

 083867708263

 cv.mine7

 mine mine

  
Penerbit : cv. Mine  
Perum Sidorejo Bumi Indah F 153  
Rt 11 Ngestiharjo Kasihan Bantul  
Mobile : 083867708263  
email : cv.mine.7@gmail.com



**BUKU AJAR**

ISBN 978-623-7550-92-1



## PENGENDALIAN VEKTOR DAN BINATANG PENGGANGGU

Tim Penyusun : Lenie Marlina, SKM, MKL | Laily Khairiyati, SKM, MPH | Agung Waskito, ST, MT | Anugrah Nur Rahmat, SKM  
M. Rasyid Ridha, SKM, M.Sc | Drh. Dicky Andiarsa, M.Ked.  
Editor : Anugrah Nur Rahmat, SKM



PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
2021



# **BUKU AJAR PENGENDALIAN VEKTOR DAN BINATANG PENGANGGU**

Oleh

Laily Khairiyati, SKM, MPH

Lenie Marlinae, SKM, MKL

Agung Waskito, ST, MT

Anugrah Nur Rahmat, SKM

M. Rasyid Ridha, SKM, M.Sc

Drh. Dicky Andiarsa, M.Ked.

Editor

Anugrah Nur Rahmat, SKM



# **BUKU AJAR PENGENDALIAN VEKTOR DAN BINATANG PENGANGGU**

## **Oleh :**

Laily Khairiyati, SKM, MPH  
Lenie Marlinae, SKM, MKL  
Agung Waskito, ST, MT  
Anugrah Nur Rahmat, SKM  
M. Rasyid Ridha, SKM, M.Sc  
Drh. Dicky Andiarsa, M.Ked.

## **Editor :**

Anugrah Nur Rahmat, SKM

Hak Cipta © 2021, pada penulis

Hak publikasi pada Penerbit CV Mine

*Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.*

**© HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-  
UNDANG**

Cetakan ke-1 Tahun 2021

CV Mine

Perum SBI F153 Rt 11 Ngestiharjo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta-  
55182

Telp: 083867708263

Email: [cv.mine.7@gmail.com](mailto:cv.mine.7@gmail.com)

**ISBN : 978-623-7550-92-1**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar yang berasal dari kumpulan-kumpulan materi ini dengan tepat waktu. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada oaring yang terlibat dalam memberikan bimbingan dan masukan kepada kami. Kami menyadari bahwa pada penulisan dan penyusunan buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kami sangat mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan makalah akhir ini dikemudian hari. Kami berharap gagasan ini dapat dimanfaatkan sebaik mungkin guna melakukan evaluasi khususnya bagi pembaca.

Banjarbaru, Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| HALAMAN SAMPUL.....                                                       | i   |
| KATA PENGANTAR .....                                                      | ii  |
| DAFTAR ISI.....                                                           | iii |
| DAFTAR TABEL.....                                                         | v   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                       | vi  |
| BAB 1 PENGENDALIAN VEKTOR DAN PENGELOLAAN VEKTOR TERPADU ..               | 1   |
| A. Konsep Vektor Penyakit .....                                           | 1   |
| B. Pengendalian Vektor .....                                              | 4   |
| C. Pengendalian Vektor Terpadu.....                                       | 8   |
| BAB 2 PENGENDALIAN VEKTOR DI LAHAN BASAH .....                            | 10  |
| A. Pengendalian Secara Alamiah.....                                       | 10  |
| B. Pengendalian Terapan.....                                              | 11  |
| C. Pengendalian Secara Biologis.....                                      | 12  |
| D. Pengendalian Dengan Pendekatan per-UU.....                             | 13  |
| E. Pengendalian Dengan Menggunakan Bahan Kimia .....                      | 13  |
| BAB 3 PENGENDALIAN VEKTOR NYAMUK DI LAHAN BASAH .....                     | 16  |
| A. Bioekologi Nyamuk .....                                                | 16  |
| B. Pengendalian Vektor Nyamuk di Lahan Basah .....                        | 25  |
| BAB 4 PENGENDALIAN VEKTOR LALAT DAN KECOA DI LAHAN BASAH.....             | 33  |
| A. Pengendalian Lalat.....                                                | 36  |
| B. Pengendalian Kecoa.....                                                | 37  |
| BAB 5 JENIS DAN CARA KERJA INSEKTISIDA DI LAHAN BASAH .....               | 43  |
| A. Insektisida .....                                                      | 43  |
| B. Sistem Syaraf Serangga .....                                           | 50  |
| BAB 6 PENGENDALIAN HAYATI UNTUK VEKTOR DAN RODENT DI LAHAN<br>BASAH ..... | 64  |
| A. Pengendalian Hayati untuk Vektor .....                                 | 64  |
| B. Pengendalian Hayati dengan Ikan.....                                   | 73  |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| BAB 7 SURVEI ENTOMOLOGI VEKTOR DAN RODENT DI LAHAN BASAH .....            | 77  |
| A. Survei Entomologi .....                                                | 77  |
| B. Pelaksanaan Survei.....                                                | 82  |
| C. Memantau Kepadatan Populasi Jentik dan Nyamuk Vektor .....             | 84  |
| D. Survey Jentik DBD .....                                                | 85  |
| BAB 8 FORMULASI PESTISIDA SESUAI STANDAR .....                            | 87  |
| A. Penamaan Pestisida .....                                               | 88  |
| B. Formulasi Pestisida .....                                              | 88  |
| C. Jenis-jenis Pstisida .....                                             | 90  |
| D. Teknik Aplikasi.....                                                   | 93  |
| E. Metode Aplikasi .....                                                  | 94  |
| BAB 9 ALAT APLIKATOR PENGENDALI VEKTOR DAN ROBENT DI LAHAN<br>BASAH ..... | 95  |
| A. Spray-can.....                                                         | 95  |
| B. Mist Blower Bermotor .....                                             | 97  |
| C. Mesin Pengkabut Dingin.....                                            | 98  |
| D. Mesin Pengkabut Dingin (Aerosol/ULV).....                              | 99  |
| E. Mesin Pengkabut Panas .....                                            | 101 |
| F. Mesin Pengkabut Panas ( <i>Hot Fogger</i> ).....                       | 103 |
| BAB 10 PENYAKIT PENTING YANG DITULARKAN VEKTOR LALAT DAN<br>PINJAL .....  | 107 |
| A. Cara Pengendalian dan Pemantauan Vektor .....                          | 113 |
| B. Status Pest Control di Daerah Perkotaan .....                          | 115 |
| BAB 11 <i>INTEGRATED PEST MANAGEMENT</i> (IPM) .....                      | 120 |
| A. Pengertian Integrated Pest Management (IPM) .....                      | 120 |
| B. Penerapan konsep <i>IPM</i> pada lingkungan permukiman.....            | 122 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Jenis ordo, famili, genus, spesies dan vektor penyakit .....                                                            | 2  |
| Tabel 2. Nyamuk Vektor di Australia, Asia Tenggara dan Pasifik .....                                                             | 24 |
| Tabel 3. Distribusi Spesies Penting Lalat pasir di Dunia.....                                                                    | 34 |
| Tabel 4. Penyakit yang dapat dituarkan oleh Lalat Rumah dan Kecoa .....                                                          | 39 |
| Tabel 5. Insektisida dan klasifikasi <i>mode of action</i> (MoA) yang bekerja pada system saraf (neurological target site) ..... | 62 |
| Tabel 6. Kemampuan beberapa Mikrosporidia Terhadap Nyamuk .....                                                                  | 72 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. Konsep Pengendalian Vektor.....                                                                                                                              | 5   |
| Gambar 2. Subfamily Anopheline (kiri) dan Subfamily Culicine (kanan).....                                                                                              | 16  |
| Gambar 3. Siklus hidup (metamorfosis) nyamuk .....                                                                                                                     | 17  |
| Gambar 4. Perbedaan tahap perkembangan nyamuk <i>Anopheles</i> , <i>Aedes</i> dan <i>Culex</i><br>(Figure by WHO).....                                                 | 20  |
| Gambar 5. Besaran kasus bersumber nyamuk di Dunia .....                                                                                                                | 21  |
| Gambar 6. Konsep Pengendalian Nyamuk .....                                                                                                                             | 26  |
| Gambar 7. Trend Penurunan Populasi larva nyamuk selama pengaplikasian <i>Bacillus</i><br><i>thuringensis</i> dan <i>Bacillus sphaericus</i> di California Selatan..... | 29  |
| Gambar 8. Morfologi Sandfly (Lalat Pasir).....                                                                                                                         | 33  |
| Gambar 9. <i>Musca domestica</i> : Lalat Rumah.....                                                                                                                    | 36  |
| Gambar 10. Siklus hidup Kecoa .....                                                                                                                                    | 37  |
| Gambar 11. Spesies Penting Kecoa yang berperan sebagai Vektor .....                                                                                                    | 38  |
| Gambar 12. Tipe Neuron .....                                                                                                                                           | 52  |
| Gambar 13. Pulvilli pada serangga sebagai Mechanical reseptor.....                                                                                                     | 53  |
| Gambar 14. Mekanisme Pompa Natrium (Target kerja organoklorin dan piretroid) .....                                                                                     | 55  |
| Gambar 15. Alat Ultra Low Volume (ULV) .....                                                                                                                           | 99  |
| Gambar 16. ULV Cold Fogging Aerosol Applicators .....                                                                                                                  | 101 |
| Gambar 17. Hot Fogger .....                                                                                                                                            | 103 |
| Gambar 18. Thermal fog machine .....                                                                                                                                   | 105 |
| Gambar 19. CDC Ovitrap .....                                                                                                                                           | 105 |
| Gambar 20. <i>Mosquito emergence trap</i> .....                                                                                                                        | 106 |
| .....                                                                                                                                                                  |     |



## BAB 1

### PENGENDALIAN VEKTOR DAN PENGELOLAAN VEKTOR TERPADU

#### A. Konsep Vektor Penyakit

Pembangunan di bidang kesehatan diarahkan untuk menekan angka kesakitan dan kematian yang disebabkan oleh berbagai penyakit yang jumlahnya semakin meningkat. Masalah umum yang dihadapi adalah jumlah penduduk yang besar dengan angka pertumbuhan yang cukup tinggi dan penyebaran penduduk yang belum merata, tingkat pendidikan dan sosial ekonomi yang masih rendah. Keadaan ini dapat menyebabkan lingkungan fisik dan biologis yang tidak memadai sehingga memungkinkan berkembang biaknya vektor penyakit. Penyakit tular vektor dan binatang pembawa penyakit masih menjadi masalah kesehatan masyarakat, baik secara endemis maupun sebagai penyakit baru yang berpotensi menimbulkan wabah.

##### 1. Arthropoda Sebagai Vektor Penular

Peraturan Pemerintah No.374 tahun 2010 menyatakan bahwa vektor merupakan arthropoda yang dapat menularkan, memindahkan atau menjadi sumber penularan penyakit pada manusia. Vektor adalah organisme yang tidak menyebabkan penyakit tapi menyebarkannya dengan membawa patogen dari satu inang ke yang lain. Berbagai jenis nyamuk, sebagai contoh, berperan sebagai vektor penyakit malaria yang mematikan.

Dalam terapi gen, virus dapat dianggap sebagai vektor jika telah direkayasa ulang dan digunakan untuk mengirimkan suatu gen ke sel targetnya. "Vektor" dalam pengertian ini berfungsi sebagai kendaraan untuk menyampaikan materi genetik seperti DNA ke suatu sel.

- a. Cara penularan penyakit oleh vektor ini dapat secara **mekanik** atau disebut juga penyebaran pasif, yakni pindahnya bibit penyakit yang dibawa vektor kepada bahan-bahan yang digunakan manusia (umumnya makanan), dan jika makanan tersebut dimakan oleh manusia maka timbul penyakit. Contoh :
  - Lalat rumah : Desentri, Kolera, Tipus
  - Kecoa/Kecoa : sda
  - Kutu busuk : iritasi

b. Penularan secara **biologik** yang disebut pula penyebaran aktif. Disini bibit penyakit hidup serta berkembang biak di dalam tubuh vektor dan jika vektor tersebut menggigit manusia, maka bibit penyakit masuk ke dalam tubuh sehingga timbul penyakit. Contoh :

- Nyamuk : Malaria, Filariasis, DBD, Chikungunya, JE
- Tungau : Demam semak
- Pinjal : pes

Vektor biologi merupakan vektor yang membawa *agent* penyakit dimana *agent* penyakitnya mengalami perubahan bentuk dan jumlah dalam tubuh vektor. Vektor Biologi terbagi atas 3 berdasarkan perubahan *agent* dalam tubuh vektor, yaitu :

1) *Cyclo Propagative*

*Cyclo propagative* yaitu dimana *infeksius agent* mengalami perubahan bentuk dan penambahan jumlah dalam tubuh vektor maupun dalam tubuh *host*. Misalnya, *plasmodium* dalam tubuh nyamuk *anopheles* betina.

2) *Cyclo Development*

*Cyclo development* yaitu dimana *infeksius agent* mengalami perubahan bentuk namun tidak terjadi penambahan jumlah dalam tubuh vektor maupun dalam tubuh *host*. Misalnya, *microfilaria* dalam tubuh manusia.

3) *Propagative*

*Propagative* yaitu dimana *infeksius agent* tidak mengalami perubahan bentuk namun terjadi penambahan jumlah dalam tubuh vektor maupun dalam tubuh *host*. Misalnya, *Pasteurella pestis* dalam tubuh *xenopsila cheopis*.

**2. Arthropoda Sebagai Intemmediate Host**

Arthropoda sebagai *intermediate host* artinya arthropoda berperan hanya sebagai tuan rumah ataupun tempat perantara *agent* infeksius tanpa memindahkan ataupun menularkan *agent* infeksius tersebut ke tubuh inang (*host*).

Tabel 1. Jenis ordo, famili, genus, spesies dan vektor penyakit

| <i>Ordo</i>       | <i>Famili</i>      | <i>Genus</i>    | <i>Spesies</i>        | <b>Vektor/parasite</b> |
|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
| <b>1. Diptera</b> | <i>Simuliidae</i>  | <i>Simulium</i> | <i>S.damnosum</i>     | Onchocerca             |
|                   | <i>Psychodidae</i> |                 | <i>Phlebotomus sp</i> | Leishmania             |
|                   | <i>Sub fam:</i>    |                 | <i>P. papatasi</i>    | Bartonella             |

|                                                            |                                       |                      |                                                                      |                                                          |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                            | <i>Phlebotominae</i>                  | <i>Phlebotomus</i>   | <i>P. sergenti</i><br><i>Lutzomia</i><br><i>verucorum</i>            | Penyakit virus                                           |
|                                                            | <i>Ceratopogonidae</i>                | <i>Culicoides</i>    | <i>C. variipens</i>                                                  | Virus blu tongue                                         |
|                                                            | <i>Culicidae</i>                      | <i>Culex</i>         | <i>C. tarsalis</i><br><i>C. pipiens</i><br><i>C. tritaenorinchus</i> | Peny. Tidur<br>filariasis<br>Jap.encephal.               |
|                                                            |                                       | <i>Aedes</i>         | <i>A. aegypti</i>                                                    | Yellow fever<br>Dengue                                   |
|                                                            | <i>Sub fam:</i><br><i>Anophelinae</i> | <i>Anopheles</i>     | <i>A. quadrimaculatus</i><br><i>Dsb</i>                              | Malaria                                                  |
| <b>Sub ordo:</b><br><b>Brachyera</b>                       | <i>Tabanidae</i>                      | <i>Chrysops</i>      | <i>Chrysops sp</i>                                                   | Loa loa                                                  |
|                                                            | <i>Muscidae</i>                       | <i>Musca</i>         | <i>M. domestica</i>                                                  | Bacteri<br>spora jamur<br>telur cacing<br>cysta protozoa |
|                                                            |                                       | <i>Glossina</i>      | <i>G. palpalis</i><br><i>G. fuscipes</i><br><i>G. tachinoides</i>    | Trypanosomiasis                                          |
| <b>2. Acari</b><br><b>sub ordo:</b><br><b>metastigmata</b> | <i>Ixodidae</i><br>(caplak keras)     | <i>Ixodes</i>        | <i>I. Pacificus</i><br><i>I. Holocyclus</i>                          | Paralysis                                                |
|                                                            |                                       | <i>Haemophysalis</i> | <i>H. cordeilus</i>                                                  |                                                          |
|                                                            |                                       | <i>Dermacentor</i>   | <i>D. andersoni</i><br><i>D. occidentalis</i>                        | Paralysis<br>Virus                                       |
|                                                            |                                       | <i>Amblyoma</i>      | <i>A. americanum</i><br><i>A. cayenense</i>                          | Tularemia                                                |
|                                                            |                                       | <i>Rhipicephalus</i> | <i>R. appendiculatus</i>                                             |                                                          |
|                                                            |                                       | <i>Boopophilus</i>   | <i>B. microplus</i>                                                  | Babesia                                                  |

|                                                                                      |                                    |                                      |                                         |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                      | <i>Argasidae</i><br>(caplak lunak) | <i>Ornithodoros</i>                  | <i>O.hermisi</i><br><i>O.savignyi</i>   | Relapsing vefer<br>Gatal |
|                                                                                      |                                    | <i>Otobius</i>                       | <i>O.megnini</i>                        | Gatal                    |
|                                                                                      |                                    | <i>Argas</i>                         | <i>A.persicus</i>                       |                          |
| <b>Sub ordo:</b><br><b>Prostigmata</b>                                               | <i>Demodicidae</i>                 | <i>Demodex</i>                       | <i>D.foliculorum</i><br><i>D.brevis</i> | Kutu rambut              |
| <b>Astigmata</b>                                                                     | <i>Psoroptidae</i>                 | <i>Chorioptes</i>                    | <i>C.bovis</i>                          |                          |
|                                                                                      | <i>Sarcoptidae</i>                 | <i>Sarcoptes</i>                     | <i>S.scabei</i>                         | Zoonosis,gatal           |
| <b>3.</b><br><b>Mallophaga</b><br>(kutu;lice)<br><b>Sub fam:</b><br><b>Amblycera</b> | -                                  | <i>Nemacanthus</i><br><i>Menopon</i> | <i>N.galinus</i><br><i>M.galinae</i>    |                          |
| <b>Anoplura</b>                                                                      | -                                  | <i>Pediculus</i><br><i>Phthirus</i>  | <i>Ped.humanus</i><br><i>Pht.pubis</i>  | tuma<br>tuma rambut      |
| <b>4.</b><br><b>Hemiptera</b><br>(bug)                                               | <i>Reduviidae</i>                  | <i>Reduvius</i>                      | <i>R.personatus</i>                     | Tryp.cruzi               |
|                                                                                      | <i>Triatominae</i>                 | <i>Triatoma</i>                      | <i>T.infestans</i>                      | Tryp.cruzi               |
| <b>5.</b><br><b>Shiponoptera</b><br>(fleas;<br>pinjal)                               | <i>Pulicidae</i>                   | <i>Pulex</i>                         | <i>P. irritans</i>                      | Plague                   |
|                                                                                      |                                    |                                      | <i>P. simulans</i>                      | Yusticia pestis          |
|                                                                                      | <i>Tungidae</i>                    | <i>Tunga</i>                         | <i>T.penetrans</i>                      | Gatal sangat             |

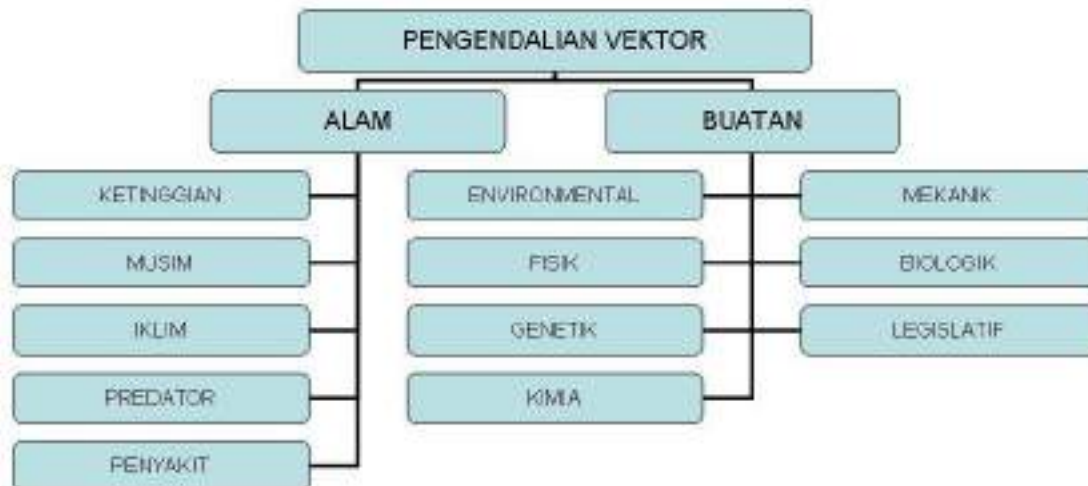
## B. Pengendalian Vektor

Dalam PERMENKES RI No 374/MENKES/PER/III/2010, pengendalian vektor adalah semua kegiatan atau tindakan yang ditujukan untuk:

1. Menurunkan populasi vektor serendah mungkin sehingga keberadaannya tidak lagi beresiko untuk terjadinya penularan penyakit tular vektor di suatu wilayah atau
2. Menghindari kontak dengan vektor sehingga penularan penyakit tular vektor dapat dicapai dengan Pengendalian Vektor Terpadu (PVT) merupakan pendekatan yang menggunakan kombinasi beberapa metode pengendalian vektor yang dilakukan berdasarkan azas keamanan, rasionalitas dan efektifitas pelaksanaannya serta dengan mempertimbangkan kelestarian keberhasilannya.

### 1. Konsep Pengendalian Vektor

Menekan kepadatan vektor, sehingga tidak menyebabkan masalah (menularkan penyakit) bagi manusia dan ternak. Usaha pemberantasan (eradikasi) vektor adalah tidak memungkinkan (konsep di ubah menjadi pengendalian) Tidak menimbulkan kerusakan atau gangguan terhadap tata lingkungan hidup.



Gambar 1. Konsep Pengendalian Vektor

### 2. Metode Pengendalian Vektor

Metode pengendalian vektor bertujuan untuk memutuskan rantai kehidupan vektor pada tingkat kehidupan yang paling lemah, baik tingkat pradewasa maupun dewasa. Tujuan pengendalian vektor adalah :

- a. Menghindari atau mengurangi gigitan vektor
- b. Membunuh vektor terinfeksi parasit (utama)
- c. Membunuh vektor stadium pradewasa

- d. Menghilangkan atau mengurangi habitat vektor

Pengendalian vektor penyakit sangat diperlukan bagi beberapa macam penyakit karena berbagai alasan :

- a. Penyakit ada belum ada vaksin atau obatnya, seperti hampir semua penyakit yang disebabkan oleh virus.
- b. Belum ada obat ataupun vaksinnya sudah ada, tetapi kerja obat tadi belum efektif, terutama untuk penyakit parasiter.
- c. Berbagai penyakit didapat pada banyak hewan selain manusia, sehingga sulit dikendalikan
- d. Penyakit dapat manjalar, karena vektornya yang bergerak cepat, seperti insekta yang bersayap.
- e. Sering menimbulkan cacat dan kematian, seperti filariasis, malaria, dan demam berdarah dengue (DBD).

### **3. Macam Pengendalian Vektor**

- a. Pengendalian Kimiawi

Pengendalian vektor selama 30-40 tahun terakhir ini dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan insektisida. Hasil yang dicapai cukup memadai, tetapi karena pemberantasan tersebut terputus-putus akibat masalah politis, maka terjadi resistensi vektor terhadap insektisida. Selain itu, insektisida yang digunakan bersifat persisten (DOT) sehingga terjadi pencemaran lingkungan. Karenanya dibutuhkan jenis insektisida yang baru lagi mudah terurai. Jadi pemberantasan kimiawi ini menjadi semakin mahal. Selain itu, pertumbuhan penduduk yang cepat membutuhkan lebih banyak lahan untuk bercocok tanam, bermukim dan berkarya, sehingga terjadi sarang-sarang insekta baru, terutama di daerah kumuh dan persawahan, persampahan dan drainase.

- b. Pengendalian Biologi

Pengendalian secara biologis dilakukan dengan dua cara, yakni:

- 1) Memelihara musuh alaminya

Musuh alami insekta dapat berupa pemangsanya ataupun mikroba penyebab penyakitnya. Untuk ini perlu diteliti lebih lanjut pemangsa dan penyebab penyakit mana yang paling efektif dan efisien mengurangi populasi insekta. Untuk ini perlu juga dicari bagaimana caranya untuk melakukan pengendalian pertumbuhan pemangsa dan penyebab penyakit ini apabila populasi vektor sudah terkendali jumlahnya.

2) Mengurangi fertilitas insekta.

Untuk cara kedua ini pernah dilakukan dengan meradiasi insekta jantan sehingga steril dan menyebarkannya di antara insekta betina. Dengan demikian telur yang dibuahi tidak dapat menetas. Cara kedua ini dianggap masih terlalu mahal, dan efisiensinya masih perlu dikaji.

c. Pengendalian Rekayasa

Pengendalian secara rekayasa pada hakekatnya ditujukan untuk mengurangi sarang insekta (*breeding places*) dengan melakukan pengelolaan lingkungan, yakni melakukan manipulasi dan modifikasi lingkungan. Manipulasi adalah tindakan sementara sehingga keadaan tidak menunjang kehidupan vektor. Sebagai contoh adalah perubahan niveau air atau membuat pintu air sehingga salinitas air dapat diatur. Modifikasi adalah tindakan untuk memperbaiki kualitas lingkungan secara permanen, seperti pengeringan, penimbunan genangan, perbaikan tempat pembuangan sampah sementara maupun akhir (TPS, TPA), dan konstruksi serta pemeliharaan saluran drainase. Pada hakekatnya pengelolaan ini bersifat lebih permanen (jangka panjang) dibanding dengan cara kimiawi, tetapi memerlukan modal awal yang cukup tinggi, sehingga di negara berkembang pengendalian vektor secara rekayasa sering kali menjadi terkebelakang. Saat ini, pengendalian vektor sebaiknya menjadi suatu program kerja yang terpadu dalam semua proyek pembangunan, mengingat bahwa pembangunan dapat menimbulkan sarang insekta, sehingga di satu pihak diinginkan peningkatan kesejahteraan ataupun mencegah penyakit (penyakit diare dengan memberi penyediaan air bersih), tetapi di lain pihak proyek tadi menimbulkan penyakit baru, bawaan vektor (genangan air buangan, bak mandi sebagai sarang nyamuk *Aedes* penyebar DHF).

### C. Pengendalian Vektor Terpadu

Strategi ini dilaksanakan atas dasar ekologi vektor, sehingga diketahui berbagai karakteristik vektor seperti habitat, usia hidup, probabilitas terjadi infeksi pada vektor dan manusia, kepekaan vektor terhadap penyakit, dan lain-lainnya. Atas dasar ini, dapat dibuat strategi pengendalian yang menyeluruh dengan meningkatkan partisipasi masyarakat, kerjasama sektoral, dan lain-lainnya

#### 1. Pemantauan

Pengendalian vektor penyakit ini merupakan konsep yang relatif baru. Pada awalnya orang berpikir tentang pembasmian vektor. Akan tetapi kemudian tampak bahwa pembasmian itu sulit dicapai dan kurang realistis dilihat dari segi ekologis. Oleh karenanya pengendalian vektor saat ini hanya ditujukan untuk mengurangi dan mencegah penyakit bawaan vektor sejauh dapat dicapai dengan keadaan sosial-ekonomi yang ada serta keadaan endemi penyakit yang ada.

Oleh karenanya pemantauan keadaan populasi insekta secara kontinu menjadi sangat penting. Pengendalian secara terpadu direncanakan dan dilaksanakan untuk jangka panjang, ditunjang dengan pemantauan yang kontinu. Untuk ini diperlukan berbagai parameter pemantauan dan pedoman tindakan yang perlu diambil apabila didapat tanda-tanda akan terjadinya kejadian luar biasa/wabah.

Parameter vektor penyakit yang dipantau antara lain adalah:

- 1) indeks lalat untuk kepadatan lalat;
- 2) indeks pinjal untuk kepadatan pinjal;
- 3) kepadatan nyamuk dapat dinyatakan sebagai Man Biting Rate (MBR), indeks kontainer, indeks rumah, dan/atau indeks Breteau;

Tindakan khusus diambil apabila kepadatan insekta meningkat cepat dan dikhawatirkan akan terjadi wabah karenanya. Tindakan sedemikian dapat berupa:

- 1) intensifikasi pemberantasan sarang seperti perbaikan saluran drainase, kebersihan saluran dan reservoir air, menghilangkan genangan, mencegah pembusukan sampah, dan seterusnya;
- 2) mobilisasi masyarakat untuk berperan serta dalam pemberantasan dengan memelihara kebersihan lingkungan masing-masing; dan
- 3) melakukan penyemprotan insektisida terhadap vektor dewasa didahului



dengan uji resistensi insekta terhadap insektisida yang akan digunakan

## 2. Manajemen Vektor Terintegrasi/*Integrated Vector Management (IVM)*

IVM adalah proses pendekatan pengambilan keputusan secara rasional dengan penggunaan sumber daya yang optimal untuk pengendalian vektor. Pendekatan ini berupaya meningkatkan keberhasilan, efektivitas biaya, ekologi, dan keberlanjutan dalam pengendalian vektor penyakit. Tujuan utamanya adalah untuk mencegah penularan penyakit yang ditularkan melalui vektor seperti malaria, demam berdarah, ensefalitis Jepang, leishmaniasis, schistosomiasis, dan penyakit Chagas.

## 3. Strategi operasional

Kerangka Strategis Global untuk IVM membutuhkan penetapan prinsip, kriteria dan prosedur dalam pengambilan keputusan bersama dengan kerangka waktu dan target. lima elemen kunci untuk keberhasilan implementasi IVM:

- Advokasi, mobilisasi sosial, mengawal peraturan untuk kesehatan masyarakat dan pemberdayaan masyarakat.
- Kolaborasi dalam sektor kesehatan dan dengan sektor lainnya melalui penggunaan sumber daya, perencanaan, pemantauan, dan pengambilan keputusan yang optimal.
- Penggabungan metode pengendalian vektor non-kimia dan kimia, dan integrasi dengan langkah-langkah pengendalian penyakit lainnya.
- Pengambilan keputusan berbasis bukti (*eviden base*) yang dibuktikan dari penelitian operasional dan pengawasan serta evaluasi secara entomologis dan epidemiologis.
- Pengembangan sumber daya manusia yang memadai, pelatihan dan struktur karir di tingkat nasional dan lokal untuk mempromosikan pengembangan kapasitas dan mengelola program IVM;

## **BAB 2**

### **PENGENDALIAN VEKTOR DI LAHAN BASAH**

Lahan basah adalah ekosistem yang pembentukannya dikuasai oleh air, dan proses serta cirinya terutama dikendalikan oleh air. Suatu lahan basah adalah suatu tempat yang cukup basah selama waktu cukup panjang bagi pengembangan vegetasi dan organisme lain yang teradaptasi khusus. Menurut konferensi Ramsar sendiri lahan basah (*wetlands*) dapat diartikan sebagai lahan basah yang secara alami atau buatan selalu tergenang, baik secara terus-menerus ataupun musiman, dengan air yang diam ataupun mengalir. Air yang menggenangi lahan basah dapat berupa air tawar, payau dan asin. Tinggi muka air laut yang menggenangi lahan basah yang terdapat di pinggir laut tidak lebih dari 6 meter pada kondisi surut.

Konsep pengendalian vektor di lahan basah

Pengendalian vektor di lahan basah berorientasi pada habitat vektor yang memiliki perkembangbiakan baik dewasa dan pradewasa di lahan basah. Konsep pengendalian vektor di lahan basah berarti menekan serendah mungkin populasi dan habitat vektor sampai pada kondisi yang tidak merugikan terhadap kehidupan.

Beberapa macam pengendalian vektor yang bisa di aplikasikan di lahan basah yaitu:

#### **1. Pengendalian secara alamiah (*naturalistic control*)**

Pengendalian secara alamiah yaitu memanfaatkan kondisi alam yang dapat mempengaruhi kehidupan vektor dalam jangka waktu yang lama.

##### **a. Manipulasi lingkungan**

Adalah suatu upaya pengelolaan lingkungan yang meliputi kegiatan yang terencana yg bertujuan untuk mengubah kondisi sementara yang tidak menguntungkan bagi perkembang biakan vektor penyakit pada habitatnya sebagai contoh adalah : pembersihan tanaman, peneduhan dan pengeringan rawa

##### **b. Modifikasi Lingkungan**

Adalah upaya pengelolaan lingkungan yang meliputi perubahan fisik yang bersifat permanen terhadap lahan, air dan tanaman yang bertujuan untuk mencegah, menghilangkan atau mengurangi habitat vektor penyakit tanpa menyebabkan terganggunya kualitas lingkungan hidup manusia. Termasuk kegiatan ini adalah

drainase, penimbunan tempat perindukan vektor penyakit berupa genangan air. Beberapa contoh nyata modifikasi lingkungan yaitu :

1) Penimbunan tempat perkembangbiakan.

Telah banyak dilakukan di beberapa negara, misalnya di Philipina terhadap *Ae. aegypti* penyebar penyakit *dengue (yellow fever)* dengan cara menimbun kontainer yang berisi air. Di Indonesia (Surabaya) pernah juga dilakukan pengendalian *Ae. aegypti* dengan penimbunan container yang berisi air. Selain itu juga dilakukan pengelolaan rabuk ayam (unggas) untuk mengendalikan populasi lalat. Upaya lain dilakukan untuk mengendalikan populasi *Musca domestica* dilakukan sanitasi dan penimbunan tempat sampah.

2) Pengeringan tempat perkembangbiakan

Banyak dilakukan terhadap nyamuk (*Anopheles sp, Culex sp, Mansonia sp.*) sebagai penyebar malaria, filariasis dan lain-lain. Pada tahun 1969 – 1971, di Haiti dilakukan upaya untuk mengendalikan populasi *An. albimanus* dengan cara melakukan pengaliran air yang menggenang hingga menjadi kering. Kemudian setelah dilakukan penangkapan nyamuk, ternyata kepadatan populasi rata-rata perbulan menurun dari 13,0 pada tahun 1969 menjadi 1,5 pada tahun 1971. Di Afrika untuk mengendalikannya dilakukan sanitasi dan pengeringan tempat pembuangan limbah pemukiman manusia.

2. Pengendalian terapan (*applied control*)

Pengendalian terapan yaitu memberikan perlindungan bagi kesehatan manusia dari gangguan vektor dalam jangka waktu sementara

a. **Upaya peningkatan sanitasi lingkungan (*environmental sanitation improvement*)**

Pengendalian secara sanitasi lingkungan merupakan pengendalian secara tidak langsung. Dimana kita membersihkan maupun mengeluarkan tempat-tempat perkembangbiakan nyamuk, seperti; kaleng bekas, plastik bekas, ban mobil atau motor dan lain-lain yang dapat menampung genangan air hujan. Tempat-tempat penampungan air harus dibersihkan untuk mengeluarkan ataupun membunuh

telur-telur, jentik, serta pupa nyamuk (Sembel, 2009). Sanitasi lingkungan mencakup pengelolaan sampah, limbah cair, termasuk tinja dan sanitasi rumah yang ditujukan untuk mencegah kehadiran vektor penyakit..

b. **Pengendalian secara fisik-mekanik (*physical-mechanical control*) >> modifikasi/manipulasi lingkungan >> landfilling, draining**

Cara ini menitikberatkan kepada pemanfaatan iklim/musim dan menggunakan alat penangkap mekanis antara lain :

- Pemasangan perangkap tikus atau perangkap serangga
- Pemasangan jaring
- Pemanfaatan sinar/cahaya untuk menarik atau menolak (*to attract and to repeal*)
- Pemanfaatan kondisi panas dan dingin untuk membunuh vektor dan binatang pengganggu.
- Pemanfaatan kondisi musim/iklim untuk memberantas jentik nyamuk.
- Pemanfaatan suara untuk menarik atau menolak vektor dan binatang pengganggu.
- Pembunuhan vektor dan binatang pengganggu menggunakan alat pembunuh (pemukul, jepretan dengan umpan, dll)
- Pengasapan menggunakan belerang untuk mengeluarkan tikus dari sarangnya sekaligus peracunan.
- Pembalikan tanah sebelum ditanami.
- Pemanfaatan arus listrik dengan umpan atau attractant untuk membunuh vektor dan binatang pengganggu (perangkap serangga dengan listrik daya penarik menggunakan lampu neon).

c. **Pengendalian secara biologis (*biological control*) >> memanfaatkan musuh alamiah atau pemangsa/predator, fertilisasi.**

Pengendalian secara biologis dilakukan dengan memelihara musuh alaminya. Musuh alami insekta dapat berupa pemangsanya ataupun mikroba penyebab penyakitnya. Untuk ini perlu diteliti lebih lanjut pemangsa dan penyebab penyakit mana yang paling efektif dan efisien mengurangi populasi insekta. Untuk ini perlu juga dicari bagaimana caranya untuk melakukan pengendalian pertumbuhan

pemangsa dan penyebab penyakit ini apabila populasi vektor sudah terkendali jumlahnya.

Beberapa musuh alami yang dapat diaplikasikan yaitu ikan pemakan jentik seperti ikan cupang, ikan mas, ikan nila, dll. Dari bakteri bias menggunakan *Bacillus thuringensisi* dan *Bacillus spaerichus*. Dari golongan crustacea bias dengan menggunakan *Mesocyclops* sp.

**d. Pengendalian dengan pendekatan per-UU (legal control)**

Pendekatan undang-undang/legislasi dapat mendukung dalam percepatan pengendalian vektor. Hal ini karena di dukung dari berbagai lintas sektor. 'legislasi tersebut merupakan payung hukum pemerintah atau pengambil kebijakan dalam mengaplikasikan di masyarakat.

Penguatan legislasi (di tingkat provinsi, kabupaten dan desa), sosialisasi, koordinasi dan juga amunisi (pendanaan) secara berkelanjutan. Bila kegiatan itu dapat dilakukan secara intensif dan berkelanjutan, maka masalah vector dan kasus DBD yang selalu mencuat pada awal musim hujan dapat dikurangi. Dengan demikian rasa aman masyarakat semakin terjamin dan citra Bali sebagai daerah tujuan wisata tidak lagi menjadi berita. Walaupun demikian sosialisasi untuk mengubah pola pikir masyarakat ke arah itu tidak mudah, untuk itu diperlukan sosialisasi dan pengembangan teknologi-teknologi alternative terkait musuh alami, insetisida botani dan mikroba, zat pengatur tumbuh dan juga regulasi melalui system karantina juga penting dirintis yang penggunaanya disesuaikan situasi dan kondisi penyakit, dan dinamika populasi dan struktur komunitas serangga vektor di lapangan. Legislasi juga dapat digunakan sebagai banteng pertahan keluar masuk penyakit bersumber vektor yang berpotensi menimbulkan wabah.

**e. Pengendalian dengan menggunakan bahan kimia (*chemical control*)**

Cara ini lebih mengutamakan penggunaan pestisida/rodentisida untuk peracunan. Penggunaan insektida di lahan basah dan berair sangat tidak dianjurkan. Pencemaran air dan terganggunya habitat di dalam air yang diakibatkan oleh pengaplikasian insektisida dapat mengganggu ekosistem. Penaburan insektisida cair berupa minyak dapat dilakukan dengan kondisi tertentu, misalnya.

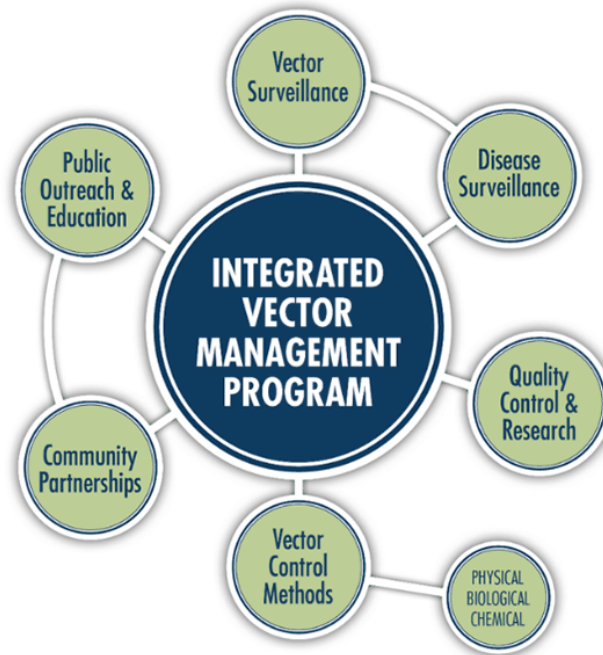
- 1) Dalam kondisi wabah dan perlu penanganan cepat
- 2) Potensi terjadinya kerusakan lingkungan sangat rendah dan
- 3) Pada kolam atau lagoon yang tidak tertapakai sehingga dapat berpotensi sebagai tempat habitat vektor.

**Pengendalian terpadu (*integrated control*)/Pengendalian Vektor Terpadu (*Integrated Vektor Management*)**

IVM merupakan konsep pengendalian vektor yang diusulkan oleh WHO untuk mengefektifkan berbagai kegiatan pemberantasan vektor oleh berbagai institusi.

1. Advokasi, mobilisasi sosial dan perundang-undangan: Promosi dan penyertaan prinsip-prinsip IVC. Pemberdayaan masyarakat untuk keberlanjutan. Pembentukan atau penguatan - kontrol regulasi & legislatif untuk kesehatan masyarakat.
2. Kolaborasi dalam sektor kesehatan dan sektor lainnya: Pertanian dan proyek pengembangan pertanian, Sektor perkotaan; Pengembangan industri; Proyek pengembangan infrastruktur; Proyek pengembangan sumber daya air; Proyek perumahan;
3. Pendekatan terpadu: IRS di daerah berisiko tinggi dan dalam situasi epidemi berdasarkan perilaku vektor dan penerimaan masyarakat. Penggunaan kelambu berinsektisida / kelambu insektisida tahan lama dan metode perlindungan pribadi lainnya. Manajemen lingkungan dan kontrol biologis perlu diberi arti penting.
4. Pengambilan keputusan berbasis bukti: Strategi IVC membutuhkan penilaian kebutuhan pengendalian vektor berdasarkan faktor lokal. Menuntut sistem pengawasan / manajemen informasi yang efisien yang menyoroti target untuk intervensi pengendalian vektor.
5. Riset operasional dan implementasi: Dukungan riset operasional dan implementasi yang kuat untuk pengembangan alat baru dan yang dimodifikasi
6. Pengembangan kapasitas: keahlian di tingkat pusat, serta periferal. Mengembangkan alat dan pedoman dalam bahasa lokal dan pelatihan personel untuk pengendalian vektor.
7. Pemantauan dan evaluasi - indikator sesuai persyaratan dan target lokal yang ditetapkan. Input, biaya & hasil intervensi yang berbeda, ketika digunakan secara

tunggal atau dalam kombinasi & secara bersamaan atau berurutan di area yang ditentukan, harus dipantau.

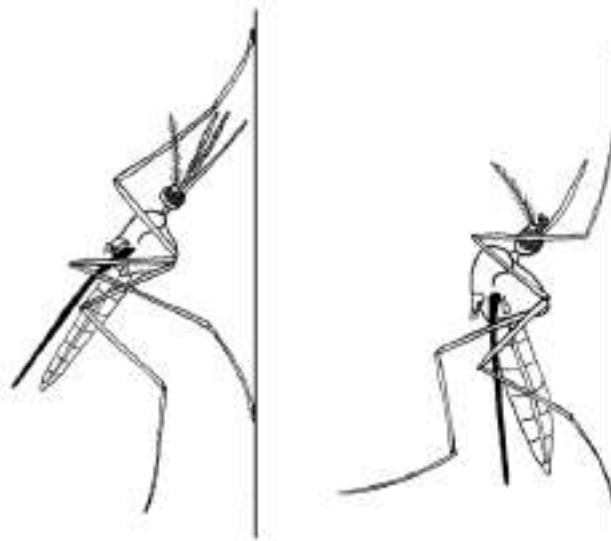


### BAB 3

## PENGENDALIAN VEKTOR NYAMUK DI LAHAN BASAH

Penyakit bersumber nyamuk (*mosquito borne disease*) seperti Demam Dengue, chikungunya, malaria, Japanese encephalitis dan Filariasis di Indonesia masih merupakan masalah kesehatan masyarakat. Morbiditas dan mortalitas penyakit tersebut masih tergolong tinggi. Distribusi kejadian penyakit tersebut masih terjadi di seluruh Indonesia. Beberapa factor yang mempengaruhi diantaranya perilaku penduduk berisiko, banyaknya tempat perindukan dan perubahan iklim. Upaya pengendalian perlu dilakukan untuk menurunkan angka morbiditas dan mortalitas, salah satunya dengan melakukan pengendalian vektor. Upaya spesifik pengendalian vektor di Kalimantan dapat dilakukan dengan melakukan control di lahan basah (*wetland*).

### 1. Bioekologi Nyamuk



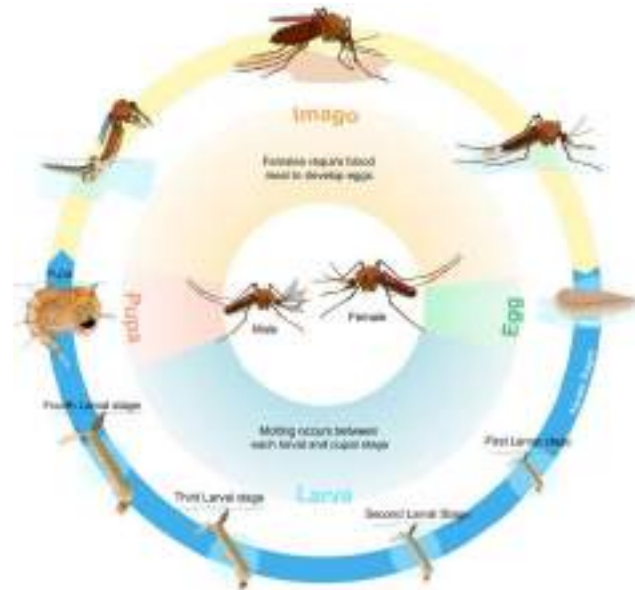
Gambar 2. Subfamily Anopheline (kiri) dan Subfamily Culicine (kanan).  
(sumber : [http://www.phsource.us/PH/PARA/Chapter\\_12\\_files/image044.gif](http://www.phsource.us/PH/PARA/Chapter_12_files/image044.gif))

Nyamuk termasuk kelompok hewan *Arthropoda* terbesar dengan 3,100 jenis di dunia. Hanya sekitar 100 dari mereka yang merupakan vektor. Nyamuk dapat digolongkan menjadi dua subfamily yaitu :



- a. **Subfamily Anopheline** dengan jenis nyamuk *Anopheles* sebagai vektor utama penyebaran penyakit malaria disamping itu nyamuk *Anopeles* juga berpotensi Sebagai vektor filariasis.
- b. **Subfamily Culicine** dengan genus terpenting yaitu *Aedes*, *Culex*, dan *Mansonia*. Beberapa penyakit ditularkan seperti demam kuning, demam berdarah, dll.

Dalam siklus hidup nyamuk terdapat tingkatan-tingkatan dimana antara tingkatan yang satu dengan yang lainnya sangat jauh berbeda. Berdasarkan tempat hidupnya /lingkungannya dikenal dua tingkatan kehidupan nyamuk yaitu : i) tingkatan di dalam air berupa telur → jentik → kepompong, ii) tingkatan diluar air yaitu berupa nyamuk (Gambar 2).



Gambar 3. Siklus hidup (metamorfosis) nyamuk

(sumber : <https://cdn.osanabar.com/wp-content/uploads/2012/12/mosquito-life-cycle-1024x948.jpg>)

Nyamuk biasanya meletakkan telur di tempat yang berair, pada tempat yang keberadaannya kering telur akan rusak dan mati. Kebiasaan meletakkan telur dari nyamuk berbeda-beda tergantung dari jenisnya. Nyamuk anopeles akan meletakkan telurnya dipermukaan air satu persatu atau bergerombolan tetapi saling lepas, telur anopeles mempunyai alat pengapung. Nyamuk *Culex* akan meletakkan telur diatas permukaan air secara bergerombolan dan bersatu berbentuk rakit sehingga mampu untuk mengapung. Nyamuk *Aedes* meletakkan telur dan menempel pada yang terapung diatas air atau

menempel pada permukaan benda yang merupakan tempat air pada batas permukaan air dan tempatnya. Sedangkan nyamuk *Mansonia* meletakkan telurnya menempel pada tumbuhan-tumbuhan air, dan diletakkan secara bergerombol berbentuk karangan bunga.




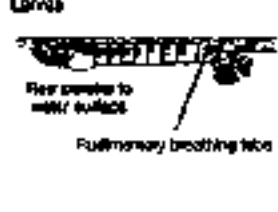
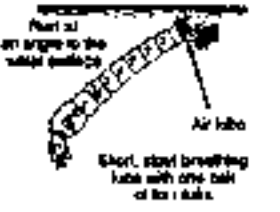
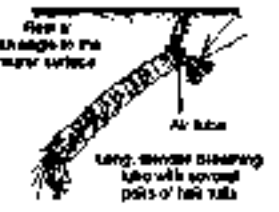
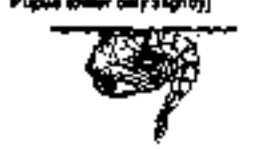
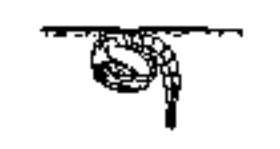
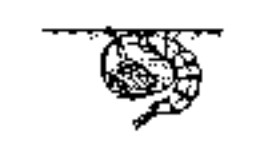
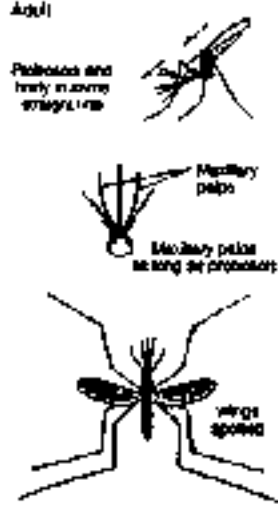
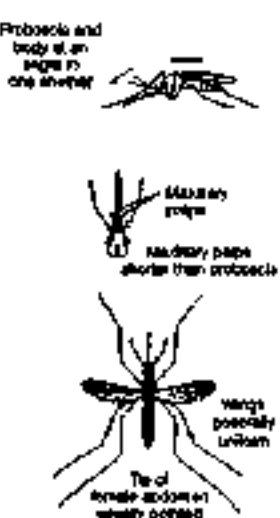

Tidak menutup kemungkinan, telur nyamuk biasanya (spesies tertentu saja) diletakkan pada daun lembab atau kolam yang kering. Pemilihan tempat ini dilakukan oleh induk nyamuk dengan menggunakan reseptor yang ada di bawah perutnya. reseptor ini berfungsi sebagai sensor suhu dan kelembaban. setelah tempat ditemukan, induk nyamuk mulai mengerami telurnya. telur-telur itu panjangnya kurang dari 1 mm, disusun secara bergaris, baik dalam kelompok maupun satu persatu. beberapa spesies nyamuk meletakkan telur-telurnya saling menggabung membentuk suatu rakit yang bisa terdiri dari 300 telur. Setelah itu, telur berada pada masa periode inkubasi (pengeraman). pada periode ini. Inkubasi sempurna terjadi pada musim dingin. Selesai setelah itu larva mulai keluar dari telurnya semua hampir dalam waktu yang sama. sampai siklus pertumbuhan ini selesai secara keseluruhan, larva nyamuk akan berubah kulitnya sebanyak 2 kali. Stadium telur ini memakan waktu

Pada perkembangan stadium jentik, adalah pertumbuhan dan melengkapi bulu-bulunya, Waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan jentik antara 8-10 hari tergantung pada suhu, keadaan makanan serta species nyamuk. Pertumbuhan jentik dipengaruhi faktor temperatur, nutrien, ada tidaknya binatang predator. Larva nyamuk dikenal sebagai jentik dan didapati di sembarang bekas berisi air. Jentik bernafas melalui saluran udara yang terdapat pada ujung ekor. Pupa biasanya seaktif larva, tetapi bernafas melalui tanduk thorakis yang terdapat pada gelung thorakis. Kebanyakan jentik memakan mikroorganisme, tetapi beberapa jentik adalah pemangsa bagi jentik spesies lain. Sebagian larva nyamuk seperti *Wyeomyia* hidup dalam keadaan luar biasa. Jentik-jentik spesies ini hidup dalam air tergenang dalam tumbuhan epifit atau di dalam air tergenang dalam pohon periuk kera. Jentik-jentik spesies genus *Deinocerites* hidup di dalam sarang ketam sepanjang pesisir pantai.

Merupakan stadium terakhir dari nyamuk yang berada di dalam air. Pupa biasanya seaktif larva, tetapi bernafas melalui tanduk thorakis yang terdapat pada gelung thorakis. Pada stadium ini memerlukan makanan dan terjadi pembentukan sayap hingga dapat terbang. Stadium kepompong akan memakan waktu lebih kurang 1-2 hari. Setelah cukup

waktunya, dari kepompong akan keluar nyamuk dewasa yang telah dapat dibedakan jenis kelaminnya. Setelah nyamuk bersentuhan dengan udara, tidak lama kemudian nyamuk tersebut telah mampu terbang, yang berarti meninggalkan lingkungan berair untuk meneruskan hidupnya didarat atau udara. Dalam meneruskan keturunannya. Nyamuk betina kebanyakan hanya kawin satu kali selama hidupnya. Biasanya perkawinan terjadi setelah 24-48 jam dari saat keluarnya dari kepompong.

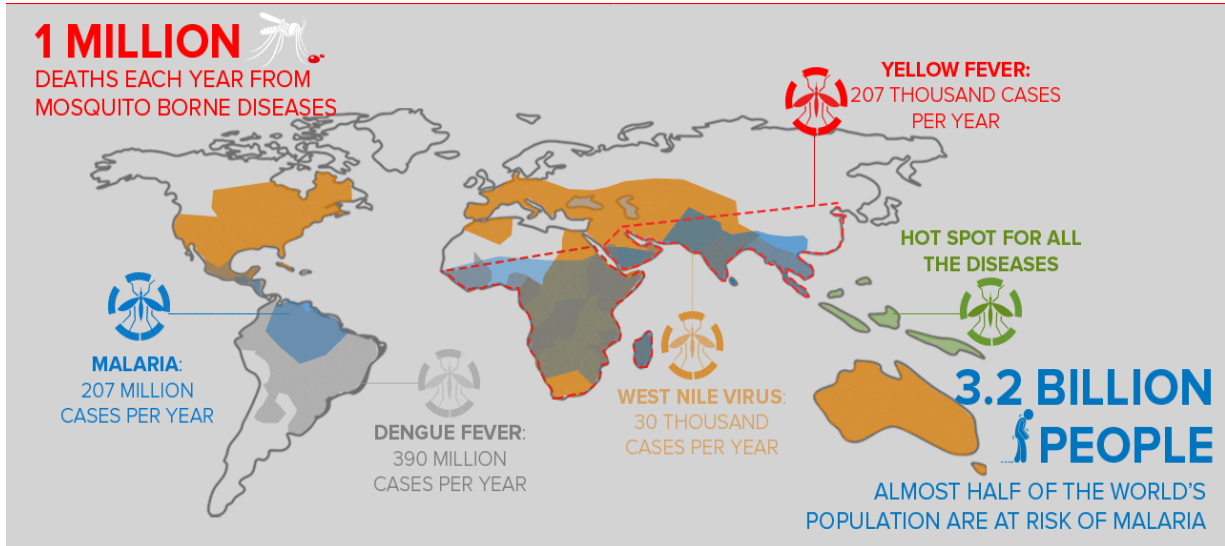
Nyamuk dalam kepompong pupa yang cukup dewasa dan siap terbang dengan semua organnya seperti antena, belalai, kaki, dada, sayap, perut, dan mata besar yang menutupi sebagian besar kepalanya. lalu kepompong pupa disobek di atas. Tingkat ketika nyamuk yang telah lengkap muncul ini adalah tingkat yang paling membahayakan. Nyamuk harus keluar dari air tanpa kontak langsung dengan air, sehingga hanya kakinyalah menyentuh permukaan air. Kecepatan ini sangatlah penting, meskipun angin tipis pun dapat menyebabkan kematiannya. Akhirnya, nyamuk tinggal landas untuk penerbangan perdananya setelah istirahat sekitar setengah jam.

| <i>Anopheles</i>                                                                                                                                                                                              | <i>Aedes</i>                                                                                                                                                                                                           | <i>Culex</i>                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eggs</b><br><br>Laid singly<br>Has reticulae                                                                              | <b>Eggs</b><br><br>Laid singly<br>No reticulae                                                                                        | <b>Eggs</b><br><br>Laid in rafts<br>No reticulae                                                                                        |
| <b>Larvae</b><br><br>Head at an angle to the water surface<br>Full respiratory breathing tube                                | <b>Larvae</b><br><br>Head at an angle to the water surface<br>Short, stout breathing tube with one pair of tufts                      | <b>Larvae</b><br><br>Head at an angle to the water surface<br>Long, slender breathing tube with several pairs of hair tufts             |
| <b>Pupae (floats only slightly)</b><br>                                                                                      | <b>Pupae</b><br>                                                                                                                      | <b>Pupae</b><br>                                                                                                                        |
| <b>Adult</b><br><br>Proboscis and body at an angle to the surface<br>Wings spotted<br>Tip of female abdomen usually pointed | <b>Adult</b><br><br>Proboscis and body at an angle to the surface<br>Wings possibly uniform<br>Tip of female abdomen usually pointed | <b>Adult</b><br><br>Proboscis and body at an angle to the surface<br>Wings possibly uniform<br>Tip of female abdomen lobely bifurcated |

Gambar 4. Perbedaan tahap perkembangan nyamuk *Anopheles*, *Aedes* dan *Culex*  
(Figure by WHO)

Daerah yang disenangi nyamuk (habitat nyamuk) adalah suatu daerah dimana tersedia tempat beristirahat, tempat hospes yang disukai dan tempat untuk berkembang biak. Setiap jenis nyamuk pada waktu berbagai aktivitasnya melakukan orientasi terhadap bagian-bagian habitatnya yang biasa, dimana terdapat keadaan-keadaan yang disenangi untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan fisiologisnya. Nyamuk berkumpul di tempat yang disenangi, kadang-kadang terpaksa terbang jauh dari tempat tersebut dan dengan demikian mencari tempat yang baru.

Nyamuk bisa menjadi vektor bila memenuhi beberapa syarat tertentu, antara lain; umur nyamuk, kepadatan, ada kontak dengan manusia, rentan (tahan) terhadap parasit dan ada sumber penularan.



Gambar 5. Besaran kasus bersumber nyamuk di Dunia.

(Sumber : <https://www.rentokil.com/blog/wp-content/uploads/2017/01/Mosquito-Borne-Diseases-Infographic.png>).

#### a. Umur nyamuk

Untuk menjadi vektor suatu penyakit, umur nyamuk harus cukup lama sehingga parasit bisa menyelesaikan siklus hidupnya di dalam tubuh nyamuk. Perkiraan lamanya pertumbuhan parasit di dalam tubuh nyamuk adalah : untuk *Plasmodium vivax* 7 hari, *Plasmodium falciparum* 10 hari dan *Plasmodium malarie* 14 - 16 hari, untuk larva cacing *Brugia timori* pada *An. barbirostris* 12 hari dan pada *Ae. fогоi* 7 ½ hari, *Wuchereria bancrofti* pada *An. vagus* 12 hari (poemomo, et.aI., 1976), untuk virus dengue pada *Ae. aegypti* selama 8 sampai 10 hari (U.S. Dep. Of Health, 1977).

#### b. Kontak antara manusia dengan nyamuk

Kontak antara manusia dengan nyamuk yang hanya terjadi pada waktu singkat ini dimanfaatkan oleh beberapa parasit patogen demi kelangsungan hidupnya.

#### c. Kerentanan nyamuk terhadap parasit

Kerentanan nyamuk terhadap parasit juga menentukan apakah suatu nyamuk bisa menjadi vektor atau tidak. Ada dua hal yang perlu diperhatikan pada kerentanan nyamuk untuk menjadi vektor suatu penyakit :

- Bila jumlah parasit yang dihisap oleh nyamuk, terlalu sedikit, maka parasit itu tidak bisa berkembang di dalam tubuh nyamuk.
- Kerentanan nyamuk terhadap parasit ada kekhususan tersendiri (*host specific*), misal : malaria pada ayam (*P. gallinaceum*) ditularkan oleh nyamuk *Aedes* dan malaria pada manusia ditularkan oleh nyamuk *Anopheles*.

#### **d. Kepadatan nyamuk**

Kepadatan nyamuk umumnya dipengaruhi oleh topografi daerah termasuk kesuburan daerah yang berarti; ada orang dan ternak sebagai sumber makanan nyamuk, rumah dengan halaman dan kebun-kebunnya untuk tempat hinggap istirahat nyamuk dan ada sumber air beserta genangan-genangan airnya sebagai tempat berkembang biakan nyamuk. Selain itu dipengaruhi pula oleh kegiatan manusia yang secara tidak langsung menyebabkan terciptanya tempat-tempat berkembang biakan nyamuk seperti; pembuatan saluran-saluran irigasi, pembuatan tambak, pembukaan hutan dan lain-lain pembangunan. Hal-hal seperti ini berbeda dengan variasi musiman yang disebabkan oleh faktor iklim.

Nyamuk adalah bagian alami dari lahan basah dan walaupun peran ekologis serangga kecil ini, tetapi terkadang berlimpah, belum sepenuhnya dipahami, ada bukti kuat yang menunjukkan bahwa burung, kelelawar, katak, ikan, dan invertebrata menjadi santapan nyamuk. dari waktu ke waktu. Terlepas dari dampak menggigit-gangguan, risiko yang terkait dengan penularan patogen penyebab penyakit menjadi perhatian utama. Menyeimbangkan pengelolaan populasi nyamuk, kesehatan lahan basah dan dampak selanjutnya pada orang-orang di dalam dan di sekitar lahan basah bisa menjadi masalah yang menantang. Apakah pengelola lahan basah memiliki kewajiban untuk melindungi wisatawan dan pengunjung rekreasi dari risiko penyakit yang ditularkan oleh nyamuk?

*Virus Ross River (RRV)* dan *Barmah Forest virus (BFV)* bertanggung jawab atas sekitar 5.000 kasus penyakit manusia yang dilaporkan setiap tahun di Indonesia. Namun, karena gejalanya (misalnya demam dan ruam, nyeri artritis di pergelangan kaki, jari, lutut, dan pergelangan tangan) dapat sangat bervariasi di antara individu, banyak infeksi tidak terdiagnosis, sehingga berpotensi berdampak lebih besar pada kesehatan manusia daripada laporan statistik.

Sementara (RRV) maupun (BFV) tidak berakibat fatal, penyakit manusia yang disebabkan oleh infeksi oleh Murray Valley encephalitis virus (MVEV) dapat berpotensi

fatal. Hanya sebagian kecil dari infeksi (MVEV) yang menghasilkan gejala (misalnya demam, sakit kepala, muntah, mual, diare dan pusing) tetapi dalam kasus yang parah, ensefalitis dapat terjadi dan di antara mereka yang bertahan, beberapa cacat mental atau fungsional residual telah dilaporkan. Untuk virus Kunjin terkait erat (KUNV), ada lebih sedikit kasus manusia yang dilaporkan, penyakit ini lebih ringan dan tidak ada kematian yang diketahui akibat infeksi.

Dari perspektif ekowisata, banjir lahan basah dan peningkatan aktivitas burung yang menarik pengunjung juga dapat meningkatkan risiko lokal penyakit yang ditularkan oleh nyamuk. Dalam kasus (MVEV), inang reservoir primer umumnya dianggap mengarungi burung, dengan nyamuk air tawar *Culex annulirostris* dianggap sebagai vektor utama. Aktivitas (MVEV) umumnya dianggap endemik di barat laut Indonesia sementara di tenggara, epidemi terjadi sehubungan dengan banjir lahan basah di sistem sungai Darling / Murrumbidgee / Murray di NSW, Victoria dan Selatan. Indonesia yang menyediakan kondisi yang cocok untuk burung dan nyamuk.

Untungnya, hanya ada sejumlah kecil kasus penyakit manusia yang disebabkan oleh (MVEV) di Indonesia tenggara sejak epidemi besar terakhir pada tahun 1974. Munculnya kembali (MVEV) setelah banjir selama musim panas 2010-11 telah mengangkat keprihatinan khusus tentang dampak potensial pada masyarakat yang dekat dengan lahan basah serta pengunjung ke daerah yang tertarik oleh prospek mengunjungi lahan basah yang banjir dan kehidupan burung yang melimpah.

Secara historis, insiden penyakit di banyak daerah sangat rendah karena kepadatan populasi manusia yang sangat rendah dan juga karena banyak dari orang-orang tersebut adalah penduduk seumur hidup dan telah mengembangkan kekebalan terhadap patogen ini. Namun, turis yang mengunjungi daerah-daerah ini berpotensi berisiko lebih tinggi mengingat kurangnya paparan sebelumnya terhadap patogen yang ditularkan nyamuk dan kekebalan yang membawa, belum lagi kurangnya pengetahuan tentang risiko penyakit yang ditularkan nyamuk.

Sementara ada sejumlah agen pengendalian nyamuk yang sensitif terhadap lingkungan terdaftar untuk digunakan di Indonesia, sifat luas dari kegiatan pengendalian yang diperlukan untuk mengurangi populasi nyamuk tidak berkelanjutan. Pengunjung ke lahan basah ini, terutama selama periode aktivitas nyamuk dan burung yang melimpah, harus dibuat sadar

akan risiko dan memberikan saran tentang strategi perlindungan pribadi yang sesuai. Penggunaan kelambu saat berkemah, mengenakan pakaian yang sesuai (yaitu baju lengan panjang, celana panjang dan sepatu tertutup) yang memberikan perlindungan fisik dari gigitan nyamuk dan penggunaan obat nyamuk yang efektif (mis. Obat nyamuk terdaftar yang mengandung bahan aktif diethyltoluamide atau picaridin) ) semua akan membantu meminimalkan risiko penyakit yang ditularkan nyamuk.

Table 2. Nyamuk Vektor di Australia, Asia Tenggara dan Pasifik

| <i>Anopheles</i>                  | <i>Aedes</i>                | <i>Culex</i>          | <i>Mansonia</i>  | <i>Armigeres</i>  | Others              |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| <i>Anopheles (Ano.) bancrofti</i> |                             |                       |                  |                   |                     |
| <i>barbirostris</i>               |                             |                       |                  |                   |                     |
| <i>belenrae</i>                   |                             |                       |                  |                   |                     |
| <i>campestris</i>                 |                             |                       |                  |                   |                     |
| <i>claviger</i>                   |                             |                       |                  |                   |                     |
| <i>donaldi kleini</i>             | <i>Aedes (Adm.)</i>         |                       |                  |                   |                     |
| <i>labran-</i>                    | <i>vexans</i>               |                       |                  |                   |                     |
| <i>chia</i>                       | <i>Aedes (Fin.)</i>         |                       |                  |                   |                     |
| <i>elesteriletifer</i>            | <i>fijiensis</i>            |                       |                  |                   |                     |
| <i>messeae</i>                    | <i>harinasutai</i>          |                       |                  |                   |                     |
| <i>nigerrimus</i>                 | <i>japonicus</i>            |                       |                  |                   |                     |
| <i>pullussa</i>                   | <i>kochi</i>                |                       |                  |                   |                     |
| <i>charovisinensis</i>            | <i>niveus complex.</i>      |                       |                  |                   |                     |
| <i>sineroides</i>                 | <i>oceanicus poicilius</i>  | <i>Culex (Cux.)</i>   |                  |                   |                     |
| <i>whartoni</i>                   | <i>samoanus</i>             | <i>annulirostris</i>  |                  |                   |                     |
| <i>Anopheles</i>                  | <i>togoi</i>                | <i>gelidus</i>        |                  |                   |                     |
| <i>(Celia)</i>                    | <i>tutuillae</i>            | <i>pipiens</i>        |                  |                   |                     |
| <i>annularis</i>                  | <i>Aedes (Och.)</i>         | <i>quinquefasciat</i> |                  |                   |                     |
| <i>annulipes s.l.</i>             | <i>dorsalis</i>             | <i>us</i>             |                  |                   |                     |
| <i>culicifacies s.l.</i>          | <i>normanensis</i>          | <i>sitiens</i>        |                  |                   |                     |
| <i>farauti s.l.</i>               | <i>vigilax</i>              | <i>tritaeniorhync</i> | <i>Mansonia</i>  |                   |                     |
| <i>flavirostris</i>               | <i>Aedes (Stg.) aegypti</i> | <i>hus</i>            | <i>(Mnd.)</i>    |                   |                     |
| <i>fluviatilis</i>                | <i>albopictus cooki</i>     | <i>vishnui</i>        | <i>annulata</i>  |                   |                     |
| <i>gambiae complex</i>            | <i>hensilli</i>             | <i>complex</i>        | <i>bonneae</i>   |                   | <i>Coquillettid</i> |
| <i>hancocki</i>                   | <i>Polynesiensis</i>        | <i>Culex (Ocu.)</i>   | <i>dives</i>     | <i>Armigeres</i>  | <i>ia</i>           |
| <i>jeyporiensis</i>               | <i>scutellaris</i>          | <i>Bitaeeniorhync</i> | <i>indiana</i>   | <i>(Arm.)</i>     | <i>(Coq. )</i>      |
| <i>karwari</i>                    | <i>Polens</i>               | <i>hus</i>            | <i>uniformis</i> | <i>subalbatus</i> | <i>Crassipes</i>    |



|                            |  |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|--|--|
| <i>koliensis</i>           |  |  |  |  |  |
| <i>leucosphyrus</i>        |  |  |  |  |  |
| <i>group</i>               |  |  |  |  |  |
| <i>baimai</i>              |  |  |  |  |  |
| <i>balabacensis</i>        |  |  |  |  |  |
| <i>dirus</i>               |  |  |  |  |  |
| <i>latens</i>              |  |  |  |  |  |
| <i>leucosphyrus</i>        |  |  |  |  |  |
| <i>sulawesi</i>            |  |  |  |  |  |
| <i>ludlowae</i>            |  |  |  |  |  |
| <i>maculates s.l.</i>      |  |  |  |  |  |
| <i>minimus</i>             |  |  |  |  |  |
| <i>partoni</i>             |  |  |  |  |  |
| <i>philippinensis</i>      |  |  |  |  |  |
| <i>pulcherrimus</i>        |  |  |  |  |  |
| <i>punctulatus</i>         |  |  |  |  |  |
| <i>stephensi</i>           |  |  |  |  |  |
| <i>subpictus s.l.</i>      |  |  |  |  |  |
| <i>sundaicus s.l.</i>      |  |  |  |  |  |
| <i>superpictustessella</i> |  |  |  |  |  |
| <i>tus</i>                 |  |  |  |  |  |
| <i>vagus</i>               |  |  |  |  |  |

Source: Walter Reed Biosystematics Unit (<http://www.wrbu.org/index.html>).

## 2. Pengendalian vektor nyamuk di lahan basah

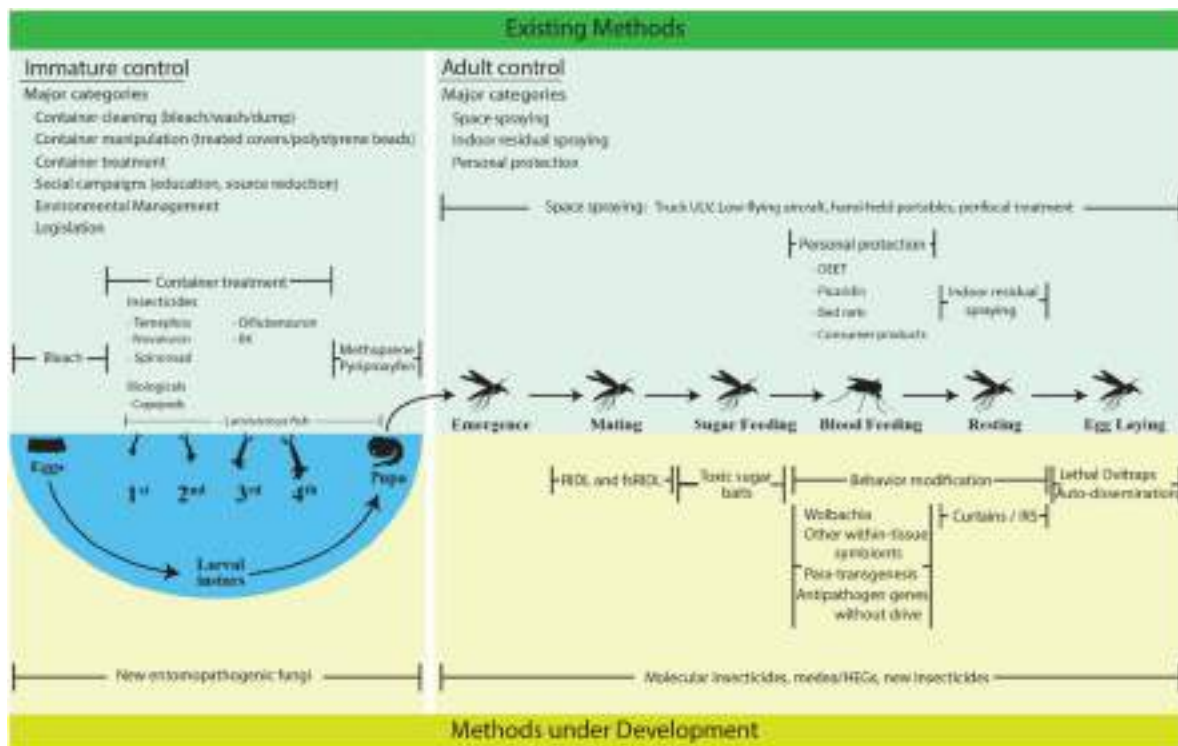
Pembiakan nyamuk di lahan basah air tawar dapat menjadi masalah yang kompleks dan harus dipertimbangkan berdasarkan kasus per kasus. Pengendalian nyamuk di lokasi tersebut harus bertujuan untuk meminimalkan jumlah populasi, atau menguranginya ke tingkat yang dapat ditoleransi atau tidak mengancam. Namun, spesies yang berbeda, berbagai jenis habitat dan berbagai kondisi lingkungan memiliki penanganan yang spesifik.

Lahan basah air tawar alami (rawa dan rawa-rawa) menyediakan habitat bagi beragam spesies nyamuk, termasuk beberapa hama dan vektor potensial (pembawa) patogen. Secara alamiah, sejumlah besar nyamuk tidak mampu memiliki populasi yang besar karena adanya predator dan faktor-faktor lain melakukan control.

Lahan basah buatan seperti irigasi, kolam limbah, kolam habis ikan habis pakai dan lainnya memiliki potensi untuk menjadi tempat berkembang biak nyamuk daripada lahan basah alami sehingga perlu dikelola dengan seksama.

### Konsep pengendalian nyamuk di Lahan Basah

Konsep pengendalian nyamuk adalah spesifik pada berbagai stadium baik dewasa dan pradewasa. Pengendalian yang spesifik dapat secara efektif dan efisien menurunkan angka populasi nyamuk. Konsep penggabungan metode atau *integrated vector management (IVM)* lebih disarankan untuk mempercepat pengendalian nyamuk. Penggabungan metode kimia, fisik dan biologi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan kemampuan dan ketersediaan sumber daya manusia. Pengendalian bias dilakukan mulai dari stadium telur, larva dan dewasa (Gambar 5).



Gambar 6. Konsep Pengendalian Nyamuk

Sumber : Achee NL, Gould F, Perkins TA, Reiner RC Jr, Morrison AC, Ritchie SA, et al. (2015). A Critical Assessment of Vector Control for Dengue Prevention. *PLoS Negl Trop Dis* 9(5): e0003655. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003655>

## **Pengendalian Nyamuk di Lahan Basah**

Rawa air tawar sering kurang diperhatikan dalam pengendalian hama atau vektor nyamuk, karena adanya predator alami dan faktor-faktor lain seperti kedalaman dan besarnya gelombang yang digerakkan oleh angin di daerah terbuka, memberikan tingkat kontrol pada tahap pra dewasa nyamuk (larva). Meskipun demikian, habitat ini dapat beragam secara ekologis dan memberikan peluang bagi banyak spesies nyamuk.

Selain itu, rawa air tawar sering menyediakan habitat penting bagi vertebrata yang mungkin merupakan inang penampung/reservoir bagi patogen penyakit yang ditularkan oleh nyamuk, seperti bangsa burung yang merupakan reservoir alami dari virus *murray valley encephalitis* (MVE) yang berpotensi menyebabkan infeksi fatal pada manusia, dan *ross river virus* yang menyebabkan radang sendi. Kedua penyakit tersebut tidak terdapat di Indonesia. Sedangkan di Indonesia, Burung lebih berpotensi sebagai reservoir dari *Japanese encephalitis*.

Sejumlah besar spesies nyamuk dikaitkan dengan lahan basah ini di berbagai bagian Indonesia. Nyamuk yang dapat menularkan malaria, misalnya *Anopheles bancrofti* dan *An. farauti* di Indonesia timur, dan *An. annulipes* di Indonesia timur dan selatan, tempat berkembangbiak alami yaitu pada kolam dengan tumbuhan pelindung dan adanya alga. Di habitat ini, larva *Anopheles* dapat mencari perlindungan di permukaan alga sebagai sumber makanan dan tidak dimangsa predator. *Anopheles. annulipes* jarang menggigit manusia dan lebih banyak menggigit hewan, namun merupakan vektor malaria di Indonesia timur. *An. bancrofti* dapat menjadi vektor utama di dekat lahan basah dan vegetasi sedangkan *An. farauti* adalah ancaman malaria paling serius di Indonesia Timur.

*Mansonia uniformis*, dan *Coquillettidia xanthogaster* dan *Cq. linealis*, secara biologis terkait dengan vegetasi dan dapat diproduksi dalam jumlah besar dari lokasi yang bervegetasi tinggi. Spesies ini adalah hama pengganggu yang penting dan vektor arbovirus potensial di beberapa daerah. Di Indonesia, spesies tersebut dikenal sebagai vektor filariasis, baik pada manusia maupun pada hewan.

Pengendalian nyamuk di habitat seperti itu bisa sangat sulit. Penggunaan pestisida biorasional dapat menjadi pilihan, tetapi lokasi, ukuran dan sifat habitat seperti itu, sering membatasi penerapannya. Beberapa

1. Pengendalian dengan Bakteri *Bacillus thuringiensis* dan *Bacillus spaericus*.

*Bacillus thuringiensis* merupakan salah satu bakteri patogen serangga yang telah dikembangkan menjadi salah satu bioinsektisida yang patogenik terhadap larva nyamuk dan larva lalat hitam. Namun tidak toksik terhadap lingkungan dan organisme bukan sasaran. *Bacillus thuringiensis* adalah bakteri Gram positif berbentuk batang, dan pembentuk spora yang banyak ditemukan tersebar di tanah. Salah satu karakteristik *Bacillus thuringiensis* adalah dapat memproduksi toksin *kristal* protein di dalam sel yang bersama-sama dengan spora ketika mengalami sporulasi. Dalam perkembangannya, protein yang bersifat toksin terhadap serangga tersebut dinamakan sebagai *insecticidal crystal protein* (ICP) atau delta endotoksin. Kristal protein bersifat toksin pada serangga disebabkan adanya aktifitas proteolisis dalam sistem pencernaan serangga. Toksin akan bereaksi dalam usus serangga sehingga menyebabkan terbentuknya pori-pori di sel membran saluran pencernaan. Hal ini mengganggu keseimbangan osmotik sel di dalam usus sehingga serangga akan berhenti makan dan mati.

*Bacillus thuringiensis* dapat diisolasi dari berbagai habitat, antara lain dari tanah, serangga mati, dan daun pada beberapa jenis tanaman conifer. Beberapa jenis *Bacillus thuringiensis* juga dapat ditemukan pada berbagai jenis tanaman, termasuk sayuran, kapas, tembakau, dan tanaman hutan. Namun yang lebih banyak ditemukan adalah di tanah. Keberadaan *Bacillus thuringiensis* dalam tanah dipengaruhi beberapa faktor antara lain tipe tanah, kemampuan spora untuk germinasi dan kondisi geografi. Tanah dengan kisaran pH 6,0 - 6,5 lebih baik untuk ketahanan spora dibandingkan dengan pH 4,0 - 4,9. Kemampuan spora *untuk* germinasi tidak dipengaruhi oleh pH tanah melainkan dipengaruhi oleh kelembaban tanah.

Pengendalian nyamuk pada tahap stadium pradewasa, khususnya di lahan basah pernah dilakukan di California Selatan dengan *Bacillus thuringensis* dan *Bacillus sphaericus* menunjukkan penurunan larva nyamuk yang signifikan selama 5 bulan pengaplikasian (Gambar 6).

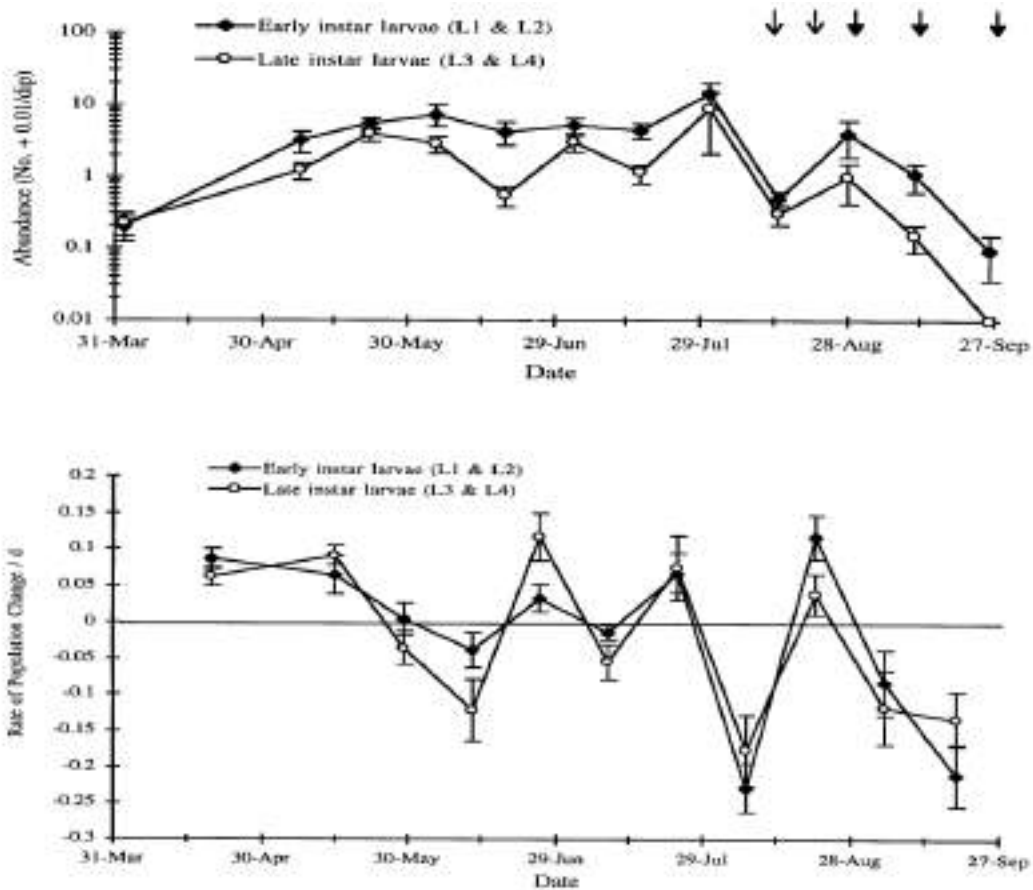


Figure 1. Population trends of *Culex* larval subpopulations in dip samples from the H5JRWRF demonstration wetland during 1997. Upper panel: abundance of larvae (mean  $\pm$  SE) in dip samples. The arrows indicate treatments of bacterial insecticides. Open arrows are *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* treatments. Closed arrows are *Bacillus sphaericus* treatments. Lower panel: the rate of population change (mean  $\pm$  SE) for two larval mosquito subpopulations.

Gambar 7. Trend Penurunan Populasi larva nyamuk selama pengaplikasian *Bacillus thuringiensis* dan *Bacillus sphaericus* di California Selatan. Sumber : Walton, W. E., Workman, P. D., Randall, L. A., Jiannino, J. A., & Offill, Y. A. (1998). Effectiveness of control measures against mosquitoes at a constructed wetland in southern California. *Journal of vector ecology*, 23, 149-160.

## 2. Opsi lingkungan

Pentingnya menjaga margin bersih dan dalam sangat penting dan metode berikut ini dapat berguna untuk mengurangi populasi nyamuk. Upaya-upaya pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan mencakup

### a. Modifikasi lingkungan.

Bertujuan mencegah, menghilangkan atau mengurangi tempat perindukan nyamuk. Pengeringan tempat perkembangbiakan banyak dilakukan terhadap nyamuk (*Anopheles sp*, *Culex sp*, *Mansonia sp.*) sebagai penyebar malaria, filariasis

dan lain-lain. Pada tahun 1969 – 1971, di Haiti dilakukan upaya untuk mengendalikan populasi *An. albimanus* dengan cara melakukan pengaliran air yang menggenang hingga menjadi ker-ing. Kemudian setelah dilakukan penangkapan nyamuk, ternyata kepadatan populasi rata-rata perbulan menurun dari 13,0 pada tahun 1969 menjadi 1,5 pada tahun 1971. Di Afrika untuk mengendalikan nyamuk dilakukan sanitasi dan pengeringan tempat pembuangan limbah pemukiman manusia.

Kegiatan lain yang dilakukan bisa dengan pengaturan irigasi. Pertama kali dilakukan di Amerika Serikat tahun 1935 – 1945 dengan program TVA dalam upaya pengendalian populasi nyamuk. Kemudian, sistem ini dilakukan di Amerika Utara dengan cara mengalirkan air secara cepat pada selokan sehingga kurang menguntungkan bagi perkembang biakan nyamuk *An. freeborni*. Sebaliknya selokan dengan sistem irigasi yang pecah-pecah atau yang airnya merembes, sangat cocok sebagai tempat perkembang biakan nyamuk *An. freeborni*. Di China dilakukan pengelolaan air (cara irigasi) untuk mengontrol *An. sinensis* yang berkembang biak di persawahan (pada tanaman padi). Kegiatan serupa juga dilaksanakan untuk mengontrol *An. sinensis* dan *Cx. Tritaeniorhynchus*.

b. Manipulasi lingkungan

Merupakan kegiatan yang bertujuan menghasilkan keadaan sementara yang tidak menguntungkan bagi beberapa serangga kesehatan untuk berkembang biak di tempat perindukannya. Kejadiannya untuk pengendalian nyamuk seperti pembersihan dan pengangkatan lumut dari *lagoon*, pengubahan kadar garam air menjadi tawar dan pemutusan pengairan secara berkala dibidang pertanian.

Pembersihan dan pengangkatan lumut dari *lagoon*, pernah dilakukan di Cibalong Kecamatan Pameungpeuk Jawa Barat pada tahun 1980-1981, dengan cara mem-bersihkan dan mengangkat lumut dari *lagoon* yang merupakan tempat perkembang biakan *An. sondaicus*. Hasil penangkapan nyamuk *An. sondaicus* (dewasa, larva dan pupa) sebelum pembersihan lumut September 1980 adalah *Indoor Human Bite* (IHB) = 0.1 (1), *Outdoor Human Bite* (OHB) = 24,6 (221), larva = 407 dan pupa = 35.. Pada bulan Mei – Agustus 1981 dilakukan pembersihan dan pengangkatan lumut dari lagoon. Pada bulan September 1981, dilakukan lagi penangkapan nyamuk *An. Sondaicus*. Didapatkan IHB = 0,0 (0), OHB = 1,5 (14),

Larva= 18 dan pupa = 3. Hal ini berarti terdapat penurunan densitas nyamuk *An. sundanicus* baik dewasa, larva maupun pupa.

### 3. Opsi agen kontrol

Penindasan nyamuk dapat lebih jauh dicapai dengan menggunakan pestisida dan / atau memperkenalkan predator untuk melengkapi atau menambah langkah-langkah yang disebutkan di atas.

#### a. Agen kimia

Keuntungan utama dari metode kimia adalah dapat dengan cepat diterapkan dengan hasil cepat dengan biaya yang relatif rendah. Namun, penggunaan bahan kimia tidak boleh dipandang sebagai strategi jangka panjang, dan harus dilakukan hanya ketika populasi sudah tidak bias dikendalikan. Penggunaan jangka panjang akan menyebabkan resistensi pada populasi nyamuk, sehingga membatasi pilihan manajemen secara keseluruhan. Relatif sedikit bahan kimia yang dapat direkomendasikan untuk digunakan di lahan basah, baik yang alami atau buatan karena masalah lingkungan.

Kekhawatiran tambahan adalah bahwa sebagian besar insektisida relatif tidak efektif di perairan yang sangat tercemar. Sementara pestisida yang kurang selektif mungkin diperlukan untuk pengendalian darurat, dan di mana situasi tertentu tidak peka terhadap lingkungan dan dosis insektisida.

Agen yang direkomendasikan saat ini adalah:

- 1) **Organofosfat**, **temephos**, relatif spesifik untuk nyamuk dan umumnya cocok untuk lahan basah air tawar. Di atas tingkat dosis yang disarankan bisa sangat beracun bagi banyak invertebrata; organofosfat memiliki toksisitas mamalia yang rendah, tetapi cukup beracun untuk ikan dan burung. Cara aplikasi dan dosis yang disarankan harus diikuti untuk menghindari resistensi dan pencemaran lingkungan.
- 2) Regulator pertumbuhan serangga (*Insect growth regulator*), misalnya periproxyfen dan **methoprene**, sebuah hormone pertumbuhan yang menyerupai lingkungan karena kekhususan untuk. Larva tidak terbunuh, tetapi kemunculan tahap dewasa dari tahap kepompong dapat dicegah. Formulasi lepas relatif lambat dan dapat memberikan kontrol selama beberapa bulan.

Secara keseluruhan, efektivitas berbagai agen 'dapat diterima' tergantung pada formulasi yang sesuai dan kondisi setempat serta spesies nyamuk target.

b. Agen biologis

Meskipun, serangga air lainnya seperti nimfa capung, serangga air dapat mengurangi populasi larva nyamuk sampai batas tertentu, predator ini jarang dapat diandalkan untuk kontrol dalam jumlah besar. Ikan Larvivorous adalah satu-satunya agen biologis yang tersedia untuk penggunaan praktis di lahan basah dan dapat menjadi komponen berharga dari program kontrol terpadu. Salah satu ikan yang populer sebagai pemakan jentik yaitu *Gambusia holbrooki*, spesies ikan asli (seperti *Hypseliotris* spp. Dan *Pseudomugil* spp.) Harus diberi prioritas dalam program pengendalian nyamuk tetapi *Gambusia* yang eksotis mungkin sulit untuk dikecualikan dari lahan basah. Percobaan laboratorium yang dilakukan di Brazil menunjukkan potensi 5 jenis ikan sebagai pemakan jentik dalam 1 bulan percobaan. Semua ikan pemakan jentik mampu memakan 89% - 100% (table ...)

**Table 1.** Percentage of *Aedes aegypti* larvae eaten by the five species of fish, during five consecutive weeks, in 310 litre water tanks. Fortaleza, Northeastern Brazil, 2005.

| Weeks                             | N <sup>o</sup> of larvae deposited* | <i>Betta splendens</i> | <i>Trichogaster trichopteros</i> |        | <i>Astyanax fasciatus</i> |        | <i>Poecilia reticulata</i> |        | <i>Poecilia sphenops</i> |        | % of larvae dead in the control |     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|--------------------------|--------|---------------------------------|-----|
|                                   |                                     | Female**               | Male                             | Female | Male                      | Female | Male                       | Female | Male                     | Female | Min                             | Max |
| Percentage of larvae consumed (%) |                                     |                        |                                  |        |                           |        |                            |        |                          |        |                                 |     |
| First                             | 2,000                               | 99.3                   | 100.0                            | 100.0  | 100.0                     | 100.0  | 89.3                       | 100.0  | 100.0                    | 100.0  | 0.5                             | 2.6 |
| Second                            | 4,000                               | 100.0                  | 100.0                            | 100.0  | 100.0                     | 100.0  | 39.0                       | 92.3   | 100.0                    | 100.0  | 0.5                             | 1.7 |
| Third                             | 6,000                               | 100.0                  | 100.0                            | 100.0  | 100.0                     | 100.0  | -                          | 85.7   | 97.6                     | 100.0  | 0.0                             | 0.3 |
| Fourth                            | 8,000                               | 100.0                  | 100.0                            | 100.0  | 100.0                     | 100.0  | -                          | 91.5   | 79.7                     | 100.0  | 0.0                             | 2.3 |
| Fifth                             | 10,000                              | 100.0                  | 100.0                            | 100.0  | 90.7                      | 100.0  | -                          | 67.7   | 79.4                     | 100.0  | 0.2                             | 1.5 |

\* Four tanks with 100 larvae, for five consecutive days. Every week, a further 100 larvae were added up to a maximum of 500 larvae per tank per day.

\*\* Only females of the *Betta splendens* fish were used.

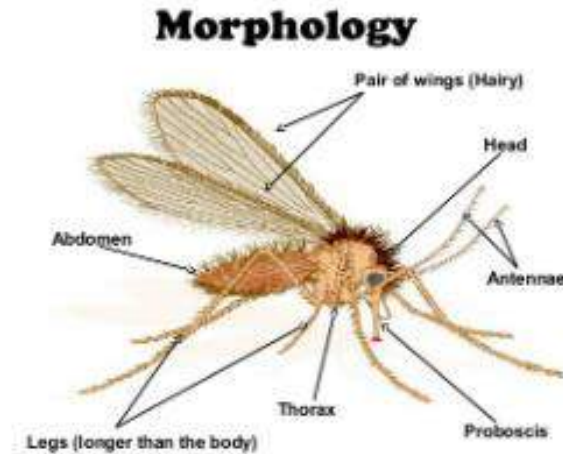
Sumber : Cavalcanti, Luciano Pamplona de Góes, Pontes *et al.* (2007). Efficacy of fish as predators of *Aedes aegypti* larvae, under laboratory conditions. *Revista de Saúde Pública*, 41(4), 638-644. Epub June 05, 2007.



## BAB 4

### PENGENDALIAN VEKTOR LALAT DAN KECOA DI LAHAN BASAH

#### 1. Phlebotominae : Sandfly (Lalat Pasir)



Gambar 8. Morfologi Sandfly (Lalat Pasir)

[https://pestcontrolhacks.com/wp-content/uploads/morphology\\_sandfly.jpg](https://pestcontrolhacks.com/wp-content/uploads/morphology_sandfly.jpg)

Lalat pasir adalah vektor penyakit virus, bakteri, dan protozoa kepada manusia dan hewan. Penyakit paling penting dan ditularkan seperti leishmaniasis (visceral dan kulit) dan filariasis. Sekitar 500.000 kasus dilaporkan setiap tahun. Lima negara dengan kasus tertinggi yaitu India, Sudan, Nepal, Bangladesh, dan Brasil yang merupakan 90% secara global. Di negara-negara endemik, Leishmaniasis sering terjadi di daerah dengan tingkat sosial rendah dan miskin.

Lalat pasir hidup sekitar 30 hari dan 20 hari pada fase larva. tempat berkembang biak fase larva di tanah. kotoran sapi tempat berkembang biak yang ideal pada fase larva sebagai sumber makanan. Lalat dewasa mengambil makanan darah biasanya di malam hari dapat terbang dalam radius beberapa ratus meter di sekitar habitat mereka.

Leishmaniasis merupakan salah satu penyakit yang paling dikenal ditularkan oleh lalat pasir. Spesies *Phlebotomus* juga merupakan vektor bartonellosis, verrugaperuana, demam pappataci (demam lalat pasir), yang disebabkan oleh strain Naples dan strain Phlebovirus (famili Bunyaviridae), yang juga termasuk virus Toscana, virus Chagres dan virus Punta Toro.

Ukuran lalat dewasa sekitar 1,5-3 mm, berwarna kecoklatan, tubuh ,sayap, dan kaki berbulu. Sayap lanceolate berbentuk oval dan dalam posisi semi tegak. Siklus hidup lalat pasir dimulai dari telur, larva, kepompong dan tahap dewasa. Betina mampu menghasilkan telur 30 hingga 70 telur di tanah, di celah-celah yang gelap, lembab dan kaya bahan organik. Telurnya kecil, berbentuk bulat panjang dan berwarna kecoklatan. Lalat betina menyebarkan di beberapa lokasi berbeda. Dalam satu hingga dua minggu, telur berkembang dan larva menetas. Jika kondisinya menjadi sangat dingin, telur akan masuk dalam diapause atau hibernasi.

Larva berwarna keputihan dan memakan bahan organik yang mati serta sering ditemukan di celah-celah dinding atau batu, gua, ataupun daun yang membusuk. Kepompong/pupa berwarna kecoklatan. Pengembangan kepompong memakan waktu hingga 10 hari dan dewasa sering muncul sebelum fajar. Lalat jantan umumnya muncul sekitar 24 jam sebelum betina. Hanya lalat betina yang akan menghisap darah, yang diperlukan untuk produksi telur. Baik jantan maupun betina memakan tanaman. Panjang lalat dewasa sekitar 2,5 mm. Distribusi spesies penting lalat pasir di Dunia dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 3. Distribusi Spesies Penting Lalat pasir di Dunia

| <i>Australia, Pacific and Asia</i> | <i>Central Asia and Middle East</i>   | <i>Africa</i>             | <i>Europe</i>                        | <i>North America</i>    | <i>South America</i>                |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| <i>Phlebotomus (Adl.)</i>          | <i>Phlebotomus (Adl.) balcanicus</i>  | <i>Phlebotomus (Lar.)</i> | <i>Phlebotomus (Adl.) balcanicus</i> | <i>Lutzomyia (Lut.)</i> | <i>Bichromomyia flaviscutellata</i> |
| <i>Chinensis</i>                   | <i>brevis</i>                         | <i>ariasi</i>             | <i>halepensis</i>                    | <i>diabolica</i>        | <i>olmea</i>                        |
| <i>longiductus</i>                 | <i>halepensis</i>                     | <i>guggisbergi</i>        | <i>kyreniae</i>                      | <i>longipalpis</i>      | <i>bicolour</i>                     |
| <i>sichuanensis</i>                | <i>longiductus simici</i>             | <i>orientalis</i>         | <i>longiductus</i>                   | <i>Lutzomyia (Nys.)</i> | <i>olmea nociva</i>                 |
| <i>Phlebotomus (Eub.)</i>          | <i>tuarnicus</i>                      | <i>pedifer</i>            | <i>simici</i>                        | <i>olmea</i>            | <i>olmea</i>                        |
| <i>argentina</i>                   | <i>Phlebotomus (Eub.) argentine</i>   | <i>perfiliewi</i>         | <i>Phlebotomus (Lar.)</i>            | <i>olmea</i>            | <i>olmecareducta</i>                |
| <i>Phlebotomus (Lar.)</i>          | <i>argentina</i>                      | <i>perniciosus</i>        | <i>ariasi</i>                        | <i>olmea</i>            | <i>Dampfomyia (Dam.)</i>            |
| <i>smirnovi</i>                    | <i>Phlebotomus (Lar.) guggisbergi</i> | <i>Phlebotomus (Pab.)</i> | <i>guggisbergi</i>                   | <i>ylephiletor</i>      | <i>anthophora</i>                   |
| <i>Phlebotomus (Pab.)</i>          | <i>kandelakii</i>                     | <i>sergenti</i>           | <i>kandelakii</i>                    | <i>Lutzomyia (Psy.)</i> | <i>Evandromyia (Evn.)</i>           |
| <i>mongolensis</i>                 | <i>keshishiani</i>                    | <i>Phlebotomus (Phb.)</i> | <i>langeroni</i>                     | <i>panamensis</i>       | <i>pinottii</i>                     |
| <i>sergenti</i>                    | <i>langeroni orientalis</i>           | <i>duboscqipapatasi</i>   | <i>longicuspis</i>                   |                         | <i>Lutzomyia (Hel.)</i>             |
| <i>Phlebotomus</i>                 | <i>perniciosus smirnovi</i>           | <i>Phlebotomus (Syb.)</i> | <i>neglectus</i>                     |                         | <i>ayacuchensis</i>                 |
|                                    | <i>tobbi</i>                          |                           | <i>orientalis</i>                    |                         | <i>hartmanni</i>                    |
|                                    | <i>transcaucasicus</i>                |                           | <i>perniciosus</i>                   |                         |                                     |
|                                    |                                       |                           | <i>tobbi</i>                         |                         |                                     |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>(Phb.)</i><br><i>papatasi</i><br><i>saleh</i> | <i>Phlebotomus (Pab.)</i><br><i>alexandri</i><br><i>andrejevi</i><br><i>caucasicusmon-</i><br><i>golensis</i><br><i>saevus</i><br><i>sergenti</i><br><i>Phlebotomus (Phb.)</i><br><i>bergeroti</i><br><i>duboscqipapatasi</i><br><i>salehi</i><br><i>Phlebotomus (Syb.)</i><br><i>ansari</i> | <i>Martini</i> | <i>Phlebotomus (Pab.)</i><br><i>alexandri</i><br><i>andrejevi</i><br><i>caucasicuschabaudi</i><br><i>mongolensis</i><br><i>saevus</i><br><i>Phlebotomus (Phb.)</i><br><i>bergeroti</i><br><i>duboscqipapatasi</i><br><i>Phlebotomus (Syb.)</i><br><i>martini</i><br><i>rossi</i><br><i>Sergentomyia (Ser.)</i><br><i>Dubia</i> | <i>peruensis</i><br><i>Lutzomyia (Lut.)</i><br><i>longipalpis</i><br><i>Lutzomyia (Tri.)</i><br><i>cruciata</i><br><i>daibolica</i><br><i>gomezi</i><br><i>Nyssomyia</i><br><i>anduzei</i><br><i>antunesi</i><br><i>intermedia</i><br><i>umbratilis</i><br><i>whitmani</i><br><i>ylephiletor</i><br><i>yuilli yuilli</i><br><i>Pintomyia (Pif.)</i><br><i>christophei</i><br><i>columbiana</i><br><i>evansi</i><br><i>nuneztovari</i><br><i>ovallesi</i><br><i>torvida</i><br><i>townsendi</i><br><i>verrucarum</i><br><i>youngi</i><br><i>Pintomyia (Pin.)</i><br><i>pessoai</i><br><i>Psathromyia</i><br><i>(Psa.)</i><br><i>shannoni</i><br><i>Psychodopygus</i><br><i>carrerai</i><br><i>carreraichagasi</i><br><i>claustrai</i><br><i>panamensis</i><br><i>paraensis</i><br><i>squamiventris</i> |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                        |
|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  | <i>maripaensis</i><br><i>squamiventris</i><br><i>squamiventris</i><br><i>wellcomei</i><br><i>yucumensis</i><br><i>Sciopemyia</i><br><i>fluviatilis</i><br><i>Trichophoromyia</i><br><i>Ubiquitalis</i> |
|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2. Musca Domestica : Lalat Rumah



Gambar 9. *Musca domestica* : Lalat Rumah

Lalat, *Musca domestica*, ditemukan di seluruh dunia dan salah satu spesies serangga yang paling sukses. Lalat *Musca* dapat bertelur sekitar 500 telur selama hidupnya, sebagian besar di benda yang membusuk seperti sampah dan kotoran. Larva/Belatung berwarna pucat dan memakan bahan organik dan setelah instar keempat bermetamorfosis menjadi pupa coklat kemerahan. dalam waktu 36 jam. Lalat dewasa selama 2 hingga 4 minggu. Lalat betina kawin satu kali saja.

Lalat rumah cenderung berkumpul di dekat makanan dan material yang membusuk. Lalat dewasa sering ditemukan di dapur dan tempat pembuangan sampah. Tipe mulut merupakan tipe spon dan akan mengeluarkan air liur ketika makan makanan padat. Lalat rumah dapat menularkan lebih dari 100 patogen yang menyebabkan kolera, disentri, salmonellosis, tipus, TBC, poliomielititis, virus hepatitis A & E, dll.

Selain itu juga diketahui dapat menularkan antraks, cacing parasit, kuman piogenik, kokus piogenik, E. coli, enterovirus , dll.

### 3. Kecoa



Gambar 10. Siklus hidup Kecoa

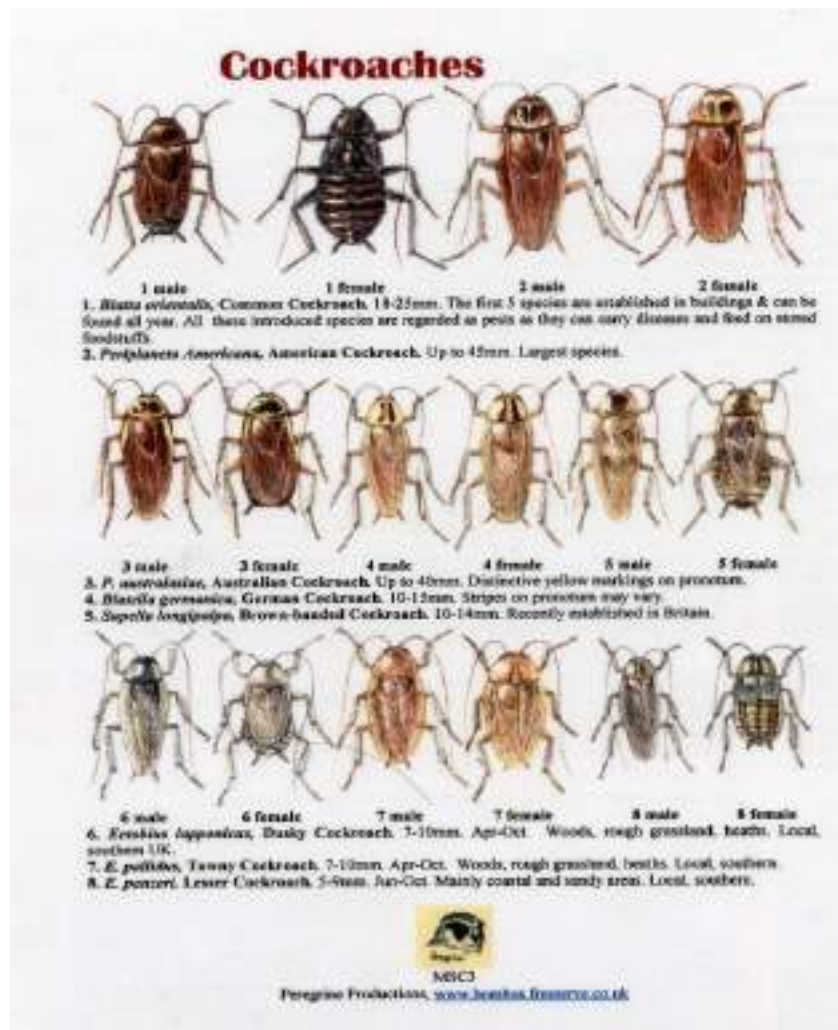
<https://www.bestroachkiller.com/life-cycle-of-a-cockroach/>

Kecoa terdistribusi di seluruh dunia dan merupakan salah satu hama yang paling umum di atas kapal, pesawat terbang, dan truk terutama di daerah banyak makanan disimpan. Tiga jenis kecoak paling umum yaitu Kecoa Amerika, Oriental, dan Jerman.

Kecoa lebih suka daerah gelap dan hangat, beristirahat di celah-celah dan berbagai tempat persembunyian buatan manusia lainnya. Mereka biasanya aktif di malam hari, lincah, dan hidup di koloni. Kebiasaan kotor dan pergerakan sembarangan antara kotoran dan makanan yang membuat kecoa sebagai vektor patogen manusia yang sangat efisien. Selain itu, menyebabkan phobia dan jijik serta feces dan bagian dari tubuh yang dikeluarkan adalah sumber alergen yang memicu gejala asma pada individu yang sensitif dan dapat meningkatkan risiko sensitisasi alergi. Alergen ini adalah protein yang ditemukan dalam kotoran kecoa, air liur, telur, dan kutikula, yang kemudian dimasukkan ke dalam debu dan permukaan rumah tangga.

Ciri umum kecoa memiliki dua pasang sayap, warna kuning-coklat hingga coklat tua. Panjangnya bervariasi dari 5 hingga 73 mm. Di daerah tropis kecoa dapat hidup dan berkembang biak di luar ruangan. Kecoa betina dewasa menghasilkan telur yang berbentuk kapsul berwarna coklat (disebut ootheca) yang terletak di ujung perut. Kapsul telur melindungi 30-40 telur di dalamnya sampai siap menetas. Kecoa betina dapat membawa kapsul telur hingga tiga minggu, sampai telur dalam waktu 24 jam setelah menetas. Kecoa muda disebut nimfa. Kecoa bertindak sebagai vektor mekanis dan dapat menyebabkan asma dan menularkan penyakit disentri atau diare dan demam tifoid (tabel 2).

Beberapa spesies yang tercatat ada di Indonesia yaitu :



Gambar 11. Spesies Penting Kecoa yang berperan sebagai Vektor

Sumber : <https://www.nhbs.com/cockroaches-book>

### ***Blatella germanica***

- Panjang dewasa 10 - 15 mm.
- Pronotum (pelindung kepala) memiliki 2 garis bujur gelap.
- Laki-laki berwarna coklat kekuningan muda dengan tubuh berbentuk lidah lebih panjang.
- Betina berwarna lebih gelap dengan perut montok.

### ***Periplaneta americana***

- Dewasa memiliki panjang 35 - 40 mm, salah satu kecoa hama terbesar.
- Bersinar merah hingga coklat dalam warna.

### ***Supella longipalpa***

- Panjang dewasa 10-14 mm, salah satu kecoa hama terkecil.
- Garis-garis kuning-cokelat melintasi perut.

### ***Periplaneta australasiae***

- Panjang dewasa adalah 27 - 33 mm.
- Berwarna coklat dengan garis kuning pucat di sebelah kiri.

Tabel 4. Penyakit yang dapat dituarkan oleh Lalat Rumah dan Kecoa

| No  | Penyakit                 | Vektor                              | Agen Penyakit         | Sasaran           |
|-----|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1.  | Bacillary dysentery      | <i>M. domestica &amp; Cockroach</i> | Shigella              | Manusia           |
| 2.  | Amoebic dysentery        | <i>M. domestica &amp; Cockroach</i> | <i>E. histolytica</i> | Manusia           |
| 3.  | Gastroenteritis          | <i>M. domestica &amp; Cockroach</i> | Specifik/Non specfik  | Manusia           |
| 4.  | Typhoid                  | <i>M. domestica &amp; Cockroach</i> | Organisms             | Manusia /Binatang |
| 5.  | Paratyphoid              | <i>M. domestica</i>                 | Salmonella typhi      | Manusia           |
| 6.  | Cholera                  | <i>M. domestica</i>                 | ParatyphoidA          | Manusia           |
| 7.  | Poliomyelitis            | <i>M. domestica</i>                 | Vibrio cholera        | Manusia           |
| 8.  | Viral hepatitis (Type A) | <i>M. domestica</i>                 | Polio virus           | Manusia           |
| 9.  | Trachoma                 | <i>M. domestica</i>                 | HAV                   | Manusia           |
| 10. | Yaws                     | <i>M. domestica</i>                 | <i>C. trachomatis</i> | Manusia           |
| 11. | Asthma                   | <i>Cockroach</i>                    | <i>T. pertenuis</i>   |                   |

#### 4. Pengendalian Lalat dan Kecoa di lahan Basah

##### a. Pengendalian Kecoa

###### 1) Dengan *Dust*

Asam borat adalah senjata yang telah teruji baik terhadap serangan kecoa. Ini dapat diformulasikan menjadi umpan atau sebagai residu yang dilalui kecoak. Ketika seekor kecoa berjalan melalui area yang dirawat, bubuk asam borat melekat pada kaki dan tubuhnya. Setelah perawatan itu sendiri, kecoak menelan debu asam borat. Debu asam borat harus diaplikasikan dengan hati-hati agar efektif. Hindari kontak dengan makanan dan peralatan dapur dan sebelum perawatan tutupi semua permukaan yang bersentuhan dengan makanan.

###### 2) Aerosol

Formulasi aerosol 2% dari d-fenotrin atau formulasi piretrin yang direkomendasikan disarankan untuk aplikasi aerosol. Ini harus diaplikasikan pada retakan dan celah menggunakan ujung extender.

###### 3) Umpan

Tempatkan umpan di area yang sering dikunjungi oleh kecoak. Umpan gel tersedia dengan berbagai bahan aktif, beberapa di antaranya dapat digunakan untuk kecoak. Kecoa mengkonsumsi umpan dan dibunuh oleh bahan aktif. Karena mereka juga berbagi umpan di antara mereka, knockdown dan kematian populasi yang cukup besar dapat dicapai dengan cepat.

Catatan: Jika serangan kecoak meluas atau jika oothecae terdeteksi atau tetap bahkan setelah kecoak dihilangkan, populasi dapat menumpuk dengan cepat dari nimfa yang menetas dari oothecae.

##### b. Pengendalian lalat

Untuk pencegahan gigitan dan kontrol sandfly yang efektif, berikut langkah-langkah yang perlu dilakukan :

###### 1) Perlindungan pribadi

- Penggunaan pakaian layak yang menutupi lengan dan kaki (tidak ada kulit yang terkena lalat pasir)
- Penggunaan kelambu untuk menutupi kepala dan wajah selama surveilans untuk mencegah gigitan



- Aplikasi lotion DEET pada kulit yang terpapar sebagai penolak
- merawat seragam mereka konsentrasi permethrin 40% atau sesuai instruksi label
- Kit penyerapan dinamis individu (IDA) siap pakai dan aerosol permetrin telah digunakan untuk merawat seragam individu

## 2) Pengendalian Vektor sandfly:

Penyemprotan di lahan basah dapat dilakukan dengan piretroid sintetis seperti permetrin, bifenthrin, dan lambda-cyhalothrin yang secara efektif dapat mengendalikan lalat pasir. Pengaplikasian dapat dengan pompa kompresi bertekanan dengan aplikasi fokus kecil atau jenis ransel dengan mesin bertekanan. Untuk aplikasi yang lebih luas dapat dengan penyemprot hidrolis yang dipasang di truk dan dapat digunakan untuk vegetasi. Dalam penyemprotan perlu diperhatikan faktor cuaca dan arah angin.

## 3) Pengendalian Lalat Rumah

Pengendalian lalat di lahan basah sebenarnya banyak kepada aspek sanitasi dan kebersihan, misalnya mencegah lalat untuk bersentuhan dengan makanan, area makanan, dan manusia dan mendorong praktik kebersihan yang tepat. Selain itu, populasi lalat dapat dikendalikan melalui pengurangan tempat berkembang biak; sanitasi dan kebersihan juga akan membantu meminimalkan daya tarik daerah terhadap lalat.

Kotoran binatang dan limbah di saluran pembuangan harus dibersihkan dan disimpan tertutup sampai dibuang. Saluran air permukaan harus dibersihkan secara teratur, karena lumpur atau limbah organik akan berfungsi sebagai tempat berkembang biak bagi lalat. Idealnya semua saluran air harus memiliki dasar beton.

Sampah yang dihasilkan dapat diangkut ke TPA (tempat pembuangan akhir) yang jauh dengan pemukiman. Pengolahan sampah di TPA di mana sampah dipadatkan dan ditutupi dengan lapisan tanah segar setebal 15-30 cm untuk mencegah penangkaran lalat.

Metode kimia dapat digunakan untuk efek *knockdown* cepat dengan efek residual pendek atau untuk kontrol jangka panjang dengan insektisida residual. Penting untuk memastikan status resistensi pada populasi lalat terhadap insektisida sebelum digunakan. Penggunaan insektisida dengan *Strip vaporizer Dichlorvos* dapat secara

perlahan melepaskan insektisida, yang efektif selama dua hingga tiga bulan terutama di tempat-tempat di mana ventilasi terbatas.

Lalat cenderung berkumpul dan beristirahat pada malam hari di atas tirai, tali, gantungan, kabel, dll. Dalam jumlah besar. Perilaku ini dapat dieksploitasi untuk mengendalikan lalat dengan menggantung bahan insektisida beracun yang dipotong menjadi strip, tali, dll. Dan digantung di langit-langit. Lalat akan terkena insektisida ketika istirahat. Banyak senyawa organofosfor dan karbamat tersedia untuk digunakan dalam perangkap mematikan.

Insektisida residual direkomendasikan di gudang hewan dan peternakan. Formulasi organofos-fosfor dan piretroid tersedia untuk digunakan sebagai insektisida residu terhadap lalat. Penting bahwa penyemprotan dilakukan secara selektif di daerah yang disukai oleh lalat.. Semprotan luar ruang dapat digunakan berulang kali untuk mengendalikan lalat di daerah yang lebih luas, tetapi kelemahan utama mereka adalah tidak efektif terhadap lalat yang sudah berada di dalam ruangan dan yang belum muncul dari pupa. Oleh karena itu kontrol berulang diperlukan.

Tempat berkembang biak seperti tempat pembuangan sampah atau tempat pembuangan kotoran sapi dapat langsung diberikan insektisida sehingga potensi belatung akan mati dan lalat akan mencari tempat perkembangbiakan,

## BAB 5

### JENIS DAN CARA KERJA INSEKTISIDA DI LAHAN BASAH

#### INSEKTISIDA

Insektisida adalah bahan-bahan kimia bersifat racun yang dipakai untuk membunuh serangga. Insektisida dapat memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, tingkah laku, perkembangbiakan, kesehatan, sistem hormon, sistem pencernaan, serta aktivitas biologis lainnya hingga berujung pada kematian serangga pengganggu tanaman. Insektisida termasuk salah satu jenis pestisida.

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 pada formulasi *wettable powder* (WP), *water dispersible granule* (WG), *suspension concentrate* (SC), *capsule suspension* (CS), dan serbuk (DP).

Cara kerja Insektisida pada 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 pada 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 pada pengendalian vektor terbagi pada 5

kelompok yaitu: 1). mempengaruhi sistem saraf, 2). menghambat produksi energi, 3). mempengaruhi sistem endokrin, 4). menghambat produksi kutikula dan 5). menghambat keseimbangan air.

## **Golongan Insektisida**

Berdasarkan cara kerjanya (*Mode of action*), yaitu menurut sifat kimianya, pestisida dibagi menjadi empat 4 golongan besar antara lain sebagai berikut :

### **1. Insektisida Golongan Organoklorin**

Merupakan insektisida sintetik yang paling tua yang sering disebut hidrokarbon klor. Secara umum diketahui bahwa keracunan pada serangga ditandai dengan terjadinya gangguan pada sistem saraf pusat yang mengakibatkan terjadinya hiperaktivitas, gemetar, kemudian kejang hingga akhirnya terjadi kerusakan pada saraf dan otot yang menimbulkan kematian. Organoklorin bersifat stabil di lapangan, sehingga residunya sangat sulit terurai.

### **2. Insektisida Golongan Organofosfat**

Merupakan insektisida yang bekerja dengan menghambat enzim asetilkolinesterase, sehingga terjadi penumpukan asetilkolin yang berakibat pada terjadinya kekacauan pada sistem pengantar impuls saraf ke sel-sel otot. Keadaan ini menyebabkan impuls tidak dapat diteruskan, otot menjadi kejang, dan akhirnya terjadi kelumpuhan (paralisis) dan akhirnya serangga mati.

### **3. Insektisida Golongan Karbamat**

Merupakan insektisida yang berspektrum luas. Cara kerja karbamat mematikan serangga sama dengan insektisida organofosfat yaitu melalui penghambatan aktivitas enzim asetilkolinesterase pada sistem saraf. Perbedaannya ialah pada karbamat penghambatan enzim bersifat bolak-balik reversible yaitu penghambatan enzim bisa dipulihkan lagi. Karbamat bersifat cepat terurai.

### **4. Insektisida Golongan Piretroid**

Merupakan piretrum sintesis, yang mempunyai sifat stabil bila terkena sinar matahari dan relatif murah serta efektif untuk mengendalikan sebagian besar serangga hama. Piretroid mempunyai efek sebagai racun kontak yang kuat, serta mempengaruhi sistem saraf serangga pada peripheral (sekeliling) dan sentral (pusat). Peretroid awalnya menstimulasi sel saraf untuk memproduksi secara berlebih dan akhirnya menyebabkan paralisis dan kematian.

| No | Golongan              | Nama bahan aktif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Kode cara kerja | Cara kerja                                                                                                                                                            |
|----|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Karbamat              | Alankarb-Aldikarb-Bendiokarb-Benfurakarb-Butokarboksim-Butoksikarboksim-Karbaril-Karbofuran-Karbosulfan-Etiofenkarb-Fenobukarb-Formetanat-Furatiokarb-Isopropkarb-Metiokarb-Metomil-Metolkarb-Oksamil-Pirimikarb-Propoksur-Tiodikarb-Tiofanoks-Triazamat-Trimetakarb-XMC-Silikarb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 A             | Menghambat AChE (acetylcholinesterase)-menyebabkan hyperexcitation. AChE adalah enzim yang mengakhiri aksi rangsang neurotransmitter asetilkolin pada sinapsis saraf. |
|    | Organofosfat          | Asefat-Azametifos-Azinfos-etil-Azinfosmetil-Kadusafos-Koretoksifos-Klorfenvinfos-Klormefos-Klorpirifos-Klorpirifosmetil-Koumafos-Sianofos-Demeton S metil-Diazinon-Diklorfos/DDVP-Dikrotofos-Dimetoat-Dimetilvinfos-Disulfoton-EPN-Etion-Etoprofos-Famfur-Fenamifos-Fenitroton-Fention-Fostiazat-Heptenofos-Imisiafos-Isufenfos-Isoprofil O- (metoksiaminotio-fosforil) salisilat-Isoksation-Malation-Mekarbam-Metamidofos-Metidation-Mevinfos-Monokrotofos-Naled-Ometoat-Oksidemeton metil-Paration-Paration metil-Fentoat-Forat-Fosalon-Fosmet-Fosfamidon-Foksim-Pirimifos metil-Profenofos-Propetamfos-Protiofos-Firaklofos-Firidafention-Kuinalfos-Sulfotep-Tebupirimfos-Temefos-Terbufos-Tetraklorvinfos-Tiometon-Triazofos-Triklorfon-Vamidotion | 1 B             |                                                                                                                                                                       |
| 2  | Siklodin organoklorin | Klordan-Endosulfan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2 A             | Memblokir saluran klorida aktivasi GABA menyebabkan hyperexcitation dan kejang-kejang. GABA adalah neurotransmitter inhibisi utama pada serangga.                     |
|    | Fenilfirazol          | Etiprol-Fipronil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2 B             |                                                                                                                                                                       |
| 3  | Piretroid dan         | Acrinatrin-(Alletrin-d-cis-trans                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3 A             | Menyebabkan saluran natrium                                                                                                                                           |

| No | Golongan                  | Nama bahan aktif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kode cara kerja | Cara kerja                                                                                                                                                               |
|----|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Piretrin                  | Alletrin)-(d-trans Alletrin)-Bifentrin-Bioalletrin-Bioalletrin Sikloprotenil isomer-Bioresmetrin-Sikloprotrin-Siflutrin-(beta-Siflutrin)-Sihalotrin-lambda Sihalotrin-(gamma-Sihalotrin)-Sipermetrin-(alfa-Sipermetrin)-(beta-Sipermetrin)-tetasipermetrin-(zeta-Sipermetrin)Sifenotrin-(1R)-trans-isomers-Deltametrin-Empentrin (EZ)-(1R)- isomers-Esfenvalerat-Etofenprox-Fenpropatrin-Fenvalerat-Flusitrat-Flumetrin-(tau- Fluvalinat)-Halfenprox-Imiprotrin-Kadetrin-Permetrin-Fenotrin [(1R)-trans- isomer]-Pralletrin-Firetrins (piretrum)-Resmetrin-Silafluofen-Teflutrin-Tetrametrin-Tetrametrin [(1R)-isomers]-Tralometrin-Transflutrin |                 | selalu terbuka sehingga pada beberapa kasus menyebabkan reaksi berlebihan oleh saraf. Saluran natrium terlibat dalam penyebaran info potensial di sepanjang akson saraf. |
|    | DDT dan Metoksiklor       | DDT-Metokdiklor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3 B             |                                                                                                                                                                          |
| 4  | Neonikotinoid             | Asetamiprid-Klotianidin-Dinotefuran-Imidaklopid-Nitenpiram-Tiaklopid-Tiametoxam                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4 A             | Meniru tindakan agonis asetilkolin di nAChRs menyebabkan hyperexcitation. Asetilkolin adalah neurotransmitter utama dalam sistem saraf serangga pusat.                   |
|    | Nikotin                   | Nikotin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4 B             |                                                                                                                                                                          |
| 5  | Spinosin                  | Spinetoram-Spinosad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5               | Allosterically mengaktifkan nAChRs menyebabkan hyperexcitation dari sistem saraf.                                                                                        |
| 6  | Avermektin dan Milbemisin | Abamektin-Emamektin benzoat-Lepimektin-Milbemektin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6               | Allosterically mengaktifkan saluran utama klorida glutamat (GluCl) menyebabkan kelumpuhan. Glutamat adalah inhibitory neurotransmitter penting dalam serangga.           |
| 7  | ZPT                       | Hidropren-Kinopren-Metopren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 7 A             | Diterapkan di pra-metamorfik instar. Senyawa ini                                                                                                                         |

| No | Golongan                                        | Nama bahan aktif                                                                                                                                                                                                                                                            | Kode cara kerja | Cara kerja                                                                                                                                                               |
|----|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | mengganggu dan mencegah metamorfosis.                                                                                                                                    |
|    | Fenoksikarb                                     | Fenoksikarb                                                                                                                                                                                                                                                                 | 7 B             |                                                                                                                                                                          |
|    | Piriproksipen                                   | Piriproksipen                                                                                                                                                                                                                                                               | 7 C             |                                                                                                                                                                          |
| 8  | Akil halida                                     | Metil bromida and other alkil halid                                                                                                                                                                                                                                         | 8 A             | Menghambat pembentukan sel. hanya mekanismenya belum diketahui.                                                                                                          |
|    | Kloropikrin                                     | Kloropicrin                                                                                                                                                                                                                                                                 | 8 B             |                                                                                                                                                                          |
|    | Sulfuril fluorid                                | Sulfuril fluroid                                                                                                                                                                                                                                                            | 8 C             |                                                                                                                                                                          |
|    | Boraks                                          | Borax                                                                                                                                                                                                                                                                       | 8 D             |                                                                                                                                                                          |
|    | Tartar emetrik                                  | Tartar emetrik                                                                                                                                                                                                                                                              | 8 E             |                                                                                                                                                                          |
| 9  | Pimetrozin                                      | Pimetrozin                                                                                                                                                                                                                                                                  | 9 B             | Menyebabkan penghambatan makan selektif pada kutu putih dan kutu daun                                                                                                    |
|    | Flonikamid                                      | Flonikamid                                                                                                                                                                                                                                                                  | 9 C             |                                                                                                                                                                          |
| 10 | Klofentezin – Heksitiazok – Diflovidazin        | Klofentezin – Heksytiazoks – Diflovidazin                                                                                                                                                                                                                                   | 10 A            | Menghambat pertumbuhan tungau                                                                                                                                            |
|    | Etoksazol                                       | Etoksazol                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10 B            |                                                                                                                                                                          |
| 11 | Bacillus thuringiensis atau Bacillus sphaericus | Bacillus thuringiensis subsp. israelensis-Bacillus sphaericus-Bacillus thuringiensis subsp. aizawai-Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki-Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis. Bt crop proteins: Cry1Ab; Cry1Ac; Cry1Fa; Cry2Ab; mCry3A; Cry3Ab; Cry3Bb; Cry34/35Ab1 | -               | Racun protein yang mengikat pada reseptor pada membran saluran pencernaan tengah dan mendorong pembentukan pori-pori mengakibatkan ketidakseimbangan ion dan septicaemia |
| 12 | Diafentiuron                                    | Diafentiuron                                                                                                                                                                                                                                                                | 12 A            | Menghambat enzim yang mensintesis ATP pada mitokondria                                                                                                                   |

| No | Golongan                          | Nama bahan aktif                                                                                                                                               | Kode cara kerja | Cara kerja                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Organotin mitisid                 | Azosiklotin-Siheksatin-Fenbutatin oksid                                                                                                                        | 12 B            |                                                                                                                                                                             |
|    | Propargit                         | Propargit                                                                                                                                                      | 12 C            |                                                                                                                                                                             |
|    | Tetradifon                        | Tetradifon                                                                                                                                                     | 12 D            |                                                                                                                                                                             |
| 13 | Klorfenapir<br>DNOC<br>Sulfuramid | – Klorfenapir-DNOC-Sulfuramid<br>–                                                                                                                             | 13              | Gangguan pada gradien proton; sirkuit gradien proton (disebut : protonofores) yang pendek pada mitokondria sehingga ATP tidak dapat disintesis.                             |
| 14 | Nereistoksin analog               | Bensultap-Kartap hidroklorid-<br>Tiosiklam-(Tiosultap-sodium)                                                                                                  | 14              | Memblokir saluran ion nAChR sehingga blok sistem saraf dan kelumpuhan. Asetilkolin adalah excitatory neurotransmitter (penghubung) utama dalam sistem saraf serangga pusat. |
| 15 | Benzoilurea                       | Bistrifluron-Klorfluazuron-<br>Diflubenzuron-Flusikloksuron-<br>Flufenoksuron-Heksaflumuron-<br>Lufenuron-Novaluron-Noviflumuron-<br>Teflubenzuron-Triflumuron | 15              | Menghambat biosintesis kitin                                                                                                                                                |
| 16 | Buprofezin                        | Buprofezin                                                                                                                                                     | 16              | Menghambat biosintesis kitin pada beberapa serangga khususnya kutuputih                                                                                                     |
| 17 | Siromazin                         | Siromazin                                                                                                                                                      | 17              | Merontokkan kutikula saat proses pergantian kulit serangga                                                                                                                  |
| 18 | Diasilhidrazin                    | Kromafenozyd-Halofenozyd-<br>Metoksifenozyd-Tebufenozid                                                                                                        | 18              | Meniru hormon ganti kulit (ekdison) menginduksi kutikula serangga dewasa agar rontok sebelum waktunya                                                                       |
| 19 | Amitraz                           | Amitraz                                                                                                                                                        | 19              | Mengaktifkan reseptor oktopamin mengarah ke hyperexcitation (reaksi saraf berlebihan). Oktopamin adalah                                                                     |



| No | Golongan                        | Nama bahan aktif                                                        | Kode cara kerja | Cara kerja                                                                                                                                                            |
|----|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                 |                                                                         |                 | hormon pada serangga yang menyerupai adrenalin seperti neurohormon untuk pertahanan diri atau untuk terbang.                                                          |
| 20 | Hidrametilnon                   | Hidrametilnon                                                           | 20 A            | Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.                                                                          |
|    | Asequinosil                     | Asequinosil                                                             | 20 B            |                                                                                                                                                                       |
|    | Fluacripirim                    | Fluacripirim                                                            | 20 C            |                                                                                                                                                                       |
| 21 | METI akarisida dan insektisida  | Fenazakuin-Fenpiroksimat-Pirimidifen-Piridaben-Tebufenpirad-Tolfenpirad | 21 A            | Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.                                                                          |
|    | Rotenon                         | Rotenon (Derris)                                                        | 21 B            |                                                                                                                                                                       |
| 22 | Indoksakarb                     | Indoksakarb                                                             | 22 A            | Memblokir saluran natrium menyebabkan pemadaman sistem saraf dan kelumpuhan. Saluran natrium yang terlibat dalam penyebaran potensial aksi di sepanjang akson saraf.  |
|    | Metaflumizon                    | Metaflumizon                                                            | 22 B            |                                                                                                                                                                       |
| 23 | Asam Tetronik dan Asam Tetramik | Spirodiklofen-Spiromesifen-Spirotetramat                                | 23              | Menghambat kerja asetil koenzim A karboksilase untuk mensintesis lipid yang merupakan langkah pertama dalam biosintesis lipid sehingga menyebabkan kematian serangga. |
| 24 | Fosfin                          | Aluminium fosfid-Kalsium fosfid-Fosfine-Zinc fosfid                     | 24 A            | Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.                                                                          |
|    | Sianida                         | Sianida                                                                 | 24 B            | -                                                                                                                                                                     |

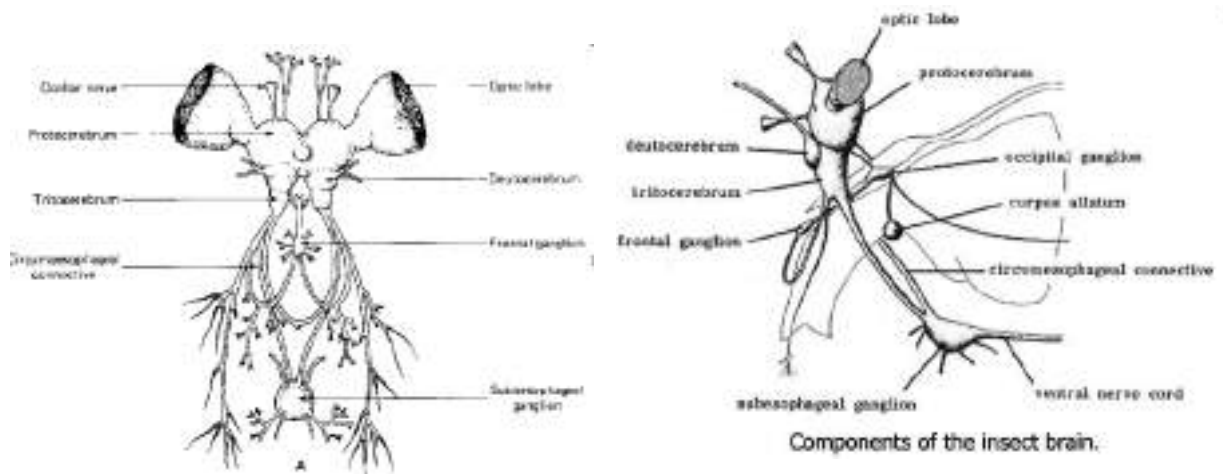
| No | Golongan                | Nama bahan aktif                                   | Kode cara kerja | Cara kerja                                                                                                                                                     |
|----|-------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25 | Turunan Beta-Ketonitril | Sienopirafen-Siflumetofen                          | 25              | Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.                                                                   |
| 28 | Diamida                 | Chlorantraniliprole-Cyantraniliprole-Flubendiamide | 28              | Aktifnya otot reseptor rianodin menyebabkan kontraksi dan kelumpuhan. Reseptor rianodin berperan melepaskan kalsium ke dalam sitoplasma dari sel intraseluler. |

Sumber : <https://www.irac-online.org/>

### **Sistem Syaraf Serangga**

Sistem saraf serangga merupakan sistem yang melaksanakan dan memproses informasi serta memastikan fungsi dan koordinasi efektor, menghasilkan dan memodifikasi respon serangga terhadap input yang didapatkan dari organ sensori tepi (Chapman 1998). Sistem saraf serangga merupakan jaringan sel-sel terspesialisasi yang disebut neuron (sel saraf). Sel-sel ini menghasilkan impuls elektrik (potensial aksi) yang menjalar sebagai gelombang depolarisasi sepanjang membran sel. Sistem saraf terdiri dari banyak sel saraf (neuron) yang saling berhubungan yang menyebar ke seluruh tubuh

- CNS (Central Nervous System) serangga terdiri dari otak yang berada di bagian kepala di atas esofagus
- Otak terdiri dari tiga lobus :
  1. protocerebrum (mata dan ocelli)
  2. deutocerebrum (antena)
  3. tritocerebrum (labrum dan usus depan)



Lobus tritocerebrum dipisahkan oleh esofagus dan bersambung di commisura tritocerebrum, Subesofagial ganglion berhubungan ke otak melalui dua syaraf circumesofagial (berjalan disisi esofagus), Syaraf ventral muncul dari subesofagial ganglion, biasanya dobel dan terdiri atas beberapa ganglion ruas

Sel syaraf adalah unit fungsional dalam sistem syaraf. Ada tiga tipe sel syaraf :

1. *Sensoris*
2. *internuncial (interneuron)*
3. *motoris*

Sel syaraf sensoris biasanya berada di dekat permukaan tubuh, berupa syaraf tunggal atau kelompok yang menginervasi organ indra, Sel internuncial (interneuron) menghubungkan antar sel syaraf dan sel syaraf motoris, mempunyai badan sel di ganglion dan axon yang memanjang sampai ke organ efektor (otot atau kelenjar)

Badan sel syaraf terdiri dari axon (*afferent axon*), neuron dan dendrit (*efferent neuron*). Diantara sel-sel syaraf terdapat celah sinaps/inter selular berukuran 200-300Å. Sel syaraf sebelum celah sinaps disebut presinaps dan sel syaraf setelah celah sinaps disebut postsinaps.

Ada 3 macam susunan, yaitu

1. Neuron Unipolar

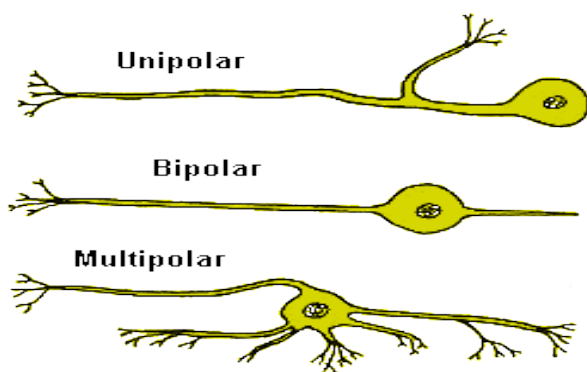
Neuron Unipolar hanya memiliki satu uluran yang timbul dari badan sel. Misalnya neuron sensorik unipolar yang terdapat pada hewan tingkat rendah.

2. Neuron Bipolar

Neuron ini memiliki dua uluran, yaitu akson dan dendrit. Badan selnya berbentuk lonjong dan ulurannya timbul dari dua ujung badan sel. Neuron ini terdapat pada retina (mata), koklea (telinga) dan epitel olfaktori (hidung). Neuron bipolar dengan demikian lebih banyak dipergunakan untuk menerima dan meneruskan rangsang, sementara yang monopolar dipergunakan untuk memproses rangsang dan selanjutnya diantisipasi sesuai dengan jenis rangsang.

### 3. Neuron Multipolar

Neuron ini memiliki satu akson dan beberapa dendrit. Penyebaran neuron multipolar ini paling banyak terdapat di dalam tubuh di bandingkan neuron unipolar dan bipolar. Contoh neuron multipolar adalah neuron motorik yang keluar dari sumsum tulang belakang



Gambar 12. Tipe Neuron

[www.cals.ncsu.edu/course/ent425/tutorial/nerves](http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/tutorial/nerves)

### Organ indra

Indra pada serangga bermacam-macam fungsi, pada umumnya mempunyai fungsi :

1. Menerima informasi mengenai lingkungan
2. Umumnya berlokasi di dinding permukaan tubuh dalam ukuran yang mikroskopis
3. Sangat peka terhadap stimulus tertentu (spesifik); kimia, mekanis, auditory, visual, kelembaban dan suhu

## Sensila

Sensila pada serangga merupakan receptor dari berbagai rangsangan kimia, mekanis, auditory, visual, kelembaban dan suhu. 3 tipe sensila (menurut struktur dasar), yaitu :

1. Sensila tanpa pori (rambut berbagai ukuran)
2. Sensila uniporous (rambut, peg, papila di permukaan tubuh)
3. Sensila multiporous (rambut, peg, papila pada antena, maxila dan palpi)

## Chemical Sense

*Chemical sense* atau respon terhadap Rangsangan kimia, Meliputi indra perasa (*gustation*) dan penciuman (*olfaction*). Berperan penting dalam perilaku serangga, seperti mencari makan, perkawinan, seleksi habitat, hubungan induk-parasit. Organ sensoris yang berperan, antara lain sel-sel sensoris dan organ pengecap, organ pengecap terdapat di bagian mulut, antena (semut, lebah) dan tarsus (kupu-kupu, moth dan lalat). Khemoreseptor pada tiap jenis serangga sangat peka dan spesifik

## Mechanical Sense

Respon terhadap rangsangan raba, tekan, getaran, gerakan, perilaku makan, perilaku kawin, menghindari mangsa, orientasi lingkungan, gravitasi dan aktivitas lain. Ada tiga tipe organ indra yang berperan dalam mechanical sense, yaitu :

1. rambut sensila
2. campaniform sensila
3. scolopophorous organ



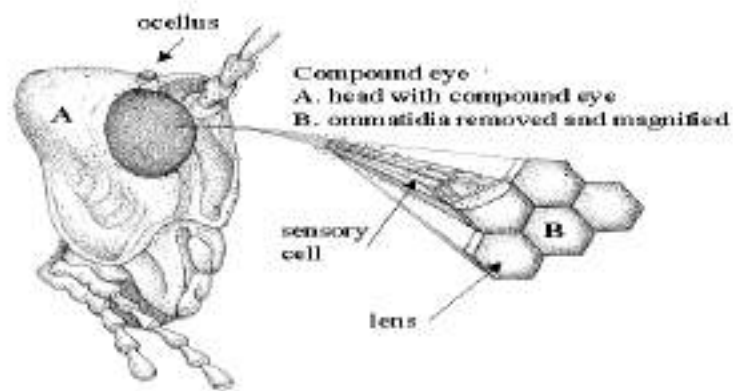
Gambar 13. Pulvilli pada serangga sebagai Mechanical reseptor

## Organ visual

Organ visual utama ada 2, ocelli dan mata faset (*compound eyes*)

Ocelli, adalah mata sederhana, biasa terdapat pada setiap ordo serangga umumnya, kecuali serangga tak bersayap, ocelli terdiri dari kutikula cornea transparan, lapisan sel corneagen, sel-sel retinula (*fotoreseptor*). Fotoreseptor terdiri pigmen rhodopsin

Mata majemuk, adalah fotoreseptor terbesar dari organ visual serangga, Terdiri dari ribuan unit ommatidium. Ommatidium terdiri lensa kornea transparan, crystallin cone, sekelompok sel retinula, pigmen mata. Stemmata, adalah mata sederhana pada stadium larva



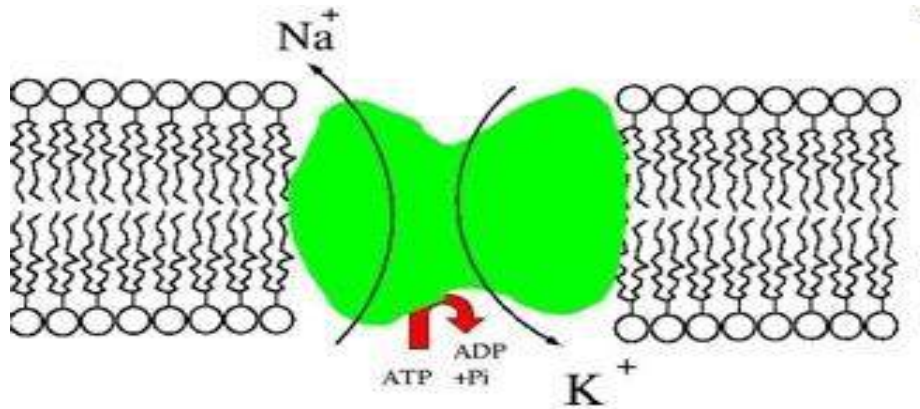
## Pendengaran

Dua organ penting yang berfungsi sebagai pendengar adalah subgenual organ, rambut sensila dan organ tympani. Organ tympani terdiri dari sel scolopophorous, organ ini berupa membran yang tipis. Lokasi tympani ada yg di segmen abdomen (Acrididae), tibia (Tettigonidae, Gryllidae), metatoraks (moth). Kemampuan mendengar suara diantaranya vibrasi pada substrat (subgenual organ) atau melalui media udara (tympana). Frekuensi suara yg bisa didengar 200 – 3000 Hz (subgenual organ), sedangkan organ tympana > 100.000 Hz. (manusia maks 20.000 Hz). Organ lain yang dapat berfungsi sbg pendengar adalah seta pada antena Diptera (*Johnston's organ*).

## Mekanisme transmisi syaraf

**Secara elektrik**, transmisi berjalan disepanjang sel syaraf dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Di dalam axon transmisi impuls berlangsung sebagai perbedaan

tegangan potensial di sepanjang membran axon. Fenomena ini berhubungan dengan pergerakan ion-ion yang keluar masuk axon. Kejadian ini dikenal sebagai **Mekanisme pompa Natrium**.



**Figure 12**

**Gambar 14. Mekanisme Pompa Natrium (Target kerja organoklorin dan sedikit piretroid)**

### **Sodium pump mechanism**

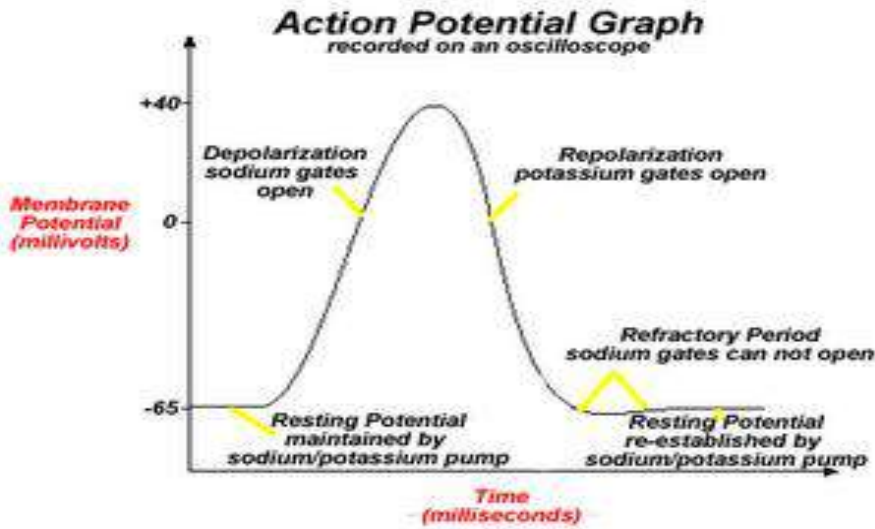
kesetimbangan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  pada waktu transmisi

*Pada fase istirahat/repolarisasi :*

$[\text{K}^+]$  dalam axon  $\gg$  diluar axon,  $[\text{Na}^+]$  dalam axon  $\ll$  di luar axon dan  $[\text{Cl}^-]$  mengikuti  $[\text{Na}^+]$  kemudian  $[\text{K}^+]$  mengalir ke dalam axon,  $[\text{Na}^+]$  ke luar axon

*Fase tereksitasi/depolarisasi :*

$[\text{K}^+]$  dalam axon  $\ll$  di luar axon dan  $[\text{Na}^+]$  dalam axon  $\gg$  di luar axon kemudian  $[\text{Na}^+]$  masuk ke dalam axon,  $[\text{K}^+]$  ke luar axon



**Secara kimia**, dengan bantuan neurotransmitter Ach pada celah sinaps, Transmisi impuls merambat pada celah sinaps dibantu oleh ACh, ACh berlebih dinetralsir oleh enzim AChE diuraikan menjadi Kolin dan asam asetat

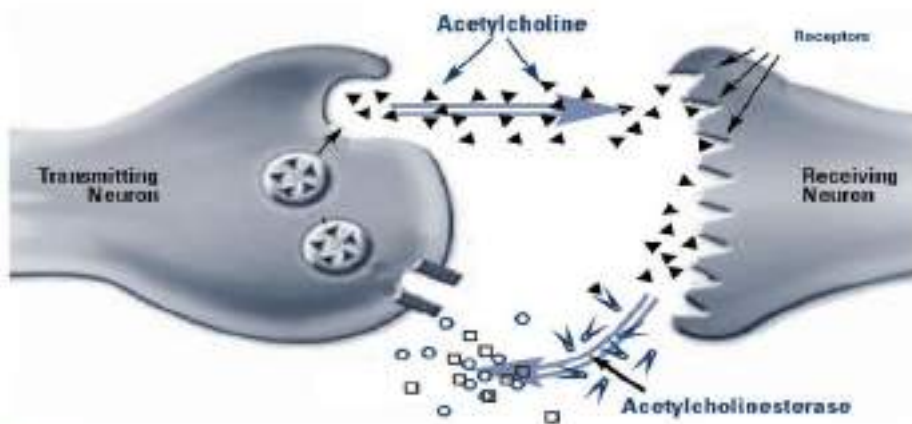
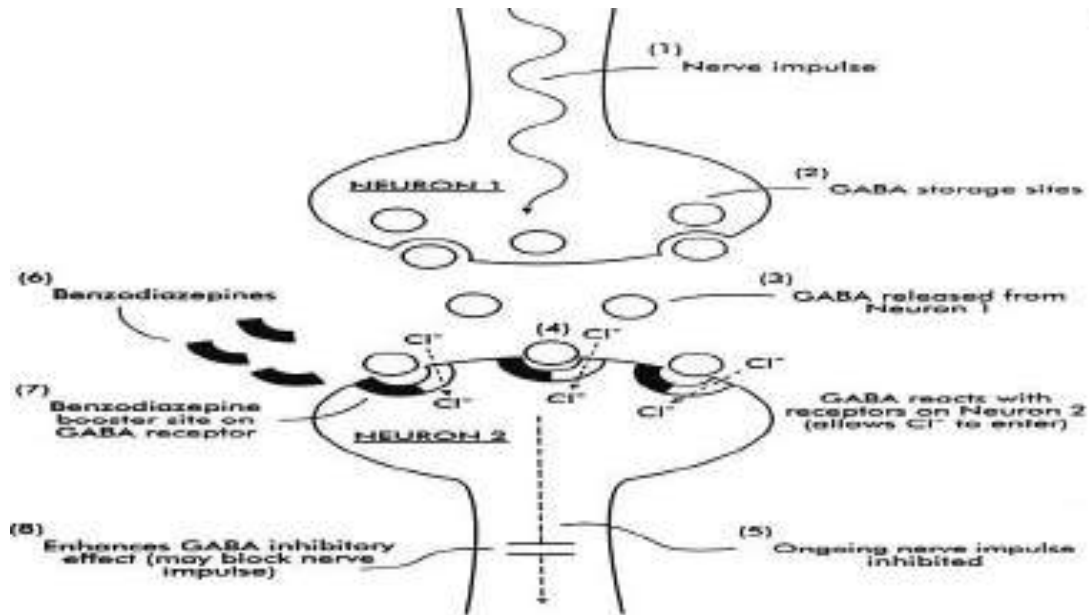


Fig. 1. After signalling, acetylcholine is released from receptors and broken down by acetylcholinesterase to be recycled in a continuous process.





GABA adalah gerbang utama ion  $[Cl^-]$  pada mekanisme pompa natrium, berfungsi menekan eksitasi pada sinaps, Bila kerja GABA dilawan (antagonis) maka terjadi eksitasi pada syaraf sinaptik

### **Cara Kerja Insektisida dalam Tubuh serangga insektisida (*mode of action*)**

Insektisida yang bekerja pada sistem saraf memiliki cara bekerja (*Mode of Action/MoA*) yang berbeda-beda sesuai dengan lokasi sasaran (*target site*). Beberapa insektisida memiliki MoA yang sama karena memiliki lokasi sasaran yang sama. Secara umum, insektisida sistem saraf ini dapat dikelompokkan mejadi 3 sesuai dengan lokasi sasarannya, yakni insektisida yang mempengaruhi kanal sodium, kanal klorida, dan mempengaruhi sistem asetilkolin pada sinaps.

Sebagian besar insektisida sintetik masuk dalam kategori antara lain piretroid, (organoklorin), organofosfor dan karbamat. Demikian juga insektisida mikroba kelas makrolakton misalnya: abamektin) dan dua insektisida yang termasuk baru yaitu neonikotinoid dan fenilpirazol. Mereka adalah kelas-kelas insektisida yang memberikan pengaruh buruk terhadap sistem saraf. Titik tangkap pada sistim saraf meliputi :

1. Kanal sodium (sodium channel).
2. Kanal klorida (chloride channel).

### 3. Sistem asetilkolin (acetylcholine system).

Titik tangkap insektisida pada sistem syaraf dapat dibedakan menjadi :

#### 1. Kanal natrium (sodium channel).

**Piretroid** adalah racun **axonik**, yaitu beracun terhadap serabut saraf. Mereka terikat pada suatu protein dalam saraf yang dikenal *voltage-gated sodium channel*. Pada keadaan normal protein sebagai ini membuka untuk memberikan rangsangan pada saraf dan menutup untuk menghentikan sinyal saraf. Piretroid terikat pada gerbang ini dan mencegah penutupan secara normal yang menghasilkan rangsangan saraf berkelanjutan. Hal ini yang mengakibatkan tremor dan gerakan inkoordinasi pada serangga yang keracunan.

Penamaan piretroid berarti mirip piretrin, karena akhiran *-oid* dalam dunia ilmiah berarti mirip seperti pada amoeboid, dan nikotinoid. Penemuan piretroid merupakan terobosan penting dalam dunia insektisida, karena memiliki sejumlah karakteristik penting yaitu (a) bekerja cepat pada serangga (*knockdown* dan *flushing*), repelen, (d) aplikasi dosis rendah, (e) toksisitas mamalia relatif rendah, (f) tidak berbau (g) non-residual (untuk generasi pertama), (h) residual jangka panjang, (i) kelarutan dalam air rendah, dan (j) toksik terhadap ikan.

#### 2. Kanal klorida (chloride channel).

**Makrolakton** (misalnya abamektin), **fenilpirazol** dan **siklodien** (organoklorin) adalah **racun aksonik** (seperti pada piretroid). Insektisida ini terikat pada serabut saraf yang disebut *GABA-gated chloride channel*. Protein ini membentuk sebuah celah di dalam yang melemahkan beberapa impuls saraf. Insektisida-insektisida tersebut lah yang mengakibatkan hipereksitasi yang berakibat tremor dan gerakan inkoordinasi.

**Makrolakton** (abamektin) banyak digunakan dalam umpan semut dan lipas. Zat aktif Abamektin diperoleh dari mikroorganisme tanah, *Streptomyces avermitilis*. Bakteri tanah ini pertama kali diisolasi tahun 1970 oleh ilmuwan di Merck & Co. dari contoh tanah yang di ambil dari Jepang. Dari fermentasi *Streptomyces avermitilis* ini dihasilkan empat campuran komponen avermektin avermektin A1, A2, B1 dan B. Setiap campuran mengandung komponen  $\geq 80\%$  komponen A dan  $\leq 20\%$  komponen B. Abamektin adalah avermektin B1 dengan komposisi avermektin B1a 80% dan avermektin B1b 20%

Abamektin mempunyai toksisitas terhadap mamalia rendah dan terurai dalam 24 jam pada permukaan terbuka. Di Indonesia masih belum ada abamektin untuk industri PHP, namun sudah banyak beredar di pasaran untuk industri pertanian dan kesehatan hewan. Di negara lain seperti Amerika Serikat, penggunaan abamektin untuk PHP dari tahun ke tahun meningkat sehubungan dengan meningkatnya popularitas program biorasional yang salah satunya adalah penggunaan insektisida dari bahan alami. Cara kerja. Sasaran dari abamektin adalah reseptor *γ-aminobutyric acid* (GABA) pada sistem saraf tepi. Insektisida ini merangsang pelepasan GABA yang mengakibatkan kelumpuhan pada serangga.

*fenilpirazol* dan *siklodien* (organoklorin) adalah racun *aksonik* (seperti pada piretroid). organoklorin adalah *insektisida* yang mengandung karbon atau C (sehingga disebut organo), klor dan hidrogen. Dalam bahasa Inggris golongan ini juga dikenal sebagai *chlorinated hydrocarbons*, *chlorinated organics*, *chlorinated insecticides* dan *chlorinated synthetics*. Organoklorin adalah kelompok insektisida sintetik organik yang pertama kali dikembangkan. Kelompok ini sekarang dibicarakan orang lebih untuk minat sejarah insektisida saja, karena hanya beberapa saja yang masih bertahan sebagai senjata dalam PHP pada era moderen ini. Beberapa insektisida kelompok ini pernah populer dan merajai dalam PHP namun sudah tidak digunakan lagi, seperti DDT, klordan, BHC, dieldrin, dan toksapen.

### 3. Sistem asetilkolin (acetylcholine system).

*Organofosfor* dan *karbamat* adalah **racun sinaptik**. Sinaps adalah suatu persimpangan antara dua saraf atau suatu titik penghubung saraf. organofosfor atau lebih dikenal sebagai insektisida OP adalah semua insektisida yang fosfor dalam susunan kimianya. Awal penemuan insektisida ini terjadi pada masa Perang Dunia II dalam rangka penelitian "gas saraf" untuk kepentingan perang. Gas-gas saraf dari golongan OP antara lain sarin, soman dan tabun. Oleh karenanya insektisida OP di samping memiliki toksisitas mamalia yang relatif rendah, namun sebagian dari mereka memiliki toksisitas yang tinggi terhadap binatang. Oleh karena merupakan insektisida yang paling beracun terhadap vertebrata (hewan bertulang belakang) dibandingkan dengan insektisida lain. Golongan insektisida ini sekarang paling banyak digunakan dalam program PHP setelah

piretroid. Ciri khas dari insektisida ini adalah daya knockdown yang cepat, toksisita terhadap mamalia relatif rendah, toksik terhadap vertebrata, relatif kurang stabil, korosif dan yang paling khas adalah berbau.

Semua insektisida *organofosfor* adalah ester dari fosfor yang mempunyai variasi kombinasi oksigen, karbon, sulfur dan nitrogen yang menyebabkan Organofosfor terbagi menjadi enam subkelas yang berbeda yaitu: fosfat (*phosphate*), fosfonat (*phosphonate*), fosforotioat (*phosphorothioate*), fosforoditioat (*phosphorodithioate*), fosforotiolat (*phosphoorothiolate*) dan fosforamidat (*pluosphoramidate*). Subkelas-subkelas tersebut mudah dikenali dari nama kimianya namun pengelompokan ini tidak populer. Organofosfor lebih dikenal terbagi dalam tiga kelompok yaitu alifatik(*aliphatic*), fenil(*phenyl*) dan heterosiklik (*heterocyclic*).

Karbamat adalah satu di antara kelompok kecil insektisida yang digunakan dalam industri PHP. Karbamat merupakan turunan dari asam karbamik yang cara kerjanya mirip dengan organofosfor, yaitu menghambat enzim kholinesterase pada sistem saraf. Kelebihan karbamat secara umum dibandingkan organofosfor adalah toksisitas mamalia oral dan dermal relatif lebih rendah, kurang atau tidak berbau serta mempunyai spektrum lebih luas. Di Indonesia terdapat dua bahan aktif karbamat yaitu propoksur dan bendiokarb.

Propoksur sangat populer untuk pengendalian nyamuk, lalat dan lipas pada formulasi aerosol dan oil spray karena kelebihanannya mempunyai *knockdown* yang cepat *flushing out* yang baik serta aktivitas residual yang cukup Bendiokarb adalah satu-satunya insektisida non-piretroid yang masih diterima masyarakat dan digunakan dalam pengendalian vektor malaria dengan penyemprotan residual (*indoor residual spray*) di Indonesia (Ficam<sup>®</sup> 80 WP). Keunggulan utamanya berbau dan mempunyai cara kerja yang berbeda dibandingkan dengan piretroid menjadikan bendiokarb masih bertahan. Namun biaya produksi mahal, propoksur dan bendiokarb, menjadi produk yang mahal dan menjadi kurang diminati.

Terdapat dua anggota karbamat dalam industri PHP dunia namun belum populer di Indonesia yaitu fenoksikarb dan indoksakarb. Fenoksikarb dan indoksakarb bekerja sebagai juvenoid, suatu zat pengatur tumbuh serangga (*insect growth regulator*), yaitu senyawa sintetik yang mimik dengan hormon kemudaan (*juvenile hormone*) yang bekerja

pada serangga pra dewasa. Kedua bahan aktif ini banyak diformulasi sebagai umpan semut, lipas dan pinjal.

Secara spesifik **organofosfor** dan **karbamat** terikat pada suatu enzim pada sinaps yang dikenal dengan *Asetilkholinesterase*. Enzim ini dibentuk untuk menghambat suatu impuls saraf setelah melewati sinaps. Organofosfor dan karbamat terikat pada enzim ini dan menghambatnya untuk tidak bekerja. Sehingga sinaps yang keracunan tidak mampu menghentikan impuls saraf yang berakibat terjadinya rangsangan saraf yang berkelanjutan seperti yang terjadi pada piretroid, namun pada karbamat menyebabkan penumpukan asetilkolin pada sinaps saraf dan penghambatan enzim kolinesterase bersifat tidak tetap (*reversible*). Pada akhirnya serangga yang keracunan berakibat sama yaitu tremor dan gerakan inkoordinasi.

*Neonikotinoid* adalah racun **sinaptik** seperti pada *Organofosfor* dan *karbamat*. Insektisida ini mimik kerja sebuah neurotransmitter yang disebut asetilkolin. Pada kondisi normal, asetilkolin menyalakan impuls saraf pada sinaps namun pengaruhnya berhenti secara cepat. Pada nikotinoid kondisi saraf dinyalakan namun tidak bisa terhenti seperti pada normal. Sehingga sistem saraf menjadi terlalu bergairah *over-excite* dan mengakibatkan tremor dan gerakan inkoordinasi.

Sebuah terobosan dilakukan oleh peneliti *Nippon Bayer* pada tahun 1984, yaitu dengan memperkenalkan gugus 3-piridilmetil untuk menggantikan heterosiklik nitrometilen yang membuat aktifitas insektisidanya meningkat secara drastis pada nithiazin.

Penemuan ini mencuatkan imidakloprid sebagai produk pertama dalam kelas neonikotinoid, kemudian diikuti produk kedua nitenpiram dari takeda dan ketiga asetamiprid dari *Nippon Soda*. Pada awalnya, kelompok ini lebih dikenal sebagai kloronikotinil, karena adanya senyawa kloropiridil di struktur kimianya. Namun pada perkembangan selanjutnya ada insektisida dalam kelompok ini yang tidak mengandung senyawa kloropiridil, maka Yamamoto (1993) mengusulkan namanya menjadi "neonikotinoid". Berdasarkan senyawa pembentuknya, neonikotinoid dapat dibagi dalam 3 subkelas, yaitu (1) Nitrometilen, contohnya nithiazin, (2) Kloronikotinil, contohnya imidakloprid, nitenpiram dan asetamiprid, dan (3) Tianikotinil, contohnya tiametoksam. Subkelas nitrometilen dianggap sebagai produk perintis dalam neonikotinoid, karena

tidak dikomersialkan. Kloronikotinil selanjutnya dianggap sebagai generasi I dan tianikotinil sebagai generasi II dalam neonikotinoid.

Kelompok ini bersifat non-repelen pada serangga sehingga banyak digunakan dalam formulasi umpan/bait (lalat, semut, lipas dan rayap) serta formulasi untuk termitisida. Di Indonesia imidakloprid terdaftar untuk mengendalikan lalat dalam bentuk umpan (QuickBayt<sup>®</sup>) dan termitisida (Premise<sup>®</sup> 200 SL) Imidakloprid mempunyai kelarutan dalam air cukup tinggi dan fotostabil. Kelarutandalam air yang tinggi membuat imidakloprid bisa diformulasi dalam bentuk soluble Liquid (SL) sehingga meningkatkan keamanan produk akhir. Tiametoksam terdapat pada produk umpan lalat yang banyak digunakan di peternakan (Agita 10 WG, Agita 1 GB) dan di beberapa negara maju diformulasi untuk pengendalian rayap tanah.

Tabel 5. Insektisida dan klasifikasi *mode of action* (MoA) yang bekerja pada sistem saraf (neurological target site)

| Pembagian Grup dan target kerja            | Sub Grup Kima atau Bahan Aktif         | Bahan Aktif                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Acetylcholine esterase inhibitors       | 1A<br>Carbamates                       | Aldicarb, Alanycarb, Bendiocarb, Benfuracarb, Butocarboxim, Butoxycarboxim, Carbaryl, Carbofuran, Carbosulfan, Ethiofencarb, Fenobucarb, Formetanate, Furathiocarb, Isoprocarb, Methiocarb, Methomyl, Metolcarb, Oxamyl, Pirimicarb, Propoxur, Thiodicarb, Thiofanox, Trimethacarb, XMC, Xyllycarb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                            | Triazamate                             | Triazamate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. GABA-gated chloride channel antagonists | 1B<br>Organophosphates                 | Acephate, Azamethiphos, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Cadusafos, Chlorethoxyfos, Chlorfenvinphos, Chlormephos, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Coumaphos, Cyanophos, Demeton-S-methyl, Diazinon, Dichlorvos/ DDVP, Dicrotophos, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, EPN, Ethion, Ethoprophos, Famphur, Fenamiphos, Fenitrothion, Fenthion, Fosthiazate, Heptenophos, Isofenphos, Isopropyl O-(methoxyaminothio=phosphoryl)salicylate, Isoxathion, Malathion, Mecarbam, Methamidophos, Methidathion, Mevinphos, Monocrotophos, Naled, Omethoate, Oxydemetonmethyl, Parathion, Parathion-methyl, Phenthoate, Phorate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidon, Phoxim, Pirimiphos-ethyl, Profenofos, Propetamphos, Prothiofos, Pyraclofos, Pyridaphenthion, Quinalphos, Sulfotep, Tebupirimfos, Temephos, Terbufos, Tetrachlorvinphos, Thiometon, Triazophos, Trichlorfon, Vamidothion |
|                                            | 2A<br>Cyclodiene organochlorines<br>2B | Chlordane, Endosulfan, gamma-HCH, Lindane<br><br>Ethiprole, Fipronil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                         |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                         | Phenylpyrazoles<br>(Fiproles)                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3. Sodium channel modulators                                            | 3<br>DDT<br>Methoxychlor<br>Pyrethroids<br><br>Pyrethrins        | DDT<br><br>Methoxychlor<br>Acrinathrin, Allethrin, d-cis-trans Allethrin, d-trans Allethrin, Bifenthrin, Bioallethrin, Bioallethrin S-cyclopentenyl, Bioresmethrin, Cycloprothrin, Cyfluthrin, beta-Cyfluthrin, Cyhalothrin, lambda-Cyhalothrin, gamma-Cyhalothrin, Cypermethrin, alpha-Cypermethrin, beta-Cypermethrin, thetaCypermethrin, zeta-Cypermethrin, Cyphenothrin, [(1R)-transisomers], Deltamethrin, Empenthrin [(EZ)- (1R)- isomers], Esfenvalerate, Etofenprox, Fenpropathrin, Fenvalerate, Flucythrinate, Flumethrin, tau-Fluvalinate, Halfenprox, Imiprothrin, Permethrin, Phenothrin [(1R)-trans- isomer], Prallethrin, Resmethrin, RU 15525, Silafluofen, Tefluthrin, Tetramethrin, Tetramethrin [(1R)- isomers], Tralomethrin, Transfluthrin, ZXI 8901<br>Pyrethrins (pyrethrum) |
| 4. Nicotinic Acetylcholine receptor agonists / antagonists              | 4A<br>Neonicotinoids                                             | Acetamiprid, Clothianidin, Dinotefuran, Imidacloprid, Nitenpyram, Thiacloprid, Thiamethoxam                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                         | 4B<br>Nicotine                                                   | Nicotine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                         | 4C<br>Bensultap<br>Cartap hydrochloride<br>Nereistoxin analogues | Bensultap<br>Cartap hydrochloride<br>Thiocyclam, Thiosultap-sodium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5. Nicotinic Acetylcholine receptor agonists (allosteric) (not group 4) | Spinosyns                                                        | Spinosad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6. Chloride channel activators                                          | Avermectins,<br>Milbemycins                                      | Abamectin, Emamectin benzoate, Milbemectin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Sumber : <http://www.sripmc.org/IRACMOA/MOAVersion5.1.pdf>

## BAB 6

### PENGENDALIAN HAYATI UNTUK VEKTOR DAN RODENT DI LAHAN BASAH

#### A. PENGENDALIAN HAYATI UNTUK VEKTOR

##### 1. Peran Pengendalian Hayati Dalam Menurunkan Kepadatan Vektor

Pengendalian Hayati merupakan pemanfaatan mikroorganisme lain yang bertujuan untuk mengendalikan Organisme Pengganggu seperti vektor penular penyakit. Pengendalian Hayati (*Biological Control*) adalah pengendalian organisme pengganggu oleh musuh alami atau agensia pengendali hayati. Namun dapat juga disebut mengendalikan penyakit dan hama dengan secara biologi, yaitu dengan memanfaatkan musuh-musuh alami.

Sedangkan Agen Pengendali Hayati (*Biological Control Agens*) yaitu setiap organisme yang meliputi subspecies, spesies, varietas, semua jenis protozoa, serangga, bakteri, cendawan, virus serta organisme lainnya yang dalam tahap perkembangannya bisa dipergunakan untuk keperluan pengendalian hama dan penyakit atau organisme pengganggu dalam penanggulangan penyakit bersumber vektor dalam hal ini. Pengendalian hayati dilatarbelakangi oleh berbagai pengetahuan dasar ekologi khususnya teori tentang pengaturan populasi oleh pengendali alami serta keseimbangan ekosistem.

Musuh alami yang terdiri atas predator, parasitoid, dan patogen adalah pengendali alami utama vektor yang bekerja menurunkan populasi dan kepadatan vektor sehingga agensia hayati tersebut tidak dapat dilepaskan dari kehidupan serta perkembangbiakan vektor. Pengendalian Hayati merupakan pemanfaatan atau memanipulasikan musuh alami untuk menurunkan atau mengendalikan populasi vektor dan merupakan suatu taktik pengendalian vektor. Pengendalian Alami adalah suatu proses pengendalian tanpa adanya unsur kesengajaan atau dimanipulasi dari manusia. Factor cuaca dan makanan merupakan komponen ekosistem lainnya yang bekerja secara alami.

##### a. Agen Pengendali Hayati: Pemangsa

###### Serangga Pemangsa

Secara umum, pemangsa didefinisikan sebagai makhluk hidup yang memakan makhluk hidup lainnya. Pemangsaan merupakan suatu cara hidup yang sumber



makanannya diperoleh dengan menangkap, membunuh, dan memakan hewan lain. Pemangsa dari kelompok arthropoda terdiri atas sejumlah besar jenis serangga, ditambah dengan laba-laba dan tungau pemangsa. Di dunia ini diperkirakan ada sekitar 200.000 jenis pemangsa arthropoda, termasuk berbagai jenis laba-laba dan tungau pemangsa. Serangga pemangsa terdiri atas lebih dari 16 bangsa dan kurang lebih 2000 suku. Istilah yang sering dipakai dalam katagori serangga pemangsa adalah monofagus (pemakan satu jenis mangsa), oligofagus atau stenofagus (pemakan beberapa jenis mangsa yang masih berkerabat), dan polifagus (pemakan banyak jenis mangsa dari kelompok yang berbeda). Pemangsa monofagus dan oligofagus disebut juga spesialis, sedangkan pemangsa polifagus disebut generalis.

Karakteristik umum serangga pemangsa yaitu :

- 1) mengkonsumsi banyak individu mangsa selama hidupnya,
- 2) umumnya berukuran sebesar atau relatif lebih besar daripada mangsanya,
- 3) menjadi pemangsa ketika sebagai larva/nimfa, dewasa (jantan dan betina), atau keduanya,
- 4) pemangsa menyerang mangsa dari semua tahap perkembangan,
- 5) biasanya hidup bebas dan selalu bergerak,
- 6) mangsa biasanya dimakan langsung,
- 7) biasanya bersifat generalis,
- 8) seringkali memiliki cara khusus untuk menangkap dan menaklukkan mangsanya.

Beberapa bangsa serangga yang penting sebagai pemangsa dalam pengendalian alami dan hayati, antara lain adalah Coleoptera, Hemiptera, Neuroptera, dan Diptera. Kelompok pemangsa penting yang bukan serangga adalah laba-laba dan tungau pemangsa. Tipe mangsa yang dimakan oleh pemangsa merupakan interaksi dari berberapa faktor (fisiologi, perilaku, dan ekologi), yaitu:

- 1) ketersediaan/kelimpahan relatif dari tipe mangsa yang khusus,
- 2) perilaku pemangsa dalam mencari makan,
- 3) kesesuaian nutrisi mangsa, dan
- 4) risiko pemangsaan yang berasosiasi dengan upaya dalam memperoleh mangsa.

Kecuali keempat faktor tersebut, perilaku oviposisi betina berperan penting dalam menentukan mangsa yang tersedia untuk larvanya.

Secara tradisional perilaku pemilihan mangsa atau inang dibagi menjadi empat komponen yang sering kali digabungkan bersama, yaitu penentuan lokasi habitat mangsa, penentuan lokasi mangsa, penerimaan mangsa, dan kesesuaian hama. Dalam proses pemilihan mangsa, umumnya pemangsa menggunakan kombinasi pertanda fisik (penglihatan dan sentuhan) dan pertanda kimiawi (bau dan rasa). Beberapa karakteristik musuh alami, termasuk pemangsa, yang diinginkan untuk keberhasilan pengendalian hayati adalah sebagai berikut:

- 1) memiliki kemampuan mencari yang baik,
- 2) memiliki kekhususan mangsa/inang,
- 3) memiliki laju reproduksi yang tinggi,
- 4) memiliki kemampuan adaptasi yang baik di habitat mangsa/inang,
- 5) memiliki daur hidup yang sinkron dengan mangsa/inang,
- 6) memiliki kemudahan untuk diperbanyak.

## **b. Agen Pengendali Hayati: Parasitoid**

### **Serangga Parasitoid**

Parasitoid adalah serangga yang sebelum tahap dewasa berkembang pada atau di dalam tubuh inang (biasanya serangga juga). Parasitoid mempunyai karakteristik pemangsa karena membunuh inangnya dan seperti parasit karena hanya membutuhkan satu inang untuk tumbuh, berkembang, dan bermetamorfosis. Ada tiga bentuk partenogenesis yang dijumpai pada parasitoid, yaitu *thelytoky* (semua keturunannya betina diploid tanpa induk jantan), *deuterotoky* (keturunannya sebagian besar betina diploid yang tidak mempunyai induk jantan dan jarang ditemukan jantan haploid), dan *arrhenotoky* (keturunan jantan haploid tidak mempunyai induk jantan, dan keturunan betinanya berasal dari induk betina dan jantan (diploid)).

Parasitoid yang membunuh atau yang melumpuhkan inang setelah meletakkan telur disebut idiobiont. Parasitoid yang tidak membunuh atau tidak melumpuhkan secara permanen setelah melakukan oviposisi disebut koinobiont. Parasitoid yang menghasilkan hanya satu keturunan dari satu inang disebut soliter dan disebut gregarius kalau jumlah keturunan yang muncul lebih dari satu individu (tetapi berasal dari satu induk) per inang. Hiperparasitoid atau parasitoid sekunder adalah parasitoid yang

menyerang parasitoid primer. Adelphoparasitoid adalah parasitoid jantan yang memparasiti larva betina dari jenisnya sendiri. Multiparasitisme adalah parasitisme terhadap inang yang sama oleh lebih dari satu jenis parasitoid primer, superparasitisme adalah parasitisme satu inang oleh banyak parasitoid dari jenis yang sama.

Sebagian besar parasitoid ditemukan di dalam dua kelompok utama bangsa serangga, yaitu Hymenoptera (lebah, tawon, semut, dan lalat gergaji) dan bangsa Diptera (lalat beserta kerabatnya). Meskipun tidak banyak, parasitoid juga ditemukan pada bangsa Coleoptera, Lepidoptera, dan Neuroptera. Sebagian besar serangga parasitoid yang bermanfaat adalah dari jenis-jenis tawon atau lalat. Dari bangsa Diptera hanya suku Tachinidae yang paling penting di dalam pengendalian alami dan hayati hama pertanian dan kehutanan. Kelompok terbesar parasitoid, yaitu bangsa Hymenoptera merupakan kelompok yang sangat penting. Dua suku utama dari supersuku Ichneumonoidea, yaitu Braconidae dan Ichneumonidae, sangat penting dalam pengendalian alami dan hayati. Dari supersuku Chalcidoidea yang dianggap sebagai kelompok parasitoid paling penting dalam pengendalian alami dan hayati adalah Mymaridae, Trichogrammatidae, Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae, dan Aphelinidae.

Dalam proses pemilihan inang, semua parasitoid melalui suatu rangkaian proses yang terdiri atas :

- 1) pemilihan habitat inang,
- 2) penentuan lokasi inang,
- 3) penerimaan inang, dan
- 4) kesesuaian inang. Keberhasilan parasitisme sangat tergantung pada keempat proses tersebut.

Kisaran inang parasitoid adalah semua jenis inang yang diserang sehingga parasitoid berhasil memperoleh keturunannya. Untuk parasitoid yang menyerang banyak inang digunakan istilah generalis (polifagus), sedangkan yang menyerang sedikit atau satu inang disebut dengan spesialis (oligofagus atau monofagus). Kisaran inang potensial adalah semua jenis yang dapat diserang sehingga parasitoid dapat berkembang di dalamnya, sedangkan kisaran inang aktual adalah jenis-jenis yang biasa digunakan parasitoid sebagai inang. Kemungkinan penyebab perbedaan antara inang

potensial dan aktual terletak pada urutan proses yang harus dilalui parasitoid untuk menggunakan sejenis inang. Untuk mempertahankan diri, inang mungkin menangkai parasitoid secara eksternal sebelum terjadi oviposisi, atau secara internal setelah oviposisi terjadi. Reaksi pertahanan eksternal dapat dilakukan dengan menggerak-gerakkan tubuh, atau inang pindah ke bagian lain yang lebih aman. Reaksi pertahanan internal terdiri atas reaksi seluler (enkapsulasi dan melanisasi) dan reaksi humoral. Secara umum, inang yang berbeda menggunakan mekanisme pertahanan yang berbeda untuk menghadapi parasitoid yang sama, tetapi parasitoid yang berbeda akan menyebabkan reaksi pertahanan yang sama dari inang yang sama.

**c. Agen Pengendalian Hayati: Patogen Serangga.**

**Bakteri, Jamur, dan Virus patogen**

Serangga dapat diinfeksi oleh organisme penyebab penyakit (entomopatogen = patogen serangga) seperti bakteri, jamur, virus, mikrosporidia, dan nematoda. Pada kondisi tertentu patogen yang telah ada secara alami di dalam tubuh serangga akan mengakibatkan ledakan penyakit (epizootik) yang dapat membunuh sebagian besar populasi serangga dan seringkali bekerja sebagai agen pengendali alami. Beberapa patogen sudah diproduksi secara masal dan tersedia dalam formulasi komersial. Produk tersebut seringkali dikenal dengan sebutan insektisida mikroba, biorasional, atau bio-insektisida.

Pada awal abad ke 18, untuk pertama kalinya De Reamur menggambarkan jamur *cordyceps*. Seabad kemudian Agustino Bassi menyarankan untuk menggunakan *Beauveria bassiana* sebagai pengendali hama serangga. Pada tahun 1874, Louis Pasteur juga menyarankan untuk menggunakan mikroorganisme untuk tujuan yang sama. Elie Metchnikoff menyarankan agar jamur *Metarrhizium anisopliae* diproduksi secara masal dan diterapkan di lapangan untuk mengendalikan hama. *Metarrhizium* diproduksi secara masal di Ukraina pada tahun 1884 dan diujikan pada *Cleonus punctiventris* (Curculionidae).

Dua kategori besar patogen bakteri adalah bakteri yang tidak membentuk spora dan yang membentuk spora. Bakteri yang diisolasi dari serangga berpenyakit sebagian besar adalah bakteri yang tidak membentuk spora. Patogenitas bakteri yang tidak

membentuk spora umumnya rendah di dalam saluran pencernaan serangga, tetapi ganas di dalam rongga tubuh. Penyakit oleh bakteri yang tidak membentuk spora muncul karena kondisi suhu tinggi, kualitas makanan buruk, berdesak-desakkan, luka, atau faktor lain penyebab *stress*. Rongga tubuh serangga yang sedang mengalami *stress* dan atau luka mudah dimasuki bakteri yang tidak membentuk spora. Di dalam rongga tubuh serangga, bakteri dapat mengakibatkan kematian karena **septisemia**(*keracunan darah*) dalam waktu satu atau dua hari.

Bakteri patogen yang digunakan untuk mengendalikan serangga adalah bakteri pembentuk spora, terutama dari marga *Bacillus*. Jenis bakteri pembentuk spora tanpa toksin di antaranya adalah *B. popilliae* dan *B. larvae*. Inang yang terinfeksi *B. popilliae* akan terserang *milky disease*. Sel vegetatif *B. thuringiensis* mengandung endospora dan kristal toksin protein (delta endotoksin) yang juga dikenal sebagai *cry protein*. Kebanyakan produk Bt komersial mengandung campuran spora dan toksin protein, namun beberapa hanya mengandung komponen toksinnya saja. Kristal toksin adalah protoksin yang harus diaktifkan sebelum mempunyai efek beracun. Di dalam usus serangga, kristal protein larut pada kondisi pH tinggi (pH 10,5) dan dipecah oleh enzim protease sehingga menghasilkan toksin aktif. Toksin aktif akan terikat pada sel-sel epitel usus, menciptakan lubang-lubang di dalam sel membran dan mengakibatkan ketidakseimbangan ion. Selanjutnya terjadi kelumpuhan usus, sel-sel epitel mengalami lisis, dan isi usus masuk ke dalam rongga tubuh. Dalam waktu 10-15 menit setelah infeksi serangga berhenti makan. Serangga segera mati karena aktivitas racun atau kelaparan, atau dapat pula mati dalam 2-3 hari karena efek septisemia. Jenis bakteri lain yang juga bersifat patogenik terhadap nyamuk adalah *Bacillus sphaericus* yang efektif terhadap larva *Culex*.

Penggunaan *B. thuringiensis* telah menyebabkan pengurangan penggunaan insektisida sintetis. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) telah menganalisis dan menemukan bahwa *B. thuringiensis* tidak menimbulkan risiko signifikan terhadap kesehatan manusia. Secara khusus, EPA telah melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa protein Bt pada rekayasa genetika berperilaku seperti makanan serangga target pada umumnya, tidak terkait dengan alergen makanan atau toksin protein dan tidak menunjukkan toksisitas ketika diberikan secara oral pada dosis tinggi.

Bakteri lain yang penting dalam pengendalian vektor secara hayati adalah *Wolbachia*. *Wolbachia* adalah bakteri alami yang terdapat di 60% jenis serangga di bumi, termasuk kupu-kupu, lebah, dan lalat. Awalnya *wolbachia* tidak terdapat di tubuh *aedes aegypti* penyebab demam berdarah. Kemudian dilakukan penelitian untuk merekayasa nyamuk *aedes aegypti* yang mengandung *wolbachia*.

Bakteri *wolbachia* dapat menekan penyebaran virus dengue di nyamuk *aedes aegypti*, hal itu dilakukan dengan cara menyuntikan bakteri *wolbachia* ke dalam tubuh nyamuk *aedes aegypti* dengan harapan bakteri ini dapat melakukan mutasi dan menekan perkembangan virus dengue. Pada saat bakteri *wolbachia* berada di dalam tubuh nyamuk, ia akan berkompetisi dengan virus dengue untuk mendapatkan nutrisi. Keunggulan dari *wolbachia* adalah proses mutasi yang cepat yang membuat penyebarannya lebih banyak dibandingkan virus dengue sehingga penyebaran virus dengue menjadi sedikit.

Selain itu apabila nyamuk ber-*wolbachia* disilangkan dengan nyamuk lokal, akan menghasilkan nyamuk yang mengandung 80-85 % bakteri *wolbachia*. Hal tersebut juga dapat menekan penyebaran virus dengue. Nyamuk yang mengandung *wolbachia* bukan berarti tidak mengandung virus dengue. Hanya positifnya nyamuk tersebut tidak dapat menularkan virus denguenya ke manusia.

Fungi Imperfecti mengandung paling banyak marga jamur entomopatogen, sedangkan Entomophthorales mempunyai jenis-jenis entomopatogen yang penting sebagai pengatur populasi serangga. Beberapa marga penting dari Entomophthorales adalah *Entomophthora*, *Massospora*, *Coelomomyces*, *Lagenidium*, dan marga penting dari Fungi Imperfecti adalah *Beauveria*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, dan *Paecilomyces*. Daur hidup Fungi Imperfecti dimulai dengan konidia yang menempel pada kutikula serangga. Konidia kemudian tumbuh dan menembus kutikula untuk mencapai rongga tubuh. Jamur lalu memperbanyak diri sehingga badan hifa memenuhi rongga tubuh dan serangga mati. Setelah serangga mati dan jamur memenuhi tubuh serangga, struktur buah muncul dari bangkai serangga dan menghasilkan spora pada permukaan tubuh serangga. Jika spora menempel pada serangga inang yang rentan, proses infeksi diulangi. Fungi Imperfecti sudah digunakan sebagai insektisida mikroba karena dapat ditumbuhkan pada media buatan dan bersifat patogenik.

Virus serangga dapat berupa DNA berantai ganda atau tunggal (dsDNA atau ssDNA) atau RNA berantai ganda atau tunggal (dsRNA atau ssRNA). Suku Baculoviridae yang merupakan virus DNA meliputi Nuclear polyhedrosis viruses (NPV) dan granuloviruses (GV). Partikel virus infeksi Baculovirus atau virion dilindungi oleh mantel protein yang disebut polihedra (atau PIB = *polyhedric inclusion body*) atau granul. Ketika inang yang rentan memakan polihedra atau granul, mantel protein akan terlarut di dalam cairan saluran pencernaan. Virion dilepaskan ketika matriks protein terlarut. Virion memasuki inti sel-sel usus tengah, terjadi replikasi, dan akan menginfeksi berbagai jaringan dan organ dalam serangga. Serangga kemudian mati dalam beberapa hari. Secara alami, NPV dan GV ada di dalam populasi serangga. Ketika populasi hama serangga tinggi, kadang-kadang terjadi epizootik yang dapat menghabiskan populasinya. *Cytoplasmic polyhedrosis viruses* (CPV) adalah virus RNA yang menyerupai NPV. CPV hanya dibentuk di dalam sitoplasma sel inang. CPV bersifat kronis dan kurang mematikan jika dibandingkan dengan virus-virus lain. CPV akan mengakibatkan terjadinya defisiensi nutrisi dan konsekuensi fisiologi pada serangga.

### **Mikrosporidia dan Nematoda Patogen**

Mikrosporidia (Phylum Microspora) adalah parasit intraseluler obligat pada sebagian besar filum hewan, termasuk Arthropoda. Hampir semua bangsa serangga mempunyai jenis yang diinfeksi oleh mikrosporidia. Serangga dapat terinfeksi mikrosporidia karena menelan spora. Spora kemudian tumbuh dan membentuk tabung kutub ke dalam sel epitel usus tengah serangga. Selanjutnya, spora menginjeksikan sporoplasma ke dalamnya untuk memulai reproduksi secara aseksual. Mikrosporidia lalu menyebar ke berbagai jaringan dan organ, memperbanyak diri, dan terkadang mengakibatkan kerusakan jaringan serta septisemia. Sebelum inang yang terinfeksi mati, spora biasanya dikeluarkan melalui muntahan atau fesesnya.

Infeksi spora pada serangga sehat dapat berasal dari muntahan dan feses inang atau disebarkan ketika inang mati. Mikrosporidia juga dapat ditransmisikan dari betina yang terinfeksi kepada keturunannya secara transovarium atau transovum. Mikrosporidia juga dapat ditransmisikan dari individu yang terinfeksi kepada individu

sehat melalui oviposisi serangga parasitoid. Mikrosporidia adalah entomopatogen yang membutuhkan waktu harian atau mingguan untuk melemahkan inangnya. Serangga yang sedang dalam keadaan lemah karena terinfeksi mikrosporidia akan lebih rentan terhadap cuaca buruk dan faktor-faktor kematian lainnya. Jika tingkat infeksi tinggi, serangga akan mengalami kematian. *Brachiola algarae*, *Vavraia culacis* dan *Edhazardia aedis* adalah jenis mikrosporidium yang mampu untuk mengendalikan beberapa spesies nyamuk seperti *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*.

Tabel 6. Kemampuan beberapa Mikrosporidia Terhadap Nyamuk

| Species<br>Taxons                               | Beetle groups<br>(Tritax isolata)                                                                                                                                                                                | Insect orders<br>(Heterisolata)                                                              | Genus/Species<br>(Tritax isolata)                                                                                           |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Original mosquito host                          | <i>Anopheles stephensi</i>                                                                                                                                                                                       | <i>Anopheles</i>                                                                             | <i>Aedes aegypti</i>                                                                                                        |
| Other mosquito host                             | <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i> , <i>Aedes</i> , <i>A. albopictus</i> , <i>A. triseriatus</i> , <i>A. albopictus</i> , <i>A. albopictus</i>                                                                      | <i>Anopheles</i> , <i>Culex</i> , <i>Aedes</i> , <i>A. albopictus</i> , <i>A. albopictus</i> | <i>Anopheles</i> , <i>Aedes</i> , <i>A. albopictus</i> , <i>A. albopictus</i> , <i>A. albopictus</i> , <i>A. albopictus</i> |
| Alternative insect hosts<br>(genus or subgenus) | <i>Phoridae</i> (Diptera), <i>Diptera</i> , <i>Hemiptera</i> , <i>Lepidoptera</i> , <i>Diptera</i><br><b>Injection:</b> <i>Diptera</i> , <i>Mega-</i><br><i>leptera</i> , <i>Lepidoptera</i> , <i>Orthoptera</i> | <i>Phoridae</i> (Diptera), <i>Lepidoptera</i>                                                | None                                                                                                                        |
| Vertebrate hosts                                | Rodentia, human relatives                                                                                                                                                                                        | None (close to <i>Brachymeria</i><br><i>gibbosa</i> <i>larvae</i> )                          | None                                                                                                                        |
| Cell lines                                      | Invertebrate and vertebrate                                                                                                                                                                                      | Invertebrate                                                                                 | None                                                                                                                        |
| Nuclear arrangement                             | Diplokaulax                                                                                                                                                                                                      | Uninuclear                                                                                   | Uninuclear and<br>dikaryotic                                                                                                |
| Tissue affected                                 | systemic (anatomy with host)                                                                                                                                                                                     | Systemic                                                                                     | Muscle, pancreas, fat body                                                                                                  |
| Life cycle                                      | Oviposition, larvae and adults                                                                                                                                                                                   | Oviposition, larvae                                                                          | Oviposition, larvae and adults                                                                                              |
| Vertical transmission                           | Transovarial                                                                                                                                                                                                     | No                                                                                           | Transovarial                                                                                                                |
| Molecular relationship                          | <i>Brachymeria</i> clade                                                                                                                                                                                         | <i>Phoridae</i> , <i>Phoridae</i> clade                                                      | <i>Brachymeria</i> clade                                                                                                    |

Sumber : Becnel, James John et al. "Review of microsporidia-mosquito relationships: from the simple to the complex." *Folia parasitologica* 52 1-2 (2005): 41-50 .

Nematoda entomopatogen yang paling potensial sebagai agen pengendali hayati serangga adalah dari marga *Steinernema* dan *Heterorhabditis*. Nematoda tidak mempunyai pesaing dari agen hayati lain dalam mengendalikan hama serangga yang hidup di tanah. Lima jenis nematoda yang ada di pasaran adalah *S. carpocapsae*, *S. riobravis*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora*, dan *H. megidis*. Siklus hidup *Steinernema* dan *Heterorhabditis* dimulai ketika juvenil infeksi mencari inang. Nematoda menggunakan CO<sub>2</sub> dan senyawa kimia lain dari produk sisa serangga sebagai



pertanda untuk menemukan inangnya. Nematoda akan menembus rongga tubuh serangga yang ditemukannya melalui mulut, anus, dan spirakel. *Heterorhabditis* dapat masuk dengan menembus dinding tubuh inang. Di dalam rongga tubuh, bakteri yang bersimbiosis dengan nematoda akan dilepaskan. Bakteri segera memperbanyak diri, mengakibatkan sepsemia, dan membunuh inang dalam waktu 24-48 jam. Nematoda berkembang dengan memakan bakteri dan jaringan inang hingga mencapai dewasa. Nematoda menyelesaikan dua atau tiga generasi di dalam setiap serangga. Juvenil infektif *Steinernema* akan menjadi jantan atau betina. Juvenil *Heterorhabditis* akan berkembang menjadi hermiprodit, meskipun generasi selanjutnya akan menghasilkan jantan dan betina juga. Daur hidup diselesaikan dalam beberapa hari, dan ribuan juvenil infektif baru akan muncul mencari inang yang segar. *Xenorhabdus nematophilus* dan *Photorhabdus luminescens* adalah dua jenis bakteri patogen yang bersimbiosis dengan nematoda *Steinernema* dan *Heterorhabditis*. Interaksi antara bakteri *Xenorhabdus* dan nematoda inang bersifat spesifik. *X. nematophilus* hidup bersimbiosis dengan Steinernematidae, sedangkan *P. luminescens* dengan Heterorhabditidae. Pertumbuhan dan reproduksi nematoda sangat tergantung pada kondisi yang diciptakan bakteri pada inang. Sebaliknya, bakteri tergantung pada nematoda untuk menentukan lokasi inang dan menembusnya. Nematoda paling beradaptasi dengan lingkungan serangga tanah. Nematoda penjelajah seperti *S. glaseri* dan *H. bacteriophora* cenderung sangat aktif mencari inang, sedangkan jenis penyergap seperti *carpocapsae* dan *S. scapterisici* cenderung diam di tempat. *S. riobravis* dan *S. feltiae* adalah jenis-jenis antara. Nematoda harus mampu mengenali inangnya dengan baik sehingga tidak membuat suatu kesalahan. Hanya nematoda yang benar-benar beradaptasi saja yang dapat menginfeksi inang. Setelah inang ditemukan, dikenali, dan diinfeksi, nematoda harus mampu mematahkan respons kekebalan inang dengan protein anti kekebalan yang dihasilkannya.

#### **d. Pengendalian Hayati dengan Ikan**

##### **Ikan Pemakan jentik**

Selama era pra-DDT, pengendalian nyamuk dan vektor penyakit dilakukan dengan manajemen lingkungan, penyemprotan ruangan dengan piretrum, dan

penggunaan ikan. Menyadari potensi tinggi ikan *Gambusia affinis* sebagai pemakan jentik, spesies ikan ini sengaja diperkenalkan dari Texas (AS selatan) ke Kepulauan Hawaii pada tahun 1905. Pada tahun 1921 diperkenalkan di Spanyol, kemudian ke Italia selama tahun 1920-an dan kemudian ke 60 negara lain. Mulai tahun 1908, ikan larva lainnya, *Poecilia reticulata* (guppy), yang berasal dari Amerika Selatan, diperkenalkan untuk pengendalian malaria ke India Britania dan banyak negara lain. Pengenalan penggunaan DDT dalam penyemprotan residu dalam ruangan untuk pengendalian malaria sekitar pertengahan tahun 1940-an menyebabkan penurunan bertahap dalam penggunaan metode manajemen lingkungan dan kontrol biologis kecuali dalam beberapa program di Rusia.

Dalam situasi tertentu di mana habitat perkembangbiakan nyamuk ditemukan dan kondisi air cocok, atau di mana larvasida kimia tidak layak, ikan asli atau eksotik dengan potensi sebagai pemakan larva dapat digunakan. Meskipun ikan pemakan larva telah digunakan secara luas berdasarkan pada pengetahuan empiris, beberapa uji coba yang dirancang secara ilmiah telah membuktikan efisiensi operasional penggunaannya dalam pengendalian malaria. Penggunaan *Oreochromis spilurus spilurus* (ikan nila) dievaluasi oleh UNDP / WHO / Program Khusus Bank Dunia untuk Penelitian dan Pelatihan Penyakit Tropis (TDR) di Somalia utara selama 1980-82 untuk kontrolnya terhadap malaria pedesaan yang ditularkan oleh pembiakan *Anopheles arabiensis* di waduk buatan, air hujan, waduk berlapis semen yang disebut "birkets". Percobaan acak lain melaporkan efisiensi *Aphanius dispar* dalam mengendalikan larva *An. arabiensis* di kota pelabuhan Assab di Ethiopia. Di kota Hyderabad, India, rilis operasional. Ikan Nila adalah sejenis ikan konsumsi air tawar. Ikan ini diintroduksi dari Afrika, tepatnya Afrika bagian timur, pada tahun 1969, dan kini menjadi ikan peliharaan yang populer di kolam-kolam air tawar di Indonesia sekaligus hama di setiap sungai dan danau Indonesia. Nama ilmiahnya adalah *Oreochromis niloticus*, dan dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *Nile Tilapia*.

*Gambusia affinis* holbrooki pada tahun 1967 mampu mengendalikan perkembangbiakan *An. stephensi* di ratusan sumur dalam waktu sekitar 2 tahun

Di daerah lahan basah seperti di Kalimantan Selatan yang banyak daerah berair banyak ditemukan Ikan guppy, ikan cupang, ikan cethol, ikan nila, dan ikan mas merupakan ikan yang dapat memakan jentik nyamuk (Depkes RI, 2010). Berdasarkan penelitian Lu'lu Sofiana (2013) yang melakukan penelitian di lapangan menunjukkan tentang kekuatan makan jentik antara ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan mas (*Cyprinus carpio*), dan ikan cethul (*Poecilia reticulata*) menunjukkan bahwa ikan mas adalah ikan yang paling kuat atau paling banyak dalam memakan jentik nyamuk dibandingkan dengan ikan yang lain. Ikan mas (*Cyprinus carpio*) selama 2 x 24 jam dapat memakan jentik rata-rata sebanyak 73,6827 jentik, sedangkan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) selama 2 x 24 jam dapat memakan jentik rata-rata sebanyak 68,8061 jentik, dan ikan cethul (*Poecilia reticulata*) selama 2 x 24 jam dapat memakan rata-rata sebanyak 56,6111 jentik. Ikan mas mempunyai kemampuan adaptasi di lingkungan masyarakat yang baik, dapat dilihat dari perilaku ikan mas yang tenang di dasar kolam dan mempunyai daya tahan hidup yang baik di bak penampungan air di masyarakat.

#### Komponen-Komponen Pengendalian Hayati :

- a. Patogen: suatu mikroorganisme yang hidup dan makan (memarasit) pada atau di dalam suatu organisme inang yang lebih besar dan menyebabkan inangnya sakit atau mati.
- b. Predator: suatu binatang yang makan binatang lain sebagai mangsa, baik tubuhnya lebih kecil maupun lebih besar daripada dirinya.(organisme yang hidup bebas yang memangsa organisme lain)
- c. Parasitoid: Serangga yang hidup sebagai parasit di dalam atau pada tubuh serangga lain ( serangga inang ), dan membunuhnya secara pelan-pelan. Parasitoid berguna karena membunuh serangga hama.

#### Kelebihan Dan Kekurangan Pengendalian Hayati

##### Kelebihan pengendalian hayati

- a. Selektif dan aman
- b. Hama tidak menjadi resisten

- c. Relatif permanen dalam jangka waktu panjang relatif murah dan efisien
- d. Tidak akan menyebabkan pencemaran lingkungan

Kekurangan pengendalian hayati

- a. Petani sudah bias dengan cara pengendalian penyakit yang memberi hasil yang cepat sehingga tidak tertarik dengan cara pengendalian hayati yang berproses lambat dalam kurun waktu yang panjang.
- b. Untuk mengetahui secara pasti peranan agensia hayati tidak mudah karena terlalu banyak hal yang dianggap mendasar untuk diteliti.
- c. Sukar untuk pengembangan dan penggunaannya atau dalam pelaksanaannya pengendalian hayati memerlukan pengawasan untuk mengetahui tingkat keberhasilannya.

Sehingga sangat terasa pentingnya suatu komitmen untuk menentukan suatu gerak terpadu melalui konsep pengendalian hayati yang menuntungkandan berkelanjutan dalam pemanfaatannya.

## **BAB 7**

### **SURVEI ENTOMOLOGI VEKTOR DAN RODENT DI LAHAN BASAH**

#### **SURVEI ENTOMOLOGI**

Meskipun sudah sejak tahun lima puluhan dilakukan pemberantasan penyakit bersumber nyamuk, tetapi masih merupakan masalah kesehatan masyarakat hingga sekarang, letupan atau wabah malaria sering terjadi di beberapa daerah tertentu. Wabah malaria yang akhir-akhir ini sempat menjadi pembicaraan tingkat nasional.

Untuk penanggulangan wabah tersebut oleh program yang dibantu oleh tim kesehatan dan pihak institusi telah dilakukan penemuan dan pengobatan penderita serta penyemprotan dengan insektisida, tetapi karena upaya tersebut belum didasari data entomologi yang benar, maka upaya yang dilakukan belum menyelesaikan masalah. Penyemprotan insektisida tidak dapat menghentikan penularan, sedang pengobatan tidak dapat mengejar penularan.

Kegiatan tersebut bisa dilakukan jika sudah dilakukan survei entomologi dengan mengumpulkan data vektor secara rinci. Data vektor ini digunakan sebagai dasar menyusun strategi pemberantasan yang tepat. Manfaat survei entomologi adalah untuk menemukan suatu metoda yang dapat memutuskan/menghentikan penularan yang berlangsung. Jadi Survei yang dilakukan difokuskan untuk mengumpulkan seluk beluk vektor stadium dewasa. Meskipun demikian, tidak berarti bahwa survei tempat perindukan (survei jentik) dapat ditinggalkan. Data yang menguraikan tempat perindukan digunakan sebagai dasar menyusun upaya yang diperlukan lebih lanjut. Survei entomologi diharapkan dapat menerangkan bahwa spesies yang menyebabkan timbulnya wabah, kejadian penularan yang berlangsung waktu itu dan seluk beluk vektor yang berperan.

Dengan upaya penanggulangan yang tepat, penularan berlangsung dapat dihentikan/diputuskan. Kalau kesulitan dana, sehingga survei entomologi yang memenuhi standar tidak dapat dilakukan, maka upaya yang harus dilakukan adalah upaya penanggulangan tanpa resiko kegagalan, misalnya upaya penemuan dan

pengobatan penderita dikombinasi dengan beberapa pengabutan (fogging), dengan frekuensi mingguan dan penyemprotan rumah.

Pelatihan entomologi khususnya dalam bidang survei entomologi bertujuan untuk mengetahui macam teknik survei entomologi dan mampu merekomendasikan tentang pengendalian vektor.

Pada dasarnya survei entomologi di bedakan atas :

- a. Survei entomologi malaria dan filariasis
- b. Survei entomologi demam berdarah
- c. Survei khususnya yang mencakup semua kegiatan dalam bidang survei yang belum dibicarakan dalam butir 1 & 2.

Data yang dikumpulkan dalam pengamatan vektor terdiri atas :

- a) Densitas nyamuk yang ditangkap dengan umpan orang baik didalam maupun diluar rumah.
- b) Umur relative vektor.
- c) Densitas nyamuk yang istirahatnya atau hingggap di dinding rumah disertai dengan kondisi perutnya.
- d) Keadaan fauna yang ditangkap dengan umpan lemak pada malam hari.
- e) Densitas nyamuk istirahat di dalam rumah pada pagi hari disertai keadaan kondisi perutnya.
- f) Densitas nyamuk istirahat di alam luar pada pagi hari disertai keadaan kondisi perutnya.
- g) Keadaan tempat perindukan disertai densitas jentik nyamuk yang ada.

## **A. Survei Entomologi Untuk Pengendalian Vektor Malaria dan Filariasis**

### **1. Survei Entomologi**

Survei vektor malaria adalah kegiatan mengumpulkan data yang dilakukan sebagai dokumentasi dan bahan pertimbangan untuk menetapkan kebijaksanaan operasional pemberantasan vektor. Survei ini bertujuan untuk mengumpulkan, mencatat dan mempelajari data entomologi untuk mengetahui:

- a. Hubungan vektor dengan parasit malaria
  - 1) Dimana terjadinya penularan

- 2) Bagaimana terjadinya penularan
  - 3) Lamanya pertumbuhan parasit di tubuh vektor
  - 4) Kerentanan vektor terhadap parasit malaria
- b. Hubungan vektor dengan lingkungan
- 1) Pengaruh suatu terhadap penyebaran vektor dan pertumbuhan parasit
  - 2) Pengaruh angin, ketinggian dan curah hujan terhadap vektor
  - 3) Pengaruh kelembaban terhadap umur vektor
  - 4) Keberadaan genangan air sebagai tempat perindukan
  - 5) Pengaruh insektisida terhadap vector

## 2. Ruang Lingkup Survei

Salah satu tugas penting seorang petugas entomologi lapangan adalah memperhatikan, mengukur dan mencatat perubahan-perubahan lingkungan yang terjadi dan berhubungan dengan perkembangan maupun kepadatan vektor. Perubahan lingkungan tersebut dapat disebabkan oleh ulah manusia, maupun proses alami. Oleh karena itu pengamatan harus dilakukan secara teratur dan hasil survei harus dianalisis pengaruhnya terhadap kepadatan vektor.

Untuk mengetahui perubahan tersebut ada beberapa cara survei yang dilakukan, yaitu:

- 1) Survei pendahuluan ( *Preliminary survey* )
- 2) Survei longitudinal ( *Longitudinal survey* )
- 3) Survei sewaktu ( *Spot survey* )
- 4) Survei intensif ( *Intensive survey* )

### a. Survei Pendahuluan

Survei dilakukan sebelum pemberantasan vektor, untuk mengumpulkan data dasar keadaan vektor, sebagai bahan untuk menyusun perencanaan pemberantasan yang tepat waktu, cara dan sasaran. Data dasar adalah semua data yang ada kaitanya dengan vektor dan tujuannya untuk pemutusan rantai penularan, serta untuk evaluasinya. Data dasar dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Data yang tidak bisa dibandingkan, data ini hanya diperlukan untuk perencanaan pemberantasan vektor dan tidak diperlakukan lagi setelah pemberantasan dimulai. Data dasar tersebut mencakup :
  - a. Fauna nyamuk *Anopheles*
  - b. Konfirmasi vektor dan “*Infection Rate*”
  - c. Peta penebaran vektor
  - d. Kepadatan musiman vektor
  - e. Kebiasaan menggigit dan kesenangan istirahat di dalam rumah
2. Data yang dapat dibandingkan, data ini dapat digunakan untuk melakukan penilaian. Data dasar tersebut mencakup :
  - a. Lokasi penangkapan ( *Catching station* )
  - b. Penangkapan nyamuk hinggap di dinding
  - c. Penangkapan nyamuk dengan umpan orang
  - d. Uji kerentanan vektor terhadap insektisida
  - e. Uji *bio-assay* vektor terhadap insektisida

Bila data dasar mengenal vektor malaria di daerah tersebut telah cukup, maka survei pendahuluan tidak diperlukan lagi. Tetapi apabila informasi belum ada, maka survei pendahuluan harus dilakukan.

#### **b. Survei longitudinal**

Survei longitudinal adalah survei yang dilakukan pada waktu pemberantasan vektor, untuk mengetahui setiap permasalahan operasional dan teknis yang terjadi. Penerapannya harus terintegrasi dengan penilaian epidemiologi, karena survei entomologi hanya menentukan apakah penularan telah dapat di putuskan atau masih berlangsung survei entomologi ini dilakukan untuk menilai dampak pemberantasan vektor yang meliputi:

1. Mengukur kepadatan vektor

Dilakukan dengan cara penangkapan nyamuk menggunakan umpan orang, baik di dalam maupun di luar rumah, di samping itu juga dilakukan penangkapan nyamuk yang hinggap di sekitar semak dan survei larva di tempat perindukan.

2. Mengamati perubahan bionomik vektor



- Dilakukan dengan survei seperti pada mengukur kepadatan vektor (butir 1)
3. Memperkirakan umur vektor  
Dilakukan dengan cara pembedahan dan pemeriksaan ovarium serta dilatasi saluran telur bisa juga dilakukan dengan cara survival yaitu pengamatan umur nyamuk hasil penangkapan di dinding rumah yang sudah disemprot.
  4. Mengukur indeks sporozoit  
Dilakukan dengan cara pembedahan dan pemeriksaan kelenjer ludah atau dengan cara *monoclonal* pada nyamuk hasil penangkapan dengan umpan orang.
  5. Mengukur kerentanan vektor  
Dilakukan dengan uji kerentanan (*susceptibility test*) vektor setiap kali akan dilakukan penyemprotan.

**c. Survei Sewaktu**

Dilakukan untuk mengetahui daerah potensial KLB, daerah yang akan dilakukan penyemprotan karena bermasalah dan untuk menentukan daerah potensial KLB malaria meliputi :

1. Survei pendahuluan potensial KLB
2. Survei untuk menentukan penghentian kegiatan penyemprotan
3. Survei daerah penyemprotan bermasalah
4. Survei penentuan daerah potensial KLB
5. Evaluasi entomologi terhadap dampak pemberantasan vektor
6. Pemetaan tempat perindukan

**d. Survei intensif**

Survei ini hanya dilakukan di daerah bermasalah atau daerah KLB. Tujuannya untuk mengatasi masalah yang terjadi karena ada kegiatan pemberantasan vektor, namun kepadatan vektor/kasus tidak menurun.

## **B. Pelaksanaan Survei**

### **1. Survei Penentuan Daerah Potensial KLB**

Merupakan kegiatan untuk mengetahui potensi kemungkinan terjadi KLB malaria di suatu daerah/lokasi tertentu.

#### ***Persiapan***

- 1) Penentuan daerah lokasi survei, diprioritaskan daerah/desa epidemiologi, daerah transmigrasi dan daerah pariwisata.
- 2) Mempersiapkan bahan dan alat yang diperlukan
- 3) Menghubungi pimpinan wilayah/camat/lurah dan masyarakat yang rumahnya akan di gunakan untuk survei.

#### ***Pelaksanaan survei***

1. Survei di lakukan 2 kali/tahun/lokasi, menjelang puncak kepatadan vektor.
2. Melakukan kegiatan penangkapan nyamuk *Anopheles* dewasa.
  - a. Penangkapan nyamuk pada malam hari ( 18.00 – 24.00 )
    - 1) Penangkapan nyamuk dengan umpan orang
    - 2) Penangkapan nyamuk yang hinggap di dinding rumah
    - 3) Penangkapan nyamuk yang hinggap di sekitar kandang ternak
  - b. Penangkapan nyamuk pada pagi hari (06.00–08.00)
    - 1) Penangkapan nyamuk yang istirahat di dinding dalam rumah
    - 2) Penangkapan myamuk yang istirahat di habitat aslinya di luar rumah
  - c. Koleksi jentik nyamuk *Anopheles* pada pagi hari (07.00–09.00)
    - 1) Melakukan koleksi jentik di tempat perindukan yang potensial
    - 2) Mendapat informasi tentang iklim dari instansi terkait
    - 3) Membuat laporan hasil survei

### **2. Survei Penentuan Penghentian Kegiatan Penyemprotan**

Merupakan suatu kegiatan yang dilakukan guna mengetahui data vektor yang mendukung untuk dapat dipertimbangkan bahwa penyemprotan di suatu lokasi masih perlu dilanjutkan atau tidak.

### ***Persiapan***

- 1) Penentuan lokasi survei, diprioritaskan daerah/desa epidemiologi, transmigrasi dan pariwisata
- 2) Mempersiapkan bahan dan alat yang di perlukan
- 3) Menghubungi pimpinan wilayah/Camat/Lurah dan masyarakat yang rumahnya akan di gunakan untuk survei

### ***Pelaksanaan Survei***

1. Survei dilakukan 2 kali/tahun/lokasi, menjelang puncak kepadatan vektor.
2. Melakukan kegiatan penangkapan nyamuk *Anopheles* dewasa.
  - a. Penangkapan nyamuk pada malam hari (18.00–24.00)
    - 1) Penangkapan nyamuk dengan umpan orang
    - 2) Penangkapan nyamuk yang hinggap di dinding rumah
    - 3) Penangkapan nyamuk yang hinggap di sekitar kandang ternak
  - b. Penangkapan nyamuk pada pagi hari (06.00–08.00)
    - 1) Penangkapan nyamuk yang istirahat di dinding dalam rumah
    - 2) Penangkapan nyamuk yang istirahat di habitat aslinya di luar rumah
  - c. Koleksi jentik nyamuk *Anopheles* pada pagi hari (07.00–09.00)
    - 1) Melakukan koleksi jentik di tempat perindukan yang potensial
    - 2) Mendapatkan informasi tentang iklim dan insansi terkait
    - 3) Membuat laporan hasil survei.

### **3. Survei di Daerah Bermasalah**

#### ***Persiapan***

- 1) Penentuan lokasi survei, diprioritaskan daerah/desa epidemiologi, transmigrasi dan pariwisata.
- 2) Mempersiapkan bahan dan alat yang diperlukan
- 3) Menghubungi pimpinan Wilayah/Camat/Lurah dan masyarakat yang rumahnya akan di gunakan untuk survei.

#### ***Pelaksanaan Survei***

- 1) Survei dilakukan 3 kali/tahun/lokasi
- 2) Melakukan uji bio-assay (uji hayati)
- 3) Melakukan uji *susceptibility* (uji kerentanan)

#### 4. Survei Menentukan Musim Penularan dan Biomik Vektor

##### *Persiapan*

- 1) Penentuan lokasi survei, diprioritaskan daerah/desa epidemiologi, transmigrasi dan pariwisata
- 2) Mempersiapkan bahan dan alat yang di perlukan
- 3) Menghubungi pimpinan Wilayah/Camat/Lurah dan masyarakat yang rumahnya akan digunakan untuk survei

##### *Pelaksanaan Survei*

- 1) Survei dilakukan 2 kali/tahun/lokasi
- 2) Melakukan kegiatan penangkapan

#### C. Memantau kepadatan populasi jentik dan nyamuk vektor

Kepadatan nyamuk didefinisikan sebagai jumlah nyamuk yang menggigit/orang/jam (Man Hour density = MHD ). Dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{MHD} = \frac{\text{Jumlah setiap spesies nyamuk Anopheles}}{\text{Jumlah jam penangkapan} \times \text{jumlah penangkap}}$$

Kepadatan nyamuk yang hinggap di dinding pada malam hari dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{KN} = \frac{\text{Jumlah nyamuk yang di tangkap}}{\text{Jumlah rumah yang disurvei}}$$

Kepadatan jentik dalam satu perindukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{KJ} = \frac{\text{Jumlah jentik setiap spesies Anopheles}}{\text{Jumlah cidukan setiap habitat}}$$

Kepadatan rata-rata nyamuk hinggap di tubuh manusia (MBR = *Man Biting Rate*), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{MBR} = \frac{\text{Jumlah nyamuk tertangkap per spesies}}{\text{Jumlah jam} \times \text{lamanya (hari)} \times \text{jumlah penangkap} \times \text{Lama penangkapan per jam}}$$

$$\frac{\text{Jumlah nyamuk spesies tertentu yg tertangkap dg cara penangkapan tertentu}}{\text{Jumlah nyamuk yang tertangkap dg cara penangkapan tertentu}} \times 100 \%$$

Angka kekerapan (*frequency number*) tertangkap, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Jumlah sampel yg berisi spesies tertentu}}{\text{Jumlah seluruh sampel dg cara penangkapan tertentu}} \times 100 \%$$

Angka Dominasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Angka kekerapan tertangkap} \times \text{angka kelimpahan nisbi}$$

Angka “*Parous rate*” nyamuk, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Peluaran 
$$\frac{\text{Jumlah nyamuk yg pernah bertelur (parous)}}{\text{Jumlah seluruh nyamuk yg dibedah}} \times 100 \%$$
 an rumus sebagai berikut :

$$(p) = \sqrt[A]{B}$$

A = Siklus gonotropik (mulai menghisap darah sampai bertelur) dalam hari

B = Proporsi parous nyamuk

Perkiraan umur nyamuk :

Log e = Bilangan tertentu

$$(p) = \frac{1}{-\log e^p}$$

Angka infeksi (*infection rate*), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Jumlah nyamuk ygmengandung larva filaria}}{\text{Jumlah seluruh nyamuk yg dibedah}} \times 100 \%$$

Angka infektif (*infective rate*), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

D. S 
$$\frac{\text{Jumlah nyamuk per spesies mengandung L3 spesies tertentu}}{\text{Jumlah nyamuk yg dibedah}} \times 100 \%$$

Survei ini dilaksanakan diseluruh Tempat-tempat Umum (TTU) yang tersebar di 10 Desa di Kec. Tanantovea, Kab. Donggala pada tanggal 10 s/d 14 maret 2014. Adapun populasi dalam penelitian ini adalah semua jentik Aedes (instar 1 sampai dengan pupa), sedangkan yang menjadi sampel adalah jentik yang terambil saat survei.

Jentik disurvei dengan metode single larva, yaitu setiap kontainer yang ditemukan jentik, cukup mengambil 1 ekor saja, atau dengan cara visual, yaitu bila jentik sulit untuk diambil, maka cukup diamati saja, ada tidaknya jentik dalam kontainer tersebut.

Data dianalisis secara deskriptif dengan pendekatan indikator populasi jentik DBD yang dinilai dengan menggunakan indeks sebagai berikut :

1. *House Index (HI)* :

Jumlah bangunan positif jentik DBD x 100%  
Jumlah bangunan yang diperiksa

2. *Container Index (CI)*

Jumlah kontainer positif jentik DBD x 100%  
Jumlah kontainer yang diperiksa

3. *Breteau Index (BI)*

Jumlah kontainer positif jentik DBD x 100%  
Jumlah bangunan yang diperiksa

4. *House Pupae Index (HPI)*

Jumlah kontainer positif pupa DBD x 100%  
Jumlah bangunan yang diperiksa

5. *Container Pupae Index (CPI)*

Jumlah kontainer positif Pupa DBD x 100%  
Jumlah kontainer yang diperiksa

6. *Angka Bebas Jentik (ABJ)*

jumlah bangunan negatif jentik DBD x 100%  
Jumlah rumah diperiksa

## **BAB 8**

### **Formulasi Pestisida Sesuai Standar**

Pestisida adalah substansi kimia (bahan kimia, campuran bahan kimia atau bahan-bahan lain) bersifat racun dan bioaktif yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama, baik insekta, jamur maupun gulma. Pestisida (Inggris = Pesticide) berasal dari kata pest yang berarti organisme pengganggu tanaman (hama) dan cide yang berarti mematikan atau racun.

1. Menurut USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), pestisida merupakan zat atau campuran yang digunakan untuk mencegah, memusnahkan, menolak, atau memusuhi hama dalam bentuk hewan, tanaman dan mikro-organisme pengganggu (Zulkanain, 2010).
2. Menurut *The United State Federal Environmental Pesticide Control Act*, pestisida merupakan suatu zat yang fungsinya untuk memberantas atau mencegah gangguan OPT diantaranya serangga, binatang pengerat, nematoda, cendawan, gulma, virus, bakteri, jasad renik yang dianggap hama pengganggu tanaman (Kardinan, 2000).
3. Pengertian pestisida menurut Permentan No. 24 Tahun 2011 adalah semua bahan kimia, binatang maupun tumbuhan dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk:
  - a. Mengendalikan atau memberantas hama-hama dan penyakit yang merusak tanaman, bagian-bagian tanaman atau hasil pertanian.
  - b. Memberantas rerumputan atau tanaman pengganggu seperti gulma.
  - c. Mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan.
  - d. Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman.
  - e. Memberantas atau mencegah hama-hama luar pada hewan peliharaan dan ternak.
  - f. Memberantas atau mencegah hama-hama air.

- g. Memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dan binatang-binatang yang perlu dilindungi dengan penggunaan pada tanaman, tanah, dan air.
- h. Memberantas atau mencegah binatang-binatang dan jasad-jasad renik dalam rumah tangga, bangunan, dan alat pengangkutan.

### **Penamaan Pestisida**

Dalam penggunaan dan perdagangan, pestisida diidentifikasi dengan tiga macam nama (Nomenklatur), yaitu:

- **Nama umum (Common name)**, yaitu nama yang telah didaftarkan pada International Standard Organization (ISO). Nama umum biasanya dipakai sebagai nama bahan aktif suatu pestisida.
- **Nama kimia (Chemical name)**, yaitu nama dari unsur atau senyawa kimia dari suatu pestisida yang terdaftar pada International Union for Pure and Applied Chemistry.
- **Nama dagang (Trade name)**, yaitu nama dagang dari suatu produk pestisida yang biasanya telah terdaftar dan mendapat semacam paten dari masing-masing Negara .

### **Formulasi Pestisida**

Formulasi sangat menentukan bagaimana pestisida dengan bentuk dan komposisi tertentu harus digunakan, berapa dosis atau takaran yang harus digunakan, berapa frekuensi dan interval penggunaan, serta terhadap jasad sasaran apa pestisida dengan formulasi tersebut dapat digunakan secara efektif. Selain itu, formulasi pestisida juga menentukan aspek keamanan penggunaan pestisida dibuat dan diedarkan. Berikut ini merupakan beberapa macam formulasi pestisida (Djojsumarto, 2008):

#### ***a. Formulasi Padat***

1. **Wettable Powder (WP)**, merupakan sediaan bentuk tepung (ukuran partikel beberapa mikron) dengan kadar bahan aktif relatif tinggi (50 – 80%), yang jika dicampur dengan air akan membentuk suspensi. Pengaplikasian WP dengan cara disemprotkan.



2. **Soluble Powder (SP)**, merupakan formulasi berbentuk tepung yang jika dicampur air akan membentuk larutan homogen. Digunakan dengan cara disemprotkan.
3. **Butiran**, umumnya merupakan sediaan siap pakai dengan konsentrasi bahan aktif rendah (sekitar 2%). Ukuran butiran bervariasi antara 0,7 – 1 mm. Pestisida butiran umumnya digunakan dengan cara ditaburkan di lapangan (baik secara manual maupun dengan mesin penabur).
4. **Water Dispersible Granule (WG atau WDG)**, berbentuk butiran tetapi penggunaannya sangat berbeda. Formulasi WDG harus diencerkan terlebih dahulu dengan air dan digunakan dengan cara disemprotkan.
5. **Soluble Granule (SG)**, mirip dengan WDG yang juga harus diencerkan dalam air dan digunakan dengan cara disemprotkan. Bedanya, jika dicampur dengan air, SG akan membentuk larutan sempurna.
6. **Tepung Hembus**, merupakan sediaan siap pakai (tidak perlu dicampur dengan air) berbentuk tepung (ukuran partikel 10 – 30 mikron) dengan konsentrasi bahan aktif rendah (2%) digunakan dengan cara dihembuskan (dusting).

#### ***b. Formulasi Cair***

1. **Emulsifiable Concentrate atau Emulsible Concentrate (EC)**, merupakan sediaan berbentuk pekatan (konsentrat) cair dengan kandungan bahan aktif yang cukup tinggi. Oleh karena menggunakan solvent berbasis minyak, konsentrat ini jika dicampur dengan air akan membentuk emulsi (butiran benda cair yang melayang dalam media cair lainnya). Bersama formulasi WP, formulasi EC merupakan formulasi klasik yang paling banyak digunakan saat ini.
2. **Water Soluble Concentrate (WCS)**, merupakan formulasi yang mirip dengan EC, tetapi karena menggunakan sistem solvent berbasis air maka konsentrat ini jika dicampur air tidak membentuk emulsi, melainkan akan membentuk larutan homogen. Umumnya formulasi ini digunakan dengan cara disemprotkan.
3. **Aqueous Solution (AS)**, merupakan pekatan yang bisa dilarutkan dalam air. Pestisida yang diformulasi dalam bentuk AS umumnya berupa pestisida yang memiliki kelarutan tinggi dalam air. Pestisida yang diformulasi dalam bentuk ini digunakan dengan cara disemprotkan.

4. **Soluble Liquid (SL)**, merupakan pekatan cair. Jika dicampur air, pekatan cair ini akan membentuk larutan. Pestisida ini juga digunakan dengan cara disemprotkan.
5. **Ultra Low Volume (ULV)**, merupakan sediaan khusus untuk penyemprotan dengan volume ultra rendah, yaitu volume semprot antara 1 – 5 liter/hektar. Formulasi ULV umumnya berbasis minyak karena untuk penyemprotan dengan volume ultra rendah digunakan butiran semprot yang sangat halus.

### **Jenis-jenis Pestisida**

Berdasarkan cara kerjanya, pestisida dibagi menjadi empat jenis, yaitu:

1. **Pestisida Kontak**, yaitu pestisida yang mempunyai daya bunuh setelah tubuh jasad terkena sasaran. Contoh: Gramoxone, Diazinon, Folidol dan BHC.
2. **Pestisida Fumigan**, yaitu pestisida yang mempunyai daya bunuh setelah jasad sasaran terkena uap atau gas. Contoh: Methyl bromide, Gammexane dan Karbondisulfida.
3. **Pestisida Sistemik**, yaitu pestisida yang dapat ditranslokasi melalui tanaman. Hama akan mati apabila menghisap atau memakan jaringan tanaman. Contoh: Furadan, Curater dan Dimecron.
4. **Pestisida Lambung**, yaitu pestisida yang mempunyai daya bunuh setelah jasad sasaran memakan pestisida. Contoh: Parathion dan Klerat.

Berdasarkan kandungan struktur kimia di dalamnya, pestisida dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. **Golongan Organofosfat**. Jenis pestisida ini mengandung unsur-unsur phosphat, carbon, dan hidrogen. Pestisida ini terdiri dari satu gugus atau lebih fosfor yang terkait pada molekul organik. Organophosphat dibuat dari suatu molekul organik yang direaksikan dengan fosforilat. Contoh: Parathion, Malathion dan Tetra Ethyl Pyro Phosphat (TEPP). Di Indonesia yang paling banyak dipakai adalah Diazinon dan Dursband.
2. **Golongan Karbamat**. Karbamat adalah jenis pestisida yang mengandung gugus karbamat. Contoh pestisida yang mengandung gugus karbamat adalah Sevin, Baygon dan Isolan. Sevin dibuat dari alpha naphthol yang dikondensasi dengan fosgen dan direaksikan dengan metilamin.

3. **Golongan Organochlorin.** Organochlor adalah pestisida yang mengandung unsur-unsur karbon, hydrogen dan chlorine. Atom-atom chlor dalam komposisinya terikat pada atom hidrokarbon, misal DDT (Dichloro Diphenil Trichloretane), yang dibuat dengan mengkondensasi klorobenzen dan klorat (trichloro asetal dehida). Contah: Aldrin, Chlordane, DDT, Dieltrin, Endosulfan.

Berdasarkan target sasaran yang dibunuh, pestisida diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut:

1. **Akarisida**, berasal dari kata akari, yang dalam bahasa Yunani berarti tungau atau kutu. Akarisida sering juga disebut Mitesida. Fungsinya untuk membunuh tungau atau kutu. Contohnya Kelthene MF dan Trithion 4 E.
2. **Algasida**, berasal dari kata alga, bahasa latinnya berarti ganggang laut, berfungsi untuk membunuh algae. Contohnya Dimanin.
3. **Alvisida**, berasal dari kata avis, bahasa latinnya berarti burung, fungsinya sebagai pembunuh atau penolak burung. Contohnya Avitrol untuk burung kakaktua.
4. **Bakterisida**, Berasal dari katya latin bacterium, atau kata Yunani bakron, berfungsi untuk membunuh bakteri. Contohnya Agrept, Agrimycin, Bacticin, Tetracyclin, Trichlorophenol Streptomycin.
5. **Fungsida**, berasal dari kata latin fungus, atau kata Yunani spongos yang artinya jamur, berfungsi untuk membunuh jamur atau cendawan. Dapat bersifat fungitoksik (membunuh cendawan) atau fungistatik (menekan pertumbuhan cendawan). Contohnya Benlate, Dithane M-45 80P, Antracol 70 WP, Cupravit OB 21, Delsene MX 200, Dimatan 50 WP.
6. **Herbisida**, berasal dari kata lain herba, artinya tanaman setahun, berfungsi untuk membunuh gulma. Contohnya Gramoxone, Basta 200 AS, Basfapon 85 SP, Esteron 45 Pg.
7. **Insektisida**, berasal dari kata latin insectum, artinya potongan, keratan segmen tubuh, berfungsi untuk membunuh serangga. Contohnya Lebaycid, Liroicide 650 EC, Thiodan, Sevin, Sevidan 70 WP, Tamaron.
8. **Molluskisida**, berasal dari kata Yunani molluscus, artinya berselubung tipis atau lembek, berfungsi untuk membunuh siput. Contohnya Morestan, PLP, Brestan 60.

9. **Nematisida**, berasal dari kata latin nematoda, atau bahasa Yunani nema berarti benang, berfungsi untuk membunuh nematoda. Contohnya Namacur, Furadan, Basamid G, Temik 10 G, Vydate.
10. **Ovisida**, berasal dari kata latin ovum berarti telur, berfungsi untuk merusak telur. J. Pedukulisida, berasal dari kata latin pedis, berarti kutu, tuma, berfungsi untuk membunuh kutu atau tuma.
11. **Piscisida**, berasal dari kata Yunani Piscis, berarti ikan, berfungsi untuk membunuh ikan. Contohnya Sqousin untuk Cypirinidae, Chemish 5 EC.
12. **Predisida**, berasal dari kata Yunani Praeda berarti pemangsa, berfungsi sebagai pembunuh predator.
13. **Rodentisida**, berasal dari kata Yunani rodere, berarti pengerat berfungsi untuk membunuh binatang pengerat. Contohnya Dipachin 110, Klerat RMB, Racumin, Ratikus RB, Ratilan, Ratak, Gisorin. N.
14. **Termisida**, berasal dari kata Yunani termes, artinya serangga pelubang kayu berfungsi untuk membunuh rayap. Contohnya Agrolene 26 WP, Chlordane 960 EC, Sevidol 20/20 WP, Lindamul 10 EC, Difusol CB.
15. **Silvisida**, berasal dari kata latin silva berarti hutan, berfungsi untuk membunuh pohon atau pembersih pohon.
16. **Larvasida**, berasal dari kata Yunani lar, berfungsi membunuh ulat (larva). Contohnya Fenthion, Dipel (Thuricide).

Dalam aplikasi pestisida ada beberapa ketentuan yang harus dilakukan agar bisa efektif dan efisien dalam mengendalikan hama atau penyakit tanaman. Ketentuan tersebut yaitu:

1. Tepat dosis/ konsentrasi. Dosis adalah kebutuhan pestisida per ha (lt/ha) sedangkan konsentrasi adalah kebutuhan pestisida per liter air (ml/lt). Dalam penggunaan pestisida, penggunaan dosis dibawah anjuran akan mengakibatkan hama/ penyakit tidak mati kadang mengakibatkan hama resisten sedangkan dengan dosis berlebihan akan mengakibatkan boros biaya.
2. Tepat waktu. Sebaiknya waktu penyemprotan pagi hari sebelum jam 10 dan sore hari setelah jam 3. Dipagi hari dipastikan belum banyak angin dan matahari belum terik. Saat pagi hari hama-hama masih enggan bergerak.

3. Tepat cara. Cara aplikasi pestisida harus disesuaikan dengan bentuk atau formulasi pestisida tersebut. Formulasi EC, SL, SC, WP, WDG diaplikasi dengan penyemprotan. Sedangkan formulasi G harus diaplikasikan dengan penaburan.
4. Tepat sasaran. Dalam aplikasi pestisida harus disesuaikan dengan hama/ penyakit sasaran, bagaimana cara hidupnya, apa kelemahan hama/ penyakit tersebut dan tentunya bagaimana cara kerja pestisida tersebut (kontak atau sistemik).
5. Tepat kombinasi. Tidak sedikit petani yang mencampur lebih dari satu pestisida dalam satu kali semprot. Harus dipahami bahwa pestisida tidak seperti matematika,  $1+1$  pasti = 2. Dalam ilmu pestisida  $1+1$  bisa = 0 atau  $1+1$  bisa = 3. Maka dalam mencampur pestisida harus hati-hati. Ada beberapa trik dalam pencampuran pestisida agar daya kerjanya sinergis ( $1+1=3$ ), tapi berhubung dah malam hal tersebut akan saya postingkan dilain waktu.

### **Teknik Aplikasi**

Dalam aplikasi pestisida ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dan diketahui yang dapat menentukan keberhasilan diantaranya:

1. Strategi pengendalian
2. Tipe pestisida yang digunakan

Dalam aplikasi terutama pemilihan jenis pestisida haruslah sesuai dengan sasarannya, baik dan jenis pestisidanya (insektisida, fungisida, baktensida, dll) maupun dan jenis hama atau patogen sasarannya.

3. Habitat vektor

Pengetahuan mengenai habitat hama ini sangat dipenukan dalam aplikasi dalam hal ini cara penyemprotan. Ada hama-hama yang berada atau biasa hidup dibagian atas tanaman misalnya permukaan daun, namun ada juga hama yang biasanya hidup di bawah permukaan daun atau bahkan dekat pangkal tanaman.

4. Tingkah laku vektor

Ada beberapa hama memiliki penlaku tertentu seperti aktif pad a malam, pagi atau sore han sedangkan pada siang han hama ini bersembunyi sehingga sulit ditemukan. Pengetahuan ini berguna untuk menentukan kapan dilakukan aplikasi.

## Metode Aplikasi

1. Penyemprotan (spraying) : merupakan metode yang paling banyak digunakan. Biasanya digunakan 100-200 liter enceran insektisida per ha. Paling banyak adalah 1000 liter/ha sedang paling kedl 1 liter/ha seperti dalam ULV.
2. Penaburan, biasanya untuk pestisida yang siap pakai.
3. Penuangan atau penyiraman (*pour on*) misalnya untuk membunuh sarang (koloni) semut, rayap, serangga tanah di persemaian dsb.
4. Injeksi batang : dengan insektisida sistemik bagi hama batang, daun, penggerek dll.
5. *Dipping*: perendaman / pencelupan seperti untuk biji / benih, kayu.
6. Fumigasi: penguapan, misalnya pada hama gudang atau hama kayu.
7. Impregnasi : metode dengan tekanan (*pressure*) misalnya dalam pengawetan kayu.

## Pengaruh penggunaan pestisida

Penggunaan pestisida yang tidak tepat dan bijaksana dapat menimbulkan beberapa dampak seperti:

1. Terjadinya resistensi, yaitu berkembangnya hama yang memiliki daya tahan yang tinggi terhadap suatu pestisida yang digunakan.
2. Resurgensi, yaitu meningkatnya populasi hama setelah dilakukannya aplikasi pestisida. Ini terjadi karena kematian musuh alami akibat dari aplikasi pestisida.
3. Ledakan hama sekunder, yaitu meningkatnya populasi hama yang semula bukan merupakan hama utama. Ini terjadi karena ketiadaan musuh alami akibat aplikasi pestisida.
4. Kematian organisme bukan sasaran yang berguna seperti serangga penyerbuk dan musuh alami sehingga menyebabkan berkurangnya keragaman unsur hayati.
5. Menyebabkan residu pada produk yang membahayakan konsumen.
6. Mengganggu kesehatan manusia, dan
7. Terjadinya pencemaran terhadap lingkungan.

## BAB 9

### ALAT APLIKATOR PENGENDALI VEKTOR DAN RODENT DI LAHAN BASAH

Peralatan adalah suatu alat ataupun bisa berbentuk tempat yang gunanya adalah untuk mendukung berjalannya pekerjaan. Saat ini peralatan aplikasi untuk pengendalian vektor mempunyai jenis dan fungsi yang beragam. Berikut beberapa peralatan untuk pengendalian vektor khususnya nyamuk menurut Permenkes 374/MENKES/PER/III/2010 Tentang Pengendalian Vektor.

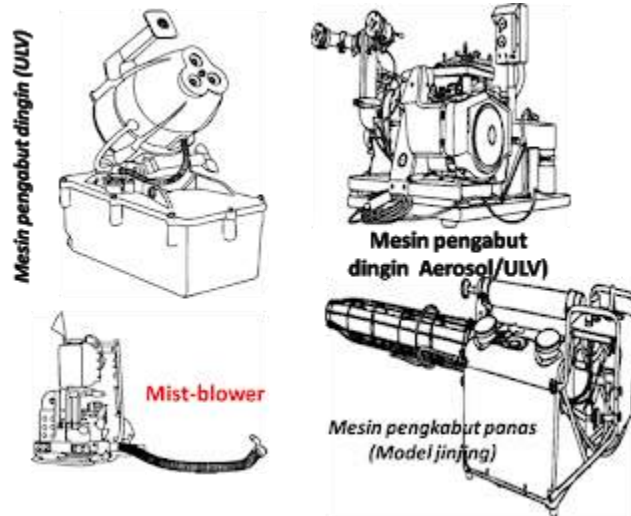
#### 1. **Spray – can (Alat semprot bertekanan yang dioperasikan dengan tangan : *Compression Sprayer*).**

Alat semprot ini terutama digunakan untuk penyemprotan residual pada permukaan dinding dengan Pestisida, terdiri dari tangki formulasi yang berbentuk silinder dilengkapi dengan pompa yang dioperasikan dengan tangan dengan 2 (dua) pegangan pada ujung batang pompa (bila dikehendaki), komponen pengaman tekanan, selang yang tersambung di bagian atas batang pengisap, *trigger valve* dengan pengunci, tangkai semprotan, pengatur keluaran dan nozzle dan komponen tambahan lainnya yang dinyatakan oleh produsen.

Alat semprot harus mempunyai tempat meletakkan tangkai semprot ketika tidak digunakan, tidak ada bagian yang tajam sehingga dapat melukai operator dan tidak terdapat komponen yang terbuat dari kayu. Jenis bahan termasuk penutup lubang pengisian harus dinyatakan secara jelas dan harus tahan terhadap korosi, tekanan dan sinar ultra violet. Tidak boleh terjadi kerusakan, kebocoran pada (las) sambungan atau keretakan ketika dilakukan uji daya tahan ( *Fatigue test*). Tidak boleh ada kandungan timbale atau seng pada bahan penyolder kecuali pada sambungan, tangkai semprotan, trigger valve, badan nozzle dan pipa pengisap. Dalam keadaan terisi penuh pada pengoperasian normal, beratnya harus dinyatakan dan tidak boleh melebihi 25 Kg.

Tangki formulasi alat semprot ini dengan volume untuk operasional secara normal dinyatakan, diameter lubang pengisian tidak kurang dari 90 mm dan klep tekanan/ klep pembuang tekanan harus terletak di bagian atas alat semprot dan mampu membuang habis tekanan sebelum tangki dibuka dan ketika beroperasi harus mampu menahan tekanan agar alat semprot dapat bekerja normal. Klep tekanan keamanan (*Safety Pressure Valve*) maksimum mampu menahan +/- 10 persen dari tekanan kerja maksimum dan harus mampu menahan

tekanan agar alat semprot dapat bekerja normal. Tali sandang dan gesper, minimal lebarnya 50 mm dan panjang yang dapat diatur dengan minimal 100 cm. Tali sandang dan pengencangnya harus mampu bertahan pada uji jatuh (*drop test*).



Pompa dengan tangki yang berisi penuh sesuai kapasitas dan semua komponen terpasang, harus mampu mencapai tekanan kerja maksimum dengan pemompaan tidak melebihi ke 60 Klep udara pompa harus mampu menahan cairan agar tidak masuk ke dalam silinder pompa ketika tekanan pompa pada tekanan kerja maksimum dan tangkai pompa berada posisi terdorong penuh ke dalam. Ukuran penyaring (filter) yang apabila filter tidak tersedia pada nozzle yang lubangnya antara 0,3 mm – 0,5 mm, maka filter pada trigger valve harus lebih kecil dari lubang pada nozzle terpasang dan tidak lebih besar dari 50 mesh. Alat semprot setidaknya dilengkapi dengan 1 atau 2 penyaring dengan ukuran mesh yang dapat mencegah terjadinya penyumbatan. Salah satu penyaring terletak persis di belakang nozzle. Panjang selang dinyatakan dan tidak kurang dari 1500 mm terbuat dari bahan yang memenuhi syarat.

Tuas buka / tutup aliran (*Trigger valve*). Tipe dari trigger valve dinyatakan dan harus tidak terjadi kebocoran ketika dilakukan pengujian sesuai B.1.9.2. Lebar pnuas tidak kurang dari 100 mm diukur mulai dari titik gerak dengan pemasangan maksimum 1,5 newton. Komponen pengatur keluaran harus terpasang dan tipenya harus dinyatakan. Komponen pengatur keluaran harus mampu keseragaman pengeluaran dengan deviasi +/- 5%. Tipe nozzle dan jumlah keluaran (flow rate) harus dinyatakan dan sesuai dengan standard internasional.



Tekanan kerja maksimum dinyatakan. Tangki harus mampu menahan tekanan dari dalam yang besarnya 2 (dua) kali besarnya tekanan kerja dan memenuhi syarat pada B.1.15. dan setelah perlakuan uji jatuh sesuai B.1.17.1. Uji jatuh dilakukan tanpa dan dengan tekanan kerja yang dianjurkan pada posisi horizontal, vertical dan miring 45 derajat setelah pengujian tersebut alat semprot tidak boleh mengalami kebocoran pada keadaan tanpa tekanan.

## **2. Mist Blower Bermotor (Model Gendong)**

Alat yang digunakan untuk menyemprotkan pestisida sampai rumah atau area lain yang sulit atau tidak bias dicapai dengan alat semprot bertekanan yang dioperasikan dengan tangan untuk tujuan residual. Berupa alat semprot yang dilengkapi dengan mesin penggerak yang memutar kipas agar menghasilkan hembusan udara yang kuat kearah cairan formulasi Pestisida di masukkan secara terukur. Mesin penggerak dilengkapi dengan sistem untuk menghidupkan / mematikan mesin.

Tangki bahan bakar terletak dibawah mesin penggerak. Semua bagian yang bergerak atau knalpot terlindung agar tidak menimbulkan cedera pada operator. Semua tombol / tuas mudah terlihat oleh operator. Mesin penggerak/fan dipasang pada sebuah rangka sehingga nyaman untuk digendong belakang oleh operator. Penyangga punggung yang tidak menyerap cairan terpasang. Engine mounting pada frame dapat menyerap getaran mesin. Komponen yang terpasang tidak tajam dan kekuatan semburan tidak dapat mencederai operator pada pengoperasian normal. Semua tombol / tuas pengatur terpasang secara permanen dan ditandai.

Beratnya tidak lebih dari 25 Kg pada pengoperasian normal dengan semua tangki terisi penuh. Lubang pengisian tangki dinyatakan ukurannya dan tidak melebihi diameter 90 mm dan dilengkapi penutup yang membuat kedap udara.

Filter harus sedemikian rupa bentuknya dan cukup dalam masuk ke dalam tangki agar waktu pengisian tangki tidak lebih dari 60 detik tanpa menyebabkan ceceran. Klep pembuang tekanan dinyatakan pada semua mesin yang bekerja dengan tekanan dan dapat membuang habis tekanan sebelum tutupnya dibuka. Jenis bahan bakar dan kapasitasnya dinyatakan dan tandanya terpasang secara permanen di mesin.

Pipa udara dari blower disalurkan melalui pipa menuju nozzle. Pipa udara tersebut sedemikian rupa sehingga mudah digerakkan kearah penyemprotan yang dikehendaki. Cairan

dari tangki atau pompa dialirkan ke nozzle melalui sebuah alat pengatur aliran. Sebuah saringan 50 mesh dipasang sebelum nozzle mencegah terjadinya penyumbatan. Alat pengatur besarnya aliran cairan yang terpasang tetap atau dapat dipertukarkan dinyatakan. Alat ini terpasang pada pipa untuk mengatur besarnya aliran rata-rata. Ukuran partikel dengan berbagai besar aliran (*flow rate*) dan jenis cairan dinyatakan. Volume Median Diameter ( VMD ) berada pada 50 – 100 mikron dinyatakan berdasarkan pengujian.

Daya tahan mampu dioperasikan selama 50 jam dalam 10 hari berurutan. Salah satunya 8 jam non stop sebagai simulasi penanganan kejadian luar biasa. Setiap penghentian pengoperasian harus dicatat alasannya dan perbaikan yang dilakukan. Data jumlah pemakaian bahan bakar dicatat. Tali sandang dengan lebar, minimal 50 mm dinyatakan. Tali sandang dengan penyangga pada bahu dapat diatur panjangnya dengan minimal 750 mm.

### **3. Mesin pengkabut dingin (ULV, mesin aerosol) Model jinjing**

Mesin pengkabut dingin (ULV, mesin aerosol) digunakan untuk penyemprotan ruang (*space spray*) di dalam bangunan atau ruang terbuka yang tidak bias dicapai dengan mesin yang dioperasikan diatas kendaraan pengangkut. Mesin dapat jinjing atau digendong dilengkapi dengan komponen yang menghasilkan aerosol untuk penyemprotan ruang. Tidak terdapat bagian yang tajam yang dapat mencederai operator pada pemakaian normal.

Apabila mesin terpasang pada rangka maka dilengkapi dengan penahan yang tidak menyerap cairan agar nyaman digendong. Pasangan juga dapat menyerap getaran mesin. Semua komponen bergerak dan knalpot terlindung agar tidak membahayakan operator selama pengoperasian. Tombol-tombol dan tuas yang berfungsi untuk pengaturan terpasang tetap pada mesin dan diberi tanda yang jelas. Jenis bahan dinyatakan dan setiap komponen yang bersentuhan langsung dengan Pestisida tahan terhadap korosi dan tidak menyerap. Berat alat ketika tangki terisi penuh untuk operasi normal tidak lebih dari 20 Kg untuk model jinjing dan 25 Kg untuk model yang terpasang pada rangka model gendong.

Tangki pestisida yang terpasang tetap atau dapat diganti-ganti dinyatakan dan isinya tidak kurang dari 1 liter. Dengan penandaan yang sedemikian rupa agar mudah diketahui isi cairan didalamnya. Pada tangki bahan bakar tersedia filter yang terpasang tetap atau pada corong dinyatakan. Kapasitas tangki bahan bakar cukup untuk pengoperasian mesin selama

minimum 1 jam terus menerus. Petunjuk jenis bahan bakar terpasang di tangki atau mesin secara permanen.

Klep buka / tutup tersedia sebelum nozzle atau aliran formulasi akan berhenti dengan sendirinya bila mesin mati. Pengatur keluaran cairan menuju nozzle dinyatakan. Pembatas keluaran terpasang tetap atau dapat dipertukarkan dinyatakan. Rentang ukuran partikel dengan berbagai besar aliran (flow rate) dan jenis cairan dinyatakan. Volume yang disyar Median Diameter (VMD) kurang dari 30 mikron dinyatakan berdasarkan pengujian.

Tali sandang dengan lebar minimal 50 mm dinyatakan. Tali sandang dengan penyangga pada bahu dapat diatur panjangnya dengan panjang minimal 750 mm. Apabila tingkat kebisingan melebihi 85 desibel, tanda “alat pelindung pendengaran harus dipakai selama pengoperasian” dipasang permanen pada mesin.



Gambar 15. Alat Ultra Low Volume (ULV)

#### **4. Mesin Pengabut Dingin ( Aerosol/ULV) yang dioperasikan diatas kendaraan pengangkut.**

Digunakan untuk penyemprotan ruang terbuka di luar bangunan, tanpa efek residu. Merupakan mesin yang menghasilkan aerosol /ULV yang dirancang untuk di tempatkan di bak belakang kendaraan pengangkut dan dioperasikan dari ruang penumpang. Mesin semprot harus mempunyai sistempembilasan dan memiliki sistem pengendali.

Tangki formulasi harus dapat dipisahkan atau apabila terpasang tetap tangki harus memiliki klep pembuang agar dapat dibersihkan. Rangka mesin harus tahan korosi, semua tangki formulasi baik yang terpasang tetap atau dapat dipindahkan harus dapat dibedakan satu dengan lainnya. Semua bagian bergerak atau knalpot harus terlindungi agar tidak mencederai operator. Tidak terdapat bagian yang tajam yang dapat mencederai operator selama pemakaian normal atau perawatan. Semua bahan yang bersentuhan langsung dengan pestisida harus tahan kimia, tidak menyerap dan lulus pengujian. Berat bersih dengan tangki dalam keadaan kosong dinyatakan dan tidak lebih dari 250 Kg. Kapasitas tangki harus dinyatakan dan tidak lebih dari 50 liter. Apabila tangki tidak tembus pandang atau tanda skala maka tangki harus memiliki alat petunjuk isi.

Lubang pengisian tangki harus terletak dibagian atas, dengan diameter lubang pengisian tidak kurang dari 40 mm. Apabila lubang pengisian kurang dari 90 mm, corong harus disediakan oleh pabrik agar tidak terjadi ceceran sewaktu mengisi. Kapasitas tangki / konsumsi bahan bakar harus cukup untuk pengoperasian selama 2 (dua) jam terus menerus pada keluaran formulasi yang terendah tanpa harus pengisian ulang. Jenis bahan bakar dinyatakan.

Kompresor udara atau blower adalah sebuah filter yang tahan korosi harus terpasang pada kompresor / blower dan mampu menahan partikel lebih besar dari 100 mikron. Tipe pengatur aliran dinyatakan. Semua peralatan harus mempunyai pengatur aliran yang manual (dapat berupa pengatur aliran yang tetap) tetapi dapat juga yang keluarannya dapat disesuaikan dengan kecepatan kendaraan pengangkut. Jenis klep buka/ tutup dinyatakan, dan harus menutup ketika mesin dimatikan atau salah satu komponen tidak berfungsi. Papan pengendali harus mempunyai tanda permanen pada tombol / tuas OFF (mematikan) mesin penggerak, dan tanda ON / OFF aliran pestisida dan dirancang untuk pemasangan di kendaraan pengangkut.

Rancangan pengendali jarak jauh harus tidak menyebabkan pestisida masuk ke dalam ruang penumpang kendaraan pengangkut. Peralatan harus dilengkapi dengan (i) jarum penunjuk jumlah jam pengoperasian. (ii) jarum penunjuk tekanan (sistem blower) atau tachometer (nozzle sistem rotary) (iii) klep keamanan tekanan udara atau sensor pada mesin sistem blower, ini dapat menggantikan (ii) bila tekanan menjadi rendah. Jumlah jam pengoperasian tanpa gangguan dan kesulitan menghidupkan mesin pada jumlah keluaran

maksimum harus dinyatakan. Pengujian dilakukan tidak kurang dari 50 jam selama tidak lebih dari 2 minggu. Apabila tingkat kebisingan melebihi 85 desibel, tanda “alat pelindung pendengaran harus dipakai selama pengoperasian” dipasang permanen pada mesin. Tingkat kebisingan pada jarak 1 meter dari mesin sepanjang pengoperasian harus dinyatakan.



Gambar 16. ULV Cold Fogging Aerosol Applicators

#### 5. Mesin Pengkabut Panas ( Hot Fogger ) model jinjing

Mesin pengkabut panas digunakan untuk penyemprotan ruang di dalam bangunan atau ruang terbuka yang tidak dapat dicapai dengan mesin pengkabut panas yang dioperasikan di atas kendaraan pengangkut. Mesin pengkabut panas portable harus memiliki sebuah *nozzle energy* panas tempat larutan Pestisida dalam minyak atau campuran dengan airdimasukkan secara terukur.

Komponen utama harus terpasang pada rangka yang kuat. Bila diinginkan mesin dapat dilengkapi mekanisme menghidupkan mesin yang terdiri dari : baterai, coil, sistem busi, pompa tangan atau pompa yang digerakkan oleh tenaga baterai untuk memberi tekanan kepada saluran bahan bakar ketika menghidupkan mesin.

Semua permukaan yang panas yang terlindungi dengan cukup untuk mencegah kejadian luka bakar pada operator. Tidak boleh terdapat bagian yang tajam yang dapat menyebabkan cedera pada operator pada pemakaian normal. Semua komponen yang harus diatur selama pengoperasian harus terpasang secara permanen dan ditandai dengan jelas. Mesin harus mempunyai petunjuk keselamatan yang jelas yang menyatakan bahwa mesin tidak boleh ditinggalkan tanpa pengawasan selama pengoperasian. Bahan harus dinyatakan

dan semua komponen yang bersentuhan langsung dengan pestisida harus tahan korosi, tidak menyerap dan memenuhi syarat yang ditentukan pada Mesin tipe pulsa-jet harus mempunyai resonator baja yang tahan suhu 1500 0C. Dengan semua tangki terisi penuh untuk pengoperasian normal, beratnya dinyatakan dan tidak lebih dari 20 Kg.

Kapasitas tangki yang dapat diganti atau terpasang tetap harus dinyatakan. Apabila bahan tangki bukan dari bahan yang tembus pandang atau berskala maka sebuah batang pengukur harus disediakan untuk mengukur banyaknya isi cairan di dalam tangki.

Lubang pengisian harus berada disisi atas mesin dan ukurannya dinyatakan. Corong bersaring harus disediakan apabila diameter lubang pengisian kurang dari 90 mm. Apabila posisi lubang pengisian tidak dibagian atas, corong bersaring bengkok harus disediakan.

Kapasitas tangki dan besarnya konsumsi harus dinyatakan serta harus cukup untuk menyempatkan habis formulasi pada jumlah keluaran (*flow rate*) terkecil tanpa harus mengisi ulang. Jenis bahan bakar harus dinyatakan. Bila menggunakan pompa tangan, mesin harus sudah dapat hidup pada hitungan pemompaan tidak lebih dari 10 kali. Beberapa mesin kemungkinan menggunakan pompa yang digerakkan oleh tenaga listrik.

Klep buka / tutup untuk menutup secara otomatis aliran formulasi pestisida menuju nozzle apabila mesin mati sebagai tambahan dari klep buka / tutup manual yang terpasang dinyatakan. Klep pengatur besarnya aliran meskipun dapat dipertukarkan harus terpasang tetap pada mesin. Pembatas aliran tersebut harus dinyatakan.

Rentang ukuran partikel pada jumlah keluaran baku dan jumlah keluaran lainnya harus dinyatakan. Volume Median Diameter (VMD) harus lebih kecil dari 30 mikron. Lebarnya tali sandang harus dinyatakan, dan tidak kurang dari 50 mm pada posisi bahu dan dapat diatur panjangnya dengan sebuah pengencang sehingga tidak kurang dari 750 mm serta harus memenuhi ketentuan daya serap kurang dari 10 % dari berat keringnya.

Tidak terjadi kebocoran pada tangki dan komponen lainnya selama pengoperasian secara normal dan harus lulus test yang ditentukan. Jumlah jam operasi tanpa kegagalan pada pengoperasian dan menghidupkan mesin harus dinyatakan. Test ketahanan yang ditentukan dilakukan dengan air dengan pembatas aliran terbesar dengan interval buka / tutup masing-masing selama 15 menit.



Gambar 17. Hot Fogger

## 6. Mesin Pengkabut Panas (*Hot Fogger*) Model jinjing

Mesin Pengkabut Panas (*Hot Fogger*) yang dioperasikan diatas kendaraan pengangkut. Mesin semprot yang digunakan untuk penyemprotan ke ruang terbuka diluar bangunan. Mesin pengkabut panas yang dioperasikan dari atas kendaraan tanpa residu. Terdapat 2 prinsip kerja mesin tipe ini, i. mesin yang berkerja dengan sitem pulsa-jet. ii. Mesin yang bekerja dengan piston mesin 2 atau 4 langkah, konvensional, kipas penghembus, unit pemanas atau piringan berputar.

Mesin dioperasikan di atas kendaraan pengangkut atau mobil pickup harus dilengkapi dengan thermal nozzle tempat formulasi dengan pelarut minyak atau campuran air dimasukkan secara terukur. Mesin harus sedemikian rupa harus dapat dioperasikan dari dalam ruang penumpang. Mesin mempunyai tangki formulasi yang disediakan atau dapat ditambahkan kemudian dan harus dapat dilepaskan atau mempunyai klep pembuangan agar mudah dibersihkan. Mesin biasanya terpasang pada rangka dan rangka tersebut harus tahan korosi. Semua komponen harus dapat dijangkau oleh operator. Semua tangki digunakan secara tetap dan diberi penandaan yang jelas. Knalpot mesin harus terlindung agar tidak mencederai operator. Tidak boleh terdapat bagian yang tajam yang dapat melukai operator selama pengoperasian secara normal atau ketika melakukan perawatan.

Mesin harus mempunyai petunjuk keamanan yang jelas dan memperingatkan bahwa mesin yang sedang beroperasi tidak boleh ditinggalkan tanpa pengawasan. Semua bahan dinyatakan. Semua komponen yang bersentuhan langsung dengan pestisida harus tahan korosi, tidak menyerap dan harus lulus pengujian yang ditetapkan pada mesin dengan sistem

pulsa jet harus mempunyai resonator yang tahan suhu 15000 C misalnya baja austenite No. 1.4845. Berat mesin dalam keadaan tangki kosong dan tanpa semua komponen lepasan dinyatakan dan tidak melebihi 250 Kg.

Kapasitas tangki pestisida yang terpasang atau yang dapat dipertukarkan dinyatakan dan tidak kurang dari 50 liter. Apabila tangki tidak tembus pandang atau tidak ada tanda-tanda yang menunjukkan isinya, maka sebuah jarum penunjuk isi harus tersedia. Lubang pengisian harus terletak di bagian atas tangki. Apabila diameter lubang pengisian kurang dari 90 mm, sebuah corong harus disediakan untuk mempermudah pengisian.

Sebuah klep pelepas tekanan udara dinyatakan dan harus mampu melepaskan tekanan sampai habis sebelum tangki dibuka. Kapasitas tangki dan konsumsi bahan bakar harus dinyatakan. Jenis bahan bakar harus dijelaskan. Jenis klep buka / tutup dinyatakan dan harus dapat menutup dengan sendirinya apabila mesin dimatikan atau terdapat komponen yang tidak berfungsi. Pengatur aliran formulasi ke nozzle harus terpasang secara tetap tetapi dapat dipertukarkan harus dinyatakan. Rentang ukuran partikel pada jumlah aliran baku dan jumlah aliran lainnya dinyatakan.

Besarnya partikel tidak boleh lebih besar dari 30 mikron VMD. Papan pengendali harus disediakan dan memiliki tombol / tuas untuk mematikan mesin, tombol / tuas ON / OFF pengaliran formulasi pestisida dan dirancang untuk dioperasikan dari dalam ruang penumpang kendaraan pengangkut.

Tidak terjadi kebocoran pada tangki dan komponen lainnya selama pengoperasian secara normal dan harus lulus test. Jumlah jam operasi tanpa kegagalan pada pengoperasian dan menghidupkan mesin harus dinyatakan. Test ketahanan yang ditentukan dilakukan dengan air dengan pembatas aliran terbesar dengan interval buka / tutup masing-masing selama 15 menit. Apabila tingkat kebisingan melebihi 85 desibel, tanda “alat pelindung pendengaran harus dipakai selama pengoperasian” dipasang permanen pada mesin.





Gambar 18. Thermal fog machine

### ALAT PERANGKAP JENTIK DAN TELUR NYAMUK

#### Ovitrap (Perangkap telur)

Ovitrap atau *oviposition trap* adalah perangkat untuk mendeteksi dan mendapatkan kehadiran nyamuk seperti *Aedes aegypti* dan *Ae. albopictus* pada keadaan densitas populasi yang rendah pada saat survey larva misalnya jika *Breteau Index* (BI) < 5. Alasan lain juga bisa untuk mendeteksi infestasi nyamuk ke area baru yang sebelumnya telah dieliminasi. Alasan ini menjadi dasar pemasangan ovitrap di bandara internasional yang harus memenuhi persyaratan bebas vektor. Ovitrap standar berupa gelas kecil bermulut lebar dicat hitam bagian luarnya dan dilengkapi dengan bilah kayu atau bambu (pedel) yang dijepitkan vertikal pada dinding dalam. Gelas diisi air setengahnya dan ditempatkan di dalam dan di luar rumah yang diduga menjadi habitat nyamuk.

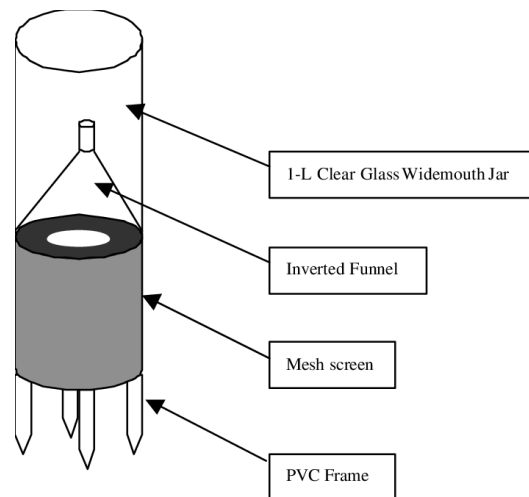


Gambar 19. CDC Ovitrap

Desain dan modifikasi ovitrap saat ini banyak beredar di pasaran, namun masih dengan fungsi yang sama. Penggunaan modifikasi ovitrap dengan penambahan air rendaman jerami padi (*Oryza sativa*) 10% terbukti dapat menghasilkan telur terperangkap 8 kali lebih banyak dibanding versi aslinya

#### *Mosquito emergence trap*

*Mosquito emergence trap* adalah perangkap nyamuk yang digunakan untuk menangkap nyamuk yang baru menetas. Sasaran yang diinginkan adalah nyamuk dewasa. Penggunaan alat ini bisa untuk mengetahui spesies atau jenis nyamuk apa saja yang berada di tempat perkembangbiakannya. Perangkap ini tidak terbatas hanya untuk nyamuk, tetapi juga serangga terbang lainnya.



Gambar 20. *Mosquito emergence trap*

Sumber : R. Mayhew, Catherine & Raman, Dave & Centre, Sheraton. (2019). Mosquito Control and Pollutant Removal in Constructed Wetlands: Subsurface Flow Cells vs. Periodically Dry Surface Flow Cells.

## BAB 10.

### PENYAKIT PENTING YANG DITULARKAN VEKTOR LALAT DAN PINJAL

#### a. Myasis

Myasis atau belatungan adalah infestasi larva lalat ke dalam jaringan hidup hewan maupun manusia. Beberapa jenis lalat telah diidentifikasi sebagai penyebab penyakit ini, namun yang bersifat obligat parasit adalah *Chrysomya bezziana* sehingga perlu diperhatikan. Awal infestasi larva terjadi pada daerah kulit yang terluka, selanjutnya larva bergerak lebih dalam menuju ke jaringan otot sehingga menyebabkan daerah luka semakin lebar. Kondisi tersebut menyebabkan tubuh ternak menjadi lemah, nafsu makan menurun, demam serta diikuti penurunan produksi susu dan bobot badan bahkan dapat terjadi anemia (SPRADBERY, 1991; SUKARSIH *et al.*, 1999).

Selama ini, kasus myasis banyak dilaporkan terjadi pada ternak yang dipelihara secara semi intensif dan ekstensif. Sistem pemeliharaan tersebut masih banyak diterapkan pada pulau-pulau yang masih jarang penduduknya dengan kisaran padang penggembalaan yang sangat luas. Oleh karena itu, laporan kasus myasis banyak berasal dari Pulau Sulawesi, Lombok, Sumbawa Besar, Sumba Timur dan Irian Jaya. Berbeda dengan pulau-pulau diatas, sistem pemeliharaan ternak di Pulau Jawa dilakukan secara intensif sehingga diduga kasus myasis telah berkurang (Wardhana dan Muharsini, 2005).

Berdasarkan pembagian agen penyebab myasis, lalat *Sarcophaga sp.* merupakan lalat sekunder penyebab myasis yang akan menginfestasi ternak, setelah datangnya lalat *C. bezziana* (lalat primer). Aktifitas larva *C. bezziana* pada jaringan menimbulkan bau busuk yang menyengat sehingga menarik lalat *Sarcophaga sp.* untuk meletakkan telurnya ke dalam luka tersebut. Lain halnya dengan lalat *C. bezziana* yang mutlak memerlukan luka jaringan yang segar untuk meletakkan telurnya. Perbedaan sifat biologis kedua lalat ini dapat menjelaskan adanya perbedaan bentuk infestasi larva antara kasus myasis yang ditemukan di Pulau Jawa dengan di Sulawesi Selatan dan Sumba Timur (Wardhana dan Muharsini, 2005).

Umumnya sistem pemeliharaan ternak secara intensif banyak dilakukan oleh para peternak di Pulau Jawa. Apabila ternak mengalami myasis maka dapat diketahui oleh peternak dan dilakukan pengobatan. Penanganan ternak yang lebih awal belum memungkinkan lalat *Sarcophaga sp.* Untuk meletakkan telurnya ke dalam luka myasis

tersebut. Oleh karena itu, larva *C. bezziana* merupakan agen tunggal penyebab myasis di Pulau Jawa dan sangat jarang dalam bentuk infestasi campuran (Wardhana dan Muharsini, 2005).

Kondisi yang berbeda terjadi pada kasus myasis di Sulawesi Selatan dan Sumba Timur. Ternak digembalakan secara ekstensif di padang penggembalaan yang luas sehingga ternak yang menderita myasis cukup sulit untuk diketahui. Akibatnya, luka semakin lebar dan menimbulkan bau busuk yang menyengat. Bau ini akan menarik lalat *Sarcophaga sp.* untuk hinggap diluka dan meletakkan telurnya sehingga kasus myasis di Sulawesi Selatan dan Sumba Timur dalam bentuk infestasi campuran, yaitu larva lalat *C. bezziana* dan *Sarcophaga sp.* (Wardhana *et al.*, 2004a).

b. *Cholera*

Kolera adalah penyakit diare yang menyebabkan morbiditas dan mortalitas yang signifikan di seluruh dunia (Guli, 2016). Penyakit ini adalah salah satu penyakit diare akut yang dalam beberapa jam dapat mengakibatkan dehidrasi progresif yang cepat dan berat serta dapat menimbulkan kematian (Laksamana, 2020). Menurut Johnson (2004), kolera adalah penyakit yang telah lama menyerang manusia dan terus menjadi masalah bagi kesehatan masyarakat dunia. Penyakit ini merupakan suatu sindrom epidemiologik klinis yang ditandai oleh diare hebat dengan tinja menyerupai air cucian beras (Muslimah, 2016).

Penyakit Kolera disebabkan karena masih rendahnya tingkat kesadaran akan pentingnya kebersihan lingkungan. Kebiasaan masyarakat membuang air besar di sungai dan tidak melindungi makanan dengan baik menjadikan baksil kolera dengan mudah berpindah, karena baksil kolera banyak ditemukan di kotoran manusia. Dengan kata lain, kolera menyerang penduduk yang tinggal di lingkungan yang kotor dan kekurangan air bersih, sehingga bibit penyakit mudah bersarang. Cara penularannya bisa secara langsung melalui orang ke orang, dapat pula melalui lalat, air, makanan dan minuman (Muslimah, 2016).

Kemudian, faktor utama yang menyebabkan penyakit kolera yaitu bakteri *Vibrio cholerae*. Bakteri ini biasanya masuk ke dalam tubuh melalui air minum yang terkontaminasi, karena sanitasi yang tidak memenuhi standar. Selain itu, bakteri ini juga dapat masuk ke dalam saluran pencernaan melalui makanan yang tidak dimasak dengan benar (Laksamana, 2020). Makanan dan minuman yang telah terkontaminasi oleh bakteri akan mengeluarkan *Enterotoksin* di dalam tubuh seseorang pada bagian saluran usus,

sehingga menimbulkan diare disertai muntah yang akut dan sangat hebat, dan berakibat seseorang dalam waktu hanya beberapa hari akan kehilangan banyak cairan dalam tubuhnya sehingga mengalami dehidrasi (Lesmana, 2004).

Kurangnya pengetahuan masyarakat tentang penyakit kolera juga menjadi penyebab tingginya kasus penyakit ini. Pada umumnya masyarakat tidak mengenali gejala-gejala penyakit kolera dan seringkali menganggap bahwa gejala awal yang timbul adalah hal yang biasa. Padahal penyakit kolera cukup berbahaya jika dibiarkan begitu saja tanpa perawatan dan pengobatan yang tepat. Tanpa mengetahui informasi dan gejala-gejala khusus dari penyakit kolera ini, masyarakat akan sulit melakukan penegakan diagnosa sendiri tanpa dibantu oleh dokter atau sebuah sistem yang dapat memberikan informasi dan konsultasi mengenai penyakit kolera (Laksamana, 2020).

c. *Conjunctivitis*

Konjungtivitis adalah penyakit mata yang dapat terjadi pada orang dewasa dan anak-anak. Peradangan pada konjungtiva yang umumnya ditandai dengan iritasi, gatal, sensasi benda asing, dan berair atau secret pada mata. Dalam waktu 12 sampai 48 jam setelah infeksi mulai, mata menjadi merah dan nyeri. Jika tidak diobati bisa terbentuk ulkus kornea, abses, perforasi mata bahkan kebutaan. Untuk mengatasi konjungtivitis bisa diberikan tablet, suntikan maupun tetes mata yang mengandung antibiotik (Ramadhanisa, 2014).

Konjungtivitis berdasarkan penyebab dapat dibagi menjadi menular dan tidak menular. Virus dan bakteri merupakan penyebab infeksi menular yang paling umum. Pathogen yang paling sering menyebabkan konjungtivitis bakterial pada dewasa adalah staphylococcal sp., diikuti dengan *Streptococcus pneumonia* dan *Haemophilus influenzae*. Konjungtivitis tidak menular termasuk alergi, racun, dan sikatrik konjungtivitis, serta peradangan sekunder untuk penyakit *immunemediated* dan proses neoplastik. Penyakit ini juga dapat diklasifikasikan menjadi akut, hiperakut, dan kronis sesuai dengan onset dan tingkat keparahan klinis. Selain itu dapat berupa primer atau sekunder untuk penyakit sistemik seperti gonore, klamidia, dan sindrom Reiter (Ramadhanisa, 2014).

d. *Dysentery*

Disentri adalah salah satu penyakit diare akut yang disertai dengan tinja cair yang bercampur dengan darah dan lender dikarenakan bakteri penyebab disentri telah menembus dinding kolon sehingga tinja yang melewati usus besar akan berjalan sangat cepat tanpa di

ikuti proses absorpsi air. Disentri banyak terjadi di kalangan masyarakat karena kurangnya pola hidup bersih masyarakat membuat disentri mudah menyebar di kalangan masyarakat, karena hal ini tidak diimbangi dengan pengetahuan masyarakat tentang awal mengalami disentri. Keterbatasan waktu dan biaya menjadi alasan masyarakat enggan untuk berkonsultasi sehingga disentri dapat berakibat fatal, apa bila tidak ditangani secara cepat dan tepat (Kurnia dkk, 2018).

e. Gastroenteritis

Gastroenteritis atau flu perut merupakan suatu penyakit pencernaan dimana terjadi infeksi pada usus halus dan lambung yang disebabkan oleh beberapa virus antara lain *norovirus*, *rotavirus*, dan *champanylobacter*. Gejala gastroenteritis ditandai pada lambung (*gastro*) dan usus kecil (*entero*) terjadi peradangan yang menyebabkan penderita mengalami mual, muntah, diare, dan kejang perut. Penyakit Gastroenteritis dapat terjadi karena adanya kontak langsung dengan penderita. Makanan dan minuman yang dimasak tidak baik atau telah terkontaminasi juga dapat menyebabkan terjadinya gastroenteritis (Saputri dkk, 2017).

Sering kali masyarakat awam menyamakan gastroenteritis dengan diare maupun gastritis. Pada kenyataannya diare hanyalah salah satu dari gejala gastroenteritis, sedangkan gastritis merupakan peradangan pada lambung. Hal ini dikarenakan kurangnya pemahaman masyarakat mengenai penyakit gastroenteritis, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penanganan yang kurang tepat (Saputri dkk, 2017).

f. Salmonellosis

*Salmonella sp.* merupakan bakteri berbentuk batang, tidak berspora, bersifat negatif gram, yang dapat menyebabkan penyakit Salmonellosis (Widianingsih dkk, 2017). Salah satu bakteri *Salmonella sp* yang bersifat zoonosis ialah *Salmonella enteritidis* (Pradipta, 2020). Bakteri ini dapat ditemukan pada berbagai jenis hewan berdarah panas dan manusia. Hewan terutama ayam dan produknya (daging dan telur) adalah sumber utama infeksi patogen ini pada manusia (Jaelani, 2013).

Penularan Salmonellosis dapat secara horizontal dan vertikal. Penularan horizontal Salmonellosis melalui termakannya telur dan daging yang masih mentah atau setengah matang, serta susu tidak diolah dengan baik yang terkontaminasi bakteri *Salmonella sp* (Indriyani dkk, 2019). Penularan secara vertikal dapat melalui transmisi bakteri dari saluran pencernaan ternak unggas ke saluran reproduksi ke telur (Seockmo dkk, 2016). Orang yang

lebih beresiko terinfeksi antara lain ibu hamil, bayi dan balita, orang lanjut usia, dan orang yang sedang sakit. Gejala penyakit Salmonellosis ialah diare, demam enterik (tifoid dan paratifoid), sakit kepala, serta adanya darah pada tinja. Gejala ini dapat berlangsung 4 - 7 hari, apabila tidak segera ditangani dapat menyebabkan kematian. Pencegahan Salmonellosis yaitu dengan penggunaan vaksin tifoid, dan memasak makanan yang benar (Annisa dkk, 2020).

g. Tuberculosis

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular langsung yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. TB merupakan penyakit yang mudah menular melalui udara dari sumber penularan yaitu pasien TB BTA positif pada waktu batuk atau bersin, pasien menyebarkan kuman ke udara dalam bentuk percikan dahak. Sekali batuk dapat menghasilkan sekitar 3000 percikan dahak (Aini, 2017).

TB dapat menyerang siapa saja, terutama usia produktif/masih aktif bekerja dan anak-anak. Sekitar 75% pasien TB adalah kelompok usia yang paling produktif secara ekonomis (15-50 tahun). Diperkirakan seorang pasien TB dewasa akan kehilangan rata-rata waktu kerjanya 3 sampai 4 bulan. Jika ia meninggal akibat TB, maka akan kehilangan pendapatannya sekitar 15 tahun. Selain merugikan secara ekonomis, TB juga memberikan dampak buruk lainnya secara sosial bahkan dikucilkan oleh masyarakat (Aini, 2017).

Sebagian besar kuman TB menyerang paru, tetapi dapat juga mengenai organ tubuh lainnya yang biasa disebut dengan TB Ekstra Paru. TB Paru merupakan bentuk yang paling sering dijumpai yaitu sekitar 80 % dari semua penderita. TB yang menyerang jaringan paru-paru ini merupakan satusatunya bentuk dari TB yang mudah menular. TB Ekstra Paru merupakan bentuk penyakit TB yang menyerang organ tubuh lain selain paru-paru. TB pada dasarnya ini tidak pandang bulu karena kuman ini dapat menyerang semua organ dari tubuh (Aini, 2017).

h. *Thypoid Fever*

Demam *thypoid* merupakan masalah kesehatan masyarakat yang penting karena penyebarannya berkaitan erat dengan urbanisasi, kepadatan penduduk, kesehatan lingkungan, sumber air dan sanitasi yang buruk serta standar kebersihan industri pengolahan makanan yang masih rendah. Penularan penyakit ini hampir selalu melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi. Terdapat 800 penderita per 100.000 penduduk

setiap tahun yang ditemukan sepanjang tahun. Penyakit ini tersebar di seluruh wilayah dengan insiden yang tidak berbeda jauh antar daerah. Serangan penyakit lebih bersifat sporadis dan bukan epidemik. Dalam suatu daerah terjadi kasus yang berpencar – pencar dan tidak mengelompok. Sangat jarang ditemukan beberapa kasus pada satu keluarga pada saat yang bersamaan (Saputra, 2017).

Faktor – faktor yang sangat erat hubungannya dengan kejadian demam *thypoid* adalah hygiene perorangan yang rendah meliputi kebiasaan cuci tangan, dan kebiasaan makan dan minum. Sanitasi lingkungan merupakan salah satu penyebab terjadi kejadian demam *thypoid* terlihat dari keadaan sanitasi lingkungan secara keseluruhan di Kota Kendari yang belum memadai seperti kepemilikan sarana sanitasi dasar meliputi kepemilikan tempat sampah persentase 59,7%, dan pengelolaan air limbah sebesar 40,3 %, jenis sarana air bersih yang digunakan kebanyakan penduduk Kota Kendari menggunakan air sumur bor yakni sebesar 83,3% (Saputra, 2017).

i. Pes

Penyakit pes merupakan salah satu penyakit *zoonosis*, yang biasanya ditularkan melalui vektor, yaitu pinjal yang berada di bulu tikus. Epidemik penyakit pes di dunia mulai terjadi pada abad ke-13 sekitar tahun 1347, kasus ini terjadi di Negara Cina dan India. Sejak epidemik penyakit pes berlangsung sudah tercatat kasus 13.000.000 orang meninggal. Pada tahun 1894 pandemik pes mulai menyebar ke-empat benua, penyebarannya bermula dari daratan Cina (Zamzami dkk, 2017).

Salah satu sebab terjadinya penyakit pes itu adalah adanya tradisi yang berhubungan dengan kepercayaan pada tempat tertentu yang mengakibatkan adanya keakraban manusia dengan lingkungannya. Hal ini didukung dengan tingkat pengetahuan dan persepsi masyarakat yang salah terhadap penyakit pes, sehingga penyakit pes dapat mewabah sewaktu-waktu (Zamzami dkk, 2017).

j. *Rickettsia*

Rickettsiosis adalah penyakit demam akut yang disebabkan oleh bakteri gram negatif intraseluler dari genus *Rickettsia*. Rickettsiosis terdistribusi di seluruh dunia, terutama di negara-negara tropis dan beriklim sedang. Rickettsiosis terbagi menjadi tiga golongan utama yaitu golongan *Spotted Fever Group* (SFG), *Typhus Group* (TG), dan *Scrub Typhus*, serta rickettsiosis lain seperti *Q fever*. Siklus hidup *Rickettsia* di alam melibatkan interaksi antara



inang mamalia dan vektor beberapa jenis arthropoda seperti pinjal, caplak, kutu, dan tungau. Pinjal tikus (*Xenopsylla cheopis*) berperan sebagai vektor dari *murine typhus* (salah satu kelompok dari *typhus group*), sementara *Rattus rattus* dan *R. norvegicus* sebagai inang reservoir. Meskipun belum banyak dilaporkan infeksi *Rickettsia* pada manusia, namun agen penyebab rickettsiosis telah terdeteksi pada pinjal tikus (Widiastuti dkk, 2018).

## A. CARA PENGENDALIAN DAN PEMANTAUAN VEKTOR

Pengendalian vektor dapat dilakukan secara biologi, kimiawi, fisik/ mekanik, rekayasa genetik untuk vektor maupun melalui manajemen lingkungan. Kemauan untuk melakukan tindakan pencegahan dan pengendalian vektor yang didukung dengan koordinasi yang intensif akan menghasilkan perilaku yang dapat bertahan lama, sehingga dapat menjadi kebiasaan (Siyam dan Cahyati, 2018). Tujuan dilakukan pengendalian dan pemantauan vektor ini sebagai salah satu upaya untuk menggerakkan perilaku hidup bersih dan sehat pada setiap individu (Fajrini dkk, 2020).

### a. Biologi

Pengendalian secara biologis merupakan upaya pemanfaatan agen biologi untuk pengendalian vektor (Mutmainah dkk, 2014). Seperti dalam pengendalian vektor penyakit DBD, beberapa agen biologis yang sudah digunakan dan terbukti mampu mengendalikan populasi larva vektor DB/DBD adalah dari kelompok bakteri, predator seperti ikan pemakan jentik dan *cyclop (Copepoda)*. Predator larva di alam cukup banyak, namun yang bisa digunakan untuk pengendalian larva vektor DBD tidak banyak jenisnya dan yang paling mudah didapat dan dikembangkan masyarakat serta murah adalah ikan pemakan jentik (Depkes, 2011).

Pengendalian secara biologis dilakukan dengan memelihara predator atau hewan pemakan jentik nyamuk dan menggunakan parasite (Sari dan Novela, 2020). Menurut Yogyana, L. (2013) upaya pengendalian demam berdarah secara biologi salah satunya dengan memelihara ikan. Pemanfaatan ikan dalam upaya pengendalian demam berdarah efektif dilakukan pada stadium larva, terutama larva instar III karena pada stadium ini larva mudah diidentifikasi dengan ciri adanya rambut pada seluruh tubuh, kepala tampak menghitam, tingkat metabolisme yang belum matur serta pergerakan yang lebih banyak.

Selanjutnya terbukti bahwa pemanfaatan ikan cupang (*Betta sp.*) plus pemantau jentik lebih efektif meningkatkan Angka Bebas Jentik (ABJ) dan menurunkan *House Index* (HI), *Container Index* (CI), *Breteau Index* (BI) dibandingkan hanya dengan pemantau jentik (Harsono dkk, 2020). Penelitian Samsudrajat (2008) membuktikan bahwa pengendalian secara biologi dapat menggunakan ikan pemakan jentik (ikan adu atau ikan cupang), bakteri (Bt.H-14) dan ikan *Poesilia reticulata* (ikan guppy) dengan memakan larva (Mutmainah dkk, 2014).

b. Fisik

Pengendalian vektor dan binatang pengganggu dapat dilakukan dengan metode fisik. Pengendalian vektor dan binatang pengganggu secara mandiri yang dilakukan pihak Rumah Sakit Universitas Sebelas Maret dapat berupa *fogging* apabila diduga terdapat vektor nyamuk *Aedes*, secara fisik untuk pembersihan telur kecoa dan secara kimiawi ataupun secara fisik untuk membunuh kecoa dewasa. Sedangkan pada tikus dapat dilakukan pengendalian dengan cara fisik yaitu pemasangan perangkap dan dilakukan secara fisik maupun kimiawi untuk memberantas lalat di sekitaran tempat sampah (Aisyah, 2020).

c. Kimia

Penggunaan insektisida atau larvisida dalam mengendalikan vektor DBD secara kimiawi seperti pisau bermata dua, jika digunakan sesuai dengan ketentuan akan menguntungkan, tetapi di sisi lain dapat merugikan jika dipergunakan tidak sesuai aturan. Tindakan yang lazim dilakukan agar mendapatkan hasil yang lebih biasanya dengan meningkatkan frekuensi dan dosis penggunaan, maka kondisi ini akan mempercepat kejadian resistensi (Putra dkk, 2017). Pengendalian dengan cara kimia dalam hal ini yaitu dengan menggunakan insectisida yang ditujukan untuk mengendalikan populasi vector sehingga diharapkan penularan penyakit dapat ditekan seminimal mungkin.

Selain DBD, hama uret juga dapat diberantas secara kimiawi dengan menggunakan insektisida, maka insektisida dicampur dengan tanah baik dalam bentuk larutan, embusan (*dust*) maupun butiran. Di daerah yang sering terjadi serangan hama uret, pencampuran insektisida dengan tanah harus dilakukan sebelum atau pada saat menanam dan jangan ditunggu sampai kerusakan oleh uret terjadi (Arifin, 2020).

## B. STATUS *PEST CONTROL* DI DAERAH PERKOTAAN

Bagi kebanyakan orang, *pest control* masih terdengar asing dan tidak diketahui artinya. Hal yang sering dikaitkan dengan *pest control* adalah penyemprotan, pengasapan, pemberantasan demam berdarah, anti rayap, nyamuk, kecoa dan tikus. *Pest control* dalam bahasa Indonesia diartikan menjadi pembasmian hama atau pengendalian hama. Dalam peraturan pajak penghasilan pasal 23 KEP-170/PJ/2002, istilah yang dipakai adalah pembasmian hama sedangkan kalangan praktisi bisnis *pest control* menggunakan pengendalian hama. Namun, lebih sering istilah *pest control* digunakan berbagai kalangan untuk menjelaskan kegiatan yang berhubungan dengan hama dan pestisida ini (Murdana, 2012).

### a. *Pest Control* pada Hotel

Pengendalian kutu kasur merupakan salah satu hal yang penting di usaha industri seperti perhotelan, karena usaha perhotelan tidak luput dari akomodasi yang merupakan sebuah bangunan serta perawatan-perawatan yang harus dilakukan. Salah satu perawatannya adalah pengendalian kutu kasur. Program pengendalian kutu kasur meliputi program edukasi, pencegahan, inspeksi dan pemantauan. Dari 3 program pengendalian diatas penulis lebih menjurus pada program pengendalian yang menggunakan alat non-kimiawi dikarenakan program yang menggunakan alat kimiawi hampir secara keseluruhan sudah diatasi oleh *pest control* (Wisoso J, 2017).

Grand Setiabudi Hotel Bandung melakukan kerja sama dengan Rentokil selaku *pest control*. Jadwal pemantauan yang dilakukan oleh *pest control* (Rentokil) adalah pada hari senin dan jumat yang dilakukan pada waktu sore hari. Untuk pemantauan rutin, *pest control* menggunakan cairan kimia yang di semprotkan untuk setiap kamar dan kamar mandi. *Treatment* yang dilakukan untuk setiap kamar oleh *pest control* tersebut juga berbeda sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan dan dipantau dari waktu ke waktu (Wisoso J, 2017).

### b. *Pest Control* pada Rumah Makan

Pangan atau makanan merupakan kebutuhan primer setiap manusia. Keamanan serta kebersihan makanan tersebut menjadi faktor yang tidak kalah penting untuk diperhatikan oleh masyarakat. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari adanya efek samping yang ditimbulkan dari beragam makanan seperti terjadinya kontaminasi, penyalahgunaan bahan makanan, dan keracunan makanan (Kemenkes, 2016). Sebagai salah satu jenis pelayanan umum yang mengolah dan menyediakan, maka penjual makanan memiliki potensi yang

cukup besar untuk menimbulkan gangguan kesehatan atau penyakit bawaan makanan yang dihasilkannya. Dengan demikian kualitas makanan yang dihasilkan, disajikan dan dijual oleh penjual makanan harus memenuhi syarat kesehatan seperti faktor lokasi dan bangunan, fasilitas sanitasi, peralatan, pengolahan makanan yang baik dan penjamah makanannya sendiri (Yunus dkk, 2015).

Tingginya angka kejadian keracunan makanan atau penyakit bawaan makanan sepatutnya menjadi perhatian banyak pihak karena merupakan masalah yang multikausa. Pengetahuan, sikap dan praktik penjamah, peralatan masak, fasilitas sanitasi dan kelayakannya menjadi hal-hal pokok yang perlu untuk terus dikaji dan diawasi. Di Indonesia penelitian terkait kelayakan fasilitas sanitasi rumah makan dilakukan oleh Hanafiah dan Desvita di Kota Banda Aceh. Penelitian tersebut mengambil total sampling 89 rumah makan. Hasilnya hanya 51,62% fasilitas sanitasi rumah makan yang memenuhi persyaratan secara umum. Lebih rinci lagi ditemukan bahwa 39,48% fasilitas pembuangan air limbah tidak standar, 74,19% fasilitas toilet tidak standar, fasilitas pencuci tangan 81,31% tidak standar, dan lebih mengkhawatirkan lagi fasilitas penyimpanan makanan yang melindungi dari serangga dan tikus sebanyak 75,97% tidak memenuhi persyaratan (Hanafiah dan Desvita, 2007).

Pencegahan dari serangga dan tikus belum diterapkan maksimal pada seluruh rumah makan dan restoran. Pemasangan kawat kasa dan terali tikus hanya dilakukan pada 3 (25%) rumah makan dan restoran. Penampungan air yang memiliki tutup dan bebas jentik nyamuk dipenuhi oleh 7 (58,3%) rumah makan dan restoran. Melakukan pengendalian hama secara fisik lebih dianjurkan dibandingkan pencegahan secara kimiawi dengan penggunaan pestisida yang dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronis, terjadinya pencemaran lingkungan dan menyebabkan hama menjadi resisten (Yuliani dkk, 2011).

c. *Pest Control* pada Bandara atau Sarana Transportasi

Beberapa penyakit yang dapat menimbulkan potensi *Public Health of Emergency International Concern* (PHEIC) disebabkan oleh vektor seperti penyakit Yellow Fever disebabkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*, penyakit pes disebabkan oleh tikus pembawa pinjal dan lain-lain. Dalam laporan Tahunan Kantor Kesehatan Pelabuhan (KKP) Kelas I Soekarno-Hatta pada tahun 2011 dan laporan bulan pada tahun 2012 terlihat bahwa angka *House Index* (HI) dan *Container Index* (CI) di bandara tidak nol (Budiarty, 2012).

Pada laporan KKP Kelas I Soekarno-Hatta Tahun 2011 juga diketahui bahwa terdapat keberadaan tikus yang mengganggu. Pada website tanggal 19 Pebruari 2011 juga ditulis mengenai temuan tikus di Terminal I B pada salah satu wastafel di restoran Bandara Soekarno-Hatta. Kejadian ini tentu sangat meresahkan selain gangguan estetika juga dikuatirkan akan menimbulkan penyakit yang akan menimbulkan PHEIC. Temuan tikus juga menghebohkan saat beberapa kali tikus ditemukan di dalam pesawat. Banyak pihak yang tidak mau bertanggung jawab, maskapai penerbangan tidak mau disalahkan, begitu juga mobil pengantar makanan ke pesawat tidak mau disalahkan atas keberadaan tikus dalam pesawat tersebut (Budiarty, 2012).

Keberadaan kecoa juga dirasakan oleh pengunjung maupun dapat terlihat pada laporan KKP Kelas I Soekarno-Hatta Tahun 2011. Kecoa banyak ditemukan pada restoran maupun gudang-gudang yang berada di Bandara Soekarno-Hatta. Banyak dari pengelola restoran yang telah menggunakan jasa pest control untuk meminimalkan atau memusnahkan tikus dan kecoa di lingkungan mereka. Namun juga tidak sedikit yang tidak peduli dengan keberadaan vektor dan serangga tersebut (Budiarty, 2012).

Selain itu, pada Kereta Api Ekonomi Pasundan penyediaan airnya terdapat beberapa gerbong yang tidak mencukupi sampai tujuan. Penyediaan air bersih sangat mempengaruhi kondisi toilet, khususnya mempengaruhi bau yang dapat ditimbulkan akibat tidak tercukupinya penyediaan air bersih. Bau yang disebabkan akibat toilet yang penyediaan airnya kurang dapat mempengaruhi kualitas kesehatan penumpang. Kurangnya suplai air bersih, dapat meningkatkan angka penderita penyakit, khususnya penyakit yang berhubungan dengan air (*waterborne diseases*), tidakhanya kolera, disentry dan thypus, tetapi juga *trachoma*, beberapa penyakit kulit dan beberapa penyakit yang disebabkan oleh cacing parasite (Deviyanti, 2015).

Pengendalian vektor di Kereta Api Ekonomi Pasundan jurusan Surabaya- Bandung sudah memenuhi syarat yaitu mendapatkan skor 100%, ini dikarenakan adanya pengendalian vektor yang dilakukan setiap 6 bulan sekali sehingga tidak ditemukannya tanda-tanda tempat perindukan vektor, dan tidak ditemukan vektor selama perjalanan. PT. Kereta Api Indonesia telah bekerja sama oleh pihak ke tiga dalam menangani pengendalian vektor. Pengendalian vektor di Kereta Api Ekonomi Pasundan dilakukan dengan cara fumigasi 1 kali dalam periode 3 bulan, *Rodent Control* 2 kali dalam 1 bulan, dan *Pest Control* 1 kali dalam

seminggu. Metode pengendalian vektor di Kereta Api Ekonomi Pasundan lebih mengarah kepada pengendalian kimia. Pengendalian kimia merupakan pengendalian yang menggunakan zat-zat kimia golongan insektisida (Chandra, 2007). Pengendalian vektor yang rutin dapat mengurangi penyebaran penyakit yang ditimbulkan oleh vektor (Deviyanti, 2015).

d. *Pest Control* di Perumahan

Penanggulangan masalah hama selama ini berkembang selaras dengan perkembangan peradaban manusia terkait dengan penguasaan teknologinya. Selanjutnya berkembang berbagai senyawa-senyawa kimia yang amat efektif melawan hama yang disebut pestisida. Dengan penemuan pestisida, dunia kesehatan terhindar dari malapetaka wabah penyakit yang ditularkan oleh hama, misalnya penyakit malaria. Di dunia pertanian populasi hama dan penyakit tanaman juga mampu dikendalikan dengan pestisida, sehingga kehilangan panen akibat serangan hama dan penyakit dapat diminimalkan (Yuliani dkk, 2011).

Di Indonesia pemakaian pestisida rumah tangga mulai meningkat setelah tahun 1970-an. Sejak itu pestisida menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan rumah tangga masyarakat kota dan sebagian masyarakat desa. Ibu rumah tangga yang tinggal di kota-kota dan perempuan petani di desa merupakan kelompok rentan terhadap efek samping dari pencemaran lingkungan akibat penggunaan zat-zat berbahaya pada produk rumah tangga dan pertanian. Perempuan dan lingkungan sangat erat kaitannya, sebab perempuan dalam menjalankan fungsinya sehari-hari sebagai pengelola rumah tangga selalu berhubungan dengan produk yang umumnya tidak berwawasan lingkungan. Perempuan setiap hari akan menggunakan produk yang belum tentu bebas dari bahan-bahan pestisida sehingga mengakibatkan kontaminasi langsung dengan bahan berbahaya tersebut. Di lingkungan rumah tangga pemakaian racun nyamuk mengakibatkan perempuan berpotensi tercemar zat beracun yang dalam jangka panjang berdampak buruk pada kesehatan yang sangat berkaitan dengan reproduksinya seperti gangguan hormon, infertilitas, gangguan syaraf dan melemahnya sistem imunisasi tubuh (Yuliani dkk, 2011).

Contoh hama yang seringkali meresahkan warga di daerah perumahan yaitu hama tungau. Biasanya hama ini bersarang di bantal maupun kasur. Hingga saat ini teknik pengendalian hama tungau yang efektif belum ditemukan. Penggunaan varietas tahan belum secara maksimal mampu mengurangi serangan hama ini, terutama jika populasi tungau

sedang tinggi. Untuk mengendalikan hama tungau tidak cukup dengan varietas tahan saja, namun dibutuhkan teknik pengendalian lain khususnya non-kimiawi, sehingga pengendalian dapat dilakukan secara terpadu untuk meningkatkan efektivitas pengendalian (Deciyanto dan Indrayani, 2009). Untuk pengendalian hama di tempat-tempat seperti kamar tidur yang dibutuhkan ialah kebersihan. Rajin dalam membersihkan tempat tidur dan sering menjemur bantal guling di bawah sinar matahari cukup membantu untuk mengendalikan hama tungau.

## BAB 11

### *Integrated Pest Management (IPM)*

#### **A. Pengertian *Integrated Pest Management (IPM)***

*Integrated Pest Management (IPM)* atau Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yaitu memberi ruang dan hak kehidupan bagi semua komponen biota ekologi tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan pada tanaman yang dibudidayakan. Sasaran pengendalian hama terpadu adalah mengurangi penggunaan pestisida kimia dengan memadukan berbagai komponen teknik pengendalian hayati dan aplikasi kimiawi jika teknik pengendalian lain tidak mampu menekan populasi hama. Pada tahun 1986 Pemerintah mengeluarkan Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 1986 yang menjadi tonggak sejarah PHT di Indonesia, yaitu tentang larangan penggunaan 57 formulasi pestisida kimia untuk tanaman padi. Perkembangan selanjutnya adalah UU No 12 Tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman yang menyatakan bahwa perlindungan tanaman dilaksanakan dengan sistem PHT (Indiati Sri wahyuni, 2017).

Indonesia pada 10 tahun terakhir dikenal sebagai negara berkembang yang berhasil mengembangkan dan menerakan konsep IPM (*Integrated Pest Management*) atau Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Dari tahun 1989-1999 atas dukungan pembiayaan dari Bank Dunia Indonesia menyelenggarakan proyek Nasional pelatihan petani PHT. Sampai tahun 1999 lebih dari satu juta petani padi dan hortikultura telah mengikuti pelatihan PHT selama satu musim tanam di forum SLPHT (Sekolah Lapangan Pengendalian Hama Terpadu). Sistem dan metode pelatihan petani PHT melalui SLPHT yang pertama kali dikembangkan di Indonesia, saat ini sudah diadopsi oleh banyak negara berkembang di Benua Asia dan Afrika. Semua kebijakan dan program yang terkait dengan PHT tersebut semakin meningkatkan citra kepemimpinan Indonesia dalam penerapan konsep PHT di tingkat Internasional (Untung, 2004).

Penerapan pengendalian hama melalui pendekatan PHT terus berkembang hingga saat ini karena dilandasi dari kenyataan yang ada dan keberhasilan penerapan PHT untuk mengendalikan hama, dan oleh karena itu pengertian prinsip dasar penerapan PHT harus dipahami. Prinsip operasional yang digunakan dalam PHT adalah (1) budidaya tanaman sehat, (2) penyeimbangan komponen ekobiota lingkungan, (3) pelestarian musuh alami, (4) pemantauan ekosistem secara terpadu, dan (5) mewujudkan petani aktif sebagai ahli PHT (Indiati Sri wahyuni, 2017).



Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, PHT tidak lagi dipandang sebagai teknologi, tetapi telah menjadi suatu konsep dalam penyelesaian masalah lapangan. Waage tahun 1996 menggolongkan konsep PHT kedalam dua kelompok, yaitu konsep PHT teknologi dan PHT ekologi. Konsep PHT teknologi merupakan pengembangan lebih lanjut dari konsep awal yang dicetuskan oleh Stern *et al* tahun 1959, yang kemudian dikembangkan oleh para ahli melalui agenda *Earth Summit* ke-21 di Rio de Janeiro pada tahun 1992 dan FAO. Tujuan dari PHT teknologi adalah untuk membatasi penggunaan insektisida sintetis dengan memperkenalkan konsep ambang ekonomi sebagai dasar penetapan pengendalian hama. Pendekatan ini mendorong penggantian pestisida kimia dengan teknologi pengendalian alternatif, yang lebih banyak memanfaatkan bahan dan metode hayati, termasuk musuh alami, pestisida hayati, dan feromon. Dengan cara ini, dampak negatif penggunaan pestisida terhadap kesehatan dan lingkungan dapat dikurangi (Effendi, 2009).

Konsep PHT ekologi berangkat dari perkembangan dan penerapan PHT dalam sistem pertanian di tempat tertentu. Dalam hal ini, pengendalian hama didasarkan pada pengetahuan dan informasi tentang dinamika populasi hama dan musuh alami serta keseimbangan ekosistem. Berbeda dengan konsep PHT teknologi yang masih menerima teknik pengendalian hama secara kimiawi berdasarkan ambang ekonomi, konsep PHT ekologi cenderung menolak pengendalian hama dengan cara kimiawi. Dalam menyikapi dua konsep PHT ini, kita harus pandai memadukannya karena masing-masing konsep mempunyai kelebihan dan kekurangan. Hal ini disebabkan bila dua konsep tersebut diterapkan tidak dapat berlaku umum (Effendi, 2009).

Pada sistem pertanian organik, pencemaran terhadap lingkungan diusahakan seminimal mungkin atau tidak ada sama sekali. Pestisida berbahan aktif organik alamiah yaitu mikrobia atau bahan tumbuhan merupakan alternatif terbaik dalam pengendalian hama sebagai pengganti pestisida konvensional yang berbahan aktif senyawa sintetik organik. Sesuai dengan konsep PHT, maka penggunaan pestisida organik alamiah untuk pengendalian hama secara korektif di dalam ekosistem pertanian sama dengan penerapan pestisida organik sintetik. Penggunaan pestisida organik tersebut harus kompatibel dengan komponen pengendalian lain, yang berarti harus sekecil mungkin mengganggu atau merusak bekerjanya komponen lain dalam sistem pengelolaan hama dan juga komponen ekosistem lain yang berguna (Poenpanto, 2000).

## B. Penerapan konsep *IPM* pada lingkungan permukiman

*IPM* mempunyai dampak yang besar terhadap produksi pertanian manakala dalam pelaksanaannya ada kekeliruan, seperti penggunaan pestisida yang sangat oksik, residu di atas batas maksimum (BMR), dan pencemaran lingkungan yang pada akhirnya merusak kesehatan masyarakat. Alternatif kebijakan implementasi PHT untuk mencapai praktek pertanian yang baik menuju pertanian berkelanjutan (Effendi, 2009).

### a. Teknologi Pengendalian Hama Padi dengan Sistem Integrasi Palawija Pertanaman Padi (SIPALAPA)

Hama dan penyakit tanaman padi juga dapat dikendalikan berdasarkan agroekologi, antara lain dengan sistem integrasi palawija pada pertanaman padi (SIPALAPA). Sistem ini berupa pertanaman polikultur, yaitu menanam palawija dipematang pada saat ada tanaman padi. SIPALAPA dapat menekan perkembangan populasi hama wereng coklat dan wereng punggung putih. Hal ini disebabkan adanya predator *Lycosa pseu-doannulata*, laba-laba lain, *Paederus fuscipes*, *Coccinella*, *Ophionea nigro-fasciata*, dan *Cyrtorhinus lividipennis* yang mengendalikan wereng coklat dan wereng punggung putih. Demikian juga parasitasi telur wereng oleh *parasitoid Oligosita* dan *Anagrus* pada pertanaman SIPALAPA lebih tinggi daripada pertanaman padi monokultur (Effendi, 2009).

Salah satu jenis musuh alami hama utama tanaman padi adalah *parasitoid*. *Parasitoid* adalah serangga yang ukuran tubuhnya lebih kecil dibanding serangga inangnya. *Parasitoid* menyerang inang pada saat stadium larva, sedangkan setelah menjadi imago, *parasitoid* hidup bebas di alam. Pada areal pertanaman padi juga ditemukan beberapa musuh alami wereng batang coklat, antara lain *parasitoid Anagrus sp.* dan *Oligosita sp* (Kartohardjono, 2011).

### b. Mengelola Ledakan Hama dan Penyakit Padi Sawah Pada Agroekosistem yang Fragil Dengan Pengendalian Hama Terpadu Biointensif

Menghadapi permasalahan hama dan penyakit padi yang berat, Klinik Tanaman Departemen Proteksi Tanaman Faperta IPB, dengan dukungan Program I-MHERE (*Indonesian Managing Higher Education Relevance and Efficiency*) B2 C IPB, dalam lima tahun terakhir telah mengembangkan PHT Biointensif Padi, dan bersama sama petani dari

berbagai daerah di Jawa melakukan uji coba terhadap teknologi ini. PHT Biointensif merupakan suatu integrasi teknik terbaik (*best practices*) dalam pengelolaan hama dan penyakit padi didasari pada optimalisasi faktor pengendali hayati dan alami, serta pengelolaan kesehatan tanaman. PHT Biointensif padi sudah di uji pada puluhan tempat di Pulau Jawa, dan kini sudah dipakai pada skala kelompok di Bekasi, Bogor dan Tegal (Wiyono, Widodo, Triwidodo, 2015).

Komponen teknologi PHT Biointensif Padi adalah sebagai berikut:

- Mengembalikan jerami kesawah dengan tambahan sedikit pupuk kandang (2 kwintal/ha), untuk meningkatkan pakan alternatif predator, kelimpahan mikro b berguna, perbaikan sifat fisik kimia tanah dan sumber unsur hara K, Si dan unsur mikro.
- Mengatur air agar tidak tergenang terus untuk menghidupkan jaring-jaring makanan.
- Peningkatan ketahanan tanaman padi terhadap hama dan penyakit dengan perlakuan PGPR (*plant growth promoting rizobacteria*) dan cendawan endofit.
- Optimalisasi pemupukan dengan pupuk NPK berdasar rekomendasi setempat
- Tidak menggunakan pestisida (insektisida, fungisida, bakterisida, herbisida) sama sekali, karena akan melemahkan agroekosistem.

c. Parasitoid Pada Pertanaman padi dengan sistem PHT dan Konvensional

Penerapan sistem PHT belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan populasi penggerek batang padi (*Scirpophaga innotata*) di pertanaman padi desa Bayem Kabupaten Malang dan intensitas serangannya. Rerata *parasitoid* yang didapatkan lebih banyak di pertanaman padi PHT daripada secara konvensional. Rerata persen Parasitasi terhadap kelompok telur penggerek batang padi oleh *T. Schoenobii* lebih tinggi dari pada parasitasi oleh *T. rowani* dan *T. japonicum*. Pada satu kelompok telur ditemukan dua sampai tiga spesies *parasitoid* telur yang memparasit. Kelompok telur terparasit sekaligus oleh tiga spesies parasitoid mengakibatkan menurunnya persentase pada *T. Rowani* (6,50%), *T. japonicum* (4,88%) dan *T. schoenobii* (29,93%) (Ratih, Karindah and Mudjiono, 2014) .

d. Pengendalian Hama Terpadu Hama Lalat Buah *Bactrocera* spp. Pada Tanaman Jeruk di Tiga Kecamatan Kabupaten Karo

Salah satu gangguan yang mengakibatkan kehilangan hasil cukup tinggi pada tanaman jeruk adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Lebih 50 jenis penyakit dan 10 jenis hama diketahui dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman jeruk, diantaranya adalah Lalat Buah, Kutu daun, Ulat peliang daun, sedangkan penyakit utama adalah, CVPD, Diplodia dan Busuk pangkal batang. Jumlah imago Hama Lalat Buah memiliki hubungan signifikan terhadap persentase serangan sedangkan Pengendalian Hama Terpadu tidak memiliki hubungan signifikan terhadap persentase serangan tetapi memiliki hubungan terhadap produksi buah tanaman jeruk. Jumlah imago hama lalat buah tertinggi terdapat di Kecamatan Tiga Panah sebesar 71,07 hama dan terendah terdapat di Kecamatan Barus Jahe sebesar 23,76 hama (Atmyanti Marpaung, Pangestiningih and Pinem, 2014).

e. Keterkaitan PHT dengan Pertanian Organik

Pertanian organik yang menekankan pada upaya meninggalkan pupuk kimia anorganik dan pestisidakimia sintetik di lahan intensif masih merupakan tantangan, mengingat sulitnya memenuhi persyaratan sertifikasi, khususnya untuk komoditas berpotensi ekspor. Oleh karena itu, selama program swasembada pangan belum tercapai dan terlanjutkan, pilihan yang tepat untuk lahan intensif adalah usaha pertanian organik rasional. Ini berarti ,usaha tani tersebut masih membenarkan penggunaan pupuk anorganik secara seimbang dengan pupuk organik, serta membatasi penggunaan pestisida kimia berdasarkan kaidah ekonomi dan ekologi. Konsep dan strategi PHT dapat dikembangkan dalam mewujudkan pertanian organik melalui program PTT. Untuk itu, diperlukan kebijakan pemerintah tentang; a) penggunaan masukan bahan kimia, terutama pupuk dan pestisida yang rasional; b) sertifikasi, akreditasi,dan labelisasi sebagai kendali mutu produk yang menggunakan masukan organik; c) subsidi untuk pupuk organik dan pestisida hayati/nabati; dan d) upaya memperluas pelatihan Internal *Control System*(ICS) dalam program sertifikasi organik Indonesia bagi kelompok tani (Arifin, 2015).

f. Antisipasi Ledakan Wereng Cokelat (*Nilaparvata lugens*) dengan Penerapan Teknik Pengendalian Hama Terpadu Biointensif

Teknologi pengendalian hama penyakit, khususnya wereng cokelat, sudah banyak dipublikasikan. Hal yang paling penting adalah teknologi tersebut diterapkan dengan benar oleh petani. Pada saat ini, dimana kualitas produk pertanian sangat diperhatikan, PHT biointensif relevan diterapkan karena ramah lingkungan. Dalam hal ini, praktik budi daya tanaman padi memperhitungkan keseimbangan ekosistem dan mengurangi bahkan meniadakan penggunaan insektisida. Pengendalian wereng cokelat tidak dapat diselesaikan hanya dengan menggunakan teknologi tanpa peran aktif petani sebagai penggerak utama teknologi dan juga dukungan pemerintah melalui kebijakan (Baehaki2011b, Flor *et al.* 2016).

Tanam serempak tidak terbatas secara administratif, sehingga perlu koordinasi antar pemerintah daerah dan instansi terkait (misalnya pengairan) dalam pelaksanaannya. Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL), POPT, KCD/UPTD berperan penting sebagai ujung tombak penggerak penerapan teknologi pengendalian wereng cokelat. Dukungan pemerintah daerah, mulai dari kepala desa sampai kepala daerah, diperlukan untuk mendorong dan memfasilitasi penerapan teknologi. Pelatihan-pelatihan agar digalakkan. Petani dan kelompok tani maupun petugas yang dahulu pernah mengikuti pelatihan sudah berusia lanjut, sehingga pelatihan diperuntukkan bagi yang muda sebagai pelaksana agar dapat menerapkan teknologi di lahannya masing-masing dengan baik dan benar (Iswanto, Nuryanto and Baliadi, 2016).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Birley, martin H, 1991. Guidelines for Forecasting the Vector Borne Disease Implications. 2<sup>nd</sup> ed. Geneva WHO PEEM Secr.
2. Darsie, R. F., Jr., and R. A. Ward. 1981. Identification and Geographical Distribution of Mosquitoes of North America, north of Mexico. Fresno, CA: American Mosquito Control Association.
3. Departemen Kesehatan 1987. Pedoman Pelaksanaan Program Pemberantasan DBD. DitJen P3M, Depkes RI. Jakarta.
4. Headlee, T. J. 1945. The Mosquitoes of New Jersey and Their Control. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
5. Herms, Williama B dan James. T. Maurice 1961. M3edical Entomology. New York: The Macmillan Co.
6. Mattingly, P. F. 1969. The Biology of Mosquito-Borne Disease. New York: American Elsevier.
7. WHO, FAO, UNEP PEEM, 1988. for Vector Kontrol. Vector-Borne Disease Control in Humans Through RiceAgroecosystem management. Philippines: IRRI.
8. <https://www.mvcac.org/vectors-and-public-health/integrated-vector-management/> Pengendalian vektor terpadu di lahan basah
9. Knight, R. L., Walton, W. E., O'Meara, G. F., Reisen, W. K., & Wass, R. (2003). Strategies for effective mosquito control in constructed treatment wetlands. *Ecological Engineering*, 21(4-5), 211-232.
10. Russell, R. C. (1999). Constructed wetlands and mosquitoes: health hazards and management options—an Australian perspective. *Ecological Engineering*, 12(1-2), 107-124.
11. Kurucz, N., Whelan, P. I., Carter, J. M., & Jacups, S. P. (2009). A geospatial evaluation of *Aedes vigilax* larval control efforts across a coastal wetland, Northern Territory, Australia. *Journal of Vector Ecology*, 34(2), 317-323.
12. Hershey, A. E., Lima, A. R., Niemi, G. J., & Regal, R. R. (1998). Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* (BTI) and methoprene on nontarget macroinvertebrates in Minnesota wetlands. *Ecological Applications*, 8(1), 41-60.

13. Bagheri, M., Terenius, O., Oshaghi, M. A., Motazakker, M., Asgari, S., Dabiri, F., ... & Chavshin, A. R. (2015). West Nile virus in mosquitoes of Iranian wetlands. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 15(12), 750-754.
14. Nasirian, H., & Salehzadeh, A. (2019). Effect of seasonality on the population density of wetland aquatic insects: A case study of the Hawr Al Azim and Shadegan wetlands, Iran, *Veterinary World*, 12 (4): 584-592. Abstract.
15. Cavalcanti, Luciano Pamplona de Góes, Pontes et al. (2007). Efficacy of fish as predators of *Aedes aegypti* larvae, under laboratory conditions. *Revista de Saúde Pública*, 41(4), 638-644. Epub June 05, 2007.
16. Walton, W. E., Workman, P. D., Randall, L. A., Jiannino, J. A., & Offill, Y. A. (1998). Effectiveness of control measures against mosquitoes at a constructed wetland in southern California. *Journal of vector ecology*, 23, 149-160.
17. Rey JR, Walton WE, Wolfe RJ, et al. North American wetlands and mosquito control. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;9(12):4537–4605. Published 2012 Dec 10. doi:10.3390/ijerph9124537
18. Australian Government. Wetlands Australia National Wetlands Update 2012. Issue No. 20, February 2012 ISSN 1446-4843.
19. <https://www.environment.gov.au/water/wetlands/publications/wetlands-australia/national-wetlands-update-february-2012-27>
20. NSW Arbovirus Surveillance & Vector Monitoring Program. Freshwater Wetlands (Natural & Constructed) Mosquito production & management <http://medent.usyd.edu.au/arbovirus/mosquit/freshwet.htm>
21. Rey, J., Walton, W., Wolfe, R., Connelly, C., O'Connell, S., Berg, J., ... & Laderman, A. (2012). North American wetlands and mosquito control. *International journal of environmental research and public health*, 9(12), 4537-4605.
22. Guidi, V., Patocchi, N., Lüthy, P., & Tonolla, M. (2011). Distribution of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in soil of a Swiss wetland reserve after 22 years of mosquito control. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77(11), 3663-3668.
23. David Green (2014) Pests in the city – flies, bedbugs, cockroaches and rats, *International Journal of Environmental Studies*, 71:4, 578-579, DOI: 10.1080/00207233.2014.888207

24. Pant, C. (1987). Vector-borne diseases of man and their socio-economic impact. *International Journal of Tropical Insect Science*, 8(4-5-6), 655-664. doi:10.1017/S174275840002275X
25. WHO. 1997. Vector control : Methods for use by individuals and communities. [http://whqlibdoc.who.int/publications/1997/9241544945\\_intro.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/1997/9241544945_intro.pdf)
26. WHO. 2016. International Health Regulations: Vector Surveillance and Control at Ports, Airports, and Ground Crossings  
[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204660/9789241549592\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204660/9789241549592_eng.pdf)
27. Dingha, B., Jackai, L., Monteverdi, R. H., & Ibrahim, J. (2013). Pest control practices for the German cockroach (Blattodea: Blattellidae): a survey of rural residents in North Carolina. *Florida Entomologist*, 96(3), 1009-1016.
28. Chapman, R.F. 1998. *The Insect: Structure and Function*. Cambridge University Press
29. Wirawan Indrosancoyo Adi. 2006. *Insektisida Pemukiman*. Dalam Sigit HS, Hadi UK. *Hama Pemukiman Indonesia: Pengenalan, Biologi, dan Pengendalian*. Unit Kajian Pengendalian Hama Pemukiman Fakultas Kedokteran Hewan IPB Bogor (ID). hlm 315-356.
30. Schleir Jerome J III, and Peterson Robert K D. 2011. *Pyrethrins and Pyrethroid Insecticides*. Dalam Oscar Lopez and Jose G. Fernfmdez-Bolafios. *Green Trends in Insect Control*. Royal Society of Chemistry. United Kingdom (UK). Hlm. 95-131.
31. [WHO] World Health Organization. *Pesticides and Their Application For The Control vectors and Pest of public Health Importance*. Sixth Edition. Departemen of Control of Neclated Tropical Disease , WHO Pesticide evaluation schemes (WHOPES), WHO, Geneva.
32. [WHO] World Health Organization. *Pesticides : Training For The Health Sector*. Departemen of Control of Neclated Tropical Disease , WHO Pesticide evaluation schemes (WHOPES), WHO, Geneva.
33. [IRAC] Insecticide Resistance Action Committee. 2015. *Insecticide Resistance: Causes and Action*. Fostering the development and adoption of Integrated Pest Management in the South. Terdapat pada : [www.sripmc.org/IRACMOA/IRMFactSheet.pdf](http://www.sripmc.org/IRACMOA/IRMFactSheet.pdf)



34. [IRAC] Insecticide Resistance Action Committee. 2015. *Mode of Action (MoA)*. Fostering the development and adoption of Integrated Pest Management in the South. Terdapat pada : <http://www.sripmc.org/IRACMOA/MOAVersion5.1.pdf>
35. Becnel, James John et al. "Review of microsporidia-mosquito relationships: from the simple to the complex." *Folia parasitologica* 52 1-2 (2005): 41-50 .
36. Bravo, A., Likitvivanavong, S., Gill, S. S., & Soberón, M. (2011). *Bacillus thuringiensis*: a story of a successful bioinsecticide. *Insect biochemistry and molecular biology*, 41(7), 423-431.
37. Kartohardjono, A. (2011). Penggunaan musuh alami sebagai komponen pengendalian hama padi berbasis ekologi. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 4(1), 29-46.
38. Jennifer Hsaio. *GMOs and Pesticides: Helpful or Harmful? Biological and Biomedical Sciences Program at Harvard University*. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/gmos-and-pesticides/>
39. Barbinta-Patrascu, M. E., Badea, N., Ungureanu, C., Iordache, S. M., Constantin, M., Purcar, V., ... & Pirvu, C. (2017). Ecobiophysical Aspects on Nanosilver Biogenerated from Citrus reticulata Peels, as Potential Biopesticide for Controlling Pathogens and Wetland Plants in Aquatic Media. *Journal of Nanomaterials*, 2017.
40. Guidi, V., Patocchi, N., Lüthy, P., & Tonolla, M. (2011). Distribution of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in soil of a Swiss wetland reserve after 22 years of mosquito control. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77(11), 3663-3666
41. Djojsumarto P. 2008. *Pestisida dan Aplikasinya*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
42. Zulkarnain. 2010. *Dasar-dasar Hortikultural: Pertanian Organik*. Jakarta: Bumi Aksara.
43. Kardinan, A. 2000. *Pestisida nabati, Ramuan dan Aplikasi*. Jakarta: Penebar Swadaya
44. R. Mayhew, Catherine & Raman, Dave & Centre, Sheraton. (2019). Mosquito Control and Pollutant Removal in Constructed Wetlands: Subsurface Flow Cells vs. Periodically Dry Surface Flow Cells.
45. S. Upton, Murray & Mantle, Beth. (2010). *Methods for Collecting, Preserving and Studying Insects and Other Terrestrial Arthropods*. Miscellaneous Publication No 3. Fifth Edition. Canberra, Australian Entomological Society.

46. Hadi, U. K., Soviana, S., Rohmah, I. L., & Khairi, F. (2018). EQ-4 Potential Vector in Equistrian Diseases Free Zone, Jakarta International Equistrian Park Pulomas Indonesia. *Hemera Zoa*.
47. Kemenkes RI. (2017). Permenkes Nomor 50 Tahun 2017 Tentang **Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor Dan Binatang Pembawa Penyakit Serta Pengendaliannya**.
48. Dadang. (2006). Pengenalan Pestisida Dan Teknik Aplikasi. Workshop Hama dan Penyakit Tanaman Jarak (*Jatropha curcas* Unn.): Potens; Kerusakan dan Teknik Pengendaliannya. Bogar, 5-6 Desember 2006. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB.
49. Kementrian Kesehatan RI. 2012. Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) Dalam Pengendalian Vektor. Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan. Jakarta
50. Aini N, Ramadiani, dan Hatta HR. 2017. Sistem pakar pendiagnosa penyakit tuberculosis. *Jurnal Informatika Mulawarman* 12(1): 56-63.
51. Aisyah NI. 2020. Gambaran keberadaan vektor penyakit dan binatang pengganggu di rumah sakit Universitas Sebelas Maret. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
52. Annisa UA, dkk. 2020. Keberadaan salmonella Sp. pada susu olahan asal kedai susu di sekitar permukiman mahasiswa Institut Pertanian Bogor. *JURNAL KAJIAN VETERINER*, 8(1), 34-42.
53. Arifin R. 2020. Maksimalisasi hasil panen kopi melalui pemangkasan cabang pasca panen dan pengendalian hama secara alami untuk meningkatkan produksi kopi. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat* 1(1): 23-28.
54. Budiarty TI. 2012. Gambaran manajemen pengendalian vektor di Bandara Soekarno Hatta tahun 2012. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
55. Chandra, B. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta; EGC.
56. Deciyanto S dan Indrayani IGAA. 2009. Jamur entomopatogen *beauveria bassiana*: potensi dan prospeknya dalam pengendalian hama tungau. *Perspektif* 8(2): 65-73.
57. Depkes RI. 2011. *Modul Pengendalian Demam Berdarah Dengue*. Diakses 21 Pebruari 2015. <http://pppl.depkes.go.id/.pdf>.

58. Deviyanti E. 2015. Sanitasi kereta api ekonomi Pasundan dan keluhan kesehatan penumpang. *Jurnal Ilmiah Indonesia Online 1(1)*: 13-24.
59. Fajrini F, Ernyasih, dan Putri LA. 2020. Pemantauan pengendalian vektor pada santri sebagai upaya penggerak perilaku hidup bersih dan sehat di Ponpes Sabilunnajat. *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Kesehatan Masyarakat 1(1)*: 41-44.
60. Guli MM. 2016. Patogenesis penyakit kolera pada manusia. *Jurnal Biocelebes 10(2)*: 18-2.
61. Hanafiah, Y, Desvita. Tinjauan Fasilitas Sanitasi Rumah Makan di Kota Banda Aceh. Banda Aceh: *Jurnal Kesehatan Masyarakat Aceh*; 2007
62. Harsono S, dkk. 2020. Penyuluhan pemeliharaan ikan cupang sebagai upaya pencegahan penyakit demam berdarah (dbd) pada ibu-ibu pkk perumahan permata jombor sukoharjo. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat 3(4)*: 222-227.
63. Indriyani DP, Tyasningsih W, Praja RN. 2019. Isolasi dan identifikasi salmonella pada daging sapi di Rumah Potong Hewan Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner, 2(2)*, 83-88.
64. Jaelani A 2013. Peran Salmonella enteritidis dalam keamanan pangan. *Medic Veteriner, Jakarta*.
65. Kemenkes RI. Buletin Infarkes. Jakarta: Direktorat Jenderal Kefarmasian dan Alat Kesehatan Kemenkes RI. 2016
66. Kurnia, Tarigan P, dan Siregar SR. 2018. Sistem pakar mendiagnosa penyakit disentri menerapkan metode *hybrid case based*. *Majalah Ilmiah INTI 5(3)*: 222-226.
67. Laksamana ASP. 2020. Sistem pakar mendiagnosa penyakit kolera menerapkan metode *hybrid case based*. *Health and Contemporary Technology Journal 1(1)*: 13-19.
68. Murdana IM. 2012. Teknik kerja *pest control* di Senggigi *Beach Hotel*. *Media Bina Ilmiah 6(6)*: 55-62.
69. Muslimah A. 2016. Wabah kolera di Jawa Timur tahun 1918-1927. *AVATARA, e-Journal Pendidikan Sejarah 4(3)*: 892-901.
70. Mutmainah S, Prasetyo E, dan Sugiarti L. 2014. Daya predasi ikan cupang (*beta splendens*) dan ikan guppy (*poecilia reticulate*) terhadap larva instar iii nyamuk *aedes aegypti* sebagai upaya pengendalian vektor penyakit demam berdarah dengue (dbd). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa 4(2)*: 98-106.
71. Pradipta MSI. 2020. Infection of salmonella sp. in gastrointestinal tract of Magelang duck reared intensively and semi-intensively. *Bulletin of Applied Animal Research, 2(1)*, 17-20.

72. Putra KP, Hasmiwati, dan Amir A. 2017. Status kerentanan aedes aegypti vektor demam berdarah dengue di kota Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas* 6(1): 20-25.
73. Ramadhanisa A. 2014. *Conjunctivitis bacterial treatment in kota karang Village*. *Jurnal Medula Unila* 3(2): 1-7.
74. Saputri MPN, Isnanto RR, dan Windasari IP. 2017. Aplikasi sistem pakar pendeteksi gastroenteritis berbasis android. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer* 5(3): 110-114.
75. Sari M dan Novela V. 2020. Pengendalian biologi dengan daya predasi berbagai jenis ikan terhadap larva aedes aegypti di wilayah kerja puskesmas Tigo Baleh. *Jurnal Sehat Mandiri* 15(1): 79-85.
76. Seockmo K, et al. 2016. *Salmonella in shell eggs: mechanism, prevention, and detection*. *Journal of Nutrition and Food Sciences*. 6: 1-7.
77. Siyam N dan Cahyati H. 2018. Penerapan *school based vector (SBVC)* untuk pencegahan dan pengendalian vektor penyakit di sekolah. *Jurnal MKMI* 14(1): 86-92.
78. Wardhana AH dan Muharsini S. 2005. Kasus myasis yang disebabkan oleh chrysomya bezziana di Pulau Jawa. *Prosiding Seminar Teknologi Peternakan dan Veteriner* 12(13): 1078-1084.
79. Widianingsih M dan Dewi EN. 2017. Identifikasi salmonella spp. pada feses sapi perah di Dusun Judeg Desa Babadan, Kediri. *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 7(3).
80. Widiastuti D, Trisnawati UF, dan Pramestuti N. 2018. Deteksi rickettsia spp. pada pinjal tikus di kota Semarang. *BALABA* 14(2): 127-134.
81. Wiseso J. 2017. Pengendalian kutu kasur di Grand Setiabudi Hotel Bandung. *Skripsi. Sekolah Tinggi Pariwisata Bandung*. Bandung.
82. Yogyana L. 2013. Hubungan karakteristik lingkungan kimia dan biologi dengan keberadaan larva aedes aegypti di wilayah endemis DBD di Kelurahan Kassi-Kassi Kecamatan Rappocini Kota Makassar tahun 2013.
83. Yuliani TS, Triwidodo H, dan Mudikjo K. 2011. Pestisida rumah tangga untuk pengendalian hama permukiman pada rumah tangga. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 1(2): 73-83.
84. Yunus S, Umbroh J, dan Pinontoan O. 2015. Hubungan personal higiene dan fasilitas sanitasi dengan kontaminasi escherichia coli pada makanan di rumah makan padang kota

- manado dan kota bitung. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi* 5(2): 210-220.
85. Zamzami M, Astuti D, dan Werdani KE. 2017. Metode ular tangga dalam meningkatkan pengetahuan dan sikap siswa tentang pencegahan penyakit pes. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas* 11(1): 55-63
  86. Arifin, M. (2015) 'Pengendalian Hama Terpadu: Pendekatan dalam Mewujudkan Pertanian Organik Rasional', *Iptek Tanaman Pangan*, 7(2).
  87. Atmyanti Marpaung, A. Y. A. M. Y., Pangestiningih, Y. and Pinem, M. (2014) 'Survei Pengendalian Hama Terpadu Hama Lalat Buah *Bactrocera* spp. Pada Tanaman Jeruk Di Tiga Kecamatan Kabupaten Karo', *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2(4). 100758.
  88. Effendi, B. S. (2009) 'Strategi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Padi Dalam Prespektif Praktek Pertanian Terbaik (*Good Agricultural Practices*)', *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 2(1). 65–78.
  89. Indiaty Sri wahyuni, dan M. (2017) 'Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada Tanaman Kedelai', *BULETIN PALAWIJA*, 15(2). 87–100.
  90. Iswanto, E. H., Nuryanto, B. and Baliadi, Y. (2016) 'Antisipasi Ledakan Wereng Cokelat (*Nilaparvata lugens*) dengan Penerapan Teknik Pengendalian Hama Terpadu Biointensif Anticipation of Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*) outbreak through Biointensive Integrated Pest Management Application', *Iptek tanaman Pangan*, 11(1). 9–18.
  91. Kartohardjono, A. (2011) 'Penggunaan Musuh alami Komponen Pengendalian Hama Padi Berbasis Ekologi', *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 4 (April 2009). 29–46.
  92. Poenpanto, M. E. (2000) *Pestisida dalam Konsep PHT Sebagai Komponen Pertanian Organik, Seminar Nasional Pertanian Organik*.
  93. Ratih, S. I., Karindah, S. and Mudjiono, G. (2014) 'Pengaruh Sistem Pengendalian Hama Terpadu Dan Konvensional Terhadap Intensitas Serangan Penggerek Batang Padi Dan Musuh Alami Pada Tanaman Padi', *Jurnal HPT*, 2(3). 18–27.
  94. Untung, K. (2004) 'Dampak Pengendalian Hama Terpadu Terhadap Pendaftaran dan penggunaan Pestisida di Indonesia', *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 1–7.
  95. Wiyono, S., Widodo, . and Triwidodo, H. (2015) 'Mengelola Ledakan Hama Dan Penyakit Padi Sawah Pada Agroekosistem Yang Fragil Dengan Pengendalian Hama Terpadu

Biointensif, *RISALAH KEBIJAKAN PERTANIAN DAN LINGKUNGAN: Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan*, 1(2). 116.

## Biodata Penulis



**Lenie Marlinae**, lahir di Manusup, 12 April 1977. Pendidikan terakhir lulusan Pasca sarjana Kesehatan Masyarakat-UNAIR lulus tahun 2002, dan sekarang menjadi pengajar tetap di Prodi S1 dan S2 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran UNLAM Kalimantan Selatan. Pengalaman penelitian pengabdian di bidang Kesling, Gizi dan AKK. Penelitian bidang kesling terkait pengolahan air bersih di lahan basah, penelitian di bidang Gizi terkait stunting, BBLR dan pembuatan program 1000 Hari Pertama Kehidupan dalam upaya menanggulangi masalah stunting. Penelitian AKK terkait program manajemen rumah tinggal untuk penderita TB dan penderita stunting. Sekarang penulis menjabat sebagai dosen pengajar di program studi S1 Kesehatan Masyarakat dan program studi S2

IKM Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat. Selain itu penulis juga menjabat sebagai lektor kepala pada Fakultas Kedokteran di Universitas Lambung Mangkurat. Penulis juga aktif melakukan penelitian di bidang Kesmas melalui hibah penelitian DIKTI, Litbangkes dan aktif dalam kegiatan RISKESDAS. Penulis juga aktif menghasilkan karya publikasi ilmiah di berbagai jurnal internasional dan nasional. Penulis merupakan anggota aktif dari organisasi profesi AIPTKMI Pusat dan IAKMI KalSel, PERMI, Perhimpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia.



**Laily Khairiyati**, lahir di Banjarmasin, 25 Maret 1984. Pendidikan terakhir lulusan Pasca sarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat-UGM lulus tahun 2012, dan sekarang menjadi pengajar tetap di Prodi S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran ULM Kalimantan Selatan. Saat ini, selain sebagai staf pengajar di Program Studi Kesehatan Masyarakat (PSKM) FK ULM dibawah departemen Kesehatan Lingkungan, juga dipercaya sebagai Sekertari program Studi. Pengalaman penelitian pengabdian di bidang Kesling, Gizi dan AKK. Penelitian bidang kesling terkait pengolahan air bersih di lahan basah, penelitian di bidang Gizi terkait stunting, BBLR dan pembuatan program 1000 Hari Pertama Kehidupan dalam upaya menanggulangi masalah stunting..



**Agung Waskito**, Lahir di Rantau 12 Agustus 1990. Pada tahun 2008, memulai pendidikan Sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat (ULM) dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST) pada tahun 2013. Pada tahun 2014 melanjutkan pendidikan pada Program Studi Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung dan mendapatkan gelar Magister Teknik (MT) pada tahun 2017. Saat ini, selain sebagai staf pengajar di Program Studi Kesehatan Masyarakat (PSKM) FK ULM dibawah departemen Kesehatan Lingkungan, juga dipercaya sebagai Sekertaris Unit Pelaksana Konseling dan Bimbingan Karir, anggota Unit Pelaksana Kemahasiswaan dan Kerjasama, anggota Unit Pelaksana Teknologi Informasi dan Komunikasi serta menjadi anggota Unit Pelaksana Jurnal Kesehatan

Masyarakat Indonesia (JPKMI) di Program Studi Kesehatan Masyarakat (PSKM) FK ULM. Selain itu, Ia aktif sebagai tim penyusun produk bahan ajar/modul kegiatan, kegiatan-kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat, tim penulis jurnal nasional, penulisan makalah dan poster, hhususnya yang terkait dengan kesehatan Lingkungan.

## Biodata Penulis



**Anugrah Nur Rahmat**, Lahir di Banjarmasin 8 November 1994. Penulis menyelesaikan pendidikan Diploma 3 (D3) di Program Studi Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Banjarmasin dan mendapatkan gelar Ahli Madya Kesehatan Lingkungan (AMKL) tahun 2014, S1 di Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat dan mendapatkan gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat (SKM) tahun 2019, dan Melanjutkan S2 di Program Studi Magister Ilmu kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat. Saat ini, selain sebagai staf pengajar di Program Studi Kesehatan Masyarakat (PSKM) FK ULM dibawah departemen Kesehatan Lingkungan, Penulis di percaya sebagai Analis

Laboratorium Terpadu Kesehatan Masyarakat, Sekretaris Unit ICT di Program Studi Kesehatan Masyarakat, Anggota Unit Pelaksana Jurnal Publikasi Kesehatan Masyarakat Indonesia (JPKMI), Anggota Unit Pelaksana Konseling dan Bimbingan Karir Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat, Penulis juga aktif di organisasi Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI), serta Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia (HAKLI). Penulis Aktif sebagai tim penyusun produk bahan ajar/modul kegiatan, kegiatan-kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat, tim penulis jurnal nasional dan Internasional, penulis makalah dan poster, khususnya yang terkait dengan Kesehatan Lingkungan.



**M Rasyid Ridha**, Lahir di Barabai 7 April 1984. Penulis menyelesaikan Pendidikan Diploma 3 (D3) di Program Studi Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Banjarmasin, S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Lambung Mangkurat, S2 Parasitologi dan Entamologi Sekolah Pascasarjana IPB, Saat ini, selain sebagai Staf di Balai Litbangkes Tanah Bumbu, Penulis Aktif sebagai tim penyusun produk bahan ajar/modul kegiatan, kegiatan-kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat, tim penulis jurnal nasional dan Internasional, penulis makalah dan poster, khususnya yang terkait dengan Parasitologi dan Entamologi.



**Dicky Andiarsa**, Lahir di Surabaya 5 April 1979. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di Universitas Airlangga (2004), S2 di Universitas Airlangga (2011), Saat ini, selain sebagai Staf di Balai Litbangkes Tanah Bumbu, Penulis Aktif sebagai tim penyusun produk bahan ajar/modul kegiatan, kegiatan-kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat, tim penulis jurnal nasional dan Internasional, penulis makalah dan poster, khususnya yang terkait dengan Epidemiologi dan Biostatistik