

**TOKSISITAS EKSTRAK TANAMAN  
SEBAGAI BAHAN DASAR BIOPESTISIDA BARU  
PEMBASMI LARVA NYAMUK *Aedes aegypti*  
(EKSTRAK DAUN SIRIH, EKSTRAK BIJI PEPAYA,  
DAN EKSTRAK BIJI SRIKAYA)  
BERDASARKAN HASIL PENELITIAN**

**Dr. Hj. Dwi Wahyuni, M.Kes.**



**TOKSISITAS EKSTRAK TANAMAN  
SEBAGAI BAHAN DASAR BIOPESTIDSIDA BARU  
PEMBASMI LARVA NYAMUK *Aedes aegypti*  
(EKSTRAK DAUN SIRIH, EKSTRAK BIJI PEPAYA, DAN  
EKSTRAK BIJI SRIKAYA) BERDASARKAN HASIL  
PENELITIAN**

Penulis :

**Dr. Hj. Dwi Wahyuni, M.Kes.**

Desain Cover & Penata Isi

**Tim MNC Publishing**

Cetakan I, September 2016

**Diterbitkan oleh:**



**Media Nusa Creative**

Anggota IKAPI (162/JTI/2015)

Bukit Cemara Tidar H5 No. 34 - Malang

Telp. : 0341 - 563 149 / 08223 2121 888

Email : [mnc.publishing.malang@gmail.com](mailto:mnc.publishing.malang@gmail.com)

Website : [www.mncpublishing.com](http://www.mncpublishing.com)

**ISBN : 978-602-6397-04-1**

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ke dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit. Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta, Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 72, Ayat (1), (2), dan (6)

# KATA PENGANTAR

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus yang dibawa oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengendalikan siklus hidup nyamuk ini. Salah satu yang dilakukan adalah mencari alternatif dari alam yang dapat digunakan sebagai biopestisida.

Beberapa tumbuhan yang dapat digunakan sebagai biopestisida diantaranya daun sirih (*Piper betle* L.), biji pepaya (*Carica papaya* L.), serta biji srikaya (*Annona squamosa* L.). Hasil penelitian ini disusun dalam bentuk buku referensi.

Buku referensi ini berisikan tentang latar belakang, biologi tanaman sirih, tanaman papaya, serta tanaman srikaya, metode, data, analisis data, pembahasan, dan kesimpulan, yang diperoleh melalui penelitian tentang toksisitas dari masing-masing tanaman terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti*.

Besar harapan saya dengan terbitnya buku referensi ini banyak mahasiswa atau pembaca yang tertantang untuk menjadi pakar spesialisasi yang mengungkap tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida.

Agustus, 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Halaman Judul</b> .....   | i       |
| <b>Kata Pengantar</b> .....  | iii     |
| <b>Daftar Isi</b> .....  | iv      |
| <b>Daftar Gambar</b> .....   | vi      |
| <b>Bagian 1. Pendahuluan</b> .....   | 1       |
| <b>Bagian 2. Biologi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L.</b> .....              | 4       |
| 2.1 Klasifikasi <i>Aedes aegypti</i> L.....                                | 4       |
| 2.2 Biologi Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L.....                             | 4       |
| 2.3 Siklus Hidup Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L.....                        | 11      |
| <b>Bagian 3. Biologi Tanaman Daun sirih (<i>Piper betle</i> L.)</b> .....  | 13      |
| 3.1 Klasifikasi Tanaman Sirih Hijau ( <i>Piper betle</i> L.) .....         | 13      |
| 3.2 Deskripsi Tanaman Sirih Hijau ( <i>Piper betle</i> L.).....            | 14      |
| 3.3 Ekologi .....  | 15      |
| 3.4 Nilai Medis .....  | 15      |
| 3.5 Kandungan Kimia Sirih Hijau ( <i>Piper betle</i> L.).....              | 16      |
| 3.6 Anatomi Daun Sirih .....   | 16      |
| <b>Bagian 4. Biologi Tanaman Pepaya (<i>Carica papaya</i> L.)</b> .....    | 18      |
| 4.1 Klasifikasi Tanaman Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.).....             | 18      |
| 4.2 Morfologi Tanaman Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.).....               | 19      |
| 4.3 Kandungan Kimia Tanaman Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.).....         | 20      |
| 4.4 Varietas Pepaya Thailand .....   | 20      |
| <b>Bagian 5. Biologi Tanaman Srikaya (<i>Annona squamosa</i> L.)</b> ..... | 21      |
| 5.1 Klasifikasi Tanaman Srikaya ( <i>Annona squamosa</i> L.).....          | 21      |
| 5.2 Morfologi Tanaman Srikaya ( <i>Annona squamosa</i> L.) .....           | 22      |
| 5.3 Kandungan Tanaman Srikaya ( <i>Annona squamosa</i> L.) .....           | 24      |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Bagian 6. Hasil Penelitian tentang Toksisitas Ekstrak Daun Sirih (<i>Piper betle</i> L.), Ekstrak Biji Pepaya(<i>Carica papaya</i> L.), dan Ekstrak Biji Srikaya (<i>Annona squamosa</i> L.) terhadap Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L. ....</b> | <b>30</b> |
| 6.1 Metode Penelitian.....   | 30        |
| 6.2 Data .....   | 34        |
| 6.2.1 Hasil penelitian menggunakan Daun Sirih ( <i>Piper betle</i> L.).....  | 34        |
| 6.2.2 Hasil penelitian menggunakan Biji Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.).....   | 35        |
| 6.2.3 Hasil penelitian menggunakan Biji Srikaya ( <i>Annona squamosa</i> L.) .....   | 36        |
| 6.3 Analisis Data .....  | 36        |
| 6.4 Pembahasan .....   | 38        |
| 6.4.1 Potensi Daun Sirih sebagai Biopestisida.....   | 38        |
| 6.4.2 Potensi Biji Pepaya sebagai Biopestisida .....   | 40        |
| 6.4.3 Potensi Biji Srikaya sebagai Biopestisida .....  | 41        |
| 6.5 Kesimpulan .....   | 42        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>   | <b>43</b> |
| <b>GLOSARIUM.....</b>  | <b>47</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Telur nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L. ....  | 4       |
| Gambar 2. Larva nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L.....   | 7       |
| Gambar 3. Pupa nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L.....  | 9       |
| Gambar 4. Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L.....   | 11      |
| Gambar 5. Siklus hidup nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L. ....   | 12      |
| Gambar 6. Tanaman sirih hijau ( <i>Piper betle</i> L.).....  | 14      |
| Gambar 7. Tanaman pepaya Thailand ( <i>Carica papaya</i> L.).....  | 19      |
| Gambar 8. Tanaman srikaya ( <i>Annona squamosa</i> L.).....  | 22      |
| Gambar 9. Biji Srikaya .....   | 23      |
| Gambar10.Struktur Kimia Isokoridin dan Anonain pada Tumbuhan<br>Srikaya .....  | 26      |
| Gambar11.Struktur Senyawa Annonasin, Annonasinon, Murisolin,<br>Korossolin, Korossolon pada Biji Srikaya .....   | 26      |
| Gambar12. Struktur Kimia Annonasin dan Goniotalamisin .....  | 27      |
| Gambar13. Struktur Kimia Squamosin, Annonin VI, Asimisin ...   | 27      |
| Gambar14. Struktur Kimia Annonasin, Annonasin A, Annonastatin,<br>Annonasin asetat, Annonasin A asetat, dan<br>Annonastatin asetat dari Tumbuhan Srikaya .....                                 | 28      |
| Gambar 15. Struktur Kimia Higenamin hidroklorida .....   | 29      |
| Gambar 16. Skema pembuatan ekstrak .....   | 33      |
| Gambar 17. Histogram antara konsentrasi ekstrak daun<br>sirih ( <i>Piper betle</i> L.) dengan rerata mortalitas (%) larva<br>nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L. dalam waktu dedah 24 jam           | 34      |
| Gambar 18. Histogram antara konsentrasi ekstrak biji pepaya ( <i>Carica<br/>papaya</i> L.) dengan rerata mortalitas (%) larva nyamuk<br><i>Aedes aegypti</i> L. dalam waktu dedah 24 jam ..... | 35      |
| Gambar 19. Histogram antara konsentrasi ekstrak biji srikaya<br>( <i>Annona squamosa</i> L.) dengan rerata mortalitas (%) larva<br>nyamuk <i>Aedes aegypti</i> L. dalam waktu dedah 24jam      | 36      |

Nyamuk merupakan serangga yang menimbulkan banyak penyakit karena nyamuk merupakan vektor pembawa penyakit. Spesies nyamuk yang sudah tidak asing lagi dan paling populer adalah *Aedes aegypti* L. Nyamuk *Aedes aegypti* L. ini merupakan vektor pembawa penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) (Yunita, 2009). Nyamuk *Aedes aegypti* L. ini menularkan penyakit demam berdarah melalui gigitannya.

Vektor pembawa penyakit yang terus-menerus menyebar secara luas menyebabkan tingginya kasus demam berdarah. Hasil survei tahun 2015 yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur kepada Kementerian Kesehatan RI melaporkan bahwa kasus penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di daerah Jawa Timur telah mencapai angka 1.817 kasus (Depkes, 2015).

*Aedes aegypti* L. dalam siklus hidupnya mempunyai kebiasaan berkembang biak (bertelur) di tempat-tempat yang tergenang air dan tidak langsung berhubungan dengan tanah, pada ban-ban bekas yang tergenang air hujan, kaleng dan botol-botol bekas, vas bunga, tempat minum burung, potongan bambu, dan lain sebagainya. Penanggulangan penyakit DBD dapat dilakukan dengan jalan memutus rantai perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* L.. Pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* L. sampai saat ini sering dengan cara pengasapan (*fogging*) yang menggunakan bahan aktif kimia.

Banyaknya kasus demam berdarah membutuhkan penanggulangan yang tepat untuk menurunkannya. Sejak tahun 1976 di Indonesia telah menggunakan produk abate sintetik (*temephos*) untuk mengendalikan nyamuk. Pada tahun 1980, abate sintetik (*temephos*) ini ditetapkan sebagai bagian dari program

pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* di Indonesia. Namun terjadi resistensi dari berbagai macam spesies nyamuk yang menjadi vektor penyakit. Laporan resistensi larva *Aedes aegypti* terhadap abate (*temephos*) sudah ditemukan di beberapa negara seperti Brazil, Bolivia, Argentina, Kuba, Karibia, dan Thailand (Felix, 2008 dalam Nugroho, 2011 : 92). Selain dampak yang ditimbulkan adalah resistensi, pengendalian sarang nyamuk menggunakan bahan kimia seperti abate dapat menimbulkan pencemaran lingkungan karena mengandung bahan kimia yang sulit terurai di alam (Yunita, dkk, 2009, dalam Kaihena, dkk, 2011 : 89). Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan insektisida dari bahan kimia (sintetik) perlu dikembangkan alternatif lain yang lebih aman agar perkembangan siklus hidup dari nyamuk dapat terhambat dan tidak dapat berkembang sampai dewasa. Salah satunya adalah dengan menggunakan biopestisida (insektisida botani).

Biopestisida memiliki kelebihan dibandingkan dengan insektisida sintetik yaitu sifatnya yang mudah terurai (*biodegradable*) sehingga tidak mencemari lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia karena kandungan residu mudah hilang. Biopestisida memiliki kelebihan yaitu dapat diperbarui dan lebih terjangkau (Dewi, 2007 : 20). Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai sumber biopestisida biasanya memiliki berbagai macam kandungan bahan kimia seperti alkaloid, glikosida, dan senyawa lain yang bersifat racun atau toksik (Thamrin *et al.*, 2004:38). Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai biopestisida yaitu seperti Sirih hijau (*Piper betle* L.), Pepaya (*Carica papaya* L.), dan Srikaya (*Annona squamosal* L.).

Daun sirih (*Piper betle* L.), biji pepaya (*Carica papaya* L.), dan biji srikaya (*Annona squamosal* L.) masing-masing memiliki kandungan senyawa kimia yang berbeda. Daun sirih di dalamnya mengandung minyak atsiri, tannin, flavonoid, saponin, diastase, gula, dan pati. Sedangkan di dalam biji pepaya mengandung *glucoside caricin* dan karpain yang merupakan derivat alkaloid (Utomo *et al.*, 2010: 152). Pada biji srikaya terkandung senyawa

golongan asetogenin (*annonain* dan *squamosin*). Kandungan senyawa kimia pada ketiga tanaman ini bertindak sebagai racun untuk larva nyamuk. Menurut Kardinan (2000) kandungan zat kimia alami yang terkandung dalam srikaya antara lain *acetogenin* seperti *squamocin*, *bullatacin*, *annonacin* dan *neonnonacin*, mengandung alkaloid, tanin, dan saponin yang bersifat larvasida. Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan, saponin dan alkaloid memiliki cara kerja sebagai racun perut pada larva sedangkan flavonoid dan minyak atsiri berperan sebagai racun pernapasan sehingga menyebabkan kematian larva (Cania & Setyaningrum, 2013: 53).

# Biologi Nyamuk *Aedes aegypti* L.

### 2.1 Klasifikasi *Aedes aegypti* L.

|            |                           |
|------------|---------------------------|
| Kingdom    | : Animalia                |
| Phylum     | : Arthropoda              |
| Subphylum  | : Hexapoda                |
| Class      | : Insecta                 |
| Superorder | : Holometabola            |
| Order      | : Diptera                 |
| Suborder   | : Nematocera              |
| Infraorder | : Culicomorpha            |
| Family     | : Culicidae               |
| Subfamily  | : Culicinae               |
| Genus      | : Aedes                   |
| Species    | : <i>Aedes aegypti</i> L. |

(ITIS, 2003).

### 2.2 Biologi Nyamuk *Aedes aegypti* L.

Nyamuk *Aedes aegypti* L. dikenal dengan sebutan *Black White Mosquito* atau *Tiger Mosquito* karena tubuhnya memiliki ciri yang khas yaitu adanya garis-garis dan bercak-bercak putih keperakan di atas dasar warna hitam, sedangkan yang menjadi ciri khas utamanya adalah ada dua garis lengkung yang berwarna putih keperakan di kedua sisi lateral dan dua buah garis putih sejajar di garis median dari punggungnya yang berwarna dasar hitam (*lyre shaped marking*) (Palgunadi, 2011). Nyamuk *Aedes aegypti* L. dewasa lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran nyamuk rumah (*Culex quinquefasciatus*), mempunyai warna dasar yang hitam dengan

bintik putih pada bagian badannya terutama pada bagian kakinya (Depkes RI, 2007).

Nyamuk *Aedes aegypti* L. mengalami metamorphosis sempurna dari telur, larva instar I, larva instar II, larva instar III, larva instar IV, pupa, hingga imago (dewasa) (Kardinan, 2004: 2). Adapun deskripsi metamorphosis sempurna nyamuk dari telur sampai dewasa adalah sebagai berikut.

### 1) Telur

Nyamuk *Aedes aegypti* L. memiliki telur yang berukuran sangat kecil dan berwarna hitam (Wahyuni, 1998: 14). Telur-telur ini biasanya terletak di bagian yang tidak berdekatan langsung dengan tanah, tetapi berdekatan dengan permukaan air, misalnya di bak dengan air yang jernih (Kardinan, 2004: 2).

Karakteristik telur nyamuk *Aedes aegypti* L. adalah berbentuk elips atau oval memanjang dengan permukaan yang polygonal, berwarna hitam, berukuran 0,5 sampai 0,8 mm, tidak memiliki alat pelampung, dan terletak di dinding bagian dalam dari tempat perindukannya (*breeding site*) satu per satu (Soegijanto, 2004: 99). Telur yang terletak di dalam air akan menetas dalam waktu 1 sampai 3 hari pada suhu 30°C yang akan menjadi larva instar I. Telur ini dapat bertahan pada suhu 2°C-12°C selama berbulan-bulan. Akan tetapi telur ini dapat menetas dalam waktu 4 hari apabila kelembaban udara telur rendah dan dapat membutuhkan waktu 7 hari pada suhu 16°C (Brown, 1979: 423).



Perbesaran 100x

Gambar 1. Telur nyamuk *Aedes aegypti* L. (Fitrianingsih, 2012).

## 2) Larva

Larva nyamuk *Aedes aegypti* L. memiliki bentuk silinder dan tubuhnya terdiri dari tiga bagian yaitu kepala (*chepal*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*) (Nurdian, 2003: 27). Dalam perkembangannya larva mengalami 4 kali pergantian kulit (*molting/ecdysis*) dari larva instar I hingga instar IV, dan pupa (Soegijanto, 2004: 100).

Larva nyamuk *Aedes aegypti* L. terdiri atas kepala, toraks dan abdomen. Kepala berkembang baik sepasang antena maupun kepala majemuk, serta sikat mulut yang menonjol. Abdomen terdiri dari 9 ruas yang jelas, dan ruas terakhir dilengkapi tabung udara (*siphon*) untuk mengambil oksigen dan dilengkapi dengan pectin pada segmen yang terakhir dengan ciri pendek dan mengembung. Pada segmen abdomen tidak terdapat rambut berbentuk kipas (*Palmatus hairs*) pada setiap sisi abdomen segmen kedelapan terdapat *comb scale* sebanyak 8-21 atau berjajar 1 sampai 3 dan berbentuk duri. Pada sisi *thorax* terdapat duri yang panjang dengan bentuk kurva dan adanya sepasang rambut di kepala. Larva memperoleh makanan dengan bantuan sikat mulut yang berfungsi untuk menghasilkan aliran air yang dapat membawa makanan ke dalam mulut (Marianti, 2014).

Larva merupakan stadium makan pada perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* L. Makanan ketika menjadi larva adalah bahan-bahan organik terlarut dalam air dan mikroorganisme lainnya. Larva memiliki pergerakan yang sangat lincah. Apabila larva sedang tidak melakukan aktivitas atau mengambil napas, maka posisi tubuhnya membentuk sudut dengan permukaan air dan siphonnya ditonjolkan ke arah permukaan air serta berkembangbiak pada air jernih yang dasarnya bukan tanah (Nurdian, 2003: 27).

Ada 4 tingkatan perkembangan (instar) larva *Aedes aegypti* L. sesuai dengan pertumbuhan larva yaitu :

- a) Larva instar I : Ukuran sekitar 1-2 mm, duri-duri (spinae) pada dada belum jelas dan pada corong pernapasan masih belum jelas dan berlangsung 1-2 hari.
- b) Larva instar II : Ukuran 2,5-3,5 mm, duri-duri belum jelas dan corong pernapasan mulai menghitam berlangsung 2-3 hari.
- c) Larva instar III : Ukuran 4-5 mm, duri-duri dada mulai jelas dan corong pernapasan berwarna coklat kehitaman. Pada instar III ini memiliki sifon yang gemuk, gigi sisir pada segmen abdomen ke-8 mengalami pergantian kulit dan berlangsung 3-4 hari.
- d) Larva instar IV : Ukuran 5-6 mm, dengan warna kepala gelap. Corong pernapasan pendek dan gelap kontras dengan warna tubuhnya, setelah 2-3 akan mengalami pergantian kulit dan berubah menjadi pupa berlangsung selama 2-3 hari (Marianti, 2014).



Gambar 2. Larva nyamuk *Aedes aegypti* L. (Dept. Medical Entomology, 2002)

### 3) Pupa

Pupa merupakan stadium terakhir yang berada dalam air dan tidak memerlukan makanan karena merupakan fase istirahat. Pupa mempunyai segmen-segmen pada bagian perutnya (struktur menyerupai dayung) sehingga terlihat menyerupai koma. Kepala dan dadanya menyatu dilengkapi dengan sepasang terompet pernafasan. Pupa memiliki daya apung yang besar. Pupa biasanya istirahat dipermukaan air dengan posisi statis tetapi dapat berenang dengan baik. Fase pupa membutuhkan 2-5 hari akan muncul nyamuk dewasa (Hadi *et al.*, 2009: 4). Total siklus yang dapat diselesaikan 9-12 hari. Pada fase pupa belum ada perbedaan antara jantan dan betina. Pada umumnya nyamuk jantan menetas terlebih dahulu dari pada nyamuk betina dan selanjutnya keluar dari air dan berkembang menjadi nyamuk (Mulyatno, 2011).

Fase pupa pada nyamuk *Aedes aegypti* L. memiliki bentuk tubuh yang pendek, dengan bagian kepala-dada (*chepalothorax*) lebih besar dibandingkan bagian perutnya, sehingga bentuknya seperti tanda koma. Pupa ini bernapas di permukaan air melalui sepasang struktur seperti terompet yang kecil pada toraks (Borror *et al.*, 1992: 671). Pupa juga memiliki sepasang alat pengayuh pada ruas perut ke-VIII yang dapat berfungsi untuk berenang. Pupa merupakan fase nyamuk yang tidak makan, tetapi memiliki gerakan yang lebih lincah dibandingkan dengan larva (Wahyuni, 1998: 15). Stadium pupa ini memiliki tabung pernapasan yang bentuknya sempit dan panjang yang berfungsi dalam pengambilan oksigen (Gandahusada, dkk, 2002: 232).



Gambar 3. Pupa nyamuk *Aedes aegypti* L. (Dept. Medical Entomology, 2002)

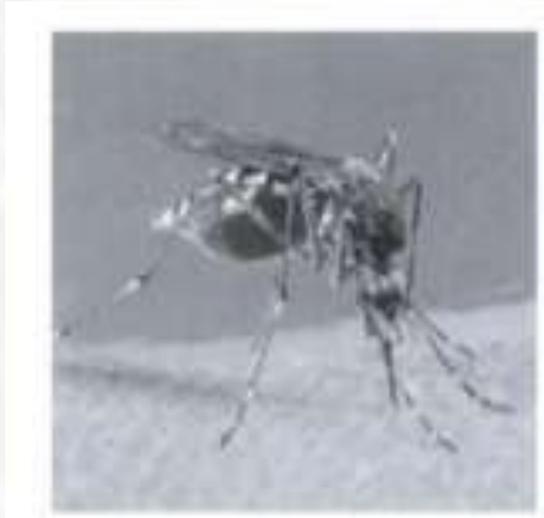
#### 4) Imago (Nyamuk Dewasa)

Nyamuk *Aedes aegypti* L. dewasa memiliki karakteristik tubuh berwarna hitam dengan belang-belang putih pada seluruh tubuhnya. Habitat nyamuk ini di alam bebas dan di sekitar rumah, bahkan dapat di temukan di tempat umum. Nyamuk ini memiliki kemampuan terbang sampai 100 meter. Darah merupakan sumber protein untuk mematangkan telur. Dengan demikian yang aktif menggigit (menghisap) darah pada pagi hingga sore hari adalah nyamuk betina. Darah yang dihisap oleh nyamuk betina mengandung protein yang dapat membantu proses pematangan telur. Namun, setelah menghisap darah nyamuk ini akan mencari tempat istirahat, sedangkan nyamuk jantan dalam memenuhi nutrisi dalam tubuh dengan menghisap sari bunga tumbuhan yang mengandung gula (Syarifah, 2007: 33). Nyamuk *Aedes aegypti* L. betina memiliki mulut dengan tipe penusuk-penghisap (*piercing-sucking*) dan lebih menyukai manusia (*antropofagus*), sedangkan nyamuk jantan bagian mulutnya lemah sehingga tidak mampu menembus kulit manusia, oleh karena itu nyamuk jantan lebih menyukai cairan tumbuhan (*phytopagus*) (Brown, 1979: 419). Umur nyamuk *Aedes aegypti* L. betina berkisar antara 2 minggu sampai 3

bulan atau rata-rata 1,5 bulan, tergantung dari suhu dan kelembapan udara di sekelilingnya (Suroso dkk, 1999: 17).

Tubuh imago *Aedes aegypti* L. dewasa dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

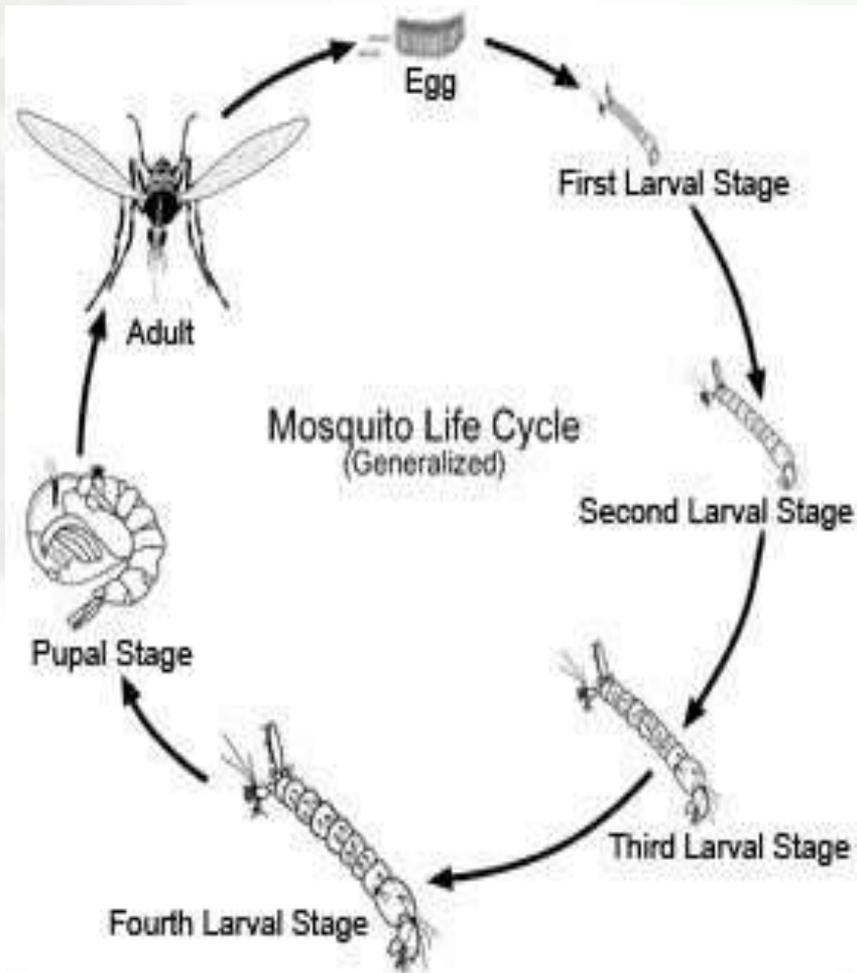
- a) Kepala (*caput*) berbentuk seperti bola dan tertutup oleh sepasang mata faset dan tidak mempunyai mata oselus dan mata biasa. Kepala nyamuk juga tersusun atas antena yang panjangnya melebihi panjang dari palpus maksila, alat mulut nyamuk betina tipe penusuk penghisap sedangkan jantan bagian mulutnya lebih lemah sehingga tidak mampu menembus kulit manusia, mata majemuk menyolok (Grantham dalam Fajri, 2010:7).
- b) Dada (*thoraks*), terdapat sepasang sayap tanpa noda-noda hitam. Bagian punggung (*mesonotum*) ada gambaran garis-garis putih yang dapat dipakai untuk membedakan dengan jenis lain. Gambaran punggung nyamuk *Aedes aegypti* L. berupa sepasang garis lengkung putih pada tepinya dan sepasang garis sub median di tengahnya. Pasangan kaki ada yang panjang dan pendek. Femur bersisik putih pada permukaan posterior dan setengah basal, anterior dan tengah bersisik putih memanjang. Tibia semuanya hitam dan tarsi belakang berlingkaran putih pada segmen basal kesatu sampai keempat dan segmen kelima berwarna putih. Sayap berukuran 2.5-3.0 mm bersisik hitam (Sodarmono dalam Fajri, 2010:11).
- c) Perut (*abdomen*), tersusun atas 8 segmen, segmen VIII nyamuk jantan lebar dan berbentuk kerucut sedang pada nyamuk betina segmen VIII agak meruncing dengan sersi menonjol. Waktu istirahat posisi nyamuk *Aedes aegypti* L. ini tubuhnya sejajar dengan bidang permukaan yang dihinggapinya (Fajri, 2010:12).



Gambar 4. Nyamuk *Aedes aegypti* L. dewasa (Sumber: Suharmiati & Handayani, 2006)

### **2.3 Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti* L.**

Siklus hidup adalah masa perkembangan makhluk hidup untuk mencapai tahap kesempurnaan. Siklus hidup nyamuk *Aedes aegypti* L. merupakan proses metamorphosis lengkap karena mengalami 4 stadium perkembangan yaitu telur, larva, pupa, dan imago (dewasa) (Nurdian, 2003: 22).



Gambar 5. Siklus hidup nyamuk *Aedes aegypti* L. (Sumber : Global Pest, 2013).

## Biologi Tanaman Sirih (*Piper betle* L.)

### 3.1 Klasifikasi Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| Kingdom       | : Plantae               |
| Subkingdom    | : Viridiplantae         |
| Infrakingdom  | : Streptophyta          |
| Superdivision | : Embryophyta           |
| Division      | : Tracheophyta          |
| Subdivision   | : Spermatophytina       |
| Class         | : Magnoliopsida         |
| Superorder    | : Magnolianae           |
| Order         | : Piperales             |
| Family        | : Piperaceae            |
| Genus         | : Piper                 |
| Species       | : <i>Piper betle</i> L. |

(ITIS, 2011).

Tanaman sirih hijau termasuk ke dalam famili Piperaceae yang merupakan jenis tanaman terna. Tanaman sirih hijau ini dikenal dengan beberapa nama daerah diantaranya adalah *suruh* (Jawa), *seureuh* (Sunda), *base* (Bali), *leko*, *kowak*, *malo*, *malu* (Nusa Tenggara), *dontile*, *parigi*, *gamnjeng* (Sulawesi), *gies*, *bido* (Maluku), *sirih*, *ranub*, *sereh*, *sirieh* (Melayu) (Syukur, 2002: 101).



Gambar 6: Tanaman sirih hijau (*Piper betle* L.) (Sumber: Andareto, 2015)

### 3.2 Deskripsi Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

Tanaman sirih merupakan tanaman yang tumbuh dengan ketinggian dapat mencapai 15 meter. Tanaman ini memiliki akar tunggang dengan bentuk bulat serta warna coklat kekuningan. Batang yang dimiliki umumnya berwarna coklat kehijauan, berbentuk bulat, memiliki ruas, dan merupakan bakal tumbuhnya akar (Admin, 2013). Tanaman sirih termasuk ke dalam familia Piperaceae yang merupakan tanaman herba perennial, berdaun tunggal dengan letak alternat yang bentuknya bervariasi dari bundar sampai oval, dan pangkal daun berbentuk agak bundar telur sampai asimtris (Rostiana, dkk, 1992 dalam Rachmi dan Masnilah, 1998: 12).

Tanaman sirih tumbuh merambat mirip tanaman lada. Tinggi tanaman ini dapat mencapai 5 sampai 15 meter tergantung pertumbuhan dan tempat rambatannya. Bunganya tersusun dalam bulir, merunduk, dan memiliki panjang 5 sampai 15 cm, serta buahnya berbentuk buah buni yang berdaging dan berwarna kuning hijau (Muhlisah, 2002: 74).

Tanaman sirih tumbuh subur di tanah yang banyak mengandung bahan organik dan cukup air. Tanamn ini dapat di daerah dengan ketinggian 300 meter dpl. Bagian tanaman yang sering digunakan adalah bagian daunnya (Handayani & Maryani, 2002: 35).

### **3.3 Ekologi**

Sirih ditemukan dibagian timur pantai Afrika, disekitar pulau Zanzibar, daerah sekitar sungai indus ke timur menelusuri sungai Yang Tse Kiang, kepulauan Bonin, kepulauan Fiji dan kepulauan Indonesia. Sirih tersebar di Nusantara dalam skala yang tidak terlalu luas. Di Jawa tumbuh liar di hutan jati atau hutan hujan sampai ketinggian 300m diatas permukaan laut. Untuk memperoleh pertumbuhan yang baik diperlukan tanah yang kaya akan humus, subur dan pengairan yang baik. Sirih hidup subur dengan ditanam di atas tanah gembur yang tidak terlalu lembab dan memerlukan cuaca tropika dengan air yang mencukupi. Daun Sirih (*Piper betle* L.) sejak lama dikenal oleh nenek moyang kita sebagai daun multi khasiat.

### **3.4 Nilai Medis**

Minyak atsiri dari daun sirih mengandung minyak terbang (betlephenol), seskuiterpen, pati, diastase, gula dan zat semak dan chavicol yang memiliki daya mematikan kuman, antioksidasi dan fungisida, anti jamur. Sirih berkhasiat menghilangkan bau badan yang ditimbulkan bakteri dan cendawan. Daun sirih juga bersifat menahan pendarahan, menyembuhkan luka pada kulit dan gangguan saluran pencernaan. Selain itu juga mengerutkan, mengeluarkan dahak, meluruhkan ludah, hemostatik, dan menghentikan pendarahan.

### 3.5 Kandungan Kimia Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

Berdasarkan hasil penapisan fitokimia, ekstrak daun sirih memiliki kandungan senyawa tanin, steroid/terpenoid, flavonoid dan kuinon. Terpenoid dan turunannya dapat bekerja sebagai insektisida akan tetapi banyak peneliti berpendapat bahwa fungsi terpenoid lebih bersifat ekologis daripada fisiologis (Aulung *et al.*, 2010).

Pendapat lain mengatakan bahwa minyak atsiri dari daun sirih mengandung minyak terbang (*betelphenol*), seskuiterpen, pati, diastase, gula, dan zat samak serta *chavicol* yang dapat memamatkan kuman, serta antioksidan dan fungisida (Wulandari, 2009: 22).

Hermawan (2007), dalam Kaihena *et. al.* (2011: 99) menyatakan bahwa daun sirih (*Piper betle* L) mengandung minyak atsiri yang terdiri dari *betlephenol*, hidroksikavikol, kavikol, kavibetol, *cyneole*, estragol, eugenol, metileugenol, karvakrol, terpinen, siskuiterpen, fenilpropan, saponin, tanin, diastase, dan alkaloid.

### 3.6 Anatomi Daun Sirih

Daun pada tumbuhan sirih bersifat dorsiventral, yaitu memiliki permukaan atas (adaxial) dan bawah (abaxial) yang berbeda secara :

1. Epidermis atas terdiri dari satu lapis sel, berbentuk persegi, dinding terluarnya ditutupi oleh kutikula, dan tidak mengandung kloroplas. Beberapa stomata, jika ada, dapat ditemui pada epidermis atas.

2. Mesofil Palisade. Terletak persis di bawah epidermis atas dan terdiri dari satu atau lebih lapisan yang agak sempit, sel-sel berdinding tipis yang sangat berdekatan, sel-sel persegi memanjang ke arah epidermis. Masing-masing sel terdiri dari banyak kloroplas. Ada system yang telah terbentuk dari ruang antar sel melalui jaringan ini.

3. Mesofil bunga karang (spongy mesophyll). Terdiri dari sel berdinding tipis, longgar, bentuk tidak teratur, dimana banyak ruang antar sel. Kloroplas ada di sel-sel ini, tapi dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan sel palisade.

4. Epidermis bawah, serupa dalam struktur permukaan atas, tapi memiliki banyak stomata. Tiap pori stomata terbuka ke arah ruang antar sel besar yang disebut ruang substomata atau *cavity*.

5. Sistem vaskular. Potongan ke arah daerah midrib menunjukkan bentuk xylem seperti bulan sabit ke arah permukaan atas daun dan floem ke arah permukaan bawah. Di atas dan di bawah benang vaskuler di sebelah epidermis atas dan bawah, jaringan mesofil digantikan oleh sel-sel kolenkim yang meningkatkan kekuatan mekanis daun.

**Biologi Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)****4.1 Klasifikasi Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)**

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| Kingdom       | : Plantae                 |
| Subkingdom    | : Viridiplantae           |
| Infra kingdom | : Streptophyta            |
| Superdivision | : Embryophyta             |
| Division      | : Tracheophyta            |
| Subdivision   | : Spermatophytina         |
| Class         | : Magnoliopsida           |
| Superorder    | : Rosanae                 |
| Order         | : Brassicales             |
| Family        | : Caricaceae              |
| Genus         | : <i>Carica</i>           |
| Species       | : <i>Carica papaya</i> L. |

(ITIS, 2011).

Tanaman pepaya merupakan tanaman yang berasal dari Amerika yang memiliki nama ilmiah *Carica papaya* L., sedangkan di Indonesia penyebutan tanaman pepaya ini bermacam-macam diantaranya *gedang* (Sunda), *kates* (Jawa), *peute*, *betik*, *ralempaya*, *punti kayu* (Sumatra), *pisang malaka*, *bandas*, *manjan* (Kalimantan), *kalujawa*, *padu* (Nusa Tenggara), *kapalay*, *kaliki*, serta *unti jawa* (Sulawesi). Selain itu juga terdapat nama asing untuk tanaman pepaya ini diantaranya *papaw tree*, *papaya*, *papayer*, *melonenbaum*, serta *fan mu gua* (Muhlisah, 2002: 58).



Gambar 7. Tanaman pepaya Thailand (*Carica papaya* L.)  
(Sumber: Sutopo, 2013).

#### 4.2 Morfologi Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)

Tanaman pepaya memiliki ciri-ciri fisik diantaranya pohonnya tidak bercabang, batang berbentuk bulat dan berongga, tidak berkayu, terdapat benjolan bekas tangkai daun yang sudah rontok, daunnya terkumpul di ujung batang dan bentuknya berbagi menjari, buah pepaya berbentuk hingga memanjang berdasarkan jenisnya, buah muda berwarna hijau dan buah tua berwarna kekuningan atau jingga, buahnya berongga besar di tengah, tangkai buah pendek, serta biji berwarna hitam dan diselimuti lapisan tipis (Muhlisah, 2002: 58).

Bunga tanaman papaya ini termasuk bunga majemuk yang tersusun pada sebuah tangkai atau poros bunga (*pedunculus*). Tanaman ini memiliki tiga jenis bunga yaitu bunga jantan (*masculus*), bunga betina (*femineus*), serta bunga sempurna (*hermafrodit*) (Kalie, 2008: 11).

### 4.3 Kandungan Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)

Tanaman pepaya memiliki kandungan yang bermacam-macam mulai dari daun, buah, biji, serta getah. Adapun kandungan yang terdapat di dalam tanamn ini dapat dilihat pada Tabel berikut.

| Bagian Tanaman | Zat yang Terkandung   |
|----------------|---|
| Daun           | Enzim papain, alkaloid karpaina, pseudo karpaina, glikosid, karposid, dan saponin |
| Buah           | Beta karoten, pectin, d-galaktosa, l-arabinose, papain, papayotimin, vitokinose   |
| Biji           | Glucoside, caricin, karpain   |
| Getah          | Papain, kemokapain, lisosim, lipase, glutamin                                     |

Sumber: Muhlisah (2002: 59)

### 4.4 Varietas Pepaya

varietas pepaya yang dikembangkan di Indonesia sekitar tahun 70-an dan merupakan hasil pemuliaan di Muangthai. Pepaya ini mirip dengan pepaya cibinong, namun terdapat perbedaan pada bentuknya yang lebih bulat dan lebih besar. Varietas ini dapat tahan selama pengangkutan. Buah ini memiliki berat sekitar 3,5 kg dengan warna daging buah jingga bersemu merah dan keras. Pepaya ini memiliki kulit buah yang kasar dan tidak rata (Nuswamarhaeni dkk, 1999: 91-92).

## Bagian 5

### Biologi Tanaman Srikaya (*Annona squamosa* L.)

#### 5.1 Klasifikasi Tanaman Srikaya (*Annona Squamosa* L.)

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| Kingdom  | : Plantae                   |
| Division | : Magnoliophyta             |
| Class    | : Magnoliopsida             |
| Subclass | : Magnoliidae               |
| Order    | : Magnoliales               |
| Family   | : Annonaceae                |
| Genus    | : <i>Annona</i>             |
| Species  | : <i>Annona squamosa</i> L. |

Srikaya merupakan tanaman pendatang yang berasal dari Amerika Latin yaitu Peru. Tanaman srikaya ini diberi nama *sugar apple* atau *custard apple* oleh pelaut Inggris yang berarti berasa seperti puding yang berbentuk seperti apel. Di Indonesia tanaman ini memiliki nama lokal srikaya, di Malaysia dengan nama nona srikaya, di Filipina terkenal dengan nama atis sedangkan di Arab terkenal dengan sebutan gishta. Nama tanaman srikaya di setiap daerah Indonesia juga berbeda-beda seperti di daerah Aceh (delima bintang), Lampung (seraikaya), Madura (Sarkaya), Jawa Tengah (srikaya) dan Bugis (sirikaya) (Taslimah, 2014).



Gambar 8. Tanaman Srikaya (www.pohonbuahnursery.com)

### 5.2 Morfologi Tanaman Srikaya (*Annona squamosa* L.)

Tanaman srikaya atau *Annona squamosa* L. adalah tumbuhan yang memiliki batang dengan tinggi 3-7 meter berkayu dengan bentuk bulat (teres), permukaan batang memperlihatkan banyak lenti sel dan berwarna coklat muda. Pertumbuhan batang arah tegak lurus dan termasuk tumbuhan menahun atau tumbuhan keras (Ridhia et al. 2013). Helai daun srikaya berbentuk lanset atau lonjong lanset, ujung dan pangkal daun runcing, dasar lengkung, tepi rata, dan berwarna hijau pucat pada kedua permukaannya (Orwa et al., 2009).

Bunga tanaman srikaya bergerombol pendek menyamping dengan panjang sekitar 2,5 cm dengan jumlah 2-4 kuntum berwarna kuning kehijauan yang saling berhadapan pada tangkai kecil panjang berambut dengan panjang 2 cm. Daun bunga bagian luar berwarna hijau, ungu pada bagian bawah. Terdapat banyak serbuk sari bergerombol putih, putik berwarna hijau muda dan panjang putik 1,3-1,9 cm dan lebar 0,6-1,3 cm yang tumbuh menjadi kelompok-kelompok buah (Taslimah, 2014). Buah srikaya bila telah matang memiliki kulit yang mengkilap, sisiknya merenggang dan daging buah berwarna putih (Mulyani et al, 2013).

Morfologi lengkap biji srikaya adalah :

Perawakan : perdu sampai pohon, berumah satu, berkelamin banci, tinggi 2-7 m.

Batang : gilik, percabangan simpodial, ujung rebah, kulit batang coklat muda.

Daun : tunggal, berseling, helaian : bentuk elip memanjang sampai bentuk lanset, ujung tumpul, sampai meruncing pendek, panjang 6-17 cm, lebar 2,5-7,5 cm, tepi rata, gundul, hijau mengkilat. Bunga: tunggal, dalam berkas, 1-2 berhadapan atau di samping daun. Kelopak : daun kelopak segitiga, waktu kuncup bersambung seperti katup, kecil. Mahkota: daun mahkota segitiga, yang terluar berdaging tebal, panjang 2-2,5 cm, putih kekuningan, dengan pangkal yang berongga berubah ungu, daun mahkota yang terdalam sangat kecil atau mereduksi. Dasar bunga: bentuk tugu (tinggi).

Benang sari : jumlah banyak, putih, kepala sari bentuk topi, penghubung ruang sari melebar, dan menutup ruang sari.

Putik : banyak, setiap putik tersusun dari 1 daun buah, ungu tua, kepala putik duduk, rekat menjadi satu, mudah rontok. Buah: majemuk agregat, berbentuk bulat membengkok di ujung, garis tengah 5-10 cm, permukaan berduri, berlilin, bagian buah dengan ujung yang melengkung, pada waktu masak sedikit atau banyak melepaskan diri satu dengan yang lain, daging buah putih keabuan.

Biji : dalam satu buah agregat banyak hitam mengkilat



Gambar 9. Biji Srikaya

Asal-usul : Amerika tropis.

Waktu berbunga : Januari - Desember.

Biji membujur disetiap karpel, berbentuk ellipsoid berwarna coklat tua hingga hitam dengan panjang 1,3-1,6 cm. Satu buah srikaya mengandung 10-50 biji dan dalam satu biji memiliki berat 5-18 gram. Biji srikaya mengandung banyak minyak yang digunakan sebagai insektisida (Taslimah, 2014).

### **Daerah Distribusi, Habitat dan Budidaya**

Tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian 1000 mdpl, terutama pada tanah-tanah berpasir sampai tanah-tanah lempung berpasir dan dengan sistem drainase yang baik pada pH 5,5-7,4. Tumbuhan ini menyukai iklim panas, tidak terlalu dingin atau banyak hujan. Tumbuh baik pada berbagai kondisi tanah yang tergenang dan beradaptasi baik terhadap iklim lembab dan panas. Tumbuhan ini tahan kekeringan dan akan tumbuh subur bila mendapatkan pengairan yang cukup. Di Jawa ditanam sebagai tanaman buah.

Perbanyakan : dapat dengan biji dan pencang-kokan. Ditanam dengan jarak tanam 4x3 meter. Kelebatan pembungaan dan hasil buah dapat dijaga dengan pengaturan pengairan, pemupukan dan pemangkasan yang baik. Tanaman mulai berbuah pada umur 1-2 tahun dan untuk mendapatkan hasil yang maksimal tidak dilakukan pemangkasan. Buah lebat dicapai setelah tanaman berumur 3-4 tahun. Pemanenan dilakukan pada saat buah berwarna kekuningan atau sekitar 110-120 hari setelah berbunga.

### **5.3 Kandungan Tanaman Srikaya (*Annona squamosa* L.)**

Tanaman srikaya mengandung squamosin, asimisin, aterospermidin, lanugiosin, alkaloid tipe asporfin (annonain), dan bisbenziltetrahidroisokinolin (retikulin) yang berfungsi sebagai insektisida (Taslimah, 2014). Alkaloid merupakan metabolit

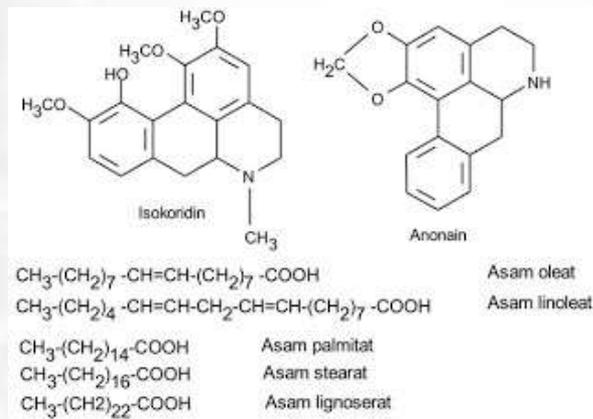
sekunder tanaman yang mampu menyebabkan kematian serangga melalui mekanisme racun kontak dan racun perut dan mudah mengalami penguraian jika disimpan dalam waktu lama (Satria, *et. al.* 2012.)

Daun srikaya mengandung senyawa metabolit sekunder golongan alkaloid, flavonoid, saponin, kuinon, tannin, dan steroid/triterpenoid (Mulyani *et. al.* 2013). Daun srikaya terdapat kandungan senyawa alkaloid tetrahidroisokuinolin, p-hidroksibenzil-6-7-dihidroksi-1, 2, 3, 4-tetrahidro isokinolin. Bunga mengandung asam kaur-1, 6-ene-1, 9-oat sebagai komponen aktif (Taslimah, 2014).

Biji srikaya mengandung senyawa kimia annonain yang terdiri dari squamosin dan asimisin (Hermianto *et al.* 2004). Biji srikaya mengandung senyawa alkaloid, tannin, saponin, flavonoid, asetogenin (squamosin A, squamosin B, C, D, E, F, G, I, J, K, L, M, N, annonain, anonasin A, anonin I, IV, VI, VIII, IX, XVI, skuamostatin A, bulatasin, skuamon, neoanonin B, asimisisn, sanonasin, anonastatin neoanonin). Komposisi asam lemak penyusun minyak biji srikaya terdiri dari metal palmitat, metal stearate, metil linoleat (Tasmilah, 2014).

Tumbuhan Srikaya pada umumnya mengandung alkaloid tipe asporfin (anonain) dan bis-benziltetrahidro-isokinolin (retikulin). Pada organ-organ tumbuhan ditemukan senyawa sianogen. Daun, kulit dan akar mengandung HCN.

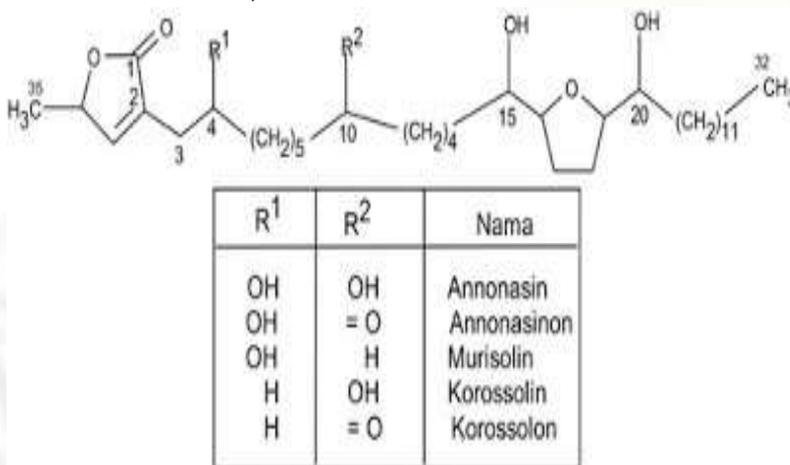
Buah: pulpa buah yang telah masak ditemukan sitrulin, asam aminobutirat, ornitin, arginin. Sedang pada *Annona muricata* mengandung prolin dan asam aminobutirat.



Gambar 10. Struktur Kimia *Isokoridin* dan *Anonain* pada Tumbuhan Srikaya

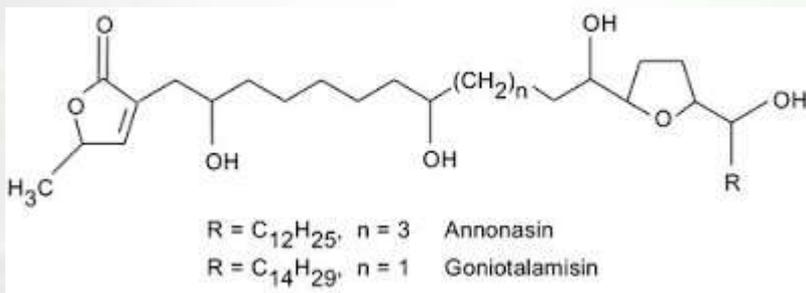
Pada jenis *Annona* yang lain yaitu pada *Annona glabra*, *Annona muricata* ditemukan golongan senyawa polifenol seperti kuersetin, asam kafeat, leukoantosianidin, asam p-kumarat.

Biji mengandung senyawa poliketida dan suatu senyawa turunan bistetrahidrofuran; asetogenin (skuamostatin C, D, anonain, anonasin A, anonin I, IV, VI, VIII, IX, XVI, skuamostatin A, bulatasin, bulatasinon, skuamon, neoanonin B, neo-des-asetilurarisin, neo-retikulasin A, skuamosten A, asmi-sin, skuamosin, sanonasin, anonastatin, neo-anonin).



Gambar 11. Struktur Senyawa Annonasin, Annonasinon, Murisolin, Korossolin, Korossolon pada Biji Srikaya

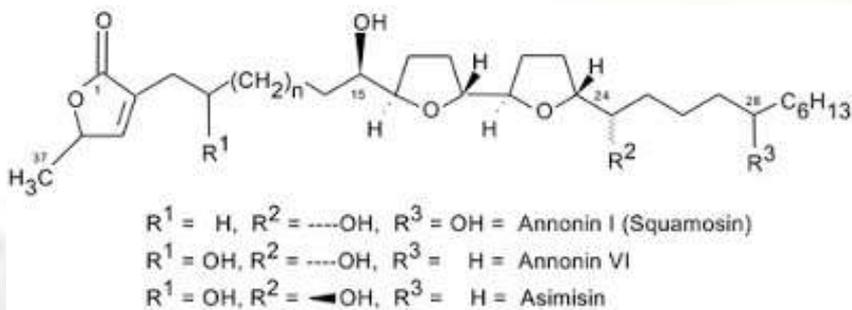
Penemuan hasil penelitian lain yaitu skuamosisin A, skuamosin B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N; skuamostat B, asam lemak, asam amino dan protein.<sup>7,26,37,38</sup>) Komposisi asam lemak penyusun minyak lemak biji Srikaya terdiri dari metil palmitat, metil stearat, metil linoleat.<sup>28</sup>).



Gambar 12. Struktur Kimia Annonasin dan Goniotalamin

Kandungan kimia daun antara lain alkaloid tetrahydro isokinolin, p-hidroksi-benzil-6,7-dihidroksi-1,2,3,4-tetrahydro-isokinolin (demetil-koklaurin = higenamin).

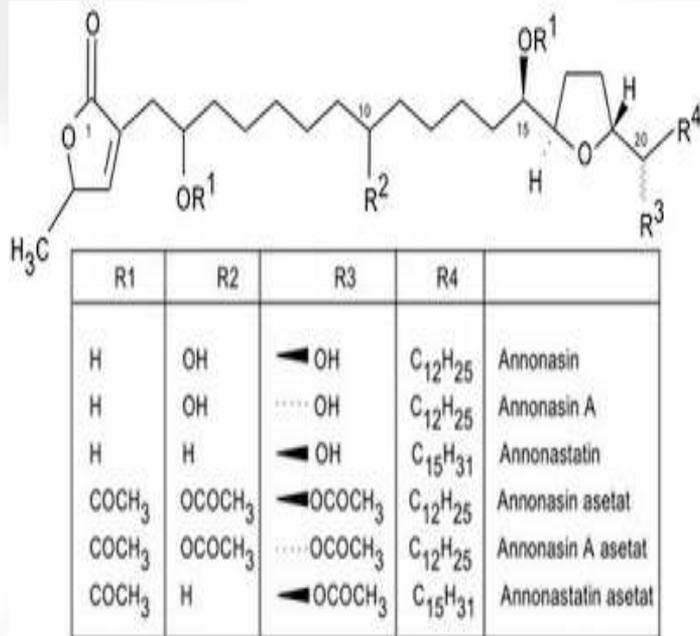
Sedang bunganya mengandung asam kaur-16-ene-19-olat diinformasikan sebagai komponen aktif bunga srikaya.



Gambar 13. Struktur Kimia Squamosin, Annonin VI, Asimisin

## Efek Biologi dan Farmakologi

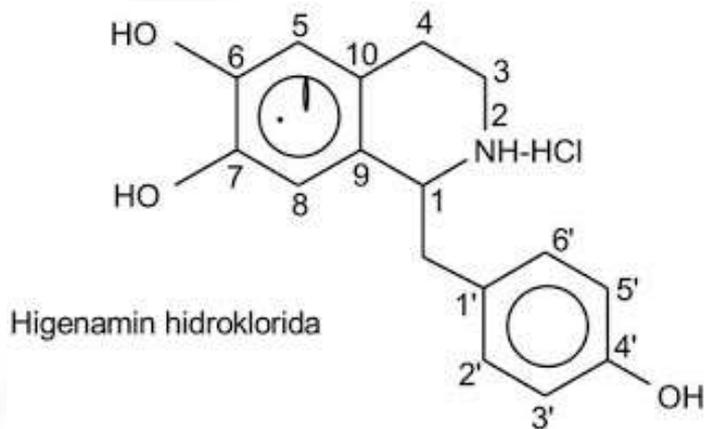
Biji: Infusa biji buah srikaya berefek larvasida terhadap *Aedes aegypti*; sedangkan ekstrak biji berefek larvasida terhadap *Culex quinquefasciatus*, tetapi tidak berpengaruh pada kemampuan bertelur dan daya tetas nyamuk. Ekstrak biji *A.squamosa* yang larut dalam air pada konsentrasi 1,0%-2,0% dan juga minyak yang diperoleh dari hasil pengepresan langsung biji menyebabkan kematian serangga uji. Isolasi senyawa asetogenin dari ekstrak yang larut dalam metanol biji *Annona muricata* dan *Annona cherimola* (Annonaceae) mempunyai aktivitas penting pada infeksi larva *Molinema dessetae*.



Gambar 14. Struktur Kimia Annonasin, Annonasin A, Annonastatin, Annonasin asetat, Annonasin A asetat, dan Annonastatin asetat dari Tumbuhan Srikaya

Daun : Ekstrak daun *Annona squamosa* mampu membunuh *Ascaridia galli*, sebaliknya infusa daun *Annona squamosa* tidak mempunyai kemampuan membunuh *Ascaridia galli*. Air perasan daun sirsak (*Annona muricata*) 1:1 dan daun srikaya (*Annona squamosa*) 1:2 berefek sebagai antifertilitas dan embriotoksik terhadap janin apabila

diberikan pada masa mulai kebuntingan sampai selesainya masa organogenesis, tetapi tidak menimbulkan cacat bentuk luar janin (cacat makroskopis). Kekuatan air perasan daun srikaya ternyata bersifat relatif lebih embriotoksik bila dibandingkan dengan air perasan daun sirsak. Daun *Annona squamosa* mempunyai efek antifertilitas dan embriotoksik pada tikus betina; serta berpengaruh pada daya reproduksi *Sitophilus orizae*. Senyawa insektisida yang terdapat dalam biji *Annona squamosa* mempunyai daya bunuh ektoparasit. Tetrahidroisokinolin mempunyai aktivitas kardiotonik. Higenamin (p-hidroksibenzil-6,7-dihidroksi-1,2,3,4-tetrahidro-isokinolin) berinteraksi dengan adrenoceptor menghasilkan aktivitas inotropik positif pada otot jantung. Senyawa polipeptida dan bistetrahidrofuran mempunyai efek antitumor.



Gambar 15. Struktur Kimia Higenamin hidroklorida

## Bagian 6

### Hasil Penelitian tentang Toksisitas Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.), Ekstrak Biji Pepaya (*Carica papaya* L.), dan Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa* L.) terhadap Nyamuk *Aedes aegypti* L.

#### 6.1 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pengujian, dan tahap pengamatan dan perhitungan.

##### 6.1.1 Tahap persiapan

Tahap persiapan yang dilakukan sebelum melaksanakan penelitian adalah sebagai berikut.

##### a. Sterilisasi Alat dan Bahan

Langkah awal yang dilakukan adalah mensterilkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Sterilisasi alat ini bertujuan agar alat dan bahan yang digunakan terbebas dari sisa-sisa bahan kimia dan mikroorganisme lainnya. Proses sterilisasi alat dalam membersihkan alat-alat penelitian menggunakan sabun dan dicuci hingga bersih.

##### b. Persiapan Larva Uji

Persiapan larva uji ini dilakukan kegiatan pemeliharaan larva nyamuk. Larva yang didapatkan disimpan di dalam bak yang telah ditutup dengan kain kasa. Larva-larva tersebut diberi pakan ikan. Takari secukupnya yang disebar ke dalam bak tempat menampung larva. Setiap harinya dilakukan pengamatan terhadap larva-larva di dalam bak. Apabila terdapat larva yang telah menjadi

pupa, maka pupa tersebut langsung dimasukkan ke dalam alkohol agar tidak menjadi nyamuk. Larva-larva tersebut dipelihara sampai menjadi larva instar III akhir hingga instar IV awal yang merupakan larva yang akan digunakan untuk uji pendahuluan dan uji akhir. Larva yang digunakan dalam penelitian adalah larva yang sehat dan lincah yang dipilih secara homogen.

**c. Pembuatan Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.), Biji Pepaya (*Carica papaya* L.), dan Biji Srikaya (*Annona squamosa* L.)**

Proses pembuatan ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.), biji pepaya (*Carica papaya* L.), dan biji srikaya (*Annona squamosa* L.) membutuhkan alat dan bahan yang tercantum pada Tabel berikut.

| Alat                | Bahan          |
|---------------------|----------------|
| Timbangan           | Daun sirih     |
| Nampan              | Biji pepaya    |
| Oven                | Biji Srikaya   |
| Alat selep/ blender | Etanol 96%     |
| Toples kaca         | Kertas saring  |
| Corong buchner      | Alumunium foil |
| Pengaduk            |                |
| Rotary evaporatory  |                |
| Gelas beker 100 ml  |                |
| Pisau               |                |

Langkah-langkah dalam pembuatan ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.), biji pepaya (*Carica papaya* L.), maupun biji srikaya (*Annona squamosa* L.) kurang lebih sama, yaitu sebagai berikut.

- 1) Mengumpulkan daun sirih, biji pepaya, maupun biji srikaya yang kemudian masing-masing dipilih sesuai kriteria. Setelah itu ditimbang dan dicuci bersih. Daun sirih yang telah dipilih tersebut dicacah dan kemudian dikeringanginkan. Sedangkan biji yang telah dipilih dan dicuci bersih langsung dikeringanginkan.

- 2) Mengeringkan daun sirih, biji pepaya, maupun biji srikaya hingga benar-benar kering (tidak adanya kandungan air), kurang lebih selama 7 hari dan ditimbang kembali. Kemudian daun maupun biji tersebut di oven pada suhu 45<sup>0</sup>C selama ±4 jam. Kemudian ditimbang berat setelah proses pengovenan.
- 3) Menghaluskan daun sirih, biji pepaya, maupun biji srikaya yang telah melalui proses pengovenan dengan menggunakan blender hingga menjadi serbuk.
- 4) Menimbang serbuk daun maupun biji sebanyak 150 gram. Kemudian dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer dan ditambahkan etanol 96 % sebanyak 600 ml. Kemudian diaduk hingga homogen dan ditutup menggunakan alumunium foil.
- 5) Serbuk daun sirih, biji papaya, maupun biji srikaya direndam menggunakan etanol 96% selama 3 hari untuk di maserasi.
- 6) Setelah 3 hari, menyaring rendaman tersebut menggunakan corong yang telah diberi kertas saring untuk memisahkan endapan dan cairan.
- 7) Menguapkan etanol yang terkandung di dalam hasil saringan menggunakan alat yang disebut *Rotary evaporatory* sehingga didapatkan ekstrak daun sirih, biji pepaya, maupun biji srikaya murni. Proses penguapan ini menggunakan suhu 50<sup>0</sup>C dengan kecepatan 90 rpm (*Revolusi Per Menit*) selama 3 jam.
- 8) Memindahkan ekstrak murni ke dalam gelas beker 100 ml dan ditutup menggunakan alumunium foil.
- 9) Menyimpan ekstrak ke dalam lemari es agar tetap dalam kondisi baik.

Dalam menggunakan ekstrak, yang dilakukan hanya mengambil masing-masing ekstrak kental daun sirih, biji pepaya, maupun biji srikaya sebanyak 1 gram untuk membuat stok 1000 ppm. Kemudian mengencerkan ekstrak daun sirih, biji pepaya, maupun biji srikaya tersebut menggunakan aquades, sebagai pengemulsi digunakan tween 80% satu tetes hingga ekstrak kental benar-benar larut.

Berikut merupakan Skema kerja pembuatan ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.), biji pepaya (*Carica papaya* L.), maupun biji srikaya (*Annona squamosa* L.).

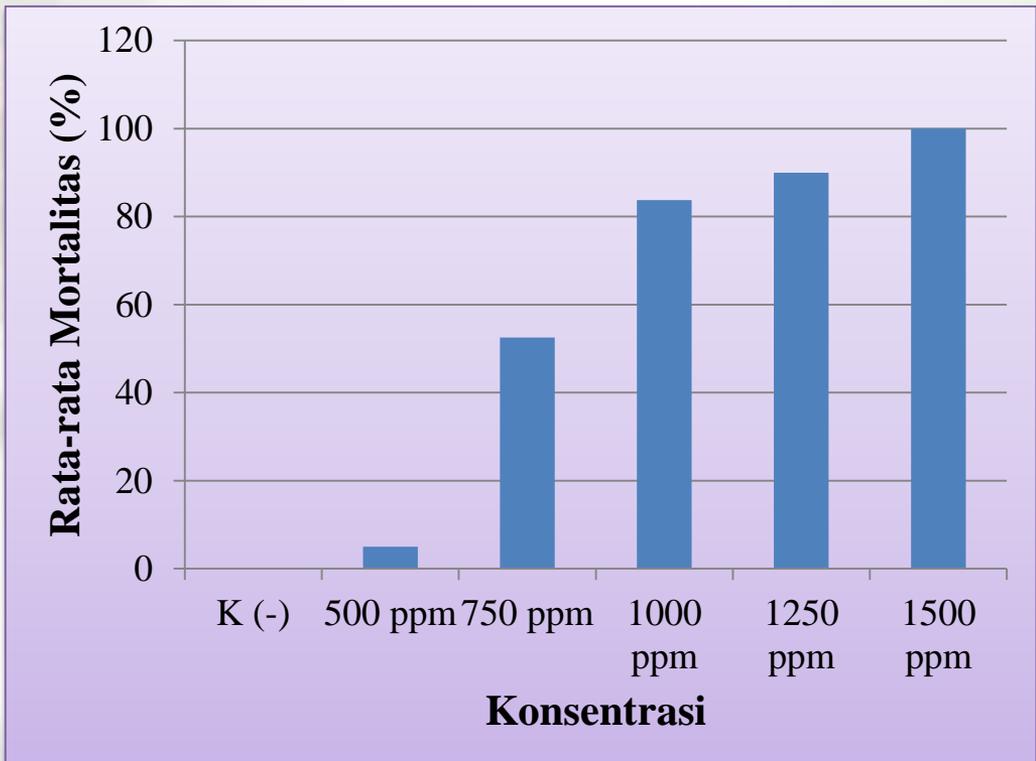


Gambar 16. Skema Pembuatan Ekstrak

## 6.2 Data

Penelitian biopestisida pembasmi larva nyamuk *Aedes aegypti* L. dari ekstrak tanaman (ekstrak daun sirih, ekstrak biji papaya, dan ekstrak biji srikaya).

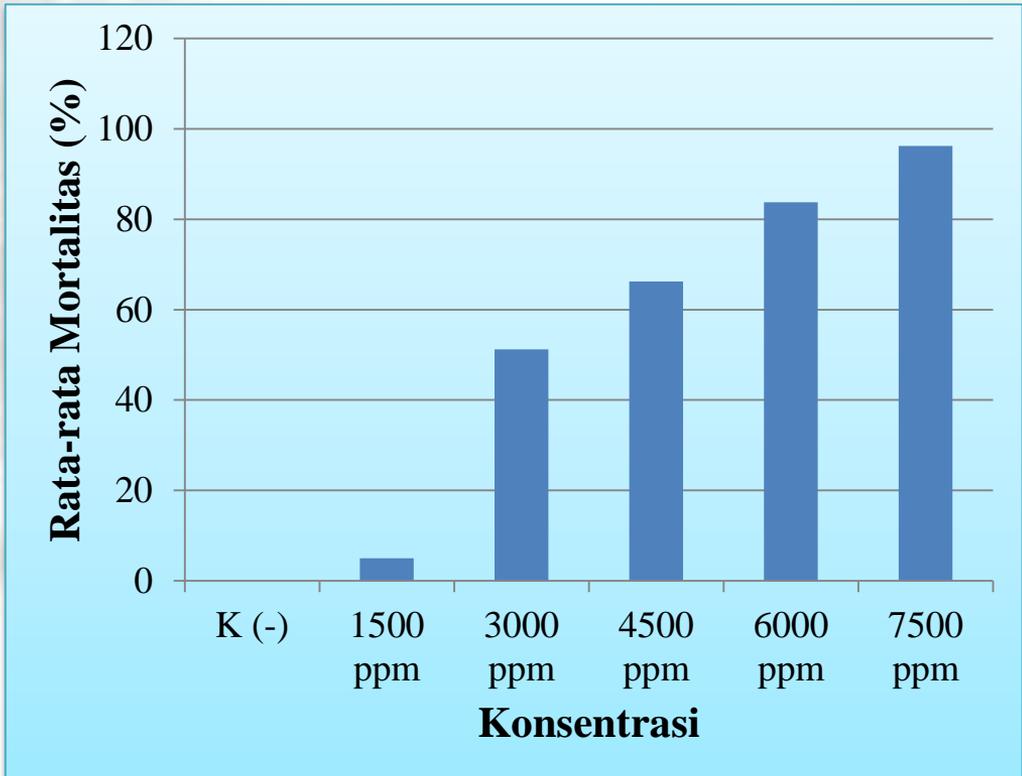
6.2.1 Hasil penelitian menggunakan ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.)



Gambar 17. Histogram Antara Konsentrasi Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) dengan Rata-rata Mortalitas (%) Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. dalam Waktu Dedah 24 jam

Berdasarkan histogram di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin besar nilai rata-rata mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L.

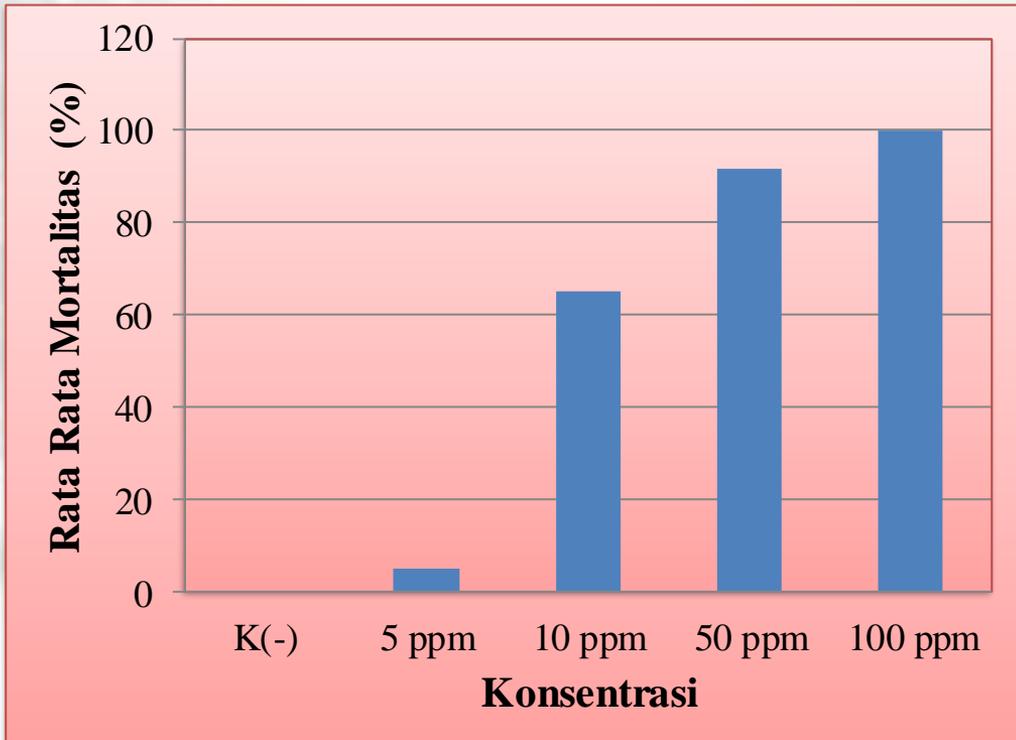
6.2.2 Hasil penelitian menggunakan ekstrak biji pepaya (*Carica papaya* L.)



Gambar 18. Histogram Antara Konsentrasi Ekstrak Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) dengan Rerata Mortalitas (%) Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. dalam Waktu Dedah 24 jam

Berdasarkan histogram di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin besar nilai rata-rata mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L.

### 6.2.3 Hasil penelitian menggunakan ekstrak biji srikaya (*Annona squamosa* L.)



Gambar 19. Histogram Antara Konsentrasi Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa* L.) dengan Rerata Mortalitas (%) Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. dalam Waktu Dedah 24 jam

Berdasarkan histogram di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin besar nilai rata-rata mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L.

### 6.3 Analisis Data

Untuk mengetahui besar nilai *Lethal Concentration* (LC50) toksisitas ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L., toksisitas ekstrak biji pepaya (*Carica papaya*

L.) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L. dan toksisitas ekstrak biji srikaya (*Annona squamosa* L.) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L. dianalisis menggunakan analisis Probit. Berikut hasil analisis data pada masing-masing perlakuan.

Tabel Analisis Probit

| Perlakuan            | Mortalitas (%) | Konsentrasi (ppm) | Batas Bawah | Batas Atas |
|----------------------|----------------|-------------------|-------------|------------|
| Ekstrak Daun Sirih   | 50             | 799,759           | 753,770     | 842,687    |
| Ekstrak Biji Pepaya  | 50             | 3690,93           | 3366,33     | 3992,93    |
| Ekstrak Biji Srikaya | 50             | 6,25242           | 0,234453    | 6,69003    |

Berdasarkan hasil analisis probit pada Tabel di atas diketahui bahwa nilai LC50 dengan masa waktu 24 jam terhadap ekstrak daun sirih sebesar 799,759 ppm, dengan batas bawah sebesar 753,770 ppm dan batas atas sebesar 842,687 ppm. Nilai LC50 dengan masa waktu 24 jam terhadap biji pepaya sebesar 3690,93 ppm, dengan batas bawah sebesar 3366,33 ppm dan batas atas sebesar 3992,93 ppm, sedangkan Nilai LC50 dengan masa waktu 24 jam terhadap biji srikaya sebesar 6,25242 ppm, dengan batas bawah sebesar 0,234453 dan batas atas sebesar 6,69003. Dimana batas bawah adalah konsentrasi terendah campuran ekstrak daun sirih dan biji srikaya yang dapat mematikan larva uji sebesar 50 %, sedangkan yang dimaksud batas atas adalah konsentrasi tertinggi campuran ekstrak daun sirih dan biji srikaya yang dapat mematikan larva uji sebesar 50 % dalam waktu 24 jam.

## 6.4 Pembahasan

Penggunaan bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pengganti penggunaan insektisida kimia (sintetik) seperti abate, yang sering disebut biopestisida (insektisida botani). Biopestisida mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, terpenoid, fenolik dan zat-zat kimia sekunder lainnya yang dapat berpengaruh terhadap sistem saraf atau otot, keseimbangan hormon, reproduksi, perilaku seperti penolak, penarik, anti-makan (*anti-feeding*) dan sistem pernafasan (Setyawaty, 2002, dalam Handayani, *et. al.*, 2013).

### 6.4.1 Potensi Daun Sirih sebagai Biopestisida

Daun sirih (*Piper betle* L) mengandung minyak atsiri yang terdiri dari *betlephenol*, hidroksikavikol, kavikol, kavibetol, *cyneole*, estragol, eugenol, metileugenol, karvakrol, terpinen, siskuitерpen, fenilpropan, saponin, tanin, diastase, dan alkaloid (Hermawan, 2007 dalam Kaihena *et. al.*, 2011: 99).

Senyawa alkaloid merupakan senyawa yang bekerja pada susunan syaraf pusat. Alkaloid yang terdapat di dalam daun sirih (*Piper betle* L.) adalah *arecoline*. *Arecoline* bersifat racun dan merangsang aksi saraf parasimpatik. *Arecoline* juga bersifat nitrogenous pada makanan sehingga dapat mempengaruhi membran peritrofik serangga dan bekerja sebagai astringen. Sebagai astringen, zat ini mengeraskan membran mukosa pada lambung. *Arecoline* yang masuk ke dalam sistem pencernaan nyamuk akan melewati membran peritrofik yang tersusun atas sel epitelium. Sel-sel epitelium yang terdapat pada membran peritrofik nyamuk terdiri dari lipid dan protein, apabila racun yang disebabkan *Arecoline* masuk maka akan menyebabkan terganggunya transportasi zat sehingga menyebabkan terganggunya proses metabolisme pada tubuh nyamuk.

Selain terdapat *arecoline*, di dalam daun sirih juga terkandung minyak atsiri. Minyak atsiri yang dipakai akan menguap ke udara.

Aroma dari minyak atsiri ini akan terdeteksi oleh reseptor kimia (*chemoreceptor*) yang terdapat pada antena nyamuk dan diteruskan ke impuls saraf. Nyamuk *Aedes aegypti* ini tidak menyukai aroma dari minyak atsiri, sehingga nyamuk akan mengekspresikan untuk menjauhi sumber dari aroma tersebut. Namun dalam penelitian ini ruang gerak larva nyamuk dibatasi, sehingga larva tersebut tetap akan menghirup aroma dari minyak atsiri yang terkandung di dalam daun sirih tersebut, sehingga aroma dari minyak atsiri tersebut menjadi racun pernapasan bagi larva nyamuk. Racun pernapasan tersebut akan menghalangi terjadinya respirasi tingkat seluler dalam tubuh serangga dan mengakibatkan enzim-enzim tertentu menjadi tidak aktif. Minyak atsiri tersebut akan masuk ke dalam sistem pernafasan serangga hingga ke sel tubuh serangga sehingga menyebabkan terganggunya aktivitas di dalam mitokondria.

Selain minyak atsiri, juga terdapat senyawa aktif yaitu saponin. Bagaimana saponin bekerja? Saponin yang terkandung di dalam daun sirih (*Piper betle* L.) tersebut diduga mampu berdifusi ke dalam lapisan kutikula terluar melalui lapisan yang lebih dalam menuju hemolimfa dan disebarkan ke seluruh bagian tubuh larva. Masuknya senyawa tersebut ke dalam tubuh larva melalui kutikula dapat berlangsung melalui dua arah yaitu secara vertikal dan horizontal. Apabila secara vertikal, senyawa tersebut masuk ke bagian terluar lapisan kutikula hingga menuju hemolimfa, sedangkan secara horizontal senyawa tersebut masuk ke sepanjang lapisan kutikula kemudian masuk ke dalam tubuh melalui trakea yang langsung berhubungan dengan jaringan tubuh larva. Hal ini sesuai dengan pendapat Jumar (2000) yang menyatakan bahwa senyawa metabolit sekunder dapat diserap masuk secara selektif kedalam tubuh serangga karena tertelan ataupun dapat melalui membran seluler (kutikula) menyebabkan perubahan permeabilitas sel secara internal maupun internal.

#### 6.4.2 Potensi Biji Pepaya sebagai Biopestisida

Selain senyawa-senyawa yang terdapat di dalam daun sirih, senyawa-senyawa aktif yang ada di dalam biji pepaya juga sangat berpengaruh terhadap kematian larva. Biji pepaya (*Carica papaya* L.) mengandung *glucoside caricin* dan karpain yang merupakan salah satu alkaloid yang terkandung di dalam pepaya. Alkaloid karpain bersifat toksik dan menimbulkan reaksi kimia dalam proses metabolisme tubuh yang dapat menyebabkan terhambatnya hormon pertumbuhan sehingga larva tidak dapat melakukan metamorfosis secara sempurna, bahkan mengakibatkan kematian. Menurut Kaihena *et al.* (2011), alkaloid tersebut menyebabkan ketidakcocokan senyawa kimia pekat pada serangga sehingga menghambat aktivitas makan. Selain itu alkaloid ini dapat memperlihatkan aktivitas paralitik yang menyebabkan lumpuh pada larva nyamuk, menyebabkan terganggunya sistem saraf pusat, produksi feses, serta produksi urin.

Pada sistem saraf serangga antara sel saraf dengan sel otot terdapat celah yang disebut sinapse. Enzim asetilkolin yang dibentuk oleh sistem saraf pusat berfungsi untuk menghantar impuls dari sel saraf ke sel otot melalui sinapse. Setelah impuls diantarkan ke sel-sel otot, proses penghantaran impuls tersebut dihentikan oleh enzim asetilkolinesterase (AchE) yang menyebabkan sinapse menjadi kosong lagi sehingga penghantaran impuls berikutnya dapat dilakukan. Enzim asetilkolinesterase berfungsi untuk memecahkan asetilkolin menjadi kolin, asam asetat dan air (Untung, 1996, dalam Kaihena *et. al.*, 2011: 102). Alkaloid yang berlebihan diduga dapat menghambat kerja enzim AchE yang mengakibatkan terjadinya penumpukan asetilkolin, sehingga menyebabkan kekacauan pada sistem penghantar impuls ke sel-sel otot. Hal ini mengakibatkan impuls-impuls berikutnya tidak dapat diteruskan ke otak, sehingga larva mengalami kejang secara terus-menerus dan akhirnya mengalami kelumpuhan bahkan kematian.

### 6.4.3 Potensi Biji Srikaya sebagai Biopestisida

Selain daun sirih dan biji pepaya yang dapat digunakan sebagai biopestisida, biji srikaya juga berpotensi menjadi salah satu bahan yang digunakan untuk biopestisida.

Pada biji srikaya terkandung senyawa golongan asetogenin (annonain dan squamosin). Efek racun kontak biji srikaya terlihat dari gejala klinis yang timbul pada larva yaitu gerakannya menjadi lamban, tubuh mengkerut dan akhirnya mati. Gejala-gejala tersebut mengindikasikan bahwa larva kehabisan energi (ATP) (Wardhana *et al.*, 2005). Annonain dan skuamosin terbukti mampu menghambat transfer elektron pada situs I dengan cara menghalangi ikatan antara NADH dengan ubiquinon dalam rantai transfer elektron pada proses respirasi sel yang mengakibatkan proses pembentukan energi metabolik terhambat. Hal ini didukung oleh Marianti (2014) yang menyatakan bahwa golongan asetogenin mampu menghambat sintesis ATP di dalam mitokondria.

Penyerapan insektisida racun kontak sebagian besar terjadi pada kutikula. Senyawa aktif akan berpenetrasi ke dalam tubuh serangga melalui bagian yang dilapisi oleh kutikula yang tipis, seperti selaput antar ruas, selaput persendian pada pangkal embelan dan kemoreseptor pada tarsus (Priyono, 1994). Annonain dan skuamosin diduga mampu berdifusi dari lapisan kutikula terluar melalui lapisan yang lebih dalam menuju hemolimfa, mengikuti aliran hemolimfa dan disebarkan ke seluruh bagian tubuh larva (Wardhana *et al.*, 2005).

Golongan asetogenin (annonain dan squamosin) memiliki mekanisme kerja yang hampir sama dengan senyawa rotenon (derivat flavonoid) yang bekerja sebagai racun kontak dan racun perut. Annonain dan squamosin bersifat sitotoksik dan mampu menyerang respirasi sel serangga. Kedua senyawa tersebut berperan sebagai racun perut yang dapat bekerja melalui mesenteron (saluran cerna bagian tengah), dimana senyawa tersebut akan terserap dalam dinding mesenteron yang tersusun atas sel-sel epitelium yang terdiri

atas senyawa lipida dan protein bersifat lipofilik. Sel-sel epitelium tersebut akan rusak bahkan mengalami kematian sel. Akibat adanya kematian sel pada mesenteron menyebabkan terhambatnya aktivitas makan larva nyamuk *Aedes aegypti* L. sehingga larva tidak nafsu makan dan pada akhirnya mati karena kekurangan energi (Taslimah, 2014).

Senyawa toksik biji srikaya bersifat sitotoksik dan neurotoksik sehingga menimbulkan kematian sel. Apabila senyawa ini kontak atau masuk ke dalam tubuh maka akan menghalangi ikatan enzim NADH . Penyerapan insektisida yang mempunyai efek racun perut sebagian besar berlangsung dalam mesenteron (saluran pencernaan bagian tengah). Dinding mesenteron tersusun dari sel-sel epitelium yang terdiri dari dua lapis, yaitu senyawa lipida dan protein yang tersebar pada bagian-bagian tertentu dari lapisan lipida tersebut. Secara keseluruhan, selaput sel ini bersifat lipofilik (PRIJONO, 1988).

## 6.5 Kesimpulan

Berdasarkan uraian mengenai daun sirih (*Piper betle* L. ), biji pepaya (*Carica papaya* L.), dan biji srikaya (*Annona squamosa* L.) tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa daun sirih (*Piper betle* L. ), biji pepaya (*Carica papaya* L.), dan biji srikaya (*Annona squamosa* L.) dapat digunakan sebagai bahan dasar biopestisida untuk mengendalikan siklus hidup nyamuk *Aedes aegypti* L. yang merupakan vektor penyakit Demam Berdarah Dengue.

## DAFTAR PUSTAKA

- Admin. 2013. Morfologi dan Kandungan Daun Sirih. [serial online]. <http://www.korantansel.com/2013/04/morfologi-dan-kandungan-daun-sirih.html>. [29 Februari 2016].
- Andareto, O. 2015. *Apotik Herbal Di Sekitar Anda*. Jakarta: Pustaka Ilmu Semesta.
- Aulung, A., Christiani, dan Ciptaningsih. 2010. Daya Larvasida Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti* L. *Jurnal Kedokteran FK UKI*. 1 (28).
- Borrer, D.J, Charles, A.T, Norman, F.J. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga Edisi VI*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Brown, H.W. 1979. *Dasar Parasitologi Klinis Edisi Ketiga*. Jakarta: Gramedia.
- Cania, E. dan Setyaningrum, E. 2013. Uji Efektivitas Larvasida Ekstrak Daun Legundi (*Vitex trifolia*) Terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Medical Journal of Lampung University*. 4 (2): 53.
- Dewi, I.R.A. 2007. *Prospek Insektisida yang Berasal dari Tumbuhan untuk Menanggulangi Organisme Pengganggu Tanaman*. Bandung: Ilmu Tanaman/Ekofisiologi Tanaman UNPAD.
- Depkes RI. 2007. Modul Pelatihan bagi Pengelolaan program Pengendalian Penyakit Demam Berdarah Dengue di Indonesia.
- Depkes RI. 2015. Kemenkes Terima Laporan Peningkatan Kasus DBD di Jawa Timur. [serial online]. <http://www.depkes.go.id/pdf.php?id=15013000002>. [13 Januari 2016].
- Departemen Medical Entomology. 2002. Mosquitos Photographs. [serial online]. <http://medent.usyd.edu.au/arbovirus/mosquito/photos/mosquitophotos.htm>. [29 Februari 2016].
- Fitrianingsih, R. 2012. Nyamuk *Aedes aegypti*. [serial online]. <http://rinifitrianingsih.blogspot.co.id/2012/12/nyamuk-aedes-aegypti.html>. [29 Februari 2016].

- Global Pest. 2013. Pengetahuan Dasar tentang Hama Nyamuk. [serial online]. <http://globalpest.id.com/layanan-jasa-penang-gulanganhama/pestcontrol/pembasminyamuk-dbd>. [29 Februari 2016].
- Hadi, H.M., U. Tarwotjo dan R. Rahadjan. 2009. *Biologi Insekta Entomologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Handayani, L dan Maryani, H. 2002. *Mengatasi Penyakit pada Anak dengan Ramuan Tradisional*. Depok: Agromedia Pustaka.
- Handayani, Ishak, H., dan Anwar. 2013. Efektivitas Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) sebagai Bioinsektisida terhadap Kematian Nyamuk *Aedes aegypti*. [serial online]. <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/5819/JURNAL%20HANDAYANI.pdf>. [31 Mei 2016].
- Hermianto, Wiharsi, T. Sumarsono. 2004. Potensi Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa*) Untuk Mengendalikan Ulat Krop Kubis *Crociodomia pavonana*. *Agrosains*. 6(1): 31-35
- ITIS. 2011. *Carica papaya* L. [serial online]. <http://www.itis.gov/>. [13 Januari 2016].
- ITIS. 2011. *Piper betle* L. [serial online]. <http://www.itis.gov/>. [13 Januari 2016].
- ITIS. 2003. *Aedes aegypti* L. [serial online]. <http://www.itis.gov/>. [13 Januari 2016].
- Kaihena, M., Lalihatu, V., dan Nindatu, M. 2011. Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Sirih (*Piper betle* L.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Anopheles* sp. dan *Culex* sp. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 4 (1) : 89.
- Kalie, B. 2008. *Bertanam Pepaya Edisi Revisi*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kardinan, A. 2004. *Tanaman Pengusir dan Pembasmi Nyamuk*. Bogor: Agromedia Pustaka.
- Marianti. 2014. *Pengaruh granul ekstrak daun sirih (Piper betle linn) Terhadap Mortalitas Larva Aedes aegypti*. <https://>

- [www.scribd.com/doc/250234949/marianti-01-211-6443](http://www.scribd.com/doc/250234949/marianti-01-211-6443) [22 Februari 2015].
- Mulyani, M., B. Arifin, dan H. Nurdin. 2013. Uji Antioksidan dan Isolasi Senyawa Metabolit Sekunder Dari Daun Srikaya (*Annona squamosa*). *Jurnal Kimia Unand*. 2(1).
- Mulyatno. 2011. *Keracunan Akut Pestisida*, Jakarta: Widya Medika.
- Muhlisah, F. 2002. *Tanaman Obat Keluarga*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nurdian, Y. 2003. *Diklat Entomologi Kedokteran Aspek Hospes, Ages, Vektor, dan Lingkungan pada Infeksi Virus Dengue*. Jember: Laboratorium Parasitologi Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Jember.
- Nuswamarhaeni, S., Prihatini, D., dan Pohan, E.P. 1999. *Mengenal Buah Unggul di Indonesia*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Orwa et all . 2009. *Annona squamosa* L. Agroforestry Database 4.0.
- Palgunadi, B.U & Asih, R. 2011. *Aedes aegypti* Sebagai Vektor Penyakit Demam Berdarah Dengue. *Jurnal*. 2(1).
- PBN. 2014. Pohon Buah Nursery Srikaya New Varietas. <http://www.pohonbuahnursery.com/2014/05/.html>. [09 agustus 2016].
- Prijono D. 1999. *Prospek dan strategi pemanfaatan insektisida alami dalam PHT*. Di dalam: Nugroho BW, Dadang, Prijono D, penyunting. *Bahan Pelatihan Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami*. Bogor: Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu Institut Pertanian Bogor.
- Rachmi dan Masnilah. 1998. *Pemanfaatan Ekstrak Daun Sirih, Mimba, dan Saga sebagai Fungisida Nabati untuk Mengendalikan *Phytophthora palmivora* Pada Kakao*. Jember: Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Ridhia, S. Ibrahim, dan M. Efdi. 2013. Isolasi Dan Karakterisasi Triterpenoid Dari Fraksi N-Heksan Pada Kulit Batang Srikaya (*Annona squamosa*). *Jurnal Kimia Unan*. 2(1)
- Satria, W., H. Prasetyowati. 2012. Daya Larvasida Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa*) Dengan Rentang Waktu

- Penyimpanan Yang Berbeda Terhadap Larva *Culex quinquefasciatus*. *Aspirator*. 4(1).
- Soegijanto, S. 2004. *Demam Berdarah Dengue*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Suroso. 1999. *Demam Berdarah Dengue*. Jakarta: UI-Press.
- Sutopo, Gun. 2013. Budidaya Pepaya sebagai Banker Tanaman Buah Tahunan. [serial online]. <http://pertaniansehat.com/read/2013/04/17/budidaya-pepaya-sebagai-banker-tanaman-buah-tahunan.html>. [7 Maret 2016].
- Syarifah, U. 2007. Analisis Beberapa Faktor yang Berhubungan dengan Keberadaan Jentik di RW iii Kelurahan Tlogosari Kulon Kecamatan Pendurungan Kota Semarang Tahun 2007. [serial online]. <http://digilib.unnes.ac.id/gsdcollects/kripsiindexassocHASHd06923ccdb8a.pdf>. [12 Januari 2016].
- Syukur, C. dan Hernani. 2002. *Budidaya Tanaman Obat Komersial*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Taslimah. 2014. Uji Efikasi Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa*) Sebagai Bioinsektisida Dalam Upaya Integrated Vector Management Terhadap *Aedes aegypti*. S1. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Thamrin, dkk. 2004. *Potensi Ekstrak Flora Lahan Rawa Sebagai Pestisida Nabati*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- Utomo, M. dkk. 2011. Daya Bunuh Bahan Nabati Serbuk Biji Papaya Terhadap Kematian Larva *Aedes aegypti* Isolat Laboratorium B2P2VRP Salatiga. *Jurnal Unimus*: 152-153.
- Wahyuni, D. 1998. *Perbedaan Toksisitas Isolat Bacillus thuringiensis dengna Isolat Pumillus terhadap Larva Nyamuk Aedes aegypti dalam Kondisi Laboratorium*. Jember: Lemlit Universitas Jember.
- Wudianto, R. 1990. *Petunjuk Penggunaan Pestisida*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Yunita, E. 2009. *Pengaruh Ekstrak Daun Teklan (Eupatorium riparium) Terhadap Mortalitas Dan Perkembangan Larva Aedes aegypti*. Semarang: UNDIP Press.

## Glosarium

- Acetogenins : Senyawa fitokimia terpenting yang terdapat pada tanaman sirsak. Senyawa ini bersifat sitotoksik yang secara spesifik ditemukan pada tanaman dari keluarga annonaceae.
- Alkaloid : Kelompok senyawa organik bersifat basa yang mengandung nitrogen, diperoleh dari tumbuhan dan hewan, banyak berkhasiat sebagai obat.
- Biopestisida : Bahan yang berasal dari alam, seperti tumbuh-tumbuhan yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman atau juga disebut dengan pestisida hayati.
- Ekologi : Ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungannya dan yang lainnya
- Ekstrak : Sediaan pekat yang diperoleh dengan menyari senyawa aktif dari simplisia (bahan) nabati atau hewani menggunakan pelarut yang sesuai.
- Enzim : Biomolekul berupa protein yang berfungsi sebagai katalis (senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi) dalam suatu reaksi kimia organik.

|             |  |
|-------------|--|
| Epitelium   | : Jaringan biologis yang terdiri dari banyak sel yang membentuk rongga-rongga terstruktur. Banyak kelenjar terbentuk dari jaringan ini.      |
| Fisiologis  | : Salah satu dari cabang-cabang biologi yang mempelajari berlangsungnya sistem kehidupan.  |
| Flavonoid   | : Suatu kelompok senyawa fenol yang terbesar yang ditemukan di alam dan terkandung pada tumbuhan, baik di daun, batanng, bunga, maupun buah. |
| Glikosida   | : Senyawa asal gula dengan zat yang dapat terhidrolisis menjadi penyusunnya.   |
| Hemolimfa   | : Darah serangga yang bercampur dengan cairan tubuh.   |
| Insektisida | : Senyawa kimia yang digunakan untuk membunuh serangga (biasanya dengan mengusapkan atau menyemprotkannya); obat pembunuh serangga.          |
| Instar      | : Tahap perkembangan pada larva nyamuk.  |
| Karpain     | : Derivate alkaloid  |
| Karpel      | : Bagian terdalam dari bunga.  |
| Klasifikasi | : Penyusunan bersistem dalam kelompok atau golongan menurut kaidah atau standar yang ditetapkan.   |

|                      |  |
|----------------------|--|
| Kutikula             | : Lapisan paling luar tubuh atau kulit permukaan.  |
| Lethal Concentration | : Konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50% dari organisme uji yang dapat diestimasi dengan grafik dan perhitungan, pada suatu waktu pengamatan tertentu. |
| Maserasi             | : Pelunakan melalui perendaman dalam cairan.   |
| Metamorphosis        | : Suatu proses perkembangan biologi pada hewan yang melibatkan perubahan penampilan fisik dan/atau struktur setelah kelahiran atau penetasan.                      |
| Mikroorganisme       | : Makhluk hidup yang sangat kecil dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop.  |
| Minyak atsiri        | : Zat cair yang mudah menguap bercampur dengan persenyawa padat yang berbeda dalam hal komposisi.  |
| Residu               | : Sisa pengendapan suatu zat tertentu yang tertinggal dan tidak larut secara keseluruhan.  |
| Resistensi           | : Ketahanan  |
| Respirasi            | : Pengikatan oksigen oleh butir-butir darah melalui permukaan alat pernapasan sekaligus mengeluarkan karbon dioksida.  |



|           |   |
|-----------|---|
| Saponin   | : Zat aktif permukaan yang berasal dari tumbuhan yang larut dalam air yang membentuk larutan mirip sabun.   |
| Tannin    | : Suatu senyawa polifenol yang berasal dari tumbuhan, berasa pahit dan kelat, yang bereaksi dengan dan menggumpalkan protein, atau berbagai senyawa organik lainnya termasuk asam amino dan alkaloid. |
| Terpenoid | : Metabolit sekunder yang merupakan suatu golongan hidrokarbon yang banyak dihasilkan oleh tumbuhan dan terutama terkandung pada getah dan vakuola selnya.  |
| Toksistas | : Kapasitas dari suatu toksikon yang dapat memberi efek negatif bagi lingkungan   |
| Vektor    | : Hewan (serangga dan sebagainya) yang menjadi perantara menularnya (pembawa dan penyebar) penyakit.  |