

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nyamuk Aedes

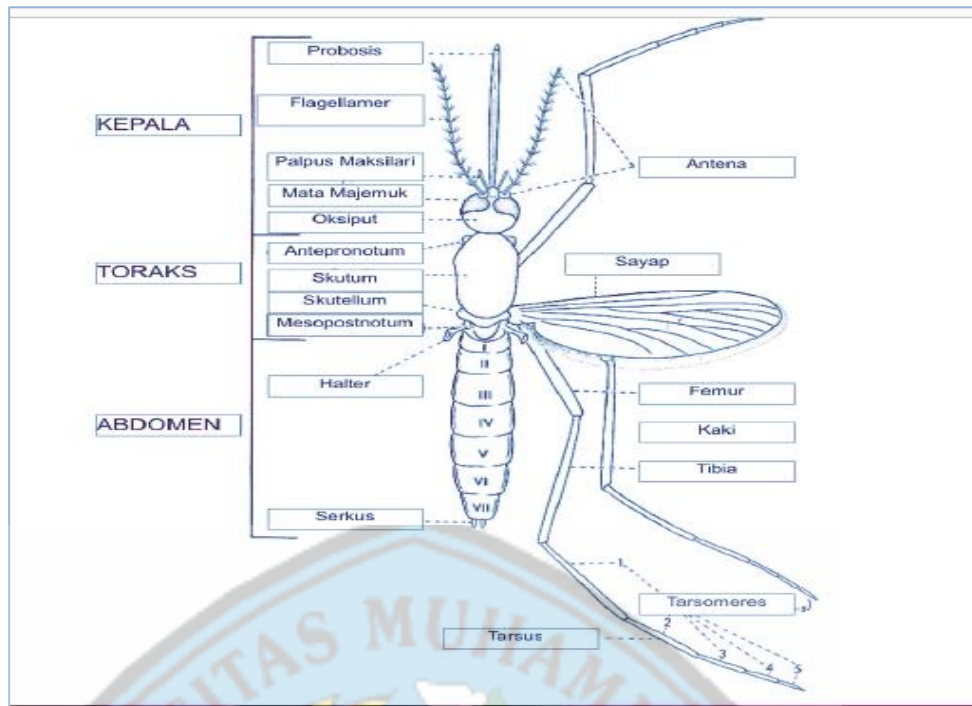
1. Definisi

Nyamuk *Aedes* tersebar di seluruh dunia dan diperkirakan mencapai 950 spesies.⁴ Beberapa spesies *Aedes* termasuk *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus*. *Ae. aegypti*, yang tersebar luas di daerah tropik dan subtropik merupakan vektor penyakit demam kuning (YF) dan vektor utama virus dengue (DF dan DHF), yang ditandai dengan demam tinggi, tanpa sebab yang jelas, berlangsung 2-7 hari, manifestasi perdarahan, trombositopeni, hemokonsentrasi dan disertai atau tanpa pembesaran hati.⁷

2. Morfologi

a. Aedes dewasa

Aedes dewasa tidak semuanya memiliki pola bentuk toraks yang jelas dengan warna hitam, putih, keperakan atau kuning. Pada kaki terdapat cincin hitam dan putih. *Ae. aegypti* dewasa berukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan rata-rata nyamuk lain dan berwarna hitam dengan bintik-bintik putih pada bagian badan dan kaki. Pada saat hinggap tubuh nyamuk ini sejajar dengan permukaan benda yang dihinggapinya.⁸ Hal ini menjadi dasar yang penting dalam memahami bionomi nyamuk setempat sebagai landasan dalam pengendaliannya. Untuk membedakan jenis kelaminnya dapat dilihat dari antena. *Ae. aegypti* betina mempunyai bulu yang tidak lebat yang disebut pilose, sedangkan yang jantan mempunyai bulu yang lebat yang disebut plumose.²

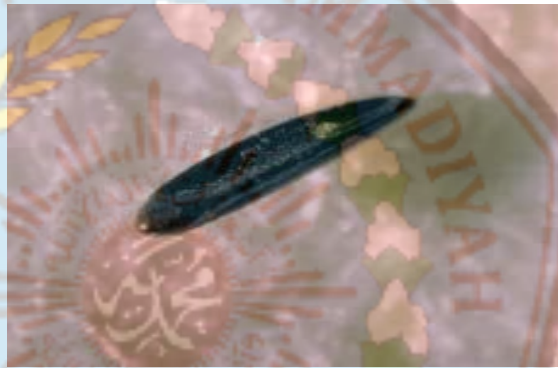


Gambar 2.1 Nyamuk *Ae. aegypti*.³⁷

b. Telur

Telur *Aedes* berwarna hitam, berbentuk ovoid yang meruncing berukuran kecil ± 50 mikron. Telur diletakkan satu per satu pada permukaan yang basah tepat pada batas permukaan air. Pada waktu di letakkan telur berwarna putih, 15 menit kemudian menjadi abu-abu dan setelah 40 menit menjadi hitam.⁴ Telur *Aedes* dapat bertahan pada kondisi kering pada waktu dan intensitas yang bervariasi hingga beberapa bulan, tetapi tetap hidup. Jika tergenang air, beberapa telur mungkin menetas dalam beberapa menit, sedangkan yang lain mungkin membutuhkan waktu lama tenggelam dalam air, kemudian penetasan berlangsung dalam beberapa hari atau minggu.⁸ Di dalam laboratorium, terlihat jelas telur ini diletakkan menempel pada kertas saring yang tidak terendam air sampai batas setinggi 2-4 cm diatas permukaan air, telur menetas dalam waktu 1-2 hari, sedangkan di alam bebas untuk penetasan telur diperlukan waktu yang kurang lebih sama atau dapat lebih lama bergantung pada keadaan yang mempengaruhi air pada tempat perindukan.⁹

Telur-telur *Aedes* dapat berkembang pada habitat kontainer kecil (lubang pohon, ketiak daun, dan sebagainya) yang rentan terhadap kekeringan, namun kemampuan telur untuk bertahan dalam kekeringan jelas menguntungkan.¹⁰ Bertahan dalam kekeringan dan kemampuan telur *Aedes* untuk menetas dapat menimbulkan masalah dalam pengendalian tahap imatur dengan mempertahankan kelangsungan spesies dalam kondisi iklim buruk. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa telur *Ae. aegypti* yang dilepas sebanyak 85% melekat pada dinding tempat perindukkan, sedangkan 15% jatuh pada permukaan air.¹¹



Gambar 2.2 Telur *Ae. aegypti*.³⁷

c. Larva

Larva bergerak aktif, mengambil oksigen dari permukaan air dan makanan partikel organik dalam air seperti alga dan mikroorganisme lain pada dasar tempat perindukkan (*bottom feeder*).¹³ Larva *Ae. aegypti* dapat hidup di wadah yang mengandung air ber pH 5,8 – 8,6. Terdapat 4 tingkat (instar) jentik atau larva sesuai dengan pertumbuhan larva tersebut, yaitu¹⁴

- 1) Instar 1 berukuran paling kecil 1-2 mm, warna transparan, duri-duri (*spinae*) pada dada (*thorax*) belum begitu jelas, dan corong pernafasannya (*siphon*) belum menghitam.

- 2) Instar II lebih besar dengan memiliki panjang 2,5-3,8 mm, duri dada belum jelas, dan corong pernafasan sudah berwarna hitam.
- 3) Instar III berukuran 4mm lebih besar sedikit dari instar III
- 4) Instar IV berukuran 5 mm, struktur anatominya dan jelas tubuh dapat dibagi menjadi bagian kepala (*chepal*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*).¹²



Gambar 2.3 Larva *Ae. aegypti*.³⁷

d. Pupa

Stadium pupa atau kepompong merupakan fase akhir siklus nyamuk dalam lingkungan air. Stadium ini membutuhkan waktu sekitar 2 hari pada suhu optimum atau lebih panjang pada suhu rendah. Fase ini adalah periode waktu tidak makan dan sedikit gerak. Pupa biasanya mengapung pada permukaan air disudut atau tepi tempat perindukan.¹⁵ Pupa nyamuk *Ae. aegypti* bentuk tubuhnya bengkok, dengan bagian kepala-dada (cephalothorax) lebih besar bila dibandingkan dengan bagian perutnya. Waktu istirahat posisi pupa sejajar dengan bidang permukaan air. Setelah itu pupa tumbuh menjadi nyamuk dewasa jantan atau betina. Biasanya nyamuk jantan muncul/keluar lebih dahulu, walaupun pada akhirnya perbandingan jantan – betina (*sex ratio*) yang keluar dari kelompok telur yang sama, yaitu 1 : 1.¹⁶



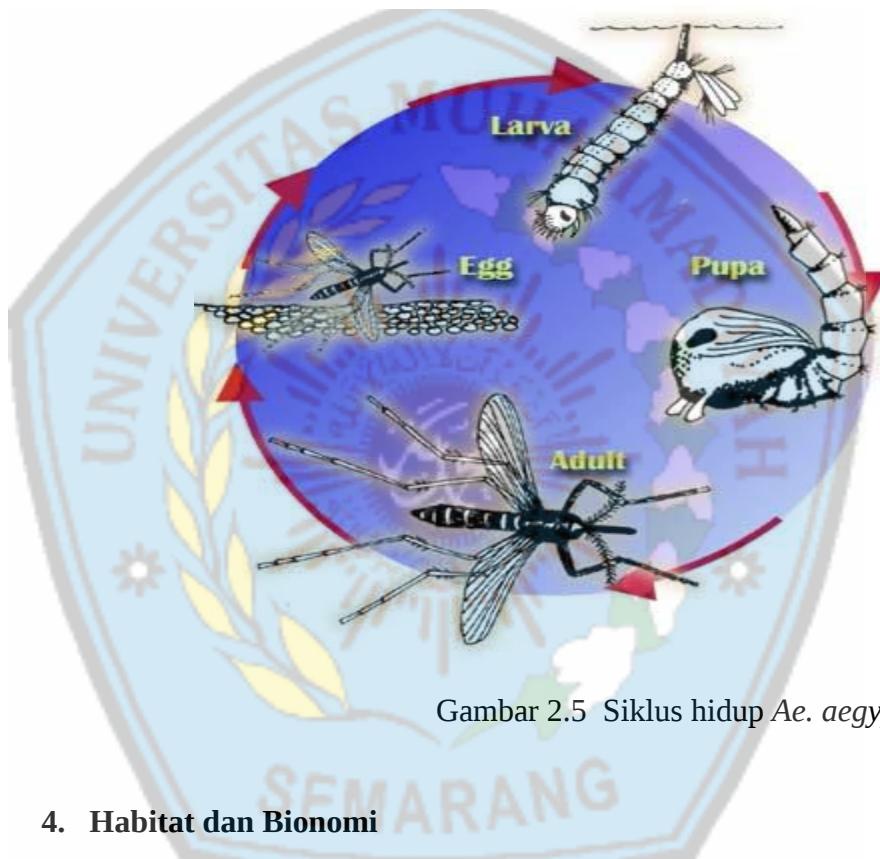
Gambar 2.4 Pupa *Ae. aegypti*.³⁷

3. Siklus Hidup

Nyamuk termasuk genus *Aedes*, memiliki siklus hidup sempurna (holometabola). Siklus hidup terdiri dari 4 stadium, yaitu telur- larva- pupa- dewasa. Stadium telur hingga pupa berada di lingkungan air. Sedangkan stadium dewasa berada di lingkungan udara.¹ Dalam kondisi lingkungan yang optimum, seluruh siklus hidup ditempuh dalam waktu sekitar 7-9 hari, dengan perincian 1-2 hari stadium telur, 3-4 hari stadium larva, 2 hari stadium pupa. Umur nyamuk betina dapat mencapai 2-3 bulan. Siklus hidup *Aedes* dari telur hingga dewasa dapat berlangsung cepat, kira-kira 7 hari tetapi pada umumnya 10 – 12 hari, di daerah beriklim sedang, siklus hidup dapat mencapai beberapa minggu atau bulan.^{16,17} Waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan dari telur menjadi dewasa di laboratorium yang bersuhu 27°C dan kelembaban udaranya 80%, kurang lebih 10 hari. Waktu 10 hari tersebut juga diperkirakan untuk keperluan pertumbuhan *Ae.aegypti* dari telur sampai dewasa di alam bebas. Dalam kondisi temperatur yang rendah siklus hidup menjadi lebih panjang. Pada musim hujan, nyamuk dapat bertahan hidup lebih lama dan risiko penyebaran virus lebih besar.¹⁸

Siklus gonotropik dimulai sejak menghisap darah untuk perkembangan telur hingga meletakkan telur di tempat perindukan. Nyamuk *Aedes* betina menghisap darah untuk mematangkan telurnya. Waktu mencari makan (menghisap darah) adalah pada pagi atau

petang hari.² Kebanyakan spesies menggigit dan beristirahat di luar rumah tetapi di kota-kota daerah tropis, *Ae. aegypti* berkembang biak, menghisap darah dan beristirahat di dalam dan sekitar rumah untuk meletakkan telurnya. *Ae. aegypti* pada stadium telur berkembang biak pada lingkungan domestik, yang berada di daerah dingin dapat bertahan selama 6 bulan pada kondisi kering tetapi tetap hidup dan menetas bila tergenang air.¹⁹



Gambar 2.5 Siklus hidup *Ae. aegypti*.³⁷

4. Habitat dan Bionomi

Perkembangbiakan di tempat penampungan air/wadah yang berada di permukiman dengan air yang relatif jernih. Habitat alamiah jarang ditemukan, tetapi dapat mencakup lubang pohon, pangkal daun, dan tempurung kelapa. Pada beberapa daerah, *Ae. aegypti* juga berkembang biak pada lubang batu dan lubang pohon.²⁰ Daerah yang panas dan kering, tanki air di atas dan di bawah tanah, serta septic tank bisa menjadi habitat utama larva. Daerah yang kekurangan air,

penyimpanan air untuk kebutuhan rumah tangga menambah jumlah habitat larva.¹⁶

Ae. aegypti berkembang biak pada lingkungan domestik, sedangkan *Ae. albopictus* berkembang biak di luar pemukiman. Penyebarannya ke daerah pedesaan dikaitkan dengan pembangunan sistem persediaan air bersih dan perbaikan sarana transportasi. *Ae. aegypti* merupakan vektor perkotaan dan populasinya secara khas berfluktuasi bersama air hujan dan kebiasaan penyimpanan air.²¹ Negara-negara dengan curah hujan lebih dari 200 cm per tahun, populasi *Aedes* lebih stabil, dan ditemukan di daerah perkotaan, pinggiran kota, dan pedesaan.

Bionomi adalah kesenangan memilih tempat perindukan (*breeding habit*), kesenangan menggigit (*feeding habit*), kesenangan istirahat (*resting habit*) dan jarak terbang (*flight range*).²²

a. Tempat Perindukan *Ae. aegypti*

Tempat perindukan nyamuk *Ae. aegypti* yaitu tempat dimana nyamuk *Aedes* meletakkan telurnya terdapat di dalam rumah (indoor) maupun di luar rumah (outdoor).¹⁵ Tempat perindukan utama nyamuk berupa tempat-tempat penampungan air di dalam dan disekitar rumah yang disebut kontainer. Biasanya tidak melebihi jarak 500 meter dari rumah. Nyamuk *Ae. aegypti* tidak dapat berkembangbiak di genangan air yang langsung bersentuhan dengan tanah. Jenis-jenis tempat perindukan nyamuk *Ae. aegypti* dapat dikelompokkan sebagai berikut.²³

1) Tempat Penampungan Air (TPA)

Penampungan ini biasanya dipakai untuk menampung air guna keperluan sehari-hari, keadaan airnya jernih, tenang dan tidak mengalir.⁶ Tempat perindukan yang ada di dalam rumah atau Controllable site yang paling utama adalah tempat penampungan air seperti: bak mandi, bak pada wc, tandon air

minum, tempayan, gentong tanah liat, gentong plastik, ember, drum, vas tanaman hias, dan lain-lain.⁴ Hasil menunjukkan kepadatan larva Aedes TPA mencapai 14,97%.²⁴

2) Bukan Tempat penampungan air (Non TPA)

Tempat yang bisa menampung air tetapi bukan untuk keperluan sehari-hari. Perindukan di luar rumah atau Disposable site seperti tempat minuman hewan, vas bunga, perangkap semut, barang-barang bekas (ban, kaleng, botol, plastik dan lain-lain).⁶ Hasil menunjukkan bahwa keberadaan Aedes non TPA adalah 40.43%.²⁵

3) Tempat penampungan air alamiah

Bukan tempat penampungan air tetapi secara alami dapat menjadi tempat penampungan air seperti lobang pohon, pelepah daun, tempurung kelapa, dan lain-lain.²³

b. Kebiasaan *Ae. aegypti* Menggigit

Aktifitas menggigit dimulai pada pagi sampai petang hari, dengan dua puncak aktifitas antara pukul 09.00-10.00 dan 16.00-17.00 tidak seperti nyamuk lain. Nyamuk *Ae. aegypti* jantan mengisap cairan tumbuhan atau sari bunga untuk keperluan hidupnya sedangkan nyamuk betina mengisap darah (bersifat *antropofilik*). *Ae. aegypti* betina mempunyai kebiasaan mengisap darah berulang kali (*multiple bites*) dalam satu siklus gonotropik, untuk memenuhi lambungnya dengan darah. Dengan demikian nyamuk ini sangat efektif sebagai penular penyakit.²⁶

Saat hinggap, nyamuk betina melakukan 4 fase perilaku, yaitu eksplorasi, penetrasi dan pencarian pembuluh darah, menghisap, dan melepaskan. Beberapa detik setelah hinggap nyamuk diam, lalu mulai gerakan eksplorasi pada permukaan kulit dengan belalainya. Jika host tidak cocok dalam beberapa saat nyamuk tidak jadi menghisap darah dan terbang. Bila host cocok,

nyamuk menentukan titik yang mudah dilubangi, dengan bantuan panas, kelembaban dan faktor kimia kulit. Ludah mengalir dari ujung hipofaring, mengandung antihemostatik yaitu enzim *apyrase*.²⁷

c. Kebiasaan *Ae. aegypti* Beristirahat

Pada waktu istirahat, posisinya hampir tegak lurus dengan permukaan air. Biasanya berada disekitar dinding tempat penampungan air.¹¹ Setelah menghisap darah, nyamuk akan hinggap (beristirahat) di dalam atau di luar rumah berdekatan dengan tempat perkembangbiakannya. Nyamuk yang kenyang darah akan lebih sering hinggap dan beristirahat. Biasanya di tempat yang agak gelap dan lembab, untuk menunggu proses pematangan telurnya. Setelah beristirahat dan proses pematangan telur selesai, nyamuk betina akan meletakkan telurnya di dinding sedikit di atas permukaan air.¹⁰

d. Jarak Terbang *Ae. aegypti*

Kemampuan terbang nyamuk betina rata-rata 40 m maksimal 100 m, dengan tujuan untuk mencari mangsa selanjutnya ke tempat untuk beristirahat ditentukan oleh kemampuan terbang nyamuk. namun secara pasif karena faktor angin atau terbawa kendaraan dapat berpindah lebih jauh. Aktifitas dan jarak terbang nyamuk dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu: faktor eksternal dan faktor internal. Eksternal meliputi kondisi luar tubuh nyamuk seperti kecepatan angin, temperatur, kelembaban dan cahaya. Adapun faktor internal meliputi suhu tubuh nyamuk, keadaan energi dan perkembangan otot nyamuk.²⁷

Nyamuk *Ae. aegypti* memiliki kekuatan untuk terbang tetapi tidak pergi jauh-jauh, karena tiga macam kebutuhannya yaitu tempat perindukan, tempat mendapatkan darah, dan tempat

istirahat ada dalam satu rumah. Keadaan tersebut yang menyebabkan *Ae. aegypti* bersifat lebih menyukai aktif di dalam rumah, *endofilik*. Selain itu juga Jarak terbang jauh biasanya terjadi secara pasif melalui semua jenis kendaraan termasuk kereta api, kapal laut dan pesawat udara.¹² Meskipun nyamuk *Ae. aegypti* dapat hidup dan berkembang biak sampai ketinggian daerah + 1.000 m dari permukaan laut, di atas ketinggian 1 .000 m tidak dapat berkembang biak karena pada ketinggian tersebut suhu udara terlalu rendah.^{12,28}

B. Densitas Nyamuk *Ae. aegypti*

Densitas nyamuk dewasa merupakan ukuran paling tepat untuk memprediksi potensi penularan arbovirus. Populasi nyamuk *Ae. aegypti* meningkat pesat pada musim hujan, karena tempat perindukan terisi oleh air hujan.²⁰ Peningkatan populasi nyamuk ini dapat berakibat pada meningkatnya bahaya penyakit dan resiko penyebaran DBD. Densitas populasi vektor diukur dengan beberapa indeks tradisional yang dihitung berdasarkan keberadaan jentik/larva *Aedes* di lingkungan rumah. Indeks-indeks tersebut adalah *House Index* (HI), *Container Index* (CI), dan *Breteau Index* (BI). HI dan CI dikembangkan pada tahun 1923 oleh Connor dan Monroe, dan BI pada tahun 1953 oleh Breteau. HI adalah persentase rumah yang terpapar larva atau pupa. CI adalah persentase kontainer yang terpapar larva aktif, sedangkan BI adalah jumlah kontainer yang positif jentik dibagi jumlah rumah yang diperiksa.¹⁵

Untuk mengetahui kepadatan populasi vektor *Ae. aegypti* disuatu lokasi dapat dilakukan beberapa metode survei meliputi : survei telur, survei jentik, survei nyamuk.¹⁸

1) Survei telur

Survei telur dilakukan dengan cara memasang perangkap telur (ovitrap) berupa potongan bambu atau kaleng plastik yang dinding dalamnya di cat hitam dan diberi air 1/2- 2/3 dari kaleng plastik

tersebut. Ovitrap diletakkan satu didalam dan satu diluar rumah, dengan jumlah minimal 3 rumah.¹⁹ Padel berupa potongan bilah bambu atau kain yang tenunanya kasar dan berwarna gelap yang dimasukkan ke dalam ovitrap yang berfungsi sebagai tempat melekatnya telur nyamuk. Setelah 1 minggu dilakukan pemeriksaan ada atau tidaknya telur nyamuk di padel, namun temuan baru dapat memberikan hasil tiap 24 jam telur dapat terperangkap.²⁹

Telur ditetaskan untuk menentukan spesies nyamuk *Aedes*. Persentase *Ovitrap* yang positif menginformasikan tingkat paparan nyamuk *Aedes*, sedangkan jumlah telur digunakan untuk estimasi populasi nyamuk betina dewasa.⁷ Indeks *Aedes* lain adalah *Egg Density Index* (EDI), yang dirumuskan sebagai jumlah telur *Aedes* yang ditemukan pada palet/strip/pedel dibagi dengan jumlah *ovitrap* yang positif telur. EDI berguna untuk memperkirakan aktifitas bertelur dari nyamuk *Aedes* betina.

Figur	HI	CI	BI
Densitas			
1	1 – 3	1 – 2	1 – 4
2	4 – 7	3 – 5	5 – 9
3	4 – 7	6 – 9	10 – 19
4	18 – 28	10 – 14	20 – 34
5	29 – 37	15 – 20	35 – 49
6	38 – 49	21 – 27	50 – 74
7	50 – 59	28 – 31	75 – 99
8	60 – 76	32 – 40	100 – 199
9	> 77	> 41	> 200

Tabel 2.1 Figur Densitas *Ae. aegypti* dan Hubungannya dengan Indeks *Aedes* oleh AWA Brown.³⁰

2) Survei larva

Survei larva merupakan metode paling umum dilakukan. Unit survei adalah rumah atau tempat yang terdapat penampung air bersih. Larva dan atau pupa diamati dan dihitung pada penampung air tersebut. Spesimen diambil untuk diperiksa di laboratorium untuk menentukan spesies vektor.²³ Ukuran yang digunakan adalah indeks-indeks Aedes (HI, CI, dan BI), disamping indeks lain yang lebih estimatif terhadap tipe penampung yang paling produktif bagi populasi nyamuk dewasa, yaitu indeks pupa (*pupal index*, PI). PI adalah jumlah pupa dibagi jumlah rumah yang diperiksa dikalikan 100% (atau jumlah pupa per 100 rumah).³¹

3) Survei nyamuk dewasa

Metode ini dapat menghasilkan informasi penting tentang kecenderungan populasi musiman, dinamika penyebaran, dan evaluasi program pemberantasan. Namun sangat sulit menangkap nyamuk *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus*, karena sangat aktif bergerak.²¹ Ukuran pengumpulannya adalah berdasarkan tempat hinggap atau gigitan, dan tempat istirahat. Pengumpulan berdasarkan tempat istirahat dilakukan di dalam kamar tidur dan tempat-tempat redup/gelap di dalam rumah. Nyamuk ditangkap dengan menggunakan aspirator. Indeks dihitung dari jumlah nyamuk dewasa (jantan atau betina) per rumah atau per jam.²⁷

C. Daya Biotik Potensial

Pertumbuhan suatu populasi nyamuk *Ae. aegypti* dapat dipengaruhi oleh adanya faktor internal pada vektor atau daya yang tersimpan/dimiliki oleh nyamuk *Ae. aegypti*. Daya biotik yaitu kemampuan serangga untuk memperbanyak diri, dibedakan menjadi:¹⁷

1) Daya reproduksi

Daya reproduksi adalah kemampuan serangga untuk berkembang biak waktu tertentu dalam kondisi lingkungan yang optimum.⁷ Faktor-

faktor menentukan besarnya daya reproduksi pada nyamuk *Ae. aegypti* meliputi:

a) Fekunditas

Kemampuan nyamuk *Ae. aegypti* betina untuk menghasilkan sejumlah telur. Selain itu nyamuk dewasa betina mempunyai kemampuan dalam menghasilkan telur yang cukup banyak, tetapi adanya faktor luar sebagai penghambat perkembangannya juga tinggi. Baik berupa makanannya, musuh alami, faktor fisik, ataupun faktor kompetisi antara serangga hama itu sendiri dalam memperoleh ruang tempat hidup, memperoleh makanan, dll. *Ae. aegypti* dewasa yang baru keluar dari selongsong pupa akan diam beberapa saat di selongsong pupa untuk mengeringkan sayapnya, setelah berkopulasi *Ae. aegypti* betina menghisap darah sebagai makanannya untuk pematangan telur dan tiga hari kemudian akan bertelur 100-300 butir atau ± 150 butir (fekunditas) dalam satu siklus gonotropik.⁸ Rata-rata jumlah telur per ekor nyamuk *Ae. aegypti* betina isolat Bogor di laboratorium mencapai 32,64 butir/ekor/siklus.¹⁷ Telur dapat bertahan sampai ± 6 bulan di tempat kering dengan suhu -2°C sampai 42°C , dan bila tempat-tempat tersebut kemudian tergenang air atau kelembabannya tinggi maka telur dapat menetas lebih cepat.⁴¹

b) Periode perkembangan hidup atau siklus hidup

Lamanya satu generasi keturunan dapat menyelesaikan perkembangan hidup, nyamuk mengalami metamorfosis sempurna meliputi stadium telur-larva-pupa-nyamuk dewasa selama pertumbuhan. Nyamuk mempunyai perbedaan morfologi yang jelas disertai perbedaan biologi (tempat hidup dan makanan) antara tingkat muda dan dewasa.⁸ Pada umumnya 10 – 12 hari, di daerah beriklim sedang, siklus hidup dapat mencapai beberapa minggu atau bulan. Hal demikian menyebabkan adanya daya biotik/daya reproduksi yang tinggi pada nyamuk *Ae. aegypti* betina, dengan

siklus yang pendek dan fekunditas yang tinggi memungkinkan nyamuk menghasilkan keturunan pada periode waktu tertentu yang jumlahnya sangat besar.⁹

c) Sex ratio

Angka yang menunjukkan perbandingan antara jenis yang jantan dan betina dalam suatu populasi. Nilai perbandingan antara lain oleh cara berbiaknya yang sangat penting dalam menentukan cepatnya pertumbuhan populasi nyamuk *Ae. aegypti*.⁷ Sebagian besar serangga mempunyai sex ratio 1:1 yang artinya kemungkinan serangga jantan dan serangga betina yang bertemu kemudian melakukan kopulasi akan lebih tinggi sehingga reproduksi serangga tersebut akan tinggi. Sex ratio pada serangga seksual umumnya 1 : 1, dan pada beberapa spesies serangga sex rasionya dapat mencapai 1:3 apabila makanannya cukup banyak, daya reproduksi betina cukup tinggi. Sex faktor merupakan perbandingan jumlah individu betina terhadap seluruh jumlah individu dalam populasi. Daya reproduksi maksimum untuk sex ratio sama dengan 1.^{7,12}

2) Daya survival

Kemampuan serangga untuk bertahan hidup dalam lingkungannya, dan dipengaruhi oleh:²²

a) Daya persepsi dan mobilitas

Daya persepsi adalah kemampuan serangga untuk menerima rangsangan dan luar dan memberikan respon terhadap rangsangan tersebut. Hal ini menyangkut berbagai hal, misalnya kemampuan untuk mendapatkan makanan, keperluan kawin, meletakkan telur, menghindari diri dari berbagai musuhnya. Daya persepsi berhubungan dengan kemampuan indera yang dimiliki oleh serangga. Mobilitas serangga dapat aktif maupun pasif, yang tergantung pada organ tubuh yang dimilikinya.²³

b) Daya dispersi

Daya dispersi adalah daya untuk menjauhi tempat asalnya ketika lingkungan menjadi tidak cocok untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Hal ini dapat terjadi karena jumlah individu dalam populasi sudah sangat rapat atau karena jumlah makanannya berkurang. Terdapat 3 bentuk dispersi yaitu menyebar (spread), memencar (dispersal), dan migrasi (migration). Dispersi dapat berlangsung dalam jumlah yang besar atau secara massal disebut migrasi.²⁵

c) Daya kompensasi dan adaptasi

Daya yang dimiliki oleh serangga untuk mengimbangi berbagai kelemahan dengan daya yang lain. Hal ini karena kemampuan/daya kompensasi yang dimiliki oleh serangga tidaklah sama, ada yang lemah dan ada yang kuat. Sedangkan daya adaptasi adalah kemampuan serangga untuk menyesuaikan diri apabila mengalami keadaan lingkungan yang tidak cocok.³⁶

D. Masa Hidup

Lama hidup *Ae. aegypti* dapat dipengaruhi pada tinggi rendahnya suhu, kelembapan udara, persediaan air, makanan dan predator. Nyamuk *Ae. aegypti* jantan dan betina mempunyai umur yang berbeda. Pada dasarnya umur nyamuk *Ae. aegypti* betina lebih panjang jika dibandingkan nyamuk *Ae. aegypti* jantan.²³ Nyamuk jantan akan mati setelah kawin. Peluang hidup nyamuk *Ae. albopictus* di lapangan isolat wonosobo Desa Gemblengan lebih tinggi (0,61-0,81) dari pada Kelurahan Pagerkukuh (0,54-0,69).^{18,21} Pada suhu dan kelembaban optimum, peluang hidup nyamuk lebih tinggi. Peluang hidup *Ae. Aegypti* betina di laboratorium isolat Bogor dalam satu hari adalah 0,86-0,91 teridentifikasi dengan ekdisis (larva menjadi pupa) mencapai 75,95%, sedangkan ekslosi (pupa menjadi dewasa) mencapai 90,67%.^{4,15}

Di alam umur nyamuk betina dapat mencapai 10 hari, sedangkan di laboratorium nyamuk ini dapat bertahan hidup sampai mencapai umur 2 bulan dengan menggunakan darah dan larutan gula sebagai sumber nutrisi.¹ Nyamuk betina dapat bertahan hidup selama beberapa minggu di laboratorium hanya dengan menggunakan nutrisi gula. Nyamuk betina *Ae. aegypti* mampu bertahan hidup tanpa nutrisi selama 13 hari.⁷ Pada pemberian beberapa variasi nutrisi juga tetap menunjukkan bahwa nyamuk *Ae. aegypti* betina mampu bertahan hidup lebih lama di bandingkan dengan nyamuk jantan.^{1,4} Masa hidup nyamuk *Ae. aegypti* di laboratorium isolat Bogor yang diberikan pakan larutan sukrosa 10% adalah 54 hari untuk nyamuk betina dan 42 hari untuk nyamuk jantan.⁴

E. Siklus Gonotropik

Siklus gonotropik merupakan siklus reproduksi dari menghisap darah, mencerna darah, pematangan telur, dan perkembangan telur. Nyamuk *Ae. aegypti* dewasa kawin setelah keluar dari pupa, perilaku kawin berkisar 12 detik hingga beberapa menit di alam. Nyamuk betina akan menghisap darah dalam 24 – 36 jam, protein dari darah tersebut diperlukan untuk pematangan telur. *Ae. aegypti* bersifat *multiple biting*, karena memerlukan penghisapan darah lebih dari satu kali untuk bertelur dan sebagian dari nyamuk tersebut mempunyai kemampuan menghasilkan telur hanya dengan sekali menghisap darah, dapat dilihat bahwa 66,67 % nyamuk dapat menghasilkan telur hanya dengan sekali menghisap darah, 6,67 % menghisap darah dua kali untuk memproduksi telur, dan 23,33 % nyamuk menghisap darah lebih dari dua kali untuk menghasilkan telur.^{7, 22}

Kemampuan reproduksi *Ae. aegypti* dapat di lihat dari jumlah total telur yang dihasilkan pada tiap-tiap penghisapan darah. Seperti pada study sebelumnya tentang siklus gonotropik nyamuk *Ae. aegypti* menunjukkan bahwa spesies tersebut mempunyai range waktu yang bervariasi. Hal ini didukung oleh penelitian di lapangan nyamuk *Ae. albopictus* isolat Wonosobo bahwa siklus gonotropik nyamuk *Ae.*

albopictus di Desa Gemblengan lebih lama (3 - 7 hari) dibandingkan dengan siklus gonotropik di Kelurahan Pagerkukuh (3 - 5 hari). Siklus gonotropik nyamuk *Ae. aegypti* di Kelurahan Jaraksari berlangsung selama 3 - 5 hari dengan suhu lebih rendah (23,56 °C).²¹

Bertambahnya umur nyamuk mempengaruhi jumlah telur yang dihasilkan. Larva keluar dari telur dan menjalani empat tahap perkembangan. Lama perkembangan tiap-tiap tahap dipengaruhi pada suhu, makanan, dan kepadatan larva di tempat perindukan. Pada kondisi optimum, waktu sejak penetasan hingga menjadi nyamuk dewasa berlangsung sekitar 7 hari, termasuk 2 hari untuk masa pupa. Setelah menetas (keluar dari pupa) nyamuk segera menghisap zat gula. Zat gula diperlukan jantan dan betina sepanjang hidupnya, termasuk antara dan selama siklus gonotropik.³⁰

Ada beberapa istilah yang biasa digunakan yang menyangkut siklus gonotropik yaitu:⁵³

- 1) Gonotrophic Concordance, waktu mulai menghisap darah pertama kali sampai bertelur
- 2) Gonotrophic Discordance, waktu mulai menghisap darah pertama kali sampai bertelur, kemudian darah dicerna, menghisap darah lagi untuk yang kedua kali dan selanjutnya sampai bertelur
- 3) Gonotrophic Association, bila nyamuk menghisap darah kemudian menahan telur dengan menunggu datangnya hujan sampai terdapat genangan air untuk tempat bertelur dan selama itu nyamuk tidak menghisap darah lagi.
- 4) Gonotrophic Dissociation, bila nyamuk mengulangi menghisap darah kemudian bertelur dan selama musim kering nyamuk betina yang gravid (penuh telur yang matang) akan menghisap darah tanpa bertelur.

Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan perkembangan telur mulai dari nyamuk menghisap darah sampai telur dikeluarkan, waktunya bervariasi antara 3-4 hari. Jangka waktu tersebut disebut

dengan siklus gonotropik. Setelah menghisap darah, nyamuk akan beristirahat pada tempat yang gelap dan lembab di dalam atau di luar rumah pada habitat perkembangbiakannya. Pada tempat tersebut nyamuk menunggu proses pematangan telurnya. Setelah beristirahat dan proses pematangan telur selesai, nyamuk betina akan meletakkan telurnya di atas permukaan air, kemudian telur menepi dan melekat pada dinding-dinding habitat perkembangbiakannya. Frekuensi menghisap darah sampai perilaku bertelur nyamuk *Ae. aegypti* dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.¹⁹



Gambar 2.6 Siklus Gonotropik *Aedes aegypti*.¹⁹

F. Kebutuhan Pakan *Aedes aegypti*

Perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* pada larva dipengaruhi oleh sumber pakan yang terdapat pada media terutama mikroorganisme. Pada umumnya di alam makanan larva berupa mikroba dan jasad renik yakni bakteri, spora jamur, flagelata, ciliata dan rhizophora. Nyamuk betina aktif menggigit (menghisap) darah pada pagi hari sampai sore hari, guna memperoleh kebutuhan pakan. Darah menjadi sumber protein untuk perkembangan telur. *Ae. aegypti* bersifat antropofilik, walaupun menghisap darah hewan berdarah panas.¹ Nyamuk jantan biasa menghisap sari bunga/ tumbuhan yang mengandung gula. Nyamuk dewasa jantan dan betina pada kebanyakan spesies secara teratur menghisap gula pada tumbuhan sepanjang hidupnya, tetapi hanya nyamuk betina yang menghisap darah vertebrata.⁵

Kebutuhan darah di alam diperoleh dari darah manusia atau hewan. Darah merupakan sumber nutrisi, mengandung protein yang

diperlukan untuk perkembangan telur. Nyamuk jantan tidak menghisap darah tetapi menghisap nektar. Bila mendeteksi sumber gula atau darah, nyamuk terbang mendekati tempat tersebut. Sumber zat gula atau darah diketahui melalui bau/aroma yang dikeluarkan.⁴²

Kecenderungan bahwa pemberian larutan gula membuat umur nyamuk *Ae. aegypti* betina lebih panjang jika di bandingkan dengan pemberian nutrisi darah. Hal ini disebabkan oleh larutan gula mengandung sukrosa. Sukrosa merupakan sumber energi yang mudah dipecah oleh enzim kelenjar ludah. Sukrosa ini akan diubah oleh nyamuk betina menjadi triglycerid dengan tujuan untuk pemeliharaan nyamuk dalam kurun waktu yang lebih lama. Sukrosa selain diubah menjadi triglycerid juga diubah menjadi glycogen yang digunakan sebagai cadangan energi.¹⁰

G. Ekologi Vektor

1. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik yang dapat mempengaruhi kelangsungan masa hidup nyamuk *Aedes aegypti* antara lain:

a) Suhu udara

Kecepatan perkembangan nyamuk tergantung dari kecepatan proses metabolisme yang sebagian diatur oleh suhu. Karenanya kejadian-kejadian biologis tertentu seperti: lamanya pradewasa, kecepatan pencernaan darah yang dihisap dan pematangan indung telur dan frekuensi mengambil makanan atau menggigit berbeda-beda menurut suhu, demikian pula lamanya perjalanan virus di dalam tubuh nyamuk.¹³

Nyamuk *Aedes* akan meletakkan telurnya pada temperatur udara sekitar 20°C-30°C. Telur yang diletakkan dalam air akan menetas pada 1 sampai 3 hari pada suhu 30°C, tetapi pada suhu udara 16°C dibutuhkan waktu selama 7 hari. Nyamuk dapat hidup pada suhu rendah tetapi proses metabolisme menurun atau

bahkan berhenti apabila suhu turun sampai dibawah suhu kritis.^{13,14} Suhu lebih tinggi dari 35°C juga mengalami perubahan dalam arti lebih lambatnya proses-proses fisiologi, rata-rata suhu optimum untuk pertumbuhan nyamuk adalah 25-27°C. Pertumbuhan nyamuk akan terhenti sama sekali pada suhu kurang dari 10°C atau lebih dari 40°C.⁴⁶

b) Kelembaban

Kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam udara yang biasanya dinyatakan dalam persen. Dalam kehidupan nyamuk kelembaban udara mempengaruhi kebiasaan meletakkan telurnya. Kelembaban udara berkisar antara 80-90,5% merupakan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan jentik *Ae. aegypti*.⁴²

Sistem pernafasan nyamuk *Ae. aegypti* yaitu dengan menggunakan pipa-pipa udara yang disebut *trachea*, dengan lubang pada dinding tubuh nyamuk yang disebut *spiracle*.² Adanya spirakel yang terbuka lebar tanpa ada mekanisme pengaturnya, maka pada kelembaban rendah akan menyebabkan penguapan air dalam tubuh nyamuk, dan salah satu musuh nyamuk dewasa adalah penguapan.³ Pada kelembaban kurang dari 60 % umur nyamuk akan menjadi pendek, tidak bisa menjadi vektor karena tidak cukup waktu untuk perpindahan virus dari lambung ke kelenjar ludah.²⁸

c) pH

Salah satu faktor yang dapat menjadi penghambat perkembangbiakan *Aedes sp* adalah pH. Media yang berada dibawah pH optimum atau bersifat asam dapat mempengaruhi penetasan telur menjadi larva. pH optimum dimana telur *Aedes sp* dapat menetas yakni 6,5-7, terlalu asam atau basa pertumbuhan terhambat/mati.¹⁸ Bahkan kandungan oksigen terlarut yang rendah juga turut mempengaruhi penetasan telur *Aedes sp*, karena ternyata pada proses penetasan telur memerlukan oksigen terlarut sebesar

7,9 mg/l dengan suhu media 28⁰ C, tanpa adanya oksigen terlarut banyak organisme aquatik tidak akan ada dalam air.²¹ Kandungan zat kimia dalam air ternyata juga mempengaruhi daya tetas *Aedes sp*, sebuah penelitian menemukan bahwa air yang diberi penjernih air (tawas) membuat penetasan telur *Aedes sp* menjadi terhambat.²²

Pada pH yang lebih rendah atau lebih tinggi akan mempengaruhi proses fisiologi larva yaitu transportasi oksigen terganggu sehingga meningkatkan mortalitas (angka kematian) dalam waktu 24 jam setelah menetas. Keadaan tersebut erat kaitannya dengan pembentukan enzim sitokrom oksidase di dalam tubuh larva yang berfungsi dalam proses metabolisme.²³ Namun nyamuk masih mampu hidup pada pH yang asam, seperti pada penelitian derajat keasaman air danau kawah ijen dengan pH 0,1 dimana hanya larva nyamuk yang bertahan hidup dan penelitian tentang pH (potensial hidrogen) air hujan di jakarta adalah 4,8 dimana secara teori nyamuk *Ae. aegypti* menyukai air hujan untuk tempat perindukannya, dengan munculnya kasus DBD setiap tahunnya di Jakarta dengan jumlah penderita yang besar membuktikan bahwa pada pH 4,8 nyamuk dapat berkembang.²⁴

d) Pencahayaan

Nyamuk menyukai tempat sedikit redup atau remang-remang. Nyamuk *Ae. aegypti* suka beristirahat di tempat yang gelap, lembab, serta tempat yang tersembunyi.²⁰ Cahaya merupakan faktor utama yang mempengaruhi nyamuk untuk berhinggap atau beristirahat pada suatu tempat intensitas cahaya yang rendah, redup atau remang-remang dan kelembaban yang tinggi merupakan kondisi yang disukai nyamuk. Intensitas cahaya merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi aktivitas terbang nyamuk, nyamuk terbang apabila intensitas cahaya rendah (<20 Ft-cd).²⁵

e) Tempat perindukan *Aedes*

Tempat penampungan air di dalam dan di luar rumah, talang, ketiak daun, pangkal potongan bambu, serta tendon temporer seperti gentong, drum, ban bekas, kaleng bekas, botol, dan pot tanaman. Semua habitat ini mengandung air yang relatif bersih dan tidak suka meletakkan telurnya pada air yang kotor/keruh serta bersentuhan langsung dengan tanah.¹⁵ Keberadaan jentik dimana air yang jernih lebih banyak terdapat jentik *Ae. aegypti* 74,5%.²¹

2. Lingkungan Biologis

Faktor seperti predator, kompetitor dan makanan yang berinteraksi dalam kontainer sebagai habitat akuatiknya pradewasa sangat berpengaruh terhadap keberhasilannya menjadi imago.¹⁵ Keberhasilan itu juga ditentukan oleh kandungan air kontainer seperti bahan organik, komunitas mikroba, dan serangga air yang ada dalam kontainer.²³ Pada kontainer dengan genangan air yang lama biasanya terdapat bakteri pathogen dari parasit yang mempengaruhi pertumbuhan jentik (larva) dari instar. Adanya infeksi pathogen dari parasit pada larva mengurangi jumlah larva hidup untuk menjadi nyamuk dewasa, masa pertumbuhan larva bisa menjadi lebih lama dan umur dari nyamuk dewasa yang berasal dari larva terinfeksi pathogen atau parasit biasanya lebih pendek.³⁷

3. Lingkungan kimia

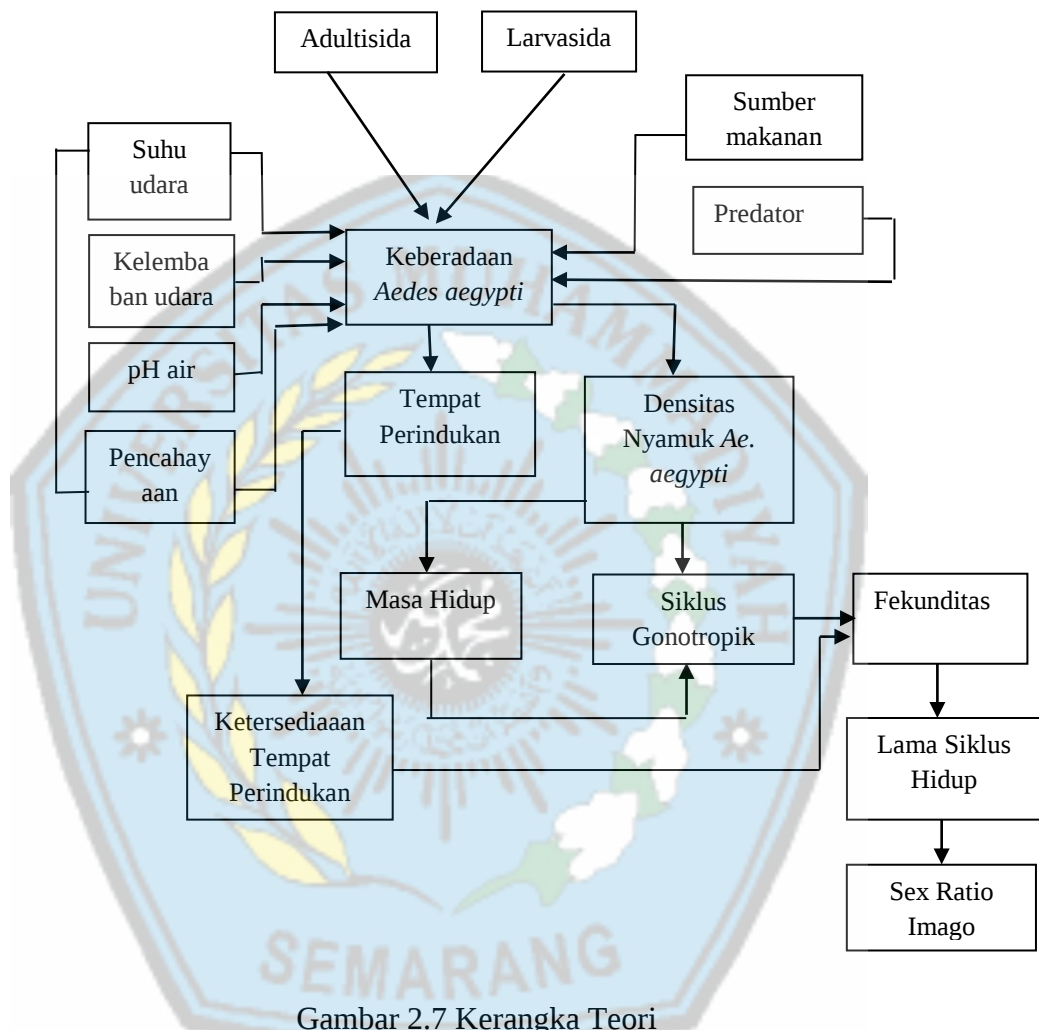
Insektisida merupakan salah satu jenis pestisida yang dipergunakan untuk mengendalikan vektor penyakit dan hama pemukiman seperti nyamuk, lalat, kecoa/lipas, tikus dan lain – lain yang dilakukan di daerah pemukiman endemis, pelabuhan, bandara dan tempat – tempat umum lainnya.⁴³ Penggunaan insektisida pembasmi jentik (larvasida), formulasi *temephos* (abate 1%) yang

digunakan yaitu granules (*sand granules*). Dosis yang digunakan 1 ppm atau 10 gram *temephos* (kurang lebih 1 sendok makan rata) untuk setiap 100 liter mempunyai efek residu 3 bulan, khususnya di dalam gentong tanah liat dengan pola pemakaian air normal. Temephos sudah ditemukan di beberapa negara seperti Brazil, Bolivia, Argentina, Kuba, French Polynesia, Karibia, dan Thailand yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup nyamuk *Ae. aegypti*.⁴²

Insektisida memiliki beberapa cara untuk mempengaruhi tubuh serangga melalui titik tangkap (*target side*) yang ada di dalam tubuh serangga. Insektisida masuk ke dalam tubuh nyamuk melalui beberapa cara yaitu melalui kutikula (racun kontak), alat pencernaan (racun perut) dan lubang pernafasan (racun pernafasan).⁴³ Insektisida masuk melalui spirakel (pernafasan) dan melalui permukaan badan nyamuk dengan menghirup partikel-partikel mikro insektisida yaitu *larvasida* (pyrethrum, microbia, biokimia, petroleum oil) dan *adultisida* (organofosfat, pyrethrum, piretroid sintesis). Adapun cara kerja Insektisida yang digunakan dalam pengendalian vektor ialah dengan mempengaruhi sistem saraf, menghambat produksi energi, mempengaruhi sistem endokrin, menghambat produksi kutikula dan menghambat keseimbangan air di dalam tubuh nyamuk.⁴⁵ Hasil study menunjukan konsentrasi uji larvasida yang menyebabkan kematian larva L3 sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 90% sehingga menghambat perkembangan stadium larva dengan masa hidup nyamuk rendah. Kandungan zat kimia dalam air juga turut mempengaruhi daya tetas telur *Aedes*, bahwa air yang diberi penjernih air (tawas) membuat penetasan telur *Aedes* menjadi terhambat.³⁴

H. Kerangka Teori

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dipaparkan, kerangka teori penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 2.7 Kerangka Teori