) (World Health Organization, 2004)(World Health Organization, 2007)(World Health Organization, 2011)

Manajemen vektor terintegrasi (IVM) adalah pendekatan strategis untuk pengendalian vector, termasuk pengendalian vektor dengue. Didefinisikan sebagai proses pengambilan keputusan yang rasional untuk penggunaan sumber daya yang optimal untuk pengendalian vektor, IVM mempertimbangkan lima elemen kunci dalam proses manajemen, yaitu:

1. Advokasi, peningkatan kesadaran, mobilisasi sosial dan legislasi:
  - a. Promosi dan penanaman prinsip IVM dalam kebijakan pembangunan semua yang relevan lembaga, organisasi dan masyarakat sipil
  - b. Pembentukan atau penguatan kontrol peraturan dan legislatif untuk kesehatan masyarakat untuk memastikan akses ke layanan dan informasi kesehatan serta komunikasi yang diperlukan bahan
  - c. Pemberdayaan masyarakat dan partisipasi aktif mereka untuk mengadvokasi kebijakan lokal perubahan, penyelesaian masalah dan tantangan sisi permintaan dan menanamkan yang sesuai praktek untuk pencegahan dan pengendalian jangka panjang.
2. Kerja sama dalam bidang kesehatan dan dengan sektor lain:
  - a. Pertimbangan semua opsi untuk kolaborasi di dalam dan antara publik dan swasta sektor, yang harus optimal dan diperlukan pada saat siaga tinggi
  - b. Penerapan prinsip subsidiaritas dalam perencanaan dan pengambilan keputusan

- c. Peningkatan kapasitas mitra yang diperlukan untuk menangani keadilan kesehatan, pengawasan, kontrol dan pencegahan penyakit yang ditularkan melalui vektor
  - d. Memperkuat saluran komunikasi antara pembuat kebijakan, manajer vectorborne program pengendalian penyakit dan mitra IVM lainnya
  - e. Mobilisasi sumber daya tambahan, terutama di tingkat lokal.
3. Pendekatan terintegrasi:
- a. Memastikan penggunaan rasional dari sumber daya yang tersedia melalui penerapan pendekatan multidisease-control.
  - b. Integrasi metode pengendalian vektor non-kimia dan kimia.
  - c. Integrasi dengan tindakan pengendalian penyakit lainnya.
  - d. Pembentukan badan/mekanisme terintegrasi khusus untuk memastikan respon cepat / tindakan untuk mengatasi wabah atau epidemi
4. Pengambilan keputusan berbasis bukti:
- a. Menyesuaikan strategi dan intervensi dengan ekologi vektor lokal, epidemiologi dan sumber daya.
  - b. Bimbingan dengan penelitian operasional dan pemantauan dan evaluasi rutin.
  - c. Manajemen informasi dan bukti penelitian untuk memperkenalkan dan mendukung kebijakan perubahan. Otoritas lokal, pembuat kebijakan dan petugas perencanaan harus dilibatkan manajemen

informasi untuk membangun kepemilikan dan respons yang berkelanjutan.

#### 5. Pengembangan kapasitas

- a. Mengembangkan infrastruktur fisik yang penting.
- b. Sumber daya keuangan dan sumber daya manusia yang memadai di tingkat nasional dan lokal untuk mengelola program IVM berdasarkan analisis situasi / penilaian kebutuhan..

Kebijakan dan strategi IVM ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas, keefektifan biaya, dampak lingkungan dan keberlanjutan strategi pengendalian vektor bekerja sama dengan masyarakat setempat dan sektor publik dan swasta lainnya. Implementasi strategi IVM yang berhasil membutuhkan kerangka kerja peraturan, kriteria pengambilan keputusan dan pelaksanaan prosedur yang dapat diimplementasikan sampai ke level administrasi terendah. Ini memastikan bahwa konsep-konsep IVM dipromosikan di antara pihak-pihak terkait untuk memperkuat legislasi dan kebijakan publik, memastikan manajemen pestisida dan memberdayakan masyarakat lokal. Konsep IVM ini sangat cocok untuk diterapkan dalam pengendalian demam berdarah, malaria dan pengendalian kalazar (World Health Organization, 2007).

Program pengendalian vektor demam berdarah di Kawasan Asia Tenggara secara umum tercatat sedang keberhasilan. Upaya sebelumnya hampir secara eksklusif mengandalkan penyemprotan insektisida ruang angkasa untuk nyamuk dewasa kontrol. Namun, penyemprotan ruang

membutuhkan operasi khusus yang seringkali tidak ditaati, dan sebagian besar negara juga menganggap biayanya mahal. Selanjutnya, pengurangan sumber dengan pembersihan kampanye dan/atau larvasida dengan insektisida telah dipromosikan secara luas. Namun, kesuksesan mereka telah dibatasi karena tingkat kepatuhan yang bervariasi oleh masyarakat dan ketidakpastian pengobatan larvasida baik karena bau busuk larvasida yang digunakan atau yang melekat keraguan tentang hal itu yang lazim di beberapa komunitas.

Untuk mencapai keberlanjutan program pengendalian vektor DBD yang berhasil, hal ini penting dilakukan fokus pada pengurangan sumber larva sambil bekerja sama erat dengan sektor non-kesehatan seperti organisasi nonpemerintah, organisasi sipil dan kelompok masyarakat untuk memastikan masyarakat pemahaman dan keterlibatan dalam implementasi. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk mengadopsi yang terintegrasi pendekatan pengendalian nyamuk dengan memasukkan semua metode yang sesuai (lingkungan, biologis dan bahan kimia) yang aman, hemat biaya, dan dapat diterima lingkungan. Kesuksesan dan berkelanjutan Program pengendalian *Aedes aegypti* harus melibatkan kemitraan antara instansi pemerintah dan masyarakat. Pendekatan yang dijelaskan di bawah ini dianggap perlu untuk mencapai tujuan jangka panjang dan pengendalian *Ae. aegypti*.

### 2.4.1 Pengelolaan lingkungan

Pengelolaan lingkungan melibatkan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pemantauan kegiatan untuk modifikasi dan/atau manipulasi faktor lingkungan atau keterkaitannya dengan manusia dengan maksud untuk mencegah atau meminimalkan perkembangbiakan vektor dan mengurangi kontak manusia-vektor-virus. Itu pengendalian *Ae. aegypti* di Kuba dan Panama pada awal abad ke-20 sebagian besar berbasis pada pengelolaan lingkungan (Gubler, 1998). Tindakan tersebut tetap berlaku dimanapun demam berdarah endemik. Pada tahun 1982 Organisasi Kesehatan Dunia mendefinisikan tiga jenis pengelolaan lingkungan (World Health Organization, 1982).

#### 1. Modifikasi Lingkungan

Ini termasuk transformasi fisik jangka panjang tanah, air dan vegetasi yang bertujuan untuk mengurangi habitat vektor tanpa menyebabkan terlalu banyak efek buruk terhadap kualitas lingkungan manusia.

##### a. Pasokan air yang lebih baik

Setiap kali pasokan air perpipaan tidak memadai dan hanya tersedia pada jam-jam tertentu atau pada tekanan rendah, penyimpanan air dalam berbagai jenis wadah menjadi praktik penting yang mengarah pada peningkatan Penangkaran *Aedes*. Mayoritas wadah seperti itu seringkali besar dan berat (misalnya toples penyimpanan) dan kaleng tidak mudah dibuang atau dibersihkan. Di daerah pedesaan, sumur yang tidak tercemar dan

tidak terpakai menjadi tempat berkembang biak alasan untuk *Ae. aegypti*. Suplai air minum harus diberikan dalam jumlah yang cukup, kualitas dan konsistensi untuk mengurangi kebutuhan dan penggunaan wadah penyimpanan air yang berfungsi sebagai habitat larva paling produktif.

b. Tangki/tangki air atau reservoir bawah tanah anti nyamuk

Dimana Habitat larva *Ae. aegypti* termasuk tangki/waduk di atas kepala dan ruang pipa yang terbuat dari batu garis air, bangunan ini harus tahan nyamuk. Demikian pula, sumur rumah tangga dan tangki penyimpanan air bawah tanah harus anti nyamuk dipastikan.

c. Pengisian, perataan lahan, dan transformasi margin

Penahanan Ini biasanya bersifat permanen; namun, pengoperasian yang benar dan pemeliharaan yang memadai penting untuk fungsinya yang efektif.

2. Manipulasi Lingkungan

Ini mencakup kegiatan berulang yang direncanakan dalam menghasilkan perubahan sementara pada habitat vektor yang melibatkan pengelolaan Wadah "penting" dan "tidak penting", dan pengelolaan atau penghapusan wadah "alami" tempat berkembang biak.

a. Menguras instalasi pasokan air

Pengumpulan/kebocoran air di ruang pasangan bata, pipa distribusi, katup, katup pintu air, permukaan box untuk hidran pemadam

kebakaran, water meter, yang berfungsi sebagai tempat penting *Ae. aegypti* larva habitat di tidak adanya pemeliharaan preventif harus disediakan dengan lubang rendam.

b. Menutup wadah penyimpanan air rumah tangga

Sumber utama perkembangbiakan *Ae. aegypti* di sebagian besar wilayah perkotaan di Asia Tenggara adalah kontainer menyimpan air untuk keperluan rumah tangga, termasuk guci air tanah liat, keramik dan semen, drum logam, dan wadah yang lebih kecil menyimpan air tawar atau air hujan. Wadah penyimpanan air harus ditutup dengan tutup atau layar yang pas dan harus berhati-hati untuk menggantinya setelah air digunakan. Sebuah Contoh kemanjuran pendekatan ini baru-baru ini telah ditunjukkan di Thailand.

c. Membersihkan pot/vas bunga dan perangkat semut Pot bunga, vas bunga, dan perangkat semut adalah sumber umum *Ae. pemuliaan aegypti*. Siram itu mengumpulkan di piring yang ditempatkan di bawah pot bunga harus dibuang setiap minggu. air dalam vas bunga harus dilepas dan dibuang setiap minggu dan vas digosok dan dibersihkan sebelumnya penggunaan kembali. Sebagai alternatif, bunga hidup dapat ditempatkan dalam campuran pasir dan air. Pot bunga kuningan, yang membuat habitat larva yang buruk, dapat digunakan di kuburan sebagai pengganti wadah kaca tradisional. Perangkat semut untuk melindungi lemari penyimpanan makanan

harus dibersihkan setiap minggu dan dirawat garam atau minyak biasa.

d. Membersihkan koleksi air yang tidak terduga

Pendingin air gurun (penguapan), panci pengumpul kondensasi di bawah lemari es, dan pendingin udara harus diperiksa secara teratur, dikeringkan dan dibersihkan. Pendingin air gurun umumnya digunakan di daerah kering / semi-kering Asia Tenggara untuk mendinginkan rumah selama musim panas berisi dua cacat produksi. Ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pipa keluar di bagian bawah nampan penampung air biasanya dipasang beberapa sentimeter di atas bawah. Pipa keluar ini harus dipasang sedemikian rupa sehingga saat mengosongkan baki, semua air harus dikeringkan tanpa retensi di bagian bawah.
- 2) *Desert cooler* biasanya dipasang ke jendela dengan pipa keluar berada di bagian luar porsinya. Situs-situs ini biasanya sulit diakses, dan oleh karena itu, ada kebutuhan untuk mengubah desain sehingga pengisian dan pengosongan baki penampung air bisa dimanipulasi dari ruangan, sehingga menghilangkan kebutuhan untuk memanjat untuk mendekati pipa keluar dari bagian luar gedung. Setiap negara harus mengembangkan mekanisme regulasi untuk memastikan penerapan desain spesifikasi seperti yang diuraikan di atas untuk pembuatan pendingin gurun.

e. Mengelola lokasi konstruksi dan eksterior bangunan

Fasilitas penyimpanan air di lokasi konstruksi harus tahan nyamuk. Rumah tangga juga harus ditingkatkan untuk mencegah terjadinya genangan air. Desain bangunan itu penting mencegah perkembangbiakan Aedes. Pipa drainase atap, pelindung matahari/portico sering tersumbat dan menjadi tempat berkembang biak nyamuk Aedes. Talang atap gudang industri/perumahan juga mendapatkan hal yang sama diblokir. Bila memungkinkan, desain fitur tersebut harus meminimalkan kecenderungan nyamuk pembiakan. Ada kebutuhan untuk pemeriksaan berkala terhadap bangunan seperti itu selama musim hujan untuk menentukan lokasinya tempat berkembang biak yang potensial.

f. Mengelola penyimpanan air wajib untuk pemadaman kebakaran

Peraturan pencegahan kebakaran mungkin memerlukan penyimpanan air wajib di beberapa negara. Penyimpanan tersebut tangki harus tetap anti nyamuk. Drum ini harus ditutup dengan tutup yang rapat; kegagalan dimana ikan larvivorous atau butiran pasir temephos (satu bagian per juta) dapat digunakan.

g. Mengelola wadah yang dibuang

Wadah yang dibuang yaitu kaleng, botol, ember, atau barang kemasan habis pakai lainnya seperti gelas/nampan plastik dan bahan limbah dll yang berserakan di sekitar rumah harus dibuang dan dikubur di tempat pembuangan sampah. Bahan bekas di pabrik

dan gudang harus disimpan dengan benar sampai dibuang. Peralatan rumah tangga dan taman (ember, mangkuk, dan alat penyiraman) harus disimpan terbalik untuk mencegah penumpukan air hujan. Begitu pula di daerah pantai kano dan kecil perahu harus dikosongkan dari air dan dibalik jika tidak digunakan. Limbah tanaman (kelapa kulit, kulit kakao) harus dibuang dengan benar.

h. Mengelola botol dan kaleng kaca

Botol kaca, kaleng, dan wadah kecil lainnya harus digunakan kembali, didaur ulang, atau dikubur di tempat pembuangan sampah.

i. Manajemen ban

Ban mobil bekas sangat penting sebagai tempat berkembang biak bagi *Aedes* perkotaan oleh karena itu masalah kesehatan masyarakat. Ban bekas impor diyakini bertanggung jawab atas pengenalan *Ae. albopictus* ke Amerika Serikat, Eropa dan Afrika. Ban masuk depo harus selalu tertutup untuk mencegah pengumpulan air hujan. Teknologi baru untuk daur ulang dan pembuangan ban terus digunakan, tetapi kebanyakan dari mereka telah terbukti aplikasi terbatas atau mahal. Disarankan agar setiap komunitas mencari cara untuk mendaur ulang/menggunakan kembali ban bekas jadi bahwa mereka tidak menjadi habitat perkembangbiakan. Beberapa contoh bagaimana ban bekas dapat digunakan kembali adalah disebutkan di bawah:

- 1) Sebagai penghalang erosi tanah, misalnya pembuatan terumbu buatan untuk mengurangi erosi pantai aksi gelombang
- 2) Sebagai penanam atau penghalang lalu lintas/tabrakan, setelah mengisi dengan tanah atau beton
- 3) Sebagai sandal, alas lantai, mesin cuci industri, gasket, ember, ember sampah dan alas karpet (setelah didaur ulang)
- 4) Sebagai wadah sampah yang tahan lama dan berbiaya rendah dengan menggunakan ban yang lebih besar seperti ban truk.
- 5) Mengisi rongga pagar. Pagar dan tiang pagar yang terbuat dari pohon berlubang seperti bambu harus dipotong sampai ke ruas, dan balok beton harus diisi dengan pasir atau semen untuk menghilangkan potensi larva Aedes habitat.

j. Mengelola tempat umum

Pemerintah kota harus memiliki program untuk memeriksa dan memelihara struktur di depan umum tempat-tempat seperti tiang lampu jalan, bangku taman dan tempat sampah yang dapat menampung air jika tidak teratur diperiksa. Wadah bekas yang mungkin menampung air seperti gelas plastik, botol pecah, dan logam kaleng harus disingkirkan secara teratur dari tempat umum.

3. Perubahan tempat tinggal atau perilaku manusia

Ini menampilkan upaya yang dilakukan untuk mengurangi kontak manusia-vektor-virus.

a. Pelindung Pakaian

Pelindung pakaian mengurangi risiko gigitan nyamuk jika bahan kainnya cukup tebal atau longgar. Lengan panjang dan celana panjang dengan stoking dapat melindungi lengan dan kaki, yang merupakan tempat yang disukai untuk gigitan nyamuk. Anak-anak sekolah harus mematuhi praktik ini jika memungkinkan.

b. Tikar, koil, dan aerosol

Produk insektisida rumah tangga, yaitu obat nyamuk bakar dan aerosol, digunakan secara luas untuk perlindungan pribadi terhadap nyamuk. Tikar penguap listrik dan alat penguap cair lebih baru tambahan, dan dipasarkan di hampir semua wilayah perkotaan.

c. Penolak

Pengusir nyamuk adalah alat perlindungan pribadi yang umum terhadap nyamuk dan serangga penggigit lainnya. Ini secara luas diklasifikasikan menjadi dua kategori, penolak alami dan penolak kimia. Minyak atsiri dari ekstrak tumbuhan merupakan bahan pengusir alami utama, seperti minyak limbah daun cengkeh, minyak serai wangi, minyak serai dan minyak neem. Penolak kimiawi seperti DEET (N, N-Diethyl-m-Toluamide) dapat memberikan perlindungan terhadap *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* dan spesies anopheline selama beberapa jam. Sebuah senyawa baru, picaridin [2- (2-hydroxyethyl) -1-piperidinecarboxylic acid 1-methylpropyl ester] sangat efektif melawan nyamuk. Ia memiliki tingkat toksisitas dan kemanjuran

yang rendah sebanding dengan DEET (Katz, Miller and Hebert, 2008). Permethrin adalah penolak efektif bila diresapi dengan kain.

Metode lingkungan untuk mengendalikan *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus* dan mereduksi man-vector kontak termasuk pengurangan sumber, pengelolaan limbah padat, modifikasi situs pembiakan buatan, dan perbaikan desain rumah. Metode pengelolaan lingkungan utama yang digunakan untuk pengendalian tahapan vektor.

#### **2.4.2 Pengendalian Biologis**

Pengendalian biologis didasarkan pada introduksi organisme yang memangsa, berparasit, bersaing dengan atau sebaliknya mengurangi populasi spesies target (World Health Organization, 2009a). Penerapan pengendalian biologis agen, yang diarahkan terhadap tahap larva vektor demam berdarah, di Asia Tenggara telah agak terbatas pada habitat kontainer tertentu dalam operasi lapangan skala kecil. Sedangkan biologis pengendalian menghindari kontaminasi kimiawi lingkungan, mungkin ada batasan operasional seperti biaya dan tugas membesarkan organisme dalam skala besar, kesulitan dalam mengaplikasikannya dan kegunaannya yang terbatas di lokasi perairan di mana suhu, pH, dan polusi organik mungkin melebihi persyaratan sempit organisme. Yang penting, organisme pengendali biologis tidak resisten hingga pengeringan, oleh karena itu kegunaannya terutama terbatas pada habitat kontainer yang jarang dikosongkan atau dibersihkan, seperti wadah atau sumur penyimpanan air

yang besar. Namun, kemauan masyarakat sangat penting untuk menerima masuknya organisme ke dalam wadah air. Keterlibatan komunitas juga diinginkan dalam mendistribusikan agen, dan memantau serta mengisi kembali kontainer.

#### 1. Ikan

Ikan Larvivorus (*Gambusia affinis* dan *Poecilia reticulata*) telah banyak digunakan untuk pengendalian dari *An. stephensi* dan/atau *Ae. aegypti* di badan air besar atau wadah air besar di banyak negara di Asia Tenggara (misalnya, penggunaan larva ikan *Poecilia reticulata* berbasis komunitas untuk mengendalikan vektor demam berdarah *Ae. aegypti* dalam wadah penyimpanan air domestik di pedesaan Kamboja) (Moh *et al.*, 2008). Penerapan dan efisiensi tindakan pengendalian ini tergantung pada jenis wadah yang digunakan.

#### 2. Bakteri

Dua spesies bakteri penghasil endotoksin, *Bacillus thuringiensis* serotipe H-14 (Bt.H-14) dan *Bacillus sphaericus* (Bs), adalah agen pengontrol nyamuk yang efektif. Mereka tidak mempengaruhi organisme non-target terkait dengan larva nyamuk. Bt.H-14 memiliki tingkat toksisitas mamalia yang sangat rendah dan telah diterima untuk pengendalian nyamuk pada wadah penyimpan air untuk keperluan rumah tangga. Bt.H-14 memiliki terbukti paling efektif melawan *An. stephensi* dan *Ae. aegypti*, sedangkan B adalah yang paling efektif melawan *Culex* yang berkembang biak di air yang tercemar.

Ada berbagai macam produk Bti yang diformulasikan yang diproduksi oleh beberapa perusahaan besar untuk pengendalian nyamuk vektor. Produk semacam itu termasuk bubuk basah dan berbagai pelepasan lambat formulasi termasuk briket, tablet dan pelet. Perkembangan lebih lanjut diharapkan dalam rilis lambat formulasi. Bt.H-14 memiliki tingkat toksisitas mamalia yang sangat rendah dan telah diterima untuk pengendalian nyamuk dalam wadah penyimpan air untuk keperluan rumah tangga.

### 3. Cyclopoda

Peran predator dari copepoda crustacea didokumentasikan antara tahun 1930 dan 1950. Namun, evaluasi ilmiah baru dilakukan pada tahun 1980 di Tahiti, Polinesia Prancis, di mana ditemukan hal itu *Mesocyclops aspericornis* dapat mempengaruhi 99,3% tingkat kematian di antara larva *Aedes* (*Stegomyia*) dan 9,7% dan 1,9%, masing-masing di antara *Cx. quinquefasciatus* dan larva *Toxorhynchites amboinensis*. Ujian di liang kepiting melawan *Ae. polynesiensis* dan di tangki air, drum dan sumur tertutup bertemu dengan hasil yang beragam.

Di Queensland, Australia, dari tujuh spesies yang dievaluasi di laboratorium semuanya kecuali *M. notius* terbukti menjadi predator yang efektif untuk kedua *Ae. aegypti* dan *An. farauti* tapi tidak melawan *Cx. quinquefasciatus*. Pelepasan lapangan di Queensland utara dan selatan, bagaimanapun, menunjukkan hasil yang beragam. Di Thailand juga,

hasilnya beragam; tetapi di Vietnam, hasilnya lebih sukses, berkontribusi pada pemberantasan *Ae. aegypti* dari satu desa.

Meskipun kekurangan nutrisi dan seringnya pembersihan beberapa wadah dapat mencegah terjadinya keberlanjutan copepoda, mereka mungkin cocok untuk wadah besar yang tidak bisa dibersihkan secara teratur (sumur, tangki beton dan ban). Mereka juga dapat digunakan bersama dengan Bt.H-14. Copepoda memiliki peran dalam pengendalian vektor demam berdarah, tetapi diperlukan lebih banyak penelitian tentang kelayakannya penggunaan operasional.

#### 4. Ovitrap autosal

Ovitrap autosal berhasil digunakan di Singapura sebagai alat kontrol dalam pemberantasan *Ae. aegypti* dari Bandar Udara Internasional Paya Lebar. Di Thailand, jebakan autosal lebih jauh dimodifikasi sebagai perangkap larva otomatis dengan menggunakan bahan plastik yang tersedia secara lokal. Sayangnya, di bawah lokal kondisi praktik penyimpanan air di Thailand, teknik ini tidak terlalu efisien dalam mengurangi populasi alami *Ae. aegypti*.

Hasil yang lebih baik bisa diharapkan jika banyaknya potensi yang ada habitat larva berkurang, atau lebih banyak perangkap autosal ditempatkan di daerah yang dikendalikan, atau keduanya kegiatan dilakukan secara bersamaan. Diyakini bahwa dalam kondisi tertentu teknik ini bisa menjadi cara yang ekonomis dan cepat untuk mengurangi kepadatan alami betina dewasa juga sebagai alat untuk memantau

infestasi di daerah-daerah yang populasinya berkurang kepadatan vektor telah terjadi. Namun, penerapan ovitraps autosidal berhasil/perangkap larva tergantung pada jumlah yang ditempatkan, lokasi penempatan, dan daya tariknya sebagai *Ae. aegypti* situs oviposisi betina.

### 2.4.3 Pengendalian Kimiawi

Bahan kimia telah digunakan untuk mengendalikan *Ae. aegypti* sejak awal abad ke-20. Di bagian pertama kampanye melawan vektor demam kuning di Kuba dan Panama, bersama dengan pembersihan yang meluas kampanye, habitat larva *Aedes* dirawat dengan minyak dan rumah difumigasi dengan piretrin. Ketika sifat insektisida DDT ditemukan pada tahun 1940-an, senyawa ini menjadi metode utama program pemberantasan *Ae. aegypti* di Amerika. Saat melawan DDT muncul pada awal 1960-an, insektisida organofosfat, termasuk fenthion, malathion dan fenitrothion, digunakan untuk *Ae.* kontrol dewasa *aegypti* dan temephos sebagai larvasida. Metode saat ini penerapan insektisida meliputi aplikasi larvasida dan penyemprotan ruang.

#### 1. Larvasida kimiawi

Larviciding atau kontrol "fokal" dari *Ae. aegypti* biasanya terbatas pada wadah untuk keperluan rumah tangga yang tidak bisa dihancurkan, dihilangkan atau dikelola. Sulit dan mahal untuk mengaplikasikan bahan kimia larvasida dalam jangka panjang. Oleh karena itu, larvasida kimia paling baik digunakan dalam situasi di mana

surveilans penyakit dan vektor menunjukkan adanya periode tertentu dengan risiko tinggi dan di lokasi dimana wabah mungkin terjadi. Menetapkan waktu dan lokasi yang tepat penting untuk memastikan efektivitas maksimum.

Petugas pengendali yang mendistribusikan larvasida harus selalu mendorong penghuni rumah untuk melakukan pengendalian larva dengan sanitasi lingkungan, yaitu pengurangan sumber. Ada tiga insektisida yang bisa digunakan untuk merawat wadah yang menampung air minum. Pedoman WHO tentang kualitas air minum memberikan pedoman tentang penggunaan pestisida dalam air minum (World Health Organization, 2008).

## 2. Temephos 1% butiran pasir

Satu persen butiran pasir temephos diaplikasikan ke wadah dengan menggunakan sendok plastik yang telah dikalibrasi berikan dosis 1 ppm. Dosis ini terbukti efektif selama 8-12 minggu, khususnya dalam toples tanah berpori dengan pola penggunaan air normal. Jumlah butiran pasir yang dibutuhkan untuk mengolah berbagai ukuran wadah air disajikan pada Lampiran 8. Tingkat kerentanan nyamuk *Aedes* nyamuk harus dipantau secara teratur untuk memastikan penggunaan insektisida yang efektif.

### 3. Pengatur tumbuh serangga (IGR)/pyriproxyfen

Zat pengatur tumbuh serangga (IGRs) mengganggu perkembangan nyamuk tahap belum dewasa oleh gangguan sintesis kitin selama proses pergantian bulu pada larva atau gangguan kepompong dan proses transformasi dewasa.

*Pyriproxyfen* adalah analog hormon serangga-remaja yang terbukti sangat efektif melawan *Ae. aegypti* pada konsentrasi serendah 1 ppb atau kurang, sedangkan konsentrasi tinggi tidak menghambat oviposisi (Stancil, Lo and Devine, 2005). Dosis pyriproxyfen yang sangat rendah juga dapat mempengaruhi orang dewasa secara sub-mematikan dengan fekunditas atau kesuburan dan betina dewasa yang terkontaminasi dapat mentransfer dosis efektif ke pembiakan apapun situs yang kemudian dikunjungi oleh betina. Formulasi baru pyriproxyfen<sup>129</sup> dapat mempertahankan kemanjuran selama enam bulan. Namun, kerugiannya termasuk non-visibilitas karena mode aksi mencegah eclosion dan larva serta pupa tetap terlihat aktif setelah perawatan. Akibatnya, kecurigaan di antara mereka masyarakat tentang keefektifan IGR terkait pengolahan air rumah tangga adalah hal lain halangan.

### 4. *Bacillus thuringiensis H-14* (Bt.H-14)

*Bacillus thuringiensis H-14* (Bt.H-14), yang tersedia secara komersial dengan sejumlah nama dagang, terbukti dan larvasida nyamuk yang tidak mengganggu lingkungan. Ini sepenuhnya aman bagi manusia saat

larvasida digunakan dalam air minum dalam dosis normal. Formulasi lepas lambat Bt.H-14 telah digunakan dikembangkan. Formulasi briket yang tampaknya memiliki aktivitas residu lebih besar secara komersial tersedia dan dapat digunakan dengan percaya diri dalam air minum.

Penggunaan Bt.H-14 dijelaskan di bagian pengendalian biologis. Tubuh parabasal besar yang terbentuk di agen ini mengandung racun yang hanya terdegranulasi di lingkungan basa nyamuk midgut. Keunggulan Bt.H-14 adalah aplikasinya dapat memusnahkan larva nyamuk menyimpan predator entomofagus dan spesies non-target lainnya yang mungkin ada. Bt.H-14 formulasi cenderung cepat mengendap di dasar wadah air, dan sering digunakan oleh karena itu diperlukan. Racun juga bersifat fotolabil dan dihancurkan oleh sinar matahari.

#### 5. Metode Penyemprotan

Penyemprotan melibatkan penerapan tetesan kecil insektisida ke udara sebagai upaya untuk melakukannya membunuh nyamuk dewasa. Ini telah menjadi metode utama pengendalian DBD yang digunakan oleh sebagian besar negara di Wilayah Asia Tenggara selama 25 tahun. Sayangnya, ini belum efektif, seperti yang diilustrasikan oleh peningkatan dramatis kejadian DBD di negara-negara ini selama periode yang sama.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa metode ini memiliki pengaruh yang kecil terhadap populasi nyamuk, dan demikian pula pada

penularan DBD (Gubler, 1998). Selain itu, ketika penyemprotan ruang dilakukan di a komunitas, itu menciptakan rasa aman yang salah di antara warga, yang memiliki efek merugikan program pengurangan sumber berbasis komunitas. Dari sudut pandang politik, bagaimanapun, itu diinginkan pendekatan karena sangat terlihat dan menyampaikan pesan bahwa pemerintah sedang mengambil tindakan. Ini, bagaimanapun, adalah pembenaran yang buruk untuk menggunakan metode penyemprotan.

Penyemprotan insektisida (*fogging*) tidak boleh digunakan kecuali dalam situasi epidemi. Namun, pengoperasian harus dilakukan pada waktu yang tepat, di tempat yang tepat, dan sesuai instruksi yang ditentukan dengan cakupan maksimum; sehingga efek penetrasi kabut selesai cukup untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Saat semprotan ruang digunakan, penting untuk mengikuti petunjuk pada keduanya peralatan aplikasi dan label insektisida dan untuk memastikan bahwa peralatan aplikasi tersebut terawat dengan baik dan dikalibrasi dengan baik. Tetesan yang terlalu kecil cenderung melayang melebihi target area sementara tetesan besar jatuh dengan cepat. Sebaiknya nozel untuk peralatan ground volume sangat rendah mampu menghasilkan tetesan dalam kisaran 5-27 mikron dan diameter median massa seharusnya tidak melebihi ukuran tetesan yang direkomendasikan oleh produsen.

Karakteristik semprotan yang diinginkan meliputi periode suspensi yang cukup di udara dengan kesesuaian melayang dan penetrasi ke area target dengan tujuan akhir untuk mempengaruhi nyamuk dewasa. Umumnya, Ada dua bentuk semprotan ruang angkasa yang telah digunakan untuk *Ae. aegypti* control, yaitu "thermal kabut "dan" kabut dingin". Keduanya dapat disalurkan dengan mesin yang dipasang di kendaraan atau yang dioperasikan dengan tangan.

## **2.5 Insektisida**

Dalam Peraturan Pemerintah nomor 7 tahun 1973 tentang Pengawasan atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Insektisida, insektisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik, serta virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2012) (Kementrian Pertanian Republik Indonesia, 2015).

Insektisida golongan ini adalah senyawa alkaloid yang terdapat di tumbuhan. Bersifat racun yang dihasilkan oleh banyak organisme, bakteri dan fungi. Sehingga menghambat aktivitas makan pada larva serta dapat merusak jaringan organ pencernaan dan menyebabkan kematian.

Resistensi didefinisikan sebagai kemampuan yang dimiliki oleh populasi serangga untuk bertahan hidup terhadap suatu dosis insektisida yang dapat membunuh sebagian besar individu pada populasi normal untuk spesies yang sama (Hidayati *et al.*, 2011).

Jenis resistensi vektor terhadap insektisida dapat berupa resistensi tunggal, resistensi ganda (*multiple resistance*) atau resistensi silang (*cross resistance*). Resistensi tunggal adalah resistensi populasi serangga terhadap satu jenis insektisida sedangkan resistensi ganda adalah resistensi secara simultan terhadap beberapa insektisida dengan perbedaan kategori insektisida. Resistensi silang adalah perkembangan resistensi pada populasi serangga termasuk nyamuk akibat penekanan secara selektif insektisida lain dengan mekanisme sama/target site sama, tetapi bukan dari satu kelompok insektisida (World Health Organization, 1992b).

Insektisida kesehatan masyarakat adalah insektisida yang digunakan untuk pengendalian vektor penyakit dan hama permukiman seperti nyamuk, serangga pengganggu lain (lalat, kecoak/lipas), tikus, dan lain-lain yang dilakukan di daerah permukiman endemis, pelabuhan, bandara, dan tempat-tempat umum lainnya.

Aplikasi pengendalian vektor penyakit secara umum dikenal dua jenis insektisida yang bersifat kontak/non-residual dan insektisida residual. Insektisida kontak/non-residual merupakan insektisida yang langsung berkontak dengan tubuh serangga saat diaplikasikan. Aplikasi kontak langsung dapat berupa penyemprotan udara (*space spray*) seperti pengkabutan panas (*thermal fogging*), dan pengkabutan dingin (*cold fogging*) / *ultra low volume* (ULV). Jenis-jenis formulasi yang biasa digunakan untuk aplikasi kontak langsung adalah *emulsifiable concentrate* (EC), *microemulsion* (ME), *emulsion* (EW), *ultra low volume* (UL) dan

beberapa Insektisida siap pakai seperti *aerosol* (AE), anti nyamuk bakar (MC), *liquid vaporizer* (LV), *mat vaporizer* (MV) dan *smoke*. Insektisida residual adalah Insektisida yang diaplikasikan pada permukaan suatu tempat dengan harapan apabila serangga melewati/hinggap pada permukaan tersebut akan terpapar dan akhirnya mati. Umumnya insektisida yang bersifat residual adalah Insektisida dalam formulasi *wettable powder* (WP), *water dispersible granule* (WG), *suspension concentrate* (SC), *capsule suspension* (CS), dan serbuk (DP).

Cara kerja Insektisida dalam tubuh serangga dikenal istilah *mode of action* dan cara masuk atau *mode of entry*. *Mode of action* adalah cara Insektisida memberikan pengaruh melalui titik tangkap (*target site*) di dalam tubuh serangga. Titik tangkap pada serangga biasanya berupa enzim atau protein. Beberapa jenis Insektisida dapat mempengaruhi lebih dari satu titik tangkap pada serangga. Cara kerja Insektisida yang digunakan dalam pengendalian vektor terbagi dalam 5 kelompok yaitu:

1. Mempengaruhi sistem saraf
2. Menghambat produksi energi
3. Mempengaruhi sistem endokrin
4. Menghambat produksi kutikula dan
5. Menghambat keseimbangan air.

Pengetahuan mengenai cara kerja ini bermanfaat bagi para pelaku pengendalian vektor dalam memilih dan merotasi insektisida yang ada

untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam rangka pengelolaan resistensi (*resistance management*).

*Mode of entry* adalah cara insektisida masuk ke dalam tubuh serangga, dapat melalui kutikula (racun kontak), alat pencernaan (racun perut), atau lubang pernafasan (racun pernafasan). Meskipun demikian suatu Insektisida dapat mempunyai satu atau lebih cara masuk ke dalam tubuh serangga.

Penggolongan toksisitas suatu insektisida dilakukan oleh badan internasional seperti WHO dan *Environmental Protection Agency* (EPA) yang merupakan referensi bagi industri insektisida maupun penggunaannya. Toksisitas (*toxicity*) adalah suatu kemampuan yang melekat pada suatu bahan kimia untuk menimbulkan "keracunan"/"kerusakan". Toksisitas biasanya dinyatakan dalam suatu nilai yang dikenal sebagai dosis atau konsentrasi mematikan pada hewan coba dinyatakan dengan *Lethal Dose* (LD) atau *Lethal Concentration* (LC). LD<sub>50</sub> adalah dosis mematikan/*lethal* yang mematikan 50% hewan coba jika diberikan melalui mulut (oral) atau diserap melalui kulit (dermal) atau bahkan terhisap melalui pernafasan (inhalasi), yang biasanya dinyatakan dalam mg suatu Insektisida per kg berat badan (mg/kg bb). LC<sub>50</sub> adalah konsentrasi suatu Insektisida (biasanya dalam makanan, udara atau air) untuk mematikan 50 % hewan coba. LC<sub>50</sub> biasanya dinyatakan dalam mg/L atau mg/serangga. Semakin kecil nilai LD<sub>50</sub> atau LC<sub>50</sub>, semakin beracun Insektisida tersebut. Hewan

coba yang biasa digunakan untuk menentukan nilai toksisitas Insektisida biasanya mamalia seperti tikus.

## **2.6 Insektisida Alami dalam Pengendalian Vektor**

Insektisida alami/nabati adalah jenis pestisida yang termasuk pestisida alami, karena bahan dasarnya berasal dari alam bukan buatan pabrik yaitu dari tanaman atau tumbuhan. Jenis pestisida ini mudah terurai di alam karena bahan dasarnya berasal dari tanaman, sehingga tidak mudah mencemari lingkungan dan relatif aman bagi manusia dan juga hewan ternak karena residunya mudah hilang. Dengan mudah hilangnya residu pestisida ini, maka pestisida nabati dikatakan “hit and run” yang artinya pukul lari. Maksud dari ungkapan tersebut adalah apabila pestisida tersebut akan tumbuh hama pada waktu itu dan setelah hama terbunuh maka residunya akan cepat menghilang di alam. Berdasarkan cara kerja pestisida nabati ini dan dampaknya terhadap lingkungan relatif kecil, maka sebaiknya mengganti pestisida sintetis yang selama ini digunakan dengan pestisida nabati yang bahan dasarnya ada disekitar kita (Yudiarto, 2010).

Menurut Kardinan (2000) terdapat 2 (dua) tujuan penggunaan insektisida hayati (nabati) antara lain:

1. Alternatif supaya penggunaan tidak bergantung pada pestisida sintetis tanpa menimbulkan dan menganggap tabu penggunaan insektisida sintetis.
2. Supaya pengguna insektisida sintetis dapat diminimalkan sehingga kerusakan lingkungan karena penggunaan insektisida dapat dicegah.

Pembuatan biopestisida secara sederhana menurut Soehardjan (1994) dengan beberapa teknik yaitu:

1. Penggerusan, penumbukkan, pembakaran atau pengepresan untuk menghasilkan produk berupa tepung, abu, atau pasta
2. Perendaman untuk produk ekstrak.
3. Ekstraksi bahan kimia pelarut disertai perlakuan khusus untuk menghasilkan produk berupa ekstrak yang dikerjakan dengan tenaga terampil dan dengan peralatan khusus.

Untuk penggunaan secara sederhana, dapat dilakukan melalui ekstraksi sederhana bahan segar maupun bahan kering dengan tahapan sebagai berikut (Mercubuana Yogyakarta, 2017).

1. Ekstraksi bahan segar
  - a. Bagian tumbuhan segar (daun dan sebagainya) dibersihkan dari kotoran yang melekat, dicuci, kemudian ditumbuk dan dicampur dengan air konsentrasi 25 - 100 g/l air.
  - b. Larutan langsung dipakai atau disimpan selama 12 - 24 jam.
  - c. Sebelum digunakan ke dalam wadah larutan yang telah dihaluskan disaring.
  - d. Waktu aplikasi disesuaikan dengan aktivitas serangga.
2. Ekstraksi bahan kering
  - a. Bagian tumbuhan yang akan digunakan dibersihkan dari kotoran yang melekat, dicuci dan dikeringkan lebih dahulu selama beberapa hari di bawah sinar matahari.

- b. Setelah kering, bahan tumbuhan ditumbuk dan dilarutkan dalam air atau pelarut dengan konsentrasi 25 - 50 gram/l air.
- c. Waktu aplikasi disesuaikan dengan aktivitas serangga.

Cara kerja Insektisida disebut dengan istilah *mode of action* atau *Mode of entry* adalah kemampuan pestisida memberikan pengaruh melalui titik tangkap dalam mematikan serangga dan vektor dengan cara masuknya bahan beracun ke jasad sasaran (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2012)

#### 6. Insektisida yang mempengaruhi sistem syaraf

- a. Piretroid adalah insektisida yang bekerja untuk mengganggu sistem syaraf, yang banyak digunakan dalam pengendalian serangga dewasa, kelambu celup dan berbagai insektisida rumah tangga. Seperti permethrin, transflutrin, lamda-shalotrin, dan lain-lain.
- b. Organofosfar dan Karbamat yaitu insektisida bekerja untuk menghambat enzim kolinesterase pada pengendalian vektor maupun larva (malathion, fenitrothion, metil-pirimifos, temphos). Sedangkan karbonat yaitu cara kerja sama dengan OP, tetapi lebih efektif dan aman dalam penggunaannya (bendiocarb, propoksur)
- c. Makrolakton adalah racun axonik yang bekerja untuk melemahkan beberapa impuls syaraf, sehingga mengakibatkan hipereksitasi.
- d. Neonikotinoid yaitu racun sinaptik. insektisida yang bekerja pada sistem syaraf pusat serangga yang mengakibatkan gangguan pada reseptor post synaptic acetilcholin.

7. Insektisida yang menghambat produksi energi

Insektisida ini yaitu rotenon bersifat racun respirasi dengan menghambat transfer elektron sehingga menurunkan produksi ATP, menghambat aktivitas sel sehingga terjadi kelumpuhan pada jaringan yang menyebabkan kekurangan energy dan mengakibatkan kematian.

8. Insektisida yang mempengaruhi pertumbuhan serangga hama (IGR, *Insect Growth Regulator*)

Insect Growth Regulator (IGR) dibagi menjadi dua yaitu mempengaruhi sistem endokrin dan menghambat sintesis kitin. Insektisida ini adalah mimik hormone kemudan (hormone juvenile) yang menyebabkan larva tidak bisa tumbuh, tetap dalam fase muda tidak berubah menjadi kepompong dan akhirnya mati. Contoh insektisida ini yaitu hydroprene, methoprene, pyriproxypen, dan fenoxycrab.

9. Insektisida yang mempengaruhi keseimbangan air tubuh

Insektisida asam borat, *Ditomaceous Earth* (DE) dan tepung batuan sorptif yaitu bahan yang berfungsi untuk menyerap lapisan lilin yang melindungi permukaan kutikula, hingga serangga kehilangan air secara cepat dan mengakibatkan serangga mati karena desikasi atau kekeringan.

10. Insektisida yang merusak jaringan pencernaan serangga.

## 2.7 Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L)

Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L) merupakan salah satu komoditas pertanian yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Sebagian besar Cengkeh di Indonesia diekspor ke India dan Singapura sehingga menghasilkan pendapatan negara melalui cukainya. Produksi cengkeh selain di ekspor, juga di orientasikan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi cengkeh domestik khususnya pada industri rokok kretek sebanyak 85-95% dari jumlah total cengkeh nasional (Intan Maulana, 2016).

### 1. Klasifikasi Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.)

Klasifikasi Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) adalah sebagai berikut : (Pramudita Eka Hananto, 2011)

- a. Kingdom : Plantae
- b. Divisi : Spermatophyta
- c. Kelas : Dicotyledonae
- d. Ordo : Myrtales
- e. Family : Myrtaceae
- f. Genus : *Syzygium*
- g. Spesies : *Syzygium aromaticum* L.



Gambar 2.9. Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)

## 2. Morfologi Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)

Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) termasuk jenis tumbuhan perdu yang memiliki batang pohon besar dan berkayu keras. Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) mampu bertahan hidup puluhan bahkan sampai ratusan tahun, tingginya dapat mencapai 20-30 meter dan cabang-cabangnya cukup lebat. Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) memiliki daun tunggal, bertangkai, tebal, kaku, bentuk bulat telur sampai lanset memanjang, ujung runcing, pangkal meruncing, tepi rata, tulang daun menyirip, permukaan atas mengkilap, panjang 6-13,5 cm, lebar 2,5-5 cm, warna hijau muda atau cokelat muda saat masih muda dan hijau tua ketika tua (Nurdjannah, 2004).

Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) memiliki bagian-bagian penting yaitu akar, batang, daun dan bunga. Akar cengkeh yaitu berakar tunggang seperti tombak yang memiliki cabang-cabang kecil yang berbulu-bulu. Batang dari cengkeh berbentuk bulat, permukannya kasar dan memiliki banyak ranting. Batang cengkeh mempunyai arah tumbuh tegak lurus dan

cara bercabangan ranting monopoli. Daun cengkeh sendiri dikatakan daun yang tidak lengkap karena memiliki tangkai daun, helaian daun, namun tidak memiliki upih atau pelepah daun. Daunnya berbentuk lonjong dan berbunga pada bagian ujungnya. Bunga cengkeh muncul pada ujung ranting daun dengan tangkai pendek dan bertandan (Rukmana, 2016).

### **3. Habitat Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)**

Tanaman Cengkeh merupakan tanaman rempah asli Indonesia yang sampai saat ini masih ditanam secara luas oleh penduduk Indonesia. Cengkeh adalah ketinggian tempat yang optimal untuk pembungaan tanaman cengkeh berkisar 200-600 m dpl. Curah hujan 1.500 – 3.500 mm/tahun, Intensitas penyinaran 61 – 60 % dan suhu udara 22 -28 °C serta tidak ada angin kencang sepanjang tahun. Jenis tanah yang cocok antara lain *Andosol*, *Latosol*, *Regosol* dan *Podsolik Merah* (Setiawan, 2015).

### **4. Kandungan Zat kimia Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)**

Cengkeh memiliki banyak kandungan zat kimia yang banyak memiliki fungsi untuk kesehatan atau kebutuhan manusia. Daun cengkeh memiliki kandungan *Eugenol*, *Saponin*, *Flavonoid*, *Tanin*, dan *Alkaloid*. *Eugenol* merupakan cairan tidak berwarna atau berwarna kuning pucat, dapat larut dalam *alkohol*, *eter*, dan *klorofon*. *Eugenol* merupakan komponen utama yang terkandung dalam minyak cengkeh yaitu antara 78%-95% *eugenol*. *Eugenol* dapat menyebabkan pengaruh terhadap serangga yang membuat serangga bisa mati. Senyawa *Saponin* ini berbentuk *glikosida* dan *triterpene* dan *steroid*, yang larut dalam air dan

mempunyai kemampuan membentuk buih sabun bila di kocok di air. Flavonoid merupakan senyawa polifenol, bersifatagak asam sehingga mudah larut dalam pelarut polar, seperti *etanol*, *metanol*, *aseton*, dan *butanol* (Syahran Wael, 2018).

*Tanin* merupakan jenis senyawa yang termasuk kedalam golongan *polifenol* dan banyak dijumpai pada tumbuhan, *tanin* memiliki aktivitas anti bakteri. Mekanisme kerja tanin diperkirakan adalah toksisitas tanin dapat merusak membran sel bakteri, senyawa *astringent tanin* dapat menginduksi pembentukan kompleks ikatan tanin itu sendiri. Sehingga dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat atau bahkan mati. Efek antibakteri tanin antara lain melalui reaksi dengan membran sel, inaktivitas enzim, dan destruksi atau aktivitas fungsi materi genetik. Senyawa *Alkaloid* memiliki mekanisme penghambatan dengan cara mengganggu komponen penyusun *peptidoglikan* pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut (Eskha M Lambiju, 2017).

Komponen utama dalam minyak atsiri daun cengkeh adalah senyawa *eugenol*, *eugenol asetat* dan *caryophyllene* (Zulchi dan Nurul, 2006). Kadar *eugenol* dalam minyak atsiri daun cengkeh umumnya antara 80-88% (Nurdjannah, 2004). *Eugenol* ( $C_{10}H_{12}O_2$ ), merupakan turunan guaiakol yang mendapat tambahan rantai alil, dikenal dengan nama IUPAC 2-metoksi-4-(2-propenil) fenol.

*Eugenol* dapat dikelompokkan dalam keluarga alilbenzena dari senyawa-senyawa fenol. Berat molekul 164,20 dan titik didih 250 -255°C. Warnanya bening hingga kuning pucat, kental seperti minyak. *Eugenol* sedikit larut dalam air namun mudah larut pada pelarut organik (alkohol, eter dan kloroform). *Eugenol* memberikan bau dan aroma yang khas pada minyak cengkeh, berbau keras, dan mempunyai rasa pedas. *Eugenol* mudah berubah menjadi kecoklatan apabila dibiarkan di udara terbuka (Wikipedia, 2009a; Bulan, 2004). Struktur molekul *eugenol*: Dalam bidang industri pemanfaatan *eugenol* masih terbatas pada industri parfum. Dalam kesehatan digunakan sebagai antiseptik dan anastesi lokal.

*Eugenol* juga digunakan dalam memproduksi *isoeugenol* untuk pembuatan vanilin. Jika *eugenol* dikombinasikan dengan zinc oxide dapat berfungsi sebagai material semen yang digunakan oleh dokter gigi untuk menambal karies gigi sementara (Harrison, 2007). *Eugenol* yang terkandung dalam semen ini mempunyai potensi iritasi terhadap jaringan tetapi disamping itu juga memiliki keunggulan dengan daya antibakterinya (Wahyudi, 2008).

Menurut Thompson et al (1989) *eugenol* mempunyai sifat neurotoksik. *Eugenol* dapat mempengaruhi susunan saraf yang khas dipunyai oleh serangga dan tidak terdapat pada hewan berdarah panas (Isman, 1999). Neurotoksik bekerja dalam proses penekanan terhadap sistem saraf serangga, paralisis, selanjutnya terjadi kematian, ditandai

dengan tubuh yang apabila disentuh terasa lunak dan lemas (Sanjaya dan Safaria, 2006).

##### **5. Manfaat Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)**

Manfaat cengkeh diantaranya sebagai obat luka berdarah, luka bernanah, luka bakar, anti nyamuk, minyak urut, obat kedinginan, pembersih lingkungan, dan lain-lain. Tanaman cengkeh memiliki multimanfaat dan berkhasiat, baik sebagai bahan makanan dan minuman yang bernutrisi tinggi maupun sebagai bahan obat, antibakteri, dan antijamur, antiinflamasi, analgesik, zat perangsang, dan obat beberapa jenis penyakit (Misbahul Huda, 2018).

Zona hambat yang terbentuk disebabkan adanya zat-zat aktif pada daun cengkeh mengandung senyawa yang bersifat antibakteri seperti *flavonoid, tanin, saponin, terpenoid, dan fenol*. Senyawa-senyawa inilah yang membuat daun cengkeh menjadi istimewa dibanding daun lain. Penggunaan cengkeh dalam proses pengobatan sangatlah bermanfaat dan efektif hal ini didukung dengan adanya kandungan manfaat pada tanaman cengkeh. Tanaman rempah dan herbal yang digunakan dalam dunia farmasi menunjukkan adanya pengaruh yang menguntungkan terhadap reaksi-reaksi fisiologis tubuh, salah satunya adalah kesehatan manusia. Keuntungan fisiologis tersebut termasuk rangsangan terhadap pencernaan, pengaruh *hipolipidemia*, pengaruh antidiabetes, sifat antilipogenik, potensi antioksidan, sifat anti-*inflammatory*, antimutagenik, dan potensi antikarsinogenik (Hastuti, 2016).

Tabel 2.1. Sintesa Penelitian Larvasida dan Insektisida Menggunakan Daun Cengkeh di Beberapa Negara (2010-2019)

No	Judul / Penulis / Tahun	Lokasi/ Objek	Instrument /Teory	Study Design/ Metode	Temuan/finding
1	2	3	4	5	6
1	Different susceptibilities of <i>Aedes aegypti</i> and <i>Aedes albopictus</i> larvae to plant-derived products (Rodrigues <i>et al.</i> , 2019)	Brazil, Larvasida	WHO Guidelines for Larvacida	Eksperiment laboratorium	Minyak atsiri <i>Syzygium aromaticum</i> ( <i>Ae. aegypti</i> LC <sub>50</sub> = 32,7 ppm dan <i>Ae. albopictus</i> LC <sub>50</sub> = 138,1 ppm). Minyak atsiri <i>Croton nepetaefolius</i> ( <i>Ae. aegypti</i> LC <sub>50</sub> = 81,7 ppm dan <i>Ae. albopictus</i> LC <sub>50</sub> = 76,1 ppm). Ini menunjukkan aktivitas larvasida yang besar terhadap <i>Aedes aegypti</i> dan <i>Aedes albopictus</i>
2	Estudo químico-biológico dos óleos essenciais de <i>Hyptis martiusii</i> , <i>Lippia sidoides</i> e <i>Syzygium aromaticum</i> frente às larvas do <i>Aedes aegypti</i> (Costa <i>et al.</i> , 2005)	Brazil, Larvasida	WHO Guidelines for Larvacida	Eksperiment laboratorium	Aktivitas larvasida <i>Aedes aegypti</i> <i>Syzygium aromaticum</i> (21,4 ppm), <i>Hyptis martiusii</i> (18,2 ppm) dan <i>Lippia sidoides</i> (19,5 ppm). Sedangkan untuk <i>Culex</i> spaktivitas larvasidanya <i>Syzygium aromaticum</i> (14,5 ppm), <i>Hyptis martiusii</i> (27,5 ppm) dan <i>Lippia sidoides</i> (16,6 ppm). Ini menunjukkan efek toksik 100% tingkat kematian larva
3	Larvicidal activity of clove ( <i>Eugenia caryophyllata</i> ) extracts and eugenol against <i>Aedes aegypti</i> and <i>Anopheles darling</i> (Medeiros <i>et al.</i> , 2013)	Brazil, Larvasida	WHO Guidelines for Larvacida	Eksperiment laboratorium	Nilai konsentrasi mematikan Eugenol menunjukkan nilai LC <sub>50</sub> 3,6 mg/mL terhadap larva <i>Aedes aegypti</i> . Temuan ini menunjukkan potensi eugenol sebagai larvasida terhadap vektor malaria dan demam berdarah
4	Evaluation of active ingredients and larvicidal activity of clove and cinnamon essential oils against <i>Anopheles gambiae</i> (sensu lato) (Thomas <i>et al.</i> , 2017)	Tanzaia, Larvasida	Gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperiment laboratorium	Minyak esensial cengkeh memiliki LC <sub>50</sub> (17,527 µg/ml) dan esensial kayu manis LC <sub>50</sub> (11,788 µg/ml) terhadap <i>Anopheles gambiae</i> . Minyak esensial cengkeh dan kayu manis memiliki efek larvasida yang bergantung pada konsentrasi
5	Larvicidal Activity of <i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr and <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck essential Oils and their antagonistic effect with temephos in resistant populations of <i>Aedes aegypti</i> / (Faraco <i>et al.</i> , 2016)	Brazil, Larvasida	WHO Guidelines for Larvacida	Eksperiment laboratorium	Minyak atsiri <i>Syzygium aromaticum</i> LC <sub>50</sub> (93,56 ppm) dan <i>Citrus sinensis</i> LC <sub>50</sub> (11,92 ppm) cocok untuk digunakan dalam manajemen resistensi nyamuk, sedangkan kombinasinya dengan temephos tidak direkomendasikan

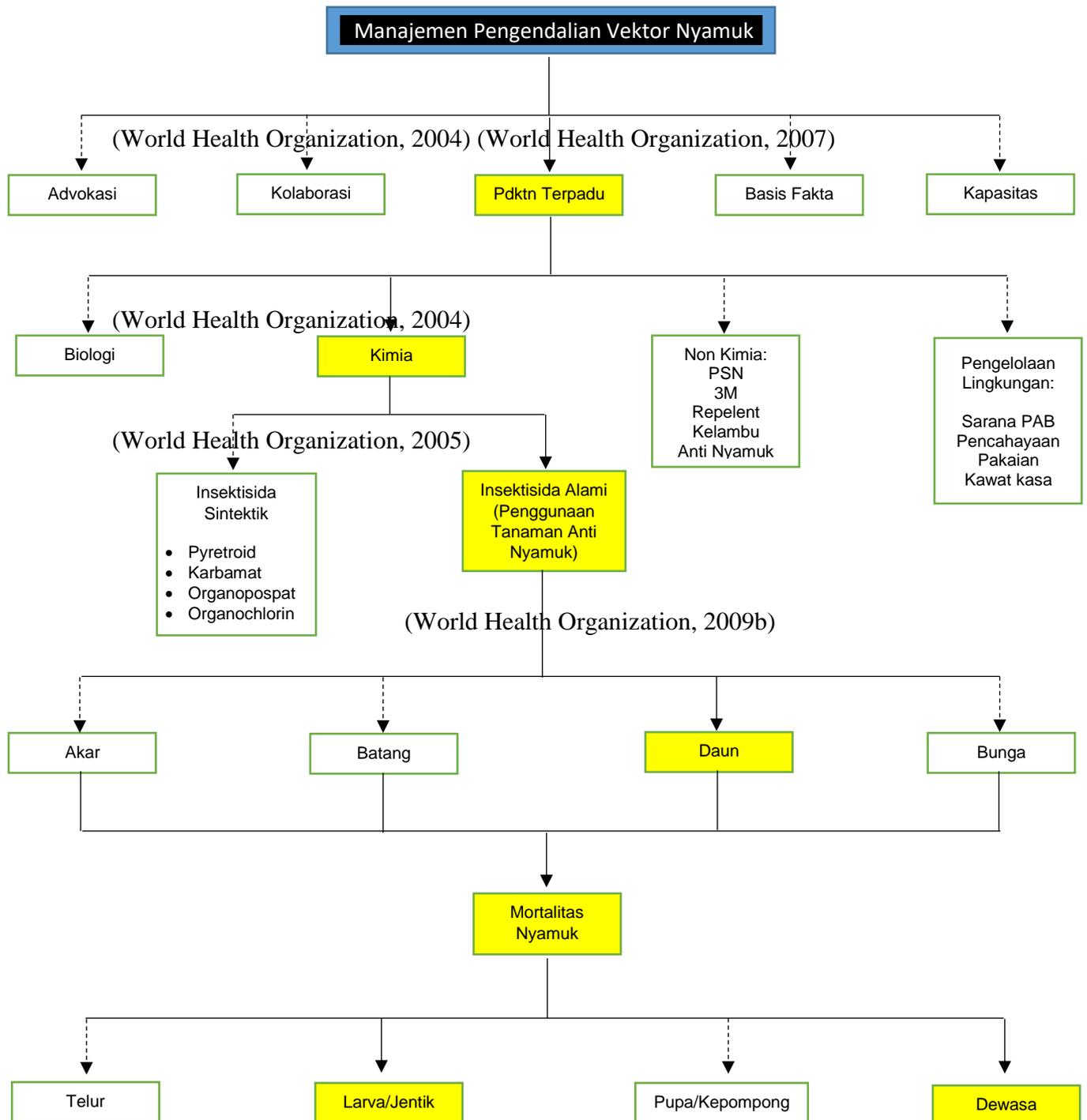
No	Judul / Penulis / Tahun	Lokasi/ Objek	Instrument /Teory	Study Design/ Metode	Temuan/finding
6	Larvicidal effcicies and Chemical Composition of Essential Oils of Pinus sylvestris and Syzygium aromaticum againts mosquitoes/(Fayemiwo <i>et al.</i> , 2014)	Nigeria, Larvasida	WHO Guidelines for Larvacida	Eksperiment laboratorium	Larva <i>A. aegypti</i> lebih rentan terhadap minyak atsiri LC <sub>50</sub> <i>S. aromaticum</i> = 92,56 mg/L; LC <sub>50</sub> <i>P. sylvestris</i> = 100,39 mg/L sedangkan larva <i>C. quinquefasciatus</i> LC <sub>50</sub> <i>S. aromaticum</i> = 124,42 mg/L; LC <sub>50</sub> <i>P. sylvestris</i> = 128,00 mg/L. Kedua jenis tanaman dapat membunuh larva lebih dari 85% dalam 24 jam.
7	Larvicidal Activity of Essential Oils of Syzygium aromaticum (Clove) in Comparison with Its Major Constituent, Eugenol, Against <i>Anopheles stephensi</i> /(Osanloo <i>et al.</i> , 2019)	Iran, Larvasida	High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)	Eksperimen Laboratorium	Hasilnya menunjukkan bahwa LC <sub>50</sub> dan LC <sub>90</sub> Eugenol dari minyak cengkeh masing-masing sebanyak 57,49 ppm dan 93,14 ppm. Hal ini menunjukkan secara signifikan lebih rendah daripada eugenol bukan dari minyak cengkeh yaitu 86,96 ppm dan 128,18 ppm
8	Efek larvasida ekstrak daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) Terhadap <i>aedes aegypti</i> l. (Haditomo, 2010)	Indonesia, Larvasida	<i>post test only controlled group design</i>	Eksperimen Laboratorium	Ekstrak daun cengkeh ( <i>Syzygium aroticum</i> L.) memiliki efek larvasida terhadap <i>Aedes aegypti</i> L. dengan LC <sub>50</sub> pada konsentrasi 0,040% atau 400 ppm dan LC <sub>99</sub> pada konsentrasi 0,091% atau 910 ppm
9	Efek Larvasida Ekstrak Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) terhadap <i>Aedes aegypti</i> (Chintihia, 2015)	Indonesia, Larvasida	Literatur review	Literatur review	Kandungan eugenol, saponin, flavonoid dan tanin dalam daun cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L) dapat merusak susunan saraf serangga, mengganggu penyerapan makanan dan menurunkan enzim pencernaan pada serangga
10	Efek minyak atsiri daun cengkeh ( <i>syzygium aromaticum</i> l.) Terhadap mortalitas larva <i>anopheles aconitus</i> (Hastutiningrum, 2010)	Indonesia, Larvasida	<i>post test only controlled group design</i>	Eksperimen Laboratorium	Minyak atsiri daun cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) memiliki efek terhadap mortalitas larva <i>Anopheles aconitus</i> dengan LC <sub>50</sub> (54,145 ppm) dan LC <sub>99</sub> (129,052 ppm)
11	Perbandingan Efek Larvasida Minyak Atsiri Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) Varietas Zanzibar dengan Temephos terhadap Larva Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> (Pamungkas, Syafei and Soeroto, 2016)	Indonesia, Larvasida	Gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperimen Laboratorium	Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pada konsentrasi 100 ppm minyak atsiri daun cengkeh varietas Zanzibar memiliki efektifitas larvasida yang sama dengan temephos

No	Judul / Penulis / Tahun	Lokasi/ Objek	Instrument /Teory	Study Design/ Metode	Temuan/finding
12	Structure–activity relationships of eugenol derivatives against <i>Aedes aegypti</i> (Diptera: Culicidae) larvae (Barbosa <i>et al.</i> , 2012)	Brazil, Larvasida	Gas chromatograp hy–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperimen Laboratorium	Minyak esensial <i>Syzygium aromaticum</i> aktif membunuh <i>Ae. Aegypti</i> untuk field Collection LC <sub>50</sub> = 62,3 ppm dan 77,0 ppm, untuk larva Rockefeller.
13	Larvicidal activity of selected essential oil in synergized combinations against <i>Aedes aegypti</i> (Pandiyan, Mathew and Munusamy, 2019)	India, Larvasida	Gas chromatograp hy–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperimen Laboratorium	Potensi larvasida <i>Syzygium aromaticum</i> terhadap larva <i>Aedes aegypti</i> LC <sub>50</sub> = 66,9 mg/L; <i>T. ammi</i> LC <sub>50</sub> = 39,48 mg/L; <i>I. verum</i> LC <sub>50</sub> = 41,3 mg/L
14	Effect of <i>Cymbopogon citratus</i> (lemongrass) and <i>Syzygium aromaticum</i> (clove) oils on the morphology and mortality of <i>Aedes aegypti</i> and <i>Anopheles dirus</i> larvae (Soonwera and Phasomkusolsil, 2016)	Larvasida, Thailand	WHO Guidelines for Larvacida	Eksperimen Laboratorium	Tingkat mortalitas larva <i>Aedes aegypti</i> menggunakan 1%, 5% dan 10% Minyak <i>Syzygium aromaticum</i> masing-masing 98%, 100% dan 100% sedangkan menggunakan 1%, 5% dan 10% Minyak <i>Citrus citratus</i> masing-masing 88%, 100% dan 100%
15	Insecticidal, Oxidative and Genotoxic Activities of <i>Syzygium aromaticum</i> and <i>Eucaliptus globulus</i> on <i>Culex pipiens</i> Adults and Larvae /Elham Elzayyat <i>et al.</i> , 2018	Tuky, Insektisida	Gas chromatograp hy–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperimen Laboratorium	Minyak kayu putih memiliki toksisitas yang lebih tinggi (LC <sub>50</sub> : 0,108%) dibandingkan minyak cengkeh (LC <sub>50</sub> : 0,374%) setelah 24 jam. Untuk larva <i>C. pipiens</i> hasilnya dicatat setelah 24 jam dan 48 jam menunjukkan bahwa minyak kayu putih memiliki toksisitas yang lebih tinggi (LC <sub>50</sub> : 0,014%) dibandingkan minyak cengkeh (LC <sub>50</sub> : 0,036%) setelah 48 jam
16	Comparison of Field and Laboratory-Based Tests for Behavioral Response of <i>Aedes aegypti</i> (Diptera: Culicidae) to Repellents (Sathantriphop <i>et al.</i> , 2015)	Thailand, Insektisida	Gas chromatograp hy–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperimen Lapangan dan Laboratorium	Dalam uji respons perilaku, uji kontak di lapangan menemukan cengkeh (40,7% lolos) dan kemangi berbulu (65,4% lolos) dengan aktivitas melarikan diri yang jauh lebih besar dibandingkan pengujian di laboratorium cengkeh (11,0%) dan kemangi berbulu (3,4%)
17	Uji Efektivitas Ekstrak Daun Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) sebagai bahan dasar obat nyamuk elektrik cair terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> (Handito, Setyaningrum and Tandjung T, 2014)	Lampung, Insektisida	Gas chromatograp hy–mass spectrometry (GC–MS)	Eksperimen Laboratorium	Ekstrak daun cengkeh berpotensi sebagai insektisida terhadap <i>Ae. aegypti</i> , dan konsentrasi ekstrak yang paling efektif adalah konsentrasi sebesar 50%.

## 2.8 Kerangka Teori

Kerangka teori yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penggabungan, adaptasi dan modifikasi yang diambil dari konsep manajemen pengendalian vektor terintegrasi secara global oleh (World Health Organization, 2004) dalam bukunya *Global Strategic Framework for Integrated Vector Management* yang menetapkan prinsip-prinsip baru dan luas serta pendekatan untuk pengendalian semua penyakit yang berbasis vektor. Selain itu, manajemen pengendalian vektor terintegrasi berusaha untuk meningkatkan efek kemanjuran efektifitas biaya, kesehatan ekologis dan keberlanjutan pengendalian vektor penyakit (World Health Organization, 2004)(World Health Organization, 2007) (World Health Organization, 2017).

Pengendalian vektor terintegrasi mempertimbangkan lima elemen kunci dalam proses manajemen antara lain Advokasi, peningkatan kesadaran, mobilisasi sosial dan legislasi; Kerja sama dalam bidang kesehatan dan dengan sektor lain; Pendekatan terintegrasi; Pengambilan keputusan berbasis bukti; dan Pengembangan kapasitas (World Health Organization, 2004) (World Health Organization, 2007) (World Health Organization, 2017).



**Gambar 2.10. Kerangka Teori** (World Health Organization, 2004) (World Health Organization, 2005) (World Health Organization, 2007) (World Health Organization, 2009b) (World Health Organization, 2011) (World Health Organization, 2017)

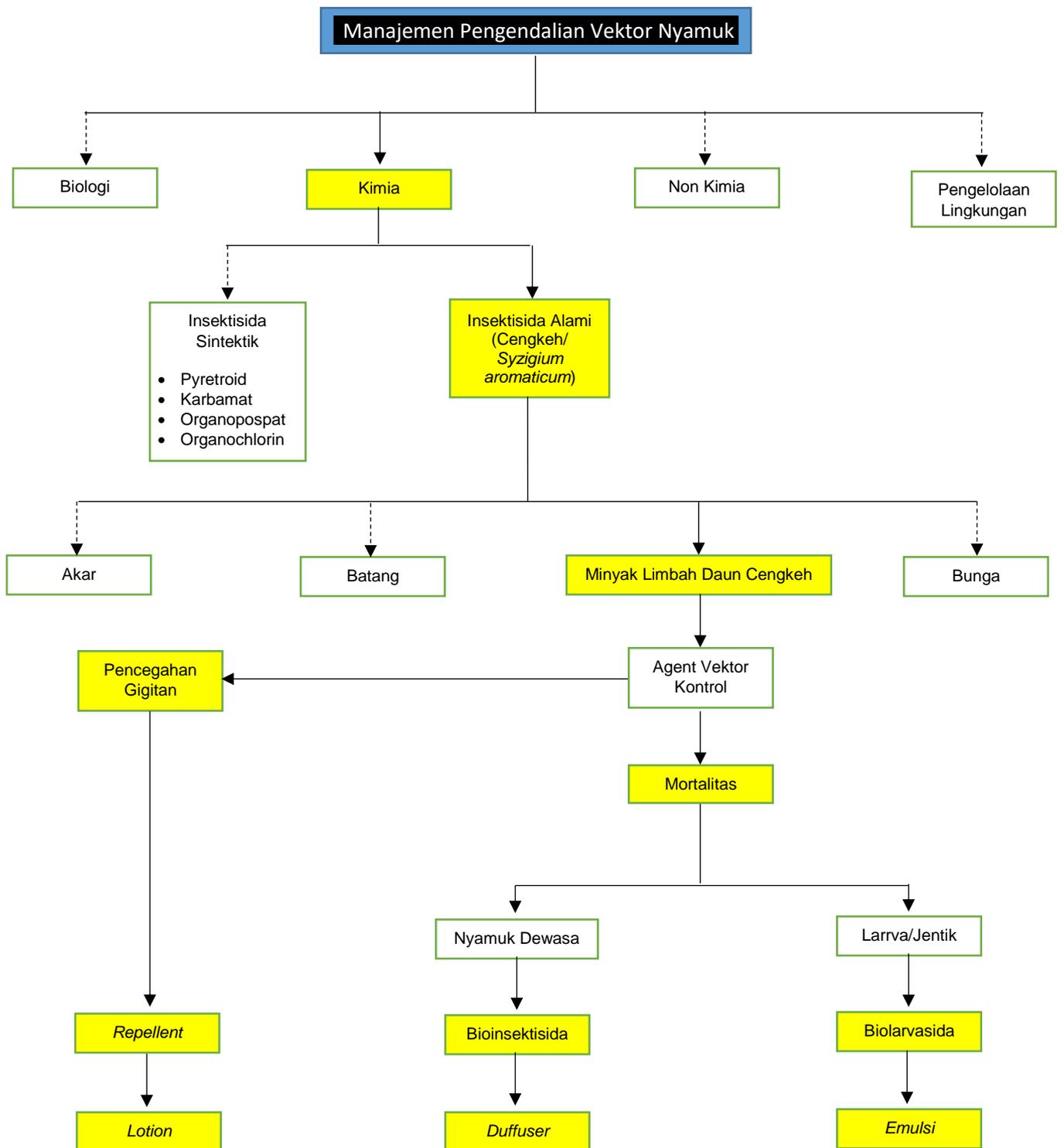
## 2.9 Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini menggunakan teori dari manajemen pengendalian vektor yang ditetapkan oleh *World Health Organization*. Pengendalian vektor nyamuk dapat dilakukan secara mekanis, fisik, biologis dan pengendalian lingkungan baik pada perkembangan nyamuk sampai pada nyamuk dewasanya (Oduola *et al.*, 2010)(Roiz *et al.*, 2018)(Idowu, Adeleke and Aina, T, 2012). Dewasa ini, pengendalian yang sering dilakukan adalah dengan pengendalian secara kimiawi menggunakan bahan kimia antara lain senyawa golongan organofosfat, organoklorin, karbamat dan pyretroid. Namun penggunaan bahan kimia ini secara kontinyu akan memberikan dampak buruk seperti matinya organisme non target, pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat. Selain itu, cara ini juga membutuhkan banyak biaya dan dapat menimbulkan resistensi terhadap nyamuk (Oduola *et al.*, 2010)(Roiz *et al.*, 2018)(Idowu, Adeleke and Aina, T, 2012).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah terjadinya resistensi nyamuk terhadap beberapa bahan kimia. Oleh karena itu dibutuhkan cara pengendalian khususnya insektisida yang lebih ramah lingkungan, efektif dan efisien serta aman bagi kesehatan (Cavalcanti *et al.*, 2004). Pengendalian secara hayati (*biological control*) dapat menjadi alternatif pengendalian vektor nyamuk yaitu dengan mengurangi populasi vektor nyamuk dan menggunakan bahan alami (Krishnappa *et al.*, 2012).

Cengkeh merupakan salah satu tanaman yang mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai bahan insektisida alami untuk membunuh nyamuk. Hanya saja selama ini penelitian yang dilakukan oleh para ahli mereka masih menggunakan daun cengkeh yang masih hijau dalam artian bahwa bahan bakunya harus merusak tanamannya karena mengambil daun yang masih utuh di tangkainya. Oleh karena itu dalam penelitian ini, peneliti mengambil daun cengkeh yang sudah jatuh di tanah dan menjadi limbah bahkan dapat menimbulkan kebakaran hutan di musim kemarau.

Limbah daun cengkeh tersebut dibuat minyak melalui proses penyulingan menggunakan pabrik penyulingan yang dimiliki oleh masyarakat.



**Gambar 2.11. Kerangka Konsep**

## 2.10 Definisi Operasional

Defenisi operasional merupakan defenisi yang dibuat oleh peneliti untuk menggambarkan arti dan maksud dari setiap variabel yang akan diteliti. Adapun defenisi dari variabel peneltiian ini dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2.2. Defenisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara pengukuran	Desain	Hasil Ukur
1	Efektifitas	Kemampuan dari bahan untuk membunuh larva dan nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	Pengamatan dilakukan di Laboratorium Entomologi	WHO Guideline	Numerik dengan Kategori: 1. Rentan 2. Toleran 3. Resisten
2	Minyak limbah daun Cengkeh ( <i>Syzigium aromaticum</i> )	Kandungan alami daun cengkeh dari proses distilasi	Pembuatan dilakukan di Pabrik penyulingan	Metode Distilasi	Senyawa
3	Biolarvasida	suatu <b>larvasida</b> yang bahan-bahannya dalam bentuk minyak emulsi	Pengamatan dilakukan di Laboratorium Entomologi	WHO Guideline	Numerik dengan Kategori: 1. Kematian > 98% kategori Rentan 2. Kematian 80 - 98% kategori toleran 3. Kematian < 80% kategori resisten
4	<i>Difusser/ Vape Liquid</i>	Metode Pengujian Anti Nyamuk dengan menggunakan uap cair elektrik	Pengamatan dilakukan di Laboratorium Entomologi	WHO Guideline	Numerik dengan Kategori: 1. Kematian > 98% kategori Rentan 2. Kematian 80 - 98% kategori toleran 3. Kematian < 80% kategori resisten
5	Nyamuk	Nyamuk Dewasa Jenis <i>Aedes aegypti</i> , <i>Culex sp</i> dan <i>Anopheles sp</i> berdasarkan kunci identifikasi	Pengamatan dilakukan di laboratorium Entomologi	Metode Rearing	-
6	Larva	Larva nyamuk Insar III Jenis <i>Aedes aegypti</i> , <i>Culex sp</i> dan <i>Anopheles sp</i>	Pengamatan dilakukan di laboratorium Entomologi	Metode Rearing	-

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara pengukuran	Desain	Skala
7	<i>Repellent</i>	Metode Pengujian Penolak Nyamuk dengan cara di oles pada lengan dalam bentuk lotion	Pengamatan dilakukan di laboratorium Entomologi	WHO Guideline	1. Efektif: $\geq 80\%$ daya tolaknya 2. Tidak Efektif: $< 80\%$ daya tolaknya
8	Mortalitas	Jumlah kematian larva dan nyamuk yang disebabkan oleh aktivitas bahan toksik dengan kriteria: 1. Larva dikatakan mati jika: a. Tidak bergerak selama beberapa menit b. Bergerak namun tidak mencapai permukaan air c. Tidak mampu menyelam 2. Nyamuk dewasa dikatakan mati jika: a. Kejang-kejang b. Tidak bergerak	Pengamatan dilakukan di laboratorium Entomologi	WHO Guideline	-