

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Malaria

Menurut Widoyono (2011), penyakit infeksi malaria dapat ditularkan oleh parasit *Plasmodium* yang hidup kemudian berkembang biak di dalam eritrosit manusia melalui vektor atau perantara gigitan nyamuk *Anopheles* betina yang terinfeksi. *Plasmodium* adalah parasite dari genus Protozoa penyebab malaria.

Lima jenis *Plasmodium* yang dapat menyebabkan penyakit malaria pada manusia, menurut *World Health Organisation* (WHO), adalah sebagai berikut: *Plasmodium vivax*, *Plasmodium knowlesi*, *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium ovale*, dan *Plasmodium malariae*. Menurut Mahmud (2017), parasit *Plasmodium* penyebab penyakit malaria menyerang eritrosit dan sel hati pada manusia. Di daerah endemik, tidak jarang individu yang sama terinfeksi beberapa spesies parasit malaria. Infeksi yang paling umum disebabkan oleh kombinasi *Plasmodium falciparum* dan *vivax* (Gosh, 2018).

a. Gejala Klinis

Demam lebih dari dua hari, menggil, dan berkeringat adalah keluhan utama yang sering kali muncul pada penderita malaria. Gejala klasik ini biasa disebut “Trias Malaria”:

1) Periode Dingin

Penderita sering membungkus diri dengan selimut atau sarung karena tubuhnya dingin dan kulitnya kering serta mulai menggigil. Mereka biasanya mengalami getaran seluruh tubuh, gigi gemertak dan penampilan pucat sampai sinoasis seperti orang kedinginan. Temperatur tubuh mulai naik setelah periode ini berlangsung 15 menit sampai 1 jam.

2) Periode Panas

Pasien cenderung membuka selimutnya, rona wajah kemerahan, kulit tubuh kering, denyut nadi cepat, suhu tubuh panas yang bisa mencapai

40 °C atau lebih, peningkatan pernapasan, sakit kepala, nyeri retro-orbital, muntah, dan syok (penurunan tensi darah). Berpotensi menimbulkan kejang sampai delirium pada anak-anak. Fase ini berlangsung berlangsung hingga 2 jam lebih lama dari fase dingin diikuti tubuh berpeluh keringat.

3) Periode Berkeringat

Penderitanya berkeringat deras mulai dari daerah temporal dan berlanjut ke seluruh tubuh hingga menjadi basah. Penderita juga mengalami penurunan suhu, merasa lelah, dan sering tertidur. Pasien akan merasa sehat dan dapat bekerja secara normal jika dia bangun. (Gunawan dkk., 2012)

b. Diagnosis Laboratorium

Pemeriksaan mikroskopis pada sediaan darah tipis dan tebal merupakan *gold standar* dari diagnosis penyakit malaria. Parasit dapat diidentifikasi dan ditentukan spesiesnya dengan melihat morfologinya pada apusan tipis. Sebaliknya, ketika parasitemia rendah, apusan darah tebal digunakan untuk mendeteksi parasit malaria karena lebih sensitive (Mahmud, 2017).

Pemeriksaan sediaan darah tebal dan tipis di rumah sakit, puskesmas, atau lapangan untuk mengetahui spesies, stadium *Plasmodium*, dan ada atau tidaknya parasit malaria (positif atau negative). Cara berikut dapat digunakan untuk menentukan kepadatan parasit (Ompusunggu, 2019):

1) Metode Semi-kuantitatif atau Sistem Plus

- (-) = 0 parasit dalam 100 LP
- (+) = per 100 LP terdapat 1-10 parasit
- (++) = per 100 LP terdapat 11-100 parasit
- (+++)= per 1 LP terdapat 1-10 parasit
- (++++)= per 1 LP terdapat >10 parasit (Irianto, 2013)

2) Metode Kuantitatif

Jumlah parasit dihitung per microliter darah pada sediaan darah tebal (leukosit) atau sediaan darah tipis (eritrosit). Jika dalam 200 leukosit ditemukan lebih dari 100 parasit atau lebih, catat hasilnya per 200 leukosit. Namun, jika dari 200 leukosit hanya ditemukan <99 parasit, lanjutkan sampai jumlah 500 leukosit, hasilnya dicatat per 500 leukosit. Jumlah gametosit dan tahap aseksual dihitung terpisah. Jadi jumlah parasite dalam

1 µl darah (Direktorat Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, 2017):

$$\text{Parasit}/\mu\text{l darah} = \frac{\text{jumlah parasit}}{\text{jumlah leukosit}} \times 8000$$

Pada perhitungan sediaan darah tipis, jumlah eritrosit dihitung terlebih dahulu perlapangan pandang mikroskop. Selain itu, perlu diketahui jumlah eritrosit total:

- 1) 4.500.000 eritrosit/µl darah (wanita) atau
- 2) 5.000.000 eritrosit/µl darah (pria) (Ompusunggu, 2019):

$$\text{Parasit}/\mu\text{l darah} = \frac{\text{jumlah parasit}}{\text{jumlah eritrosit}} \times 4.500.000$$

c. Cara Penularan

Sporozoit merupakan bentuk yang infeksi (menular). Infeksi dapat terjadi melalui dua acara, yaitu (Arsin, 2012):

- 1) Secara alamiah dengan perantara vektor, sporozoite yang masuk ke dalam eritrosit manusia melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina yang infeksi. Mayoritas dari mereka menggigit saat senja dan larut malam, memuncak pada tengah malam menjelang fajar.
- 2) Secara tidak alamiah, seperti malaria bawaan (kongenital), yang menyerang bayi baru lahir yang tertular penyakit dari ibunya yang terinfeksi malaria melalui plasenta atau tali pusat, atau secara mekanik melalui transfusi darah.

d. Masa Inkubasi

Periode antara ditemukannya parasite dengan gigitan nyamuk yang terinfeksi dalam sediaan darah tebal disebut "Periode prepatent" biasanya waktu yang dibutuhkan antara gigitan nyamuk dan munculnya gejala klinis untuk *Plasmodium falciparum* berlangsung sekitar 7-14 hari, untuk *Plasmodium ovale* dan *Plasmodium vivax* 8-14 hari, dan untuk *Plasmodium malariae* 7-30 hari. Diketahui beberapa jenis *Plasmodium vivax* di daerah tropis masa inkubasinya dapat berlangsung lebih lama yaitu 8-10 bulan. Pada infeksi tidak langsung, melalui transfusi darah, masa inkubasinya tergantung dengan jumlah parasite yang menginfeksi dengan waktu paling lama sampai 2 bulan (Kunoli, 2012).

2. *Plasmodium*

Menurut Susana Dewi (2011), terdapat agent penyebab malaria sebanyak empat jenis diantaranya yaitu:

- a. *Plasmodium falciparum* dapat menyebabkan malaria tropika, jenis *Plasmodium* yang dapat mengakibatkan malaria otak yang fatal, gejala serangnya timbul setiap 48 jam (2 hari) sekali.
- b. *Plasmodium vivax* dapat menyebabkan malaria tertiana jenis *Plasmodium* yang dapat mengakibatkan malaria yang sering kambuh, gejala serangnya timbul berselang setiap 72 jam (3 hari) sekali.
- c. *Plasmodium malariae* dapat menyebabkan malaria quartana jenis *Plasmodium* yang dapat menimbulkan yang gejala serangnya timbul berselang setiap empat hari sekali.
- d. *Plasmodium ovale* yang jarang terjadi di masyarakat asia biasanya banyak di Pasifik Barat dan Afrika. Penderita yang terkena *Plasmodium ovale* biasanya teridentifikasi terkena infeksi campuran.

1) Klasifikasi *Plasmodium*

Kingdom : Protozoa
 Filum : Apicomplexa
 Kelas : Sporozoa
 Subkelas : Coccidida
 Ordo : Eucoccidides
 Subordo : Haemosporidiidea
 Family : Plasmodidae
 Genus : Plasmodium
 Spesies : *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* (Sastry, 2014).

2) Siklus Hidup *Plasmodium*

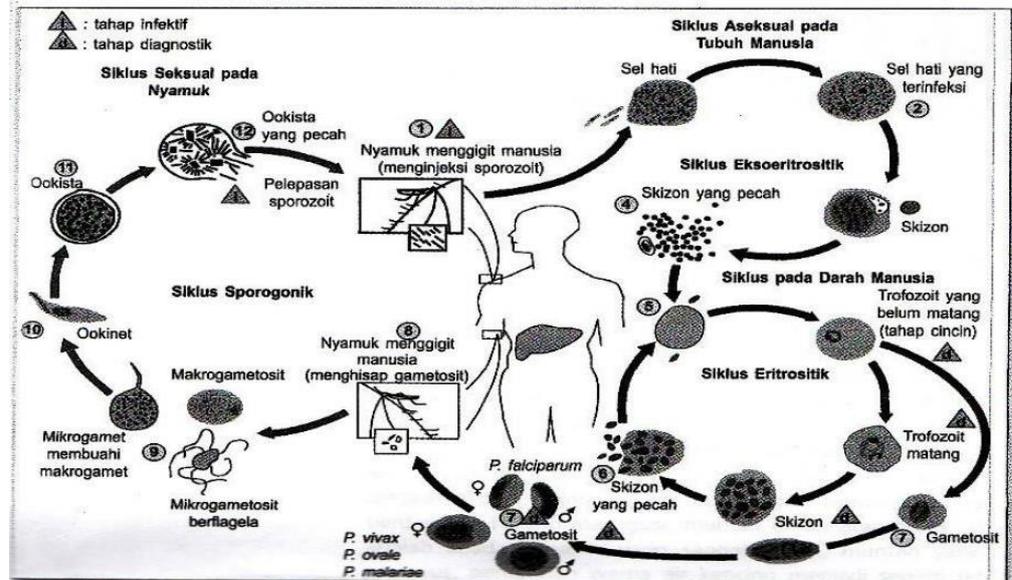
Plasmodium mengalami dua siklus. Pada tubuh manusia terjadi siklus skizogoni (aseksual), sedangkan pada nyamuk terjadi siklus sporogoni (seksual). Siklus skizogoni (aseksual) mempunyai 2 daur, yaitu daur skizogoni eritrosit yang terjadi di dalam darah dan daur skizogoni eksoeritrosit yang terjadi dalam sel parenkim hati atau stadium dengan

skizogoni eksoeritrosit primer setelah sporozoid masuk ke dalam sel hati dan skizogoni eksoeritrosit skunder yang berlangsung dalam hati (Sutanto, 2013).

Siklus sporogoni (seksual) dimulai dengan pembentukan ookinete yaitu bersatunya gamet betina dan jantan di dalam perut nyamuk. Ookinete akan masuk ke dinding lambung dan membentuk kista di selaput luar lambung nyamuk. Proses ini memakan waktu antara 8 hingga 35 hari, tergantung pada jenis parasite dan situasi lingkungannya. Kista akan membentuk ribuan sporozoite di lokasi tersebut, yang kemudian dilepaskan dan menyebar ke seluruh organ tubuh nyamuk, termasuk kelenjar ludahnya. Sporozoit menjadi matang dan siap menularkan ketika nyamuk menggigit manusia (Widoyono, 2011).

Manusia yang terinfeksi akan menunjukkan gejala sesuai dengan daya tahan tubuhnya, jumlah sporozoit, dan kualitas plasmodium. Sporozoit akan memasuki sel hati untuk memulai tahap eksoeritrositik. Sporozoit berkembang menjadi skizon, yang pecah dan melepaskan merozoit jaringan, yang merupakan parasite aseksual. Selanjutnya untuk memulai siklus eritrositik, merozoit akan memasuki aliran darah dan menginfeksi eritrosit. Merozoit yang sudah berada di eritrosit akan berkembang dan mengalami perubahan morfologi: merozoit→bentuk cincin→trofozoit→merozoit (Widoyono, 2011)

Setelah dua sampai tiga hari konversi, antara delapan dan tiga puluh merozoite dilepaskan untuk menyerang eritrosit lainnya. Beberapa merozoite akan tumbuh menjadi gametosit yang akan memulai kembali siklus seksual dan memunculkan makrogamet (betina) dan mikrogamet (jantan). Eritrosit yang terinfeksi sering pecah sehingga menimbulkan gejala klinis. Gametosit dalam darah manusia akan terhisap oleh nyamuk jika menggigit orang yang terinfeksi. Maka dimulailah siklus seksual nyamuk dan proses penularan malaria yang baru (Widoyono, 2011)



Sumber: Widoyono, 2011

Gambar 2.1. Siklus hidup seksual dan aseksual malaria.

3. Nyamuk *Anopheles sp.*

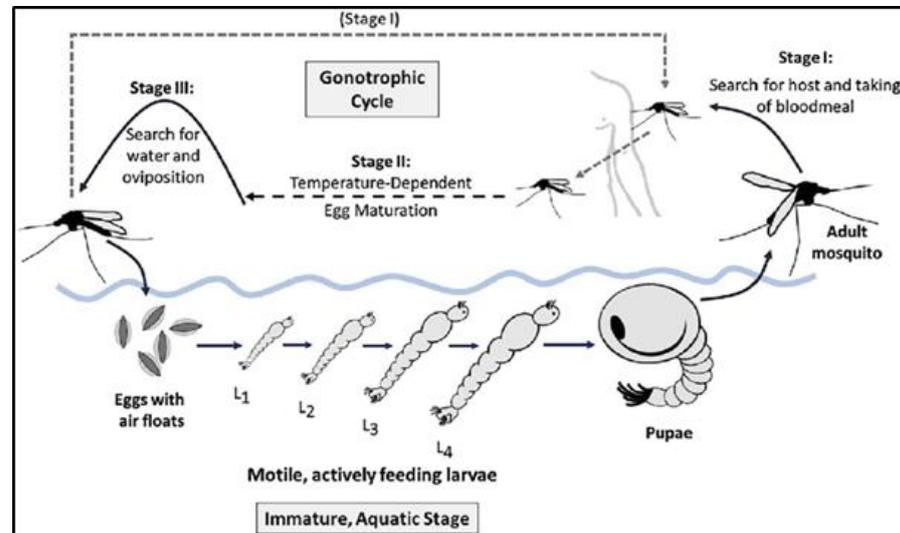
Prabowo (2014) menyatakan bahwa hanya nyamuk betina yang dapat menyebarkan malaria dan setidaknya membutuhkan 1 kali makan darah manusia yang diperlukannya untuk pertumbuhan dan pematangan telurnya. Nyamuk *Anopheles* dapat berkembangbiak di iklim sedang maupun iklim tropis dan subtropis. Selain itu, *Anopheles* lazim terbang pada posisi 2000 meter hingga 2500 meter. Mereka mulai menggigit sejak matahari terbenam pada jam 18.00 hingga fajar dan puncaknya pada malam hari pukul 19.00 hingga 21.00. Jarak terbang nyamuk *Anopheles* cenderung pendek sekitar 0,5 km sampai 3 km dari sarangnya. Bergantung pada spesiesnya, suhu udara, dan banyaknya makanan yang tersedia di alam yang dibutuhkan telur untuk berkembang sebelum menjadi dewasa berkisar antara 2 hingga 5 minggu.

a. Klasifikasi Nyamuk *Anopheles sp.*

Kingdom	: Animalia
Filum	: Artropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Diptera
Family	: Culicidae
Subfamily	: Anophelini

Genus : Anophelini
 Spesies : *Anopheles sp.* (Laode, 2011)

b. Siklus Hidup Nyamuk *Anopheles sp.*



Sumber: Journal of Biological Dynamics, 2019.

Gambar 2.2. Siklus hidup nyamuk *Anopheles sp.*

Sepanjang siklus hidupnya, semua serangga, termasuk nyamuk, memiliki tahapan yang terkadang terlihat sangat berbeda dari satu tingkat ke tingkat berikutnya. Siklus hidup nyamuk *Anopheles* dapat dibagi menjadi dua tingkatan berdasarkan tempat terjadinya, yaitu tingkatan yang terjadi di dalam air dan tingkatan yang terjadi di luar wilayah perairan (darat atau udara) (Sugianto, 2014).

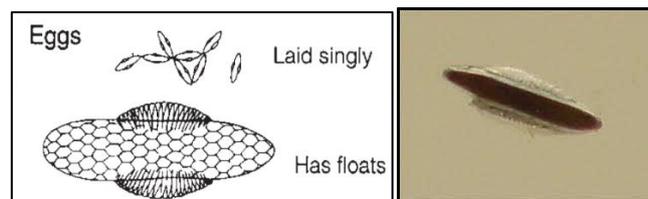
Tingkatan kehidupan berikut dapat ditemukan di dalam air yaitu: telur, larva, dan kepompong. Telur akan menetas dan larva akan muncul setelah satu atau dua hari di dalam air. Larva yang baru menetas dari telur masih sangat halus, menyerupai jarum. Dalam tahap ini larva nyamuk *Anopheles sp.* mengalami penambahan ukuran dan pelepasan kulit sebanyak empat kali atau instar (Sugianto, 2014)

Perkembangan larva memakan waktu antara 8 sampai 10 hari, tergantung pada spesiesnya, suhu udara, dan banyaknya makanan di alam. Ini akan berkembang menjadi pupa—tingkatan atau stadium yang dirujuk oleh istilah "dorman"—dari larva. Dibutuhkan waktu 1 hingga 2 hari pada tingkatan pupa. Setelah itu, dari pupa akan keluar nyamuk dewasa yang telah dapat dibedakan jenis kelaminnya (Sugianto, 2014)

Nyamuk segera dapat terbang begitu bersentuhan dengan udara yang berarti ia meneruskan hidupnya di darat atau udara dengan meninggalkan kehidupannya di air. Seringkali nyamuk betina hanya kawin satu kali selama hidupnya untuk meneruskan keturunannya. Perkawinan biasanya terjadi setelah 24 sampai 48 jam setelah keluar dari pupa (Sugianto, 2014).

1) Telur

Setiap nyamuk betina mampu menghasilkan 38 butir dengan jumlah maksimal 117 butir telur yang diletakkan di air. Telur yang baru diletakkan warnanya putih. Sesudah 1-2 jam warnanya berubah menjadi hitam. Pada genus *Anopheles* telur diletakkan di permukaan air satu persatu dan terpisah. Telur berpelampung pada kedua sisinya, lonjong seperti perahu dengan ukuran kurang lebih 0,44 mm. Telur *Anopheles* akan menetas dalam 2-3 hari, dalam iklim normal menetas setelah 48 jam sedangkan pada daerah beriklim dingin bisa menetas dalam 2-3 minggu (Makumolamin dkk, 2021).



Sumber: medical science, 2020

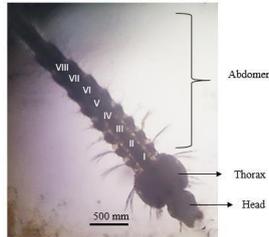
Gambar 2.3. Telur nyamuk *Anopheles sp.*

2) Larva

Larva adalah tahap pertumbuhan sebelum pupa. Larva tumbuh dan berkembang melalui 4 tahapan pada masing-masing tahap disebut instar. Larva nyamuk *Anopheles* tidak mempunyai siphon (bulun nafas) maka pada saat istirahat posisi larva terletak sejajar dengan permukaan air. Larva bernapas melalui dua lubang spirakel yang terdapat pada ruas abdomen kedelapan (Kusumastuti, 1993). Larva hidup di air dan mengalami empat masa pertumbuhan (instar) yaitu :

- a) Larva instar I berkembang sekitar tiga hari. Cirinya yakni sangat kecil, panjang 1-2 mm, warna transparan, duri-duri (spinae) pada dada (thorax) belum begitu jelas, dan mempunyai sepasang spirakel untuk bernafas.

- b) Larva instar II tidak terlalu aktif dalam bergerak, memiliki perubahan perkembangan dalam tiga hari. Cirinya yaitu bertambah besar ukuran 2,5-3,9 mm, duri dada belum jelas, abdomen ke 8 sudah terbentuk.



Sumber: Journal of reasech in biology, 2012

Gambar 2.4 Larva instar II nyamuk *Anopheles sp.*

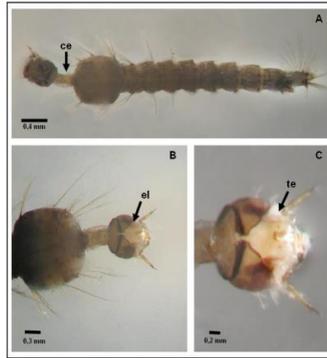
- c) Larva instar III cenderung mengalami perubahan perkembangan dalam 3 hari. Cirinya menjadi lebih besar 3,9 - 4,0 mm dari larva instar II dan lebih aktif. Duri dada sudah jelas dan lebih panjang. Badan lebih coklat. Sepasang spirakel yang digunakan untuk bernapas terletak pada abdomen ke 8.



Sumber: Harrison et al, 2014

Gambar 2.5 Larva instar III nyamuk *Anopheles sp.*

- d) Larva instar IV berkembang dalam waktu 2-3 hari berukuran paling besar 5mm, larva sudah memiliki struktur anatomi yang lengkap dan bisa dibedakan dengan jelas antara bagian-bagain tubuhnya seperti kepala seta (chepal), dada (thorax), dan perut (8 abdomen) memiliki palmate seta dengan filamen terbentuk sama panjang. Pada setiap pergantian instarnya dengan suhu optimal 25-30°C, larva mengalami pergantian kulit 4 kali dan tidak dapat dibedakan mana jantan dan mana betina (Depkes R.I.,2004)



Sumber: Costa FM & Tadei WP, 2012

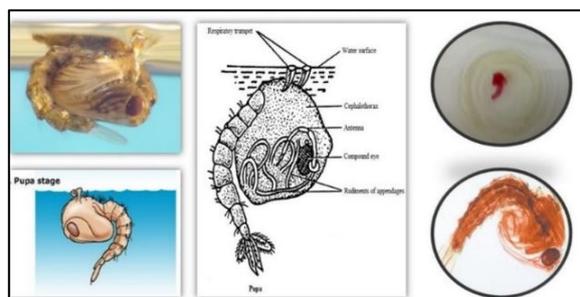
Gambar 2.6 Larva instar IV nyamuk *Anopheles sp*

3) Pupa

Menurut Prasetyowati (2013), stadium pupa biasanya tidak aktif tapi dapat juga tiba-tiba aktif jika dirasa ada predator. Pupa nyamuk *Anopheles* hidup dipermukaan air saat tidak aktif karena bagian bawah yaitu *sefalotoraks* mengandung cukup udara untuk dapat mengapung.

Pupa menempel pada permukaan air bukan dengan kait atau rambutnya, melainkan dengan bantuan dua terompot yang cukup besar yang berfungsi sebagai spirakel dan pada segmen satu abdomen terdapat dua rambut panjang stellate (Prasetyowati, 2002).

Menurut (Prasetyowati, 2013), pupa memiliki saluran pernapasan seperti tabung (respiratory trumpet) yang pendek dan lebar digunakan untuk pengambilan oksigen dari udara. Pupa biasanya membutuhkan waktu antara 24 jam hingga 48 jam untuk matang menjadi nyamuk dewasa tergantung alam.



Sumber: Elkan, 2020.

Gambar 2.7. Pupa nyamuk *Anopheles sp*.

4) Dewasa

Nyamuk *Anopheles sp.* memiliki palpus yang panjangnya hampir sama dengan probosisnya saat stadium dewasa. Ruas *palpus* pada bagian *apikal* yang menyerupai gada (*club form*) pada nyamuk jantan dan lebih kecil pada nyamuk betina. Sayap bagian pinggir ini (*costa* dan *vena*) ditumbuhi sisik-sisik sayap membentuk pola garis-garis hitam dan putih. Selain itu, bentuk melengkung (*tumul*) terbentuk di bagian ujung sisik sayap. Bagian posterior abdomen sedikit meruncing, namun tidak seruncing nyamuk *Aedes* dan juga tidak setumpul nyamuk *mansonia* (Prasetyowati, 2013).



Sumber: Washington State University, 2018.

Gambar 2.8. Nyamuk *Anopheles sp.* dewasa.

c. Tempat Perindukan *Anopheles sp.*

Habitat perkembangbiakan *Anopheles sp.* berbeda-beda berdasarkan jenisnya, dibagi jadi 3 kawasan yaitu pedalaman, pesisir, kaki bukit dan pegunungan (Indriyati dkk, 2018).

Terdapat berbagai macam penelitian soal habitat perkembangbiakan *Anopheles sp.* salah satunya penelitian di Jati Malang mengidentifikasi beberapa habitat perindukan *Anopheles sp.* meliputi tambak, lagun, sawah, kolam, saluran irigasi dan kobakan. (Indriyati dkk, 2018).

Menurut Indriyati & Kazwaini (2014), nyamuk *Anopheles sp.* menyukai genangan air payau yang berkisar antara 0%, memiliki pH ideal antara 7,7–8,8 ambang toleransi asam terendah dimana *Anopheles sp.* dapat berkembang adalah pH 4, sedangkan pH 11 merupakan batas toleransi basa tertinggi, dan dengan suhu tempat perindukan rata-rata 24-30°C.

d. Pengendalian secara kimiawi dan biologis

Ada dua cara yang aman dalam membasmi larva, terutama jika melakukannya pada sumber-sumber air minum diantaranya (Capah, 2008):

- 1) Kimia: Abate, Marvick, Limitor
- 2) Alami: Hewani (*Bacillus thuringiensis*) dan Nabati (Ekstrak tumbuhan)

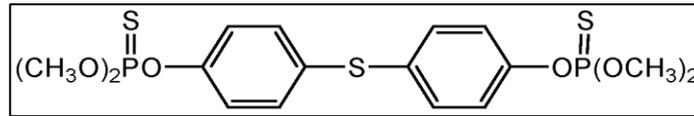
4. Larvasida Kimiawai Abate (*temephos*)

Dinas Kesehatan atau Lembaga Swadaya Masyarakat sering menggunakan Abate (*temephos*) yang merupakan salah satu larvasida golongan organofosfat, dalam mengendalikan populasi larva nyamuk. Menurut Widawati dkk (2015), Pemerintah mulai menggunakan abate (*temephos*) sejak tahun 1980 dengan cara mendistribusikan bubuk Abate 1SG kepada masyarakat kemudian mencanangkan suatu program 'abatisasi'.

Program ini dilakukan secara terus menerus sepanjang tahun tanpa adanya rotasi larvasida untuk menghindari wabah. Abate (*temephos*) yang digunakan biasanya berupa butiran pasir (sand granules), yang kemudian ditaburkan di bak penampung air dengan dosis 1 ppm atau 1 gram untuk 10 L air (Nugroho, 2011) Georgio menegaskan resistensi insektisida akan berkembang jika terus digunakan secara intensif selama 2 sampai 20 tahun kedepan.

Larvasida kimia banyak digunakan masyarakat untuk mengendalikan vektor ini (WHO, 2011). Dampak dari penggunaan larvasida kimia dapat menimbulkan resiko air minum dengan kontaminasi residu pestisida, terutama pada air dengan penggunaan abate yang berulang (Riyadi et al.,2018). Oleh karena itu bahan alternatif harus tersedia untuk menggantikan bahan kimia larvasida. Insektisida kimiawi berdampak merugikan apabila digunakan dalam jangka waktu yang lama karena dapat menyebabkan resistensi terhadap serangga, mengganggu kesehatan dan pencemaran lingkungan (Raharjo, 2006).

a. Rumus Kimia



Sumber: Chemservice, 2016

Gambar 2.9. Struktur Kimia Abate.

Temefos yang menggunakan nama merek Abate 1SG memiliki nama kimia phosphorothioc acid dan rumus kimia $C_{16}H_{20}O_6P_2S_3$, memiliki berat molekul 446,46, dengan kelarutannya pada suhu $26^{\circ}C$ untuk 30 gr/L. Kementerian Kesehatan merekomendasikan konsentrasi 10 gram dalam 100 Liter atau 1 ppm, lebih tinggi dari rekomendasi WHO sebesar 0,02 ppm atau 2 gram dalam 1000 Liter. (Husbulah dkk, 2015).

b. Cara Kerja

Abate (*temephos*) adalah golongan senyawa organofosfat yang bila tertelan oleh serangga dapat bertindak anticholinesterase—yaitu menghambat enzim colinesterase yang ada di dalam tubuh serangga bekerja dengan baik. Hal ini dapat mengganggu aktivitas syaraf karena asetilkolin yang tertimbun di ujung syaraf. Enzim colinesterase normalnya mengubah asetil kolin menjadi kolin dan cuka. Namun jika enzim colinesterase dihambat maka hidrolisis asetilkolin tidak akan terjadi. Hal ini dikarenakan asetilkolin yang berfungsi sebagai mediator atau penghubung antara syaraf dan otot, sehingga jika proses hidrolisisnya terhambat akan mengakibatkan kontaksi otot tak berkesudahan lalu kejang kemudian larva akan mati (Fenisenda, A. 2016).

5. Tanaman Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*)

Buah pisang kepok mengandung banyak vitamin, mineral, protein, lemak, dan karbohidrat. Kulit pisang seperti yang diukur oleh Anhwange et al (2009), memiliki 0,9% protein kasar, karbohidrat sebesar 59%, 1,7% lemak kasar, 31,7% serat kasar, dan mineral seperti potasium 78,1%, kalsium 19,2%, besi 24,3% dan mangan 24,3%.

Menurut Badan Pusat Statistik (2020), pisang tercatat sebagai komoditas hortikultura terbesar yang diproduksi di Provinsi Lampung. Jumlahnya mencapai 1,208 juta ton, turun 0,05% dari tahun sebelumnya

yang sebesar 1,209 juta ton dengan total produktivitasnya sebesar 96,87 kg per rumpun.

a. Klasifikasi

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Musaceae (suku pisang-pisangan)
Genus	: Musa
Spesies	: <i>Musa paradisiaca</i> L (Stenis, 2008)

b. Morfologi

Tanaman pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) termasuk dalam golongan tanaman monokotil tahunan merupakan tumbuhan mirip pohon dengan batang semu. Pelepah daun yang membentuk batang semu ini tersusun secara rapat dan teratur. Tumbuhan dengan cabang simpodial memiliki meristem ujung panjang yang berbunga dan berbuah. Bagian bawah batang pisang yang menggelembung berupa umbi disebut bonggol. Kemudian tumbuh kuncup yang ditumbuhi pucuk lateral pada bonggol yang selanjutnya tumbuh menjadi tanaman pisang. Kebanyakan pisang tidak berbiji atau bersifat partenokarpi.



Sumber: crcircular, 2022

Gambar 2.10. *Musa paradisiaca* L.

Pisang memiliki bunga majemuk dengan kelopak berwarna merah kecoklatan yang menutupi setiap kuncup bunga. Jika bunga sudah terbuka,

kelopaknya akan jatuh ke tanah. Bunga jantan yang berada di ujung tandan dan disebut sebagai bunga pisang tidak berkembang dan tetap tertutup kelopak. Sebaliknya, bunga betina akan berkembang secara normal. Sisir adalah nama yang diberikan pada setiap kelompok bunga yang tersusun dalam tandan. Buahnya adalah buah buni, berbentuk bulat, memanjang, dan bengkok, tersusun seperti jengger dua baris, dengan kulit berwarna hijau, kuning, dan coklat. Ada 5 sampai 15 jengger betina. Sejumlah pisang membentuk setiap kelompok buah atau sisir. Bijinya, baik yang berbiji maupun tidak, berukuran kecil, lonjong, dan berwarna hitam. Beberapa orang menyebutnya sebagai "pisang pipih" karena bentuknya yang pipih. Panjang buahnya hanya 10 hingga 12 sentimeter dan beratnya 80 hingga 120 gram. Buahnya memiliki kulit yang sangat tebal berwarna kuning kehijauan yang kadang-kadang berbintik-bintik coklat (Suhardiman, 1997).

c. Manfaat dan Kandungan Kimia Kulit Pisang Kepok yang Berpotensi sebagai Biolarvasida

Kulit pisang kepok mengandung senyawa saponin, flavonoid, tannin, alkaloid, triterpenoid sebagaimana berdasarkan penelitian oleh Lunowa dan Bardin pada tahun 2018. Saat kulit pisang kepok diuji fitokimia diperoleh senyawa flavonoid, alkaloid dan tannin. Kandungan kimia inilah yang memiliki potensi sebagai peptisida alami (Febriyanti & Rahayu, 2012).

1) Alkaloid

Alkaloid adalah golongan sebagian besar senyawa basa bernitrogen heterosiklik yang terdapat pada tumbuhan. Alkaloid adalah senyawa beracun dan pahit yang dapat menyebabkan rasa pusing dan tidak mau makan karena rasanya lalu akhirnya mati karena kelaparan (Lumowa, 2017).

2) Flavonoid

Flavonoid adalah senyawa polar yang mudah larut dalam pelarut polar seperti aseton, etanol, methanol, dan butanol. Menurut Nadila et al, (2017), jika senyawa flavanoid masuk ke dalam tubuh larva dapat melumpuhkan sistem saraf pernafasan sehingga menyebabkan kejang, dan akhirnya mati karena kesulitan bernafas (Nadila et al, 2017).

3) Terpenoid

Menurut Sulistiani (2015), terpenoid memiliki efek larvasida dengan mengganggu sistem saraf pada larva serta menghambat pertumbuhan larva dengan cara menghambat daya makan larva. Menurut beberapa temuan penelitian, senyawa terpenoid dapat mencegah pembentukan membran dan dinding sel yang dapat mengakibatkan tidak sempurnanya atau tidak terjadinya pembentukan membran (Kurniawan, 2015).

4) Tanin

Tanin adalah senyawa aktif yang pahit. Daun yang rasanya pahit biasanya dihindari oleh serangga. Akibatnya, serangga rentan terhadap kelaparan dan kematian. Mekanismenya yakni tannin dapat menempel pada protein, mineral dan karbohidrat dalam tubuh serangga sehingga mengganggu penyerapannya dan system pencernaannya (Febriyanti, 2012).

d. Mekanisme Biolarvasida Kulit Pisang Kepok dalam Membunuh Larva Nyamuk

Biolarvasida membunuh serangga sebagai racun kontak yang masuk melalui kulit atau dinding tubuh, maupun sebagai racun perut atau mulut yang masuk melalui alat pencernaan (Lestari, 2016).

1) Racun Kontak (Contact Poison)

Biolarvasida masuk melalui eksoskelet ke dalam badan larva dengan perantara tarsus (jari-jari kaki) pada waktu istirahat di permukaan yang mengandung residu insektisida (Kalam, 2018). Senyawa seperti flavonoid termasuk kedalam golongan racun kontak. Flavonoid dapat menembus kutikula larva nyamuk kemudian merusak membran sel yang berfungsi sebagai pembatas/pagar antara lingkungan di dalam sel dan lingkungan di luar sel (Lestari, 2016)

2) Racun Perut (Stomach Poison)

Biolarvasida masuk ke dalam badan serangga melalui mulut jadi harus dimakan oleh larva. Senyawa seperti saponin yang termasuk dalam racun perut. Saponin dalam ekstrak dapat mengiritasi mukosa traktus digestivus larva dan merusak membran sel larva bila terminum oleh larva

6. Simplisia

Simplisia merupakan produk alami yang dibuat dengan cara dikeringkan sampai jadi bubuk biasanya digunakan untuk pengobatan namun belum mengalami pengolahan, suhu pengeringan tidak lebih dari 60°C (BPOM, 2014).

Serbuk simplisia dibuat sehalus mungkin disamping proses pengeringan untuk memecah sel tumbuhan agar menjadi lebih kecil sehingga lebih mudah larut dalam pelarut. Menurut Sembiring (2010), pengecilan ukuran bahan bertujuan untuk memperbesar luas permukaan pori-pori simplisia, sehingga kontak antara partikel simplisia dengan pelarut semakin besar. Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1983) Simplisia terdiri dari tiga macam, yaitu:

- a. Simplisia nabati merupakan simplisia yang berasal dari seutuhnya tumbuhan, bagian tumbuhan atau eksudat tumbuhan. Eksudat merupakan isi sel yang keluar secara spontan dari tumbuhan atau isi sel yang dikeluarkan dengan cara tertentu dari selnya atau zat- nabati lainnya yang dengan cara tertentu dipisahkan dari tumbuhan dan belum berupa zat kimia murni.
- b. Simplisia hewani merupakan simplisia yang berasal dari seutuhnya hewan, bagian hewan atau zat-zat bermanfaat dari hewan dan belum berupa zat kimia murni.
- c. Simplisia pelikan (mineral) ialah simplisia yang berupa bahan pelikan (mineral) yang belum diolah atau diolah dengan cara sederhana dan belum berupa zat kimia murni.

Menurut Depkes RI (1985), pada umumnya pembuatan simplisia melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Pengumpulan bahan baku: umur tumbuhan pada waktu panen, bagian tumbuhan, waktu panen dan lingkungan tempat tumbuh merupakan factor-faktor yang perlu diperhatikan dari persiapan bahan baku.
- b. Pencucian: Pencucian dilakukan dengan air bersih untuk menghilangkan tanah juga pengotor lainnya pada bahan simplisia.
- c. Perajangan: Dilakukan untuk mempermudah proses pengeringan,

pengepakan dan penggilingan.

- d. Sortasi basah: Memisahkan kotoran-kotoran atau bahan asing lainnya setelah dilakukan pencucian dan perajangan.
- e. Pengeringan: Dengan mengurangi kadar air dan menghentikan reaksi enzimatik akan dicegah untuk mendapatkan simplisia yang tidak mudah rusak sehingga dapat disimpan lama.
- f. Sortasi kering: Memisahkan benda asing seperti bagian-bagian tanaman yang tidak diinginkan dan pengotoran lain yang masih tertinggal pada simplisia kering.
- g. Pengepakan, penyimpanan dan pemeriksaan mutu

7. Pelarut

Menurut Wahdiningsih dkk (2022), pelarut merupakan salah satu factor yang mempengaruhi fraksinasi karena dapat mempengaruhi perolehan berbagai senyawa aktif dan kadarnya. Pelarut biasanya akan melarutkan senyawa dengan tingkat kepolaran yang sama, sesuai dengan prinsip *like dissolves like*. Menurut Wahdiningsih dkk (2022), pelarut non polar akan melarutkan senyawa polar, sedangkan pelarut polar akan melarutkan senyawa polar.

Campuran berbagai pelarut sering digunakan sebagai cairan ekstraksi, khususnya campuran etanol-air yang sangat efektif dalam menghasilkan bahan aktif yang optimal (Voigt 1995). Etanol meningkatkan stabilitas obat terlarut dan menghambat kerja enzim tanpa menyebabkan membrane sel (Voigt 1995). Alkaloid alkali, minyak atsiri, glikosida, antrakuinon, flavonoid, dan steroid dapat dilarutkan oleh etanol. Tanin dan saponin hanya sedikit larut (Depkes RI 1986).

Selektifitas, kelarutan, kepadatan, reaktivitas, dan titik didihnya adalah pertimbangan utama untuk penggunaannya. Mampu melarutkan sejumlah besar ekstrak dan beda densitas signifikan membuatnya mudah untuk memisahkan zat terlarut. Etanol bersifat non toksik, tidak korosif, tidak eksplosif di udara dan mudah diperoleh (Utomo, 2016).

8. Ekstraksi (Maserasi)

Metode yang paling sederhana dan paling banyak digunakan adalah maserasi. Mukhriani (2014) mengatakan bahwa metode ini dapat diaplikasikan skala kecil maupun industri. Metode ekstraksi bertujuan untuk menarik semua senyawa metabolit sekunder dalam simplisia. Dasar pemisahan secara ekstraksi yakni perpindahan dari komponen zat padat ke dalam pelarut yang dimulai pada lapisan antar muka dan berdifusi ke dalam pelarut (Ratna Purwandari dkk, 2018)

Proses ekstraksi untuk bahan yang berasal dari tumbuhan yaitu sebagai berikut:

- a. Pengelompokan bagian tumbuhan yang ingin diekstraksi (daun, bunga, dll), pengeringan dan penggilingan bagian tumbuhan.
- b. Pemilihan pelarut
 - Pelarut polar : etanol, air, metanol dan lainnya.
 - Pelarut semipolar : diklorometan, etil asetat, dan lainnya
 - Pelarut nonpolar : kloroform, n-heksan, dan lainnya

Simplisia tanaman dan pelarut yang sesuai disimpan pada suhu kamar dalam wadah inert dan tertutup rapat. Ketika konsentrasi senyawa dalam pelarut dan sel tumbuhan tercapai kesetimbangan maka proses ekstraksi dapat dihentikan. Filtrasi digunakan untuk memisahkan pelarut dari sampel mengikuti prosedur ekstraksi (Mukhriani, 2014).

9. Fraksinasi dengan *liquid-liquid extraction*.

Istilah “fraksinasi” yang berasal dari kata “fraction” atau “bagian” dapat diterjemahkan secara harfiah sebagai “proses pembagian kelompok” atau “mekanisme untuk memilah atau memisahkan suatu kelompok atau kesatuan menjadi beberapa bagian (pecahan/pecahan).

Fraksinasi dapat digunakan untuk mendapatkan fraksi (bagian) tertentu dari suatu ekstrak. Fraksi aktif harus dipisahkan dari fraksi lain yang kurang aktif untuk mencapai tujuan dari proses ini. Ekstrak yang lebih murni adalah tujuan utamanya, jadi senyawa lain yang mencemari atau mengganggu harus dihilangkan.

Prinsipnya adalah ekstrak tumbuhan dapat memiliki lusinan atau

raturan senyawa di dalamnya. Misalnya, ekstrak 100 senyawa ini dapat dibagi jadi empat fraksi atau kelompok (fraksi A, B, C, dan D) dengan kurang lebih 25 jenis senyawa berbeda masing-masing menggunakan metode fraksinasi. Kelompok target/pilihan kemudian dapat dibagi menjadi dua kelompok untuk tahap kedua pembagian kelompok. Misalnya, jika hasil pengujian menunjukkan bahwa fraksi A adalah yang terpilih, maka fraksi A dibagi lagi menjadi lima fraksi atau kelompok yang lebih kecil (seperti: A1, A2, A3, A4, dan A5). , dengan sekitar lima senyawa berbeda di setiap fraksi. Fraksi terpilih kemudian diperoleh dengan mengulang tes. Menurut Nugroho (2017), jika fraksi B3 yang dipilih, secara teknis dimungkinkan untuk memisahkan salah satu dari lima senyawa dalam fraksi B3, seperti B3-2 yang merupakan senyawa kedua dari lima senyawa dalam fraksi B3.

Fraksinasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, termasuk ekstraksi cair-cair. Pemisahan sekelompok senyawa dari sekelompok senyawa dalam suatu ekstrak yang telah dilarutkan dalam suatu pelarut dengan menambahkan pelarut lain yang memiliki kepolaran berbeda dan tidak dapat bercampur antara keduanya dikenal dengan istilah fraksinasi bila menggunakan ekstraksi cair-cair. Corong pisah biasanya digunakan untuk metode fraksinasi ini.



Sumber: Nugroho, 2017.

Gambar 2.11. Proses fraksinasi pada sebuah labu pemisah

Pembentukan dua fase atau fraksi yang berbeda di bagian atas dan bawah sistem dalam labu pemisah disebabkan oleh adanya dua pelarut—pelarut awal dan pelarut tambahan—dengan sifat polaritas dan masa jenis yang berbeda (Gambar 2.7). Setelah dikocok ekstrak dari kedua pelarut dan didiamkan beberapa saat, terbentuklah kedua fasa.

Pelarut dengan masa jenis lebih rendah menempati fase atas, sedangkan pelarut dengan masa jenis lebih tinggi menempati fase bawah. Senyawa-senyawa dari ekstrak tersebut akan bergerak dan terpisah dengan dua kecenderungan mengikuti kedekatan sifat dari senyawa dengan pelarutnya. Akan ada beberapa senyawa yang bergabung dengan fase atas dan lainnya bergabung dengan fase bawah.

10. GCMS

Teknik analitik dengan tanda penghubung yang dikenal sebagai Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS) menggabungkan kemampuan pemisahan kromatografi gas-cair dengan kemampuan deteksi spektrometri massa untuk mengidentifikasi berbagai zat dalam sampel uji (Chauhan A et al., 2014).

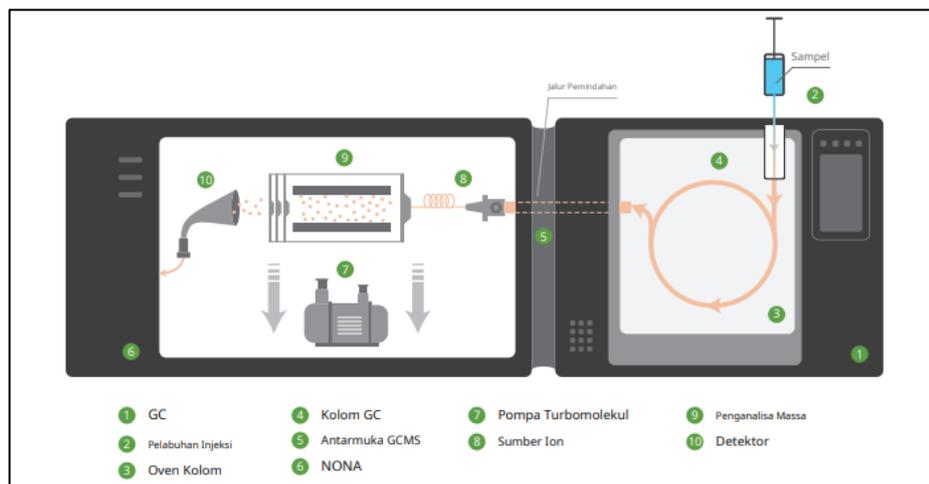
Jenis senyawa yang dominan diduga sebagai senyawa aktif diidentifikasi dengan analisis menggunakan GCMS (Litbangkes Pangandaran, 2020). Selain itu GCMS juga dapat memisahkan senyawa-senyawa bioaktif dan sekaligus mengidentifikasinya secara tepat dengan keakuratan yang tinggi berdasarkan hasil ukuran massa setiap jenis senyawa bioaktif tersebut (Situmorang & Saragih, 2022).



Gambar 2.12 Instrumentasi alat GCMS

Kromatografi Gas (GC) yang menganalisis jumlah senyawa secara kualitatif dan Spektrometri Massa (MS) yang menganalisis struktur molekul senyawa analit adalah dua metode analisis senyawa yang digunakan dalam GCMS untuk memisahkan senyawa organik. Spektrometri massa dan kromatografi gas digabungkan dalam GCMS. Spektroskopi massa digunakan untuk mendeteksi atau menganalisis senyawa yang telah

dipisahkan menggunakan kromatografi gas. Dalam GCMS, aliran kolom terhubung langsung ke ruang ionisasi spektrometer massa. Semua molekul, termasuk gas pembawa, pelarut, dan zat terlarut, terionisasi dalam ruang ionisasi, dan ion dipisahkan menurut rasio massa terhadap muatannya. Spektra massa yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengidentifikasi zat terlarut secara kualitatif karena setiap larutan memiliki fragmentasi (karakteristik) yang unik menjadi ion-ion yang lebih kecil (Puspita et al., 2019).



Gambar 2.13 Bagian-bagian Alat GCMS

GC, seperti bentuk kromatografi lainnya, bergantung pada laju perpindahan senyawa dalam fase gas melalui fase diam oleh fase gerak (gas pembawa). Menurut Wheeler M et al. (2015), diperlukan aliran gas pembawa sekitar 60 mL/menit. Untuk mencegah gas pembawa berinteraksi dengan fase diam, gas tersebut harus inert. Komponen campuran yang akan atau telah dipisahkan oleh kolom nantinya akan dibawa oleh gas ini.

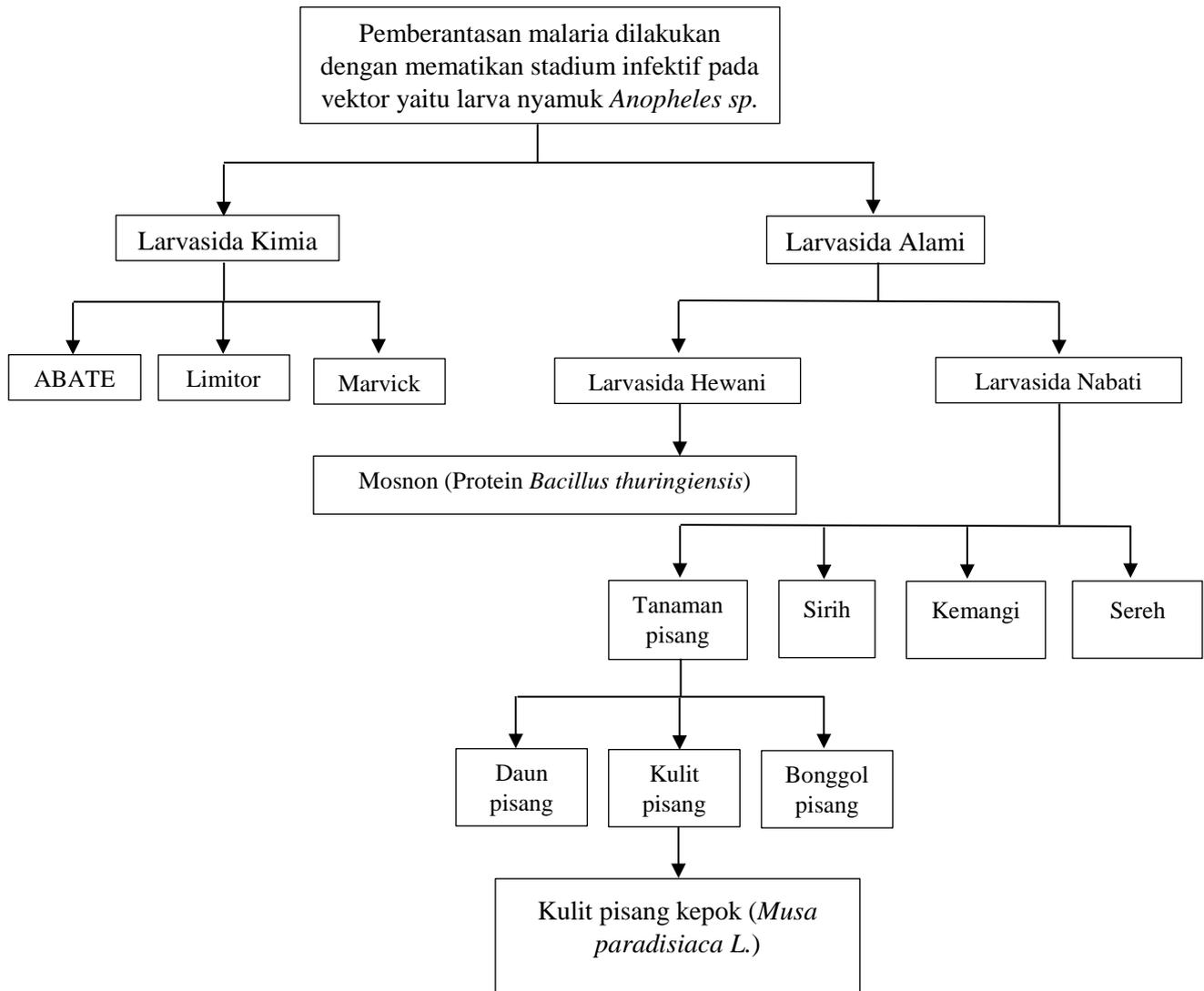
Gas pembawa perlu memiliki keuntungan memiliki laju aliran yang cepat. Zat terlarut berdifusi dengan fase gerak dan fase diam lebih cepat, semakin cepat aliran gas pembawa. 2006 Hendayana: 33-34). Saat digunakan sebagai pembawa, setiap gas memiliki konduktivitas panas yang berbeda. Pada suhu 273 K dan tekanan 1 atm, konduktivitas panas masing-masing gas pembawa ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Daya hantar panas masing masing gas pembawa pada suhu 273 K dan tekanan 1 atm.

Gas	Daya hantar panas J/(K.m.s)	Berat Molekul
H ₂	0,170	2
He	0,141	4
NH ₃	0,0215	17
N ₂	0,0243	28
C ₂ H ₄	0,0170	28
O ₂	0,0246	32
Ar	0,0162	40
CO ₂	0,0144	44
C ₃ H ₈	0,0151	44
Cl ₂	0,0076	71

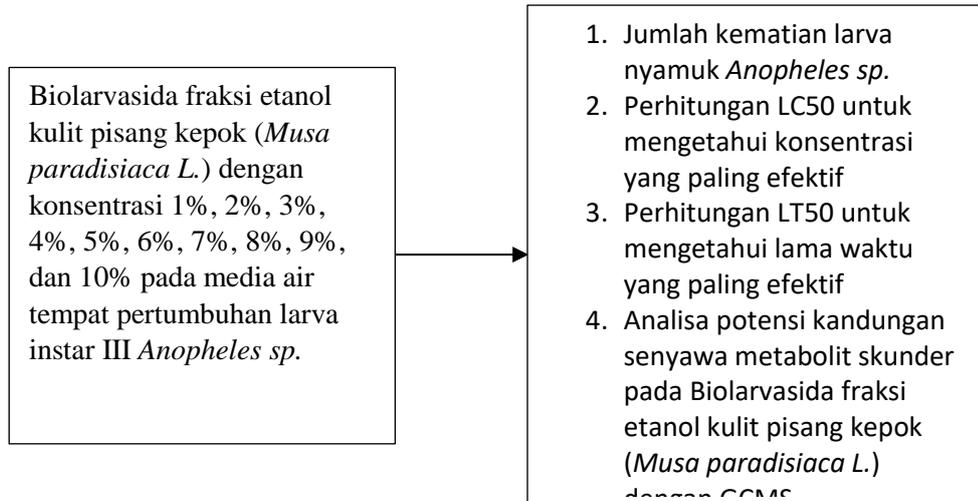
(Hendayana, 2006: 47)

B. Kerangka Teori



(Sumber: Prabowo 2014, Widawati 2015, Febrianti 2012, Capah 2008, Situmorang & Saragih 2022, Mangelep 2018, Riska Anisa & Endang Setyaningsih 2020)

C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

Fraksi etanol kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca L.*) dapat membunuh larva nyamuk *Anopheles sp.* dengan nilai LC50, LT50, dan GCMS pada konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%