

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Vektor

Vektor dalam arti luas yaitu pembawa/pengangkut. vektor dalam arti lain adalah hewan avertebrata yang berperan sebagai penular penyebab penyakit (agen) dari host pejamu yang sakit ke pejamu lain yang rentan⁽²⁸⁾. Vektor dapat berupa vektor mekanis dan biologis, dan juga berupa vektor primer dan sekunder. Vektor mekanis yaitu hewan yang menularkan penyakit tanpa agen tersebut mengalami perubahan, vektor mekanis ini sangat penting bagi penyebaran penyakit karena dalam tubuh vektor mekanis biasanya parasit telah mencapai stadium infeksi. Daya tahan tubuh parasit di dalam tubuh vektor mekanis terbatas karena, maka dari itu vektor mekanis berfungsi sebagai pemindah.

Vektor biologis parasit mengalami tumbuh dan berkembang dalam tubuh vektor, contohnya seperti nyamuk *Aedes aegypti* yang bertindak sebagai vektor demam berdarah. Vektor biologis juga mempunyai peran sebagai tuan rumah, dalam penyebaran parasit oleh vektor biologis, arthropoda sebagai inang sangat diperlukan dalam siklus hidup parasit⁽²⁸⁾.

Vektor primer merupakan penyebab utama terjadinya penularan penyakit, baik pada orang maupun hewan yang secara klinis telah terbukti sakit, sedangkan vektor sekunder adalah vektor yang dianggap tidak penting sebagai penyebaran penularan penyakit, dalam keadaan wabah, karena situasinya menyebabkan lebih dekatnya hubungan vektor sekunder dengan inang, maka vektor sekunder dianggap sebagai vektor penting.

B. Nyamuk *Aedes spp.*

Nyamuk ini merupakan phylum *Arthropoda*, classis *Insecta*, ordo *Diptera*, subordo *Nematocera*, family *Culicidae*, sedangkan genusnya *Aedes*, dari spesies *Aedes Albopictus* (skutse). *Ae. albopictus* adalah nyamuk berukuran kecil dan berwarna gelap dengan garis punggung putih dan kaki belang, atau yang disebut juga sebagai nyamuk macan Asia, sedangkan nyamuk *Ae. aegypti* juga merupakan nyamuk berukuran kecil dengan garis putih berbentuk kecap pada permukaan dorsal thorax⁽²⁹⁾. *Ae. albopictus* merupakan nyamuk asli daerah timur, seperti Asia yang menyebar ke daerah barat seperti Madagaskar dan pulau di Afrika Timur. Nyamuk ini umumnya beristirahat di luar rumah dalam wadah alami atau buatan dengan terlindung dari sinar matahari. Nyamuk ini merupakan vektor penyakit Demam Berdarah dan Chikungunya⁽¹³⁾.

1. Morfologi
 - a. Telur

Telur nyamuk *Ae. albopictus* pada umumnya berwarna hitam⁽³⁰⁾. Telur menjadi lebih hitam ketika akan menetas. Telur ini berbentuk lonjong dengan ujung tumpul pada anterior, dan meruncing pada posterior. Ukuran telur *Ae. albopictus* rata-rata yaitu panjang 609,8 μ m, dan lebar 192,9 μ m. Perkembangan embrio pada telur nyamuk *Ae. albopictus*, tergantung pada suhu dan kelembaban relatif. Kondisi ideal untuk *embryogenesis* telur pada *Ae. albopictus* pada suhu 21°C, dengan kelembaban 70%-80%. Telur *Ae. albopictus* sangat tahan terhadap kondisi kering, jika disimpan pada kondisi lembab⁽³¹⁾.

Telur akan mudah menetas, ketika adanya genangan, selain itu juga tergantung pada jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Kadar oksigen yang rendah, biasanya berhubungan dengan tingginya aktivitas mikroba dan nutrisi dalam air. Air dengan keberadaan telur yang padat, mikroorganisme

akan menjajah permukaan telur, mengakibatkan penurunan oksigen terlarut karena peningkatan aktivitas mikroba metabolik, ini akan merangsang telur *Ae. albopictus* untuk menetas⁽³¹⁾.

Nyamuk *Ae. aegypti* betina mampu bertelur sebanyak lima kali dalam seumur hidupnya, dan mampu menghasilkan telur rata – rata yaitu 100 sampai 200 butir telur⁽³²⁾. Telur nyamuk *Ae. aegypti* memiliki bentuk elips dan mempunyai permukaan yang polygonal, dengan ukuran yaitu 0,8 mm dan berwarna hitam⁽³³⁾. telur tidak akan menetas sebelum tanah digenangi air, dan telur akan menetas dalam waktu 1 – 3 hari pada suhu 30°C, tetapi membutuhkan waktu 7 hari pada suhu 16°C⁽³⁴⁾. Telur dapat bertahan pada keadaan kering dalam kurun waktu yang lama (>1tahun)⁽³³⁾.

b. Larva

Mesothorax dan metathorax *Ae. albopictus* memiliki rambut pleura yang tidak memiliki duri panjang. Kepala larva berbentuk bulat silindris, antena pendek dan halus. Pada kepala terdapat dua cabang pada seta 7-C⁽³¹⁾. Pada bagian depan kepala mempunyai rambut berbentuk sikat, terdapat gigi sisir pada ruas abdomen VIII. Yang membedakan *Ae. albopictus* dengan *Ae. aegypti* yaitu pada bagian lateral thorax *Ae. albopictus* tidak mempunyai duri. Larva ini berukuran kurang lebih 5mm⁽³⁰⁾.

Nyamuk *Ae. albopictus* mempunyai 4 tingkatan/instar dengan pertumbuhan larva yaitu :

1. Larva instar I, memiliki panjang yang berukuran ± 1 mm.
2. Larva instar II, memiliki panjang yang sama pada dewasa instar I, dengan panjang yaitu 3mm. pada tahap ini kepala berwarna gelap dan tubuh menjadi panjang dan silindris.

3. Larva instar III, pada instar ini ditandai dengan adanya ekor sisir tulang belakang.
4. Larva instar IV, memiliki ukuran jauh lebih besar, karena adanya tunas pengembangan tunas imaginal thorax dan lemak tubuh menunjukkan adanya sifon pernafasan pupa⁽³⁵⁾.

Larva pada nyamuk *Ae. aegypti* memiliki kepala yang cukup besar, dan juga thorax dan abdomen yang cukup jelas. Larva menggantungkan dirinya pada permukaan air untuk mendapatkan oksigen, biasanya melakukan pergantian kulit sebanyak empat kali, dan akan berubah menjadi pupa dalam waktu tujuh hari⁽³⁴⁾.

c. Pupa

Pupa *Ae. albopictus* saat pertama kali muncul berwarna putih, kemudian dalam waktu singkat menunjukkan perubahan pigmen. Pupa mempunyai bentuk seperti koma dengan *cephalothorax* yang tebal, abdomen dapat digerakkan vertikal setengah lingkaran, warna pada pupa mulai terbentuk sedikit pucat kemudian berubah menjadi kecoklatan dan kemudian berubah menjadi hitam saat akan menjadi dewasa. Pada corong mempunyai corong untuk bernapas yang mempunyai bentuk seperti sifon panjang dan ramping. Tahap pupa berlangsung selama 1-2 hari.

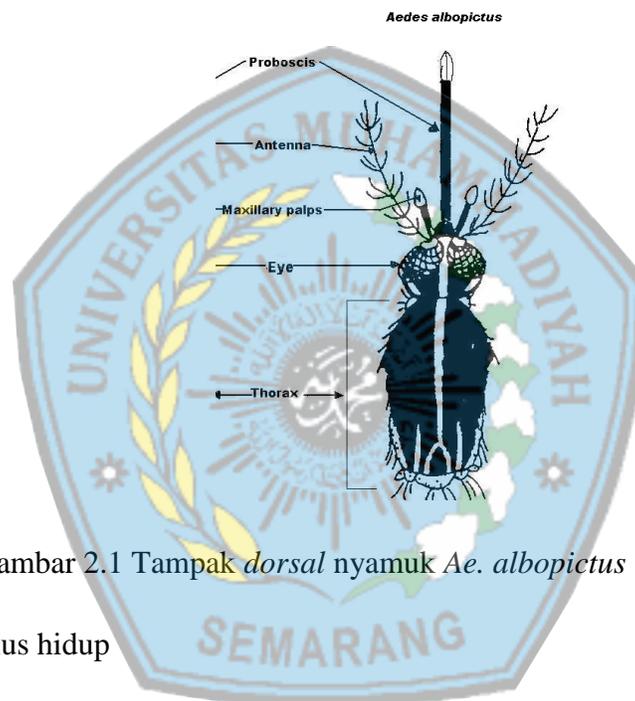
Pupa nyamuk *Ae. aegypti* tidak mengkonsumsi makanan, tetapi aktif di dalam air terutama bila terganggu, dalam waktu satu sampai dua hari pupa sudah sempurna, kulit pupa akan pecah dan nyamuk dewasa muda akan muncul, dan yang akan muncul pertama kali yaitu pada bagian kepala⁽³⁴⁾.

d. Nyamuk dewasa

Dewasa pada nyamuk *Ae. albopictus* memiliki pola putih di sisi dorsal thorax. Pola tersebut berbentuk garis lurus tunggal, dan sisik putih terletak

pada tengah-tengah dada⁽³⁵⁾, sebagai pembeda *Ae. aegypti* memiliki dua garis putih yang melingkar di sisi belakang thorax. Tubuh *Ae. albopictus* berwarna hitam dengan bercak/garis-garis putih pada notum dan abdomen. Mempunyai antenna berbulu/*plumose*.

Nyamuk *Ae. albopictus* jantan, palpus sama panjang dengan proboscis, sedangkan betina palpus $\frac{1}{4}$ dari panjang proboscis.



Gambar 2.1 Tampak *dorsal* nyamuk *Ae. albopictus* betina

2. Siklus hidup

Siklus hidup nyamuk *Ae. albopictus* dimulai dari nyamuk betina yang bertelur secara tunggal dan menyebarkannya di sekitar kontainer di berbagai jarak dari permukaan air. Setiap telur, akan diletakkan di tepi air atau diatas permukaan tempat yang basah⁽³¹⁾. Peletakan telur terjadi selama 4-5 hari sesudah terjadi perkawinan. Setiap ekor betina mampu bertelur kira-kira 89 butir. Telur menetas pada temperature 23-27°C, dengan waktu 1-48 jam. Proses penetasan telur terjadi pada ujung tumpul dengan mulainya terjadi sobekan melintang serta dengan adanya dorongan pada kepala, bagian tersebut akan terlepas⁽³⁰⁾.

Larva *Ae. albopictus* hidup rata-rata 6-8 hari. Dengan suhu optimum 21-25°C masa larva berkisar antara 10-12 hari⁽³⁶⁾, sedangkan pada suhu 23-27°C masa larva berkisar 6-8 hari⁽³⁰⁾. Pada pupa mempunyai masa hidup hingga menjadi nyamuk dewasa yaitu 1-2 hari. Suhu 20°C dengan kelembaban 27% nyamuk betina *Ae. albopictus* mampu hidup selama 101 hari dan jantan selama 35 hari⁽³⁷⁾. Nyamuk betina *Ae. albopictus* memakan darah dalam hidupnya, itu dilakukan sebelum maupun sesudah kawin.

3. Habitat

Aedes albopictus memilih habitat berdasarkan ketersediaan sumber makanan dan lokasi untuk reproduksi dan pengembangan, *Ae. albopictus* biasanya berkembang biak pada penampungan air buatan maupun penampungan air alami. Telur *Ae. albopictus* akan menetas di dalam wadah yang berisikan air, dengan adanya daun busuk yang jatuh dari pohon yang menghasilkan kondisi kimia yang mirip dengan lubang pohon, kondisi ini sangat baik untuk pembibitan *Ae. albopictus*. Nyamuk ini memiliki akifitas menggigit sepanjang hari sejak matahari terbit sampai saat akan terbenam, dengan dua puncak keaktifan yaitu antara jam 08.00-13.00 dan 15.00-17.00. kemampuan terbang *Ae. albopictus* betina tidak jauh dari tempat perindukan, tetapi pada keadaan angin tenang dapat terbang maksimal dengan jarak 434m. *Ae. albopictus* di Jawa, ditemui pada daerah ketinggian sampai 1400 meter di atas permukaan laut⁽³⁰⁾.

C. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan vektor⁽³⁸⁾

Ada beberapa karakteristik terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi suatu spesies dapat dikategorikan sebagai vektor penyakit, berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhinya, yaitu :

a. Faktor Kebiasaan

Faktor kebiasaan atau kesukaan ini dapat dihubungkan dengan berpengaruhnya nyamuk terhadap bisa atau tidaknya kontak dengan agent maupun host, misalnya nyamuk yang kebiasaannya menggigit manusia, tentu memiliki peluang untuk menjadi vektor DBD.

b. Faktor Habitat

Faktor habitat akan mempengaruhi terjadinya perpindahan penyakit dari agent kepada host baru, dimana spesies serangga yang kehidupannya hanya berada pada tempat tinggal dimana nyamuk diletakkan saja. Misalnya yaitu nyamuk *Ae. albopictus* yang habitat aslinya di hutan, maka akan menjadi vektor sekunder DBD, berbeda dengan nyamuk *Ae. aegypti* yang habitnya dan berkembang biak di dalam rumah, maka memiliki peluang besar untuk kontak dengan manusia, sehingga nyamuk ini menjadi vektor primer DBD.

c. Faktor Kecepatan Berkembangbiak

Adanya percepatan perkembangbiakan pada nyamuk tentu akan mempengaruhi jumlah populasi pada suatu spesies. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap frekuensi kontak dengan agent dan host baru. Artinya nyamuk memiliki kecepatan berkembangbiak lebih banyak, maka memiliki peluang besar untuk menjadi vektor penyakit.

d. Faktor biokimia

Faktor biokimia ini terjadi pada agent yang mengalami perkembangan dalam tubuh vektor, yaitu nyamuk, ketika nyamuk menghisap darah manusia, maka agent yang ada di dalam darah akan ikut terhisap dan akan masuk kedalam lambung nyamuk, kemudian darah dicerna untuk selanjutnya diserap kandungannya proteinnya, sedangkan agent ada yang terus berkembangbiak dan ada juga yang akan mati karena pengaruh zat biokimia yang ada di dalam lambung dan ikut dicerna.

D. Pengendalian Vektor Dengue

Pengendalian vektor dilakukan dengan pengendalian kimiawi dan pengendalian non kimiawi. Pengendalian non kimiawi dilakukan dengan manajemen lingkungan, yaitu dengan mengubah lingkungan untuk mencegah atau meminimalkan propagasi vektor dan kontak manusia dengan vektor-patogen dengan menghancurkan, mengubah, menghapus atau daur ulang kontainer non-esensial yang menyediakan habitat larva⁽³⁹⁾.

Pengendalian secara kimiawi biasanya dilakukan dengan menggunakan insektisida dari berbagai golongan, yaitu *orghanochlorine*, *organophospor*, *carbamate*, *pyretroid*. Bahan tersebut biasanya digunakan dalam bentuk penyemprotan pada rumah-rumah, selain itu ada juga dalam bentuk larvasida yaitu dengan memberikan abate pada larva, dan juga repelen. Penggunaan insektisida untuk pengendalian vektor dapat berperan ganda, yaitu mampu memutuskan rantai penularan, namun dalam penggunaannya harus bijaksana, agar tidak menimbulkan dampak negative yaitu kematian organisme lain, serta menimbulkan masalah lingkungan, dan yang kedua yaitu menimbulkan resistensi vektor. Perlu menerapkana manajemen aplikasi insektisida yang baik dan metode intervensi yang tepat, agar tidak terjadi resistensi vektor⁽¹²⁾.

E. Insektisida piretroid

Piretroid dikenal sejak tahun 1840-an, dan berkembang pesat karena tingkat *knockdown*nya yang tinggi dan toksisitasnya yang rendah. Piretroid merupakan kelas besar dengan struktural yang beragam⁽⁴⁰⁾, piretroid juga merupakan struktur turunan buatan dari insektisida *pyrethrins* yang muncul pada ekstrak *pyrethrum* dari spesies *chrysanthemum*, di lingkungan piretroid lebih beracun dan bertahan lebih lama dibanding dengan *pyrethrins*. Sejumlah penelitian tentang efektifitas piretroid terhadap serangga telah dilakukan dan telah terbukti sangat efektif untuk tingkat Knockdown pada berbagai spesies serangga⁽⁴¹⁾. Piretroid terkelompok

dalam 2 kategori (tipe I dan tipe II), berdasarkan atas efek keracunannya yang jelas, dampak terhadap jalur syaraf dan struktur kimianya. Namun piretroid tipe I mempunyai grup α -siano yang terbatas, yang biasanya terdapat pada posisi alkohol *phenylbenzy* dari piretroid tipe II⁽⁴²⁾.

Piretroid tipe I menyebabkan reaksi berulang di dalam respon sebuah stimulus tunggal, dan mempunyai efek pada syaraf pusat, yaitu menghambat pada kanal ion sodium. Pada tipe I misalnya, alletrin, resmetrin, tetrametrin, permetrin, dphenothrin. Sedangkan piretroid tipe II menyebabkan depolarisasi membran yang menyertai penekanan potensi aksi, dan berefek pada syaraf pusat serta menghambat neurotransmitter GABA, pada tipe II misalnya, cypermetrin, cyflutrin, deltametrin, lamda cyhalotrin⁽⁴²⁾.

Mekanisme kerja piretroid pada sistem syaraf yaitu menghambat akson pada kanal ion sehingga terjadi aksi potensial secara terus menerus, dan juga mengikat protein *Voltage Gated Sodium Channel*, yang mengatur denyut impuls syaraf, akibatnya impuls syaraf mengalami stimulasi, dan serangga mengalami kegelisahan, kejang-kejang, dan kelumpuhan sampai kematian, dimana biasa disebut sebagai efek *knockdown*⁽¹⁴⁾.

Studi terbaru pada mekanisme piretroid terhadap jalur sodium serangga yang diekspresikan dalam *oocytes* dan mekanisme molekuler kdr mengkonfirmasi bahwa jalur sodium merupakan target insektisida piretroid. Vais, et al,⁽⁴³⁾ menunjukkan bahwa deltametrin, piretroid tipe II yang kuat, terutama mengikat daerah yang teraktifasi dan menghambat de-aktifasi jalur pada sodium yang diekspresikan dalam *oocytes*. Efek yang sama juga diamati pada jalur sodium lalat dan kecoa. Selanjutnya study-study tersebut juga telah mendemonstrasikan efek dari piretroid tipe I dan II pada jalur sodium serangga hampir sama terhadap serangga lain yang diamati dari sisi elektroofisiologisnya menggunakan preparasi syaraf bukan serangga⁽¹⁸⁾.

F. Resistensi nyamuk *Aedes* spp. terhadap insektisida

Resistensi pada serangga merupakan kemampuan dalam bertahan hidup terhadap pengaruh insektisida. Resistensi dapat terjadi secara bawaan dan juga secara didapat. Resistensi bawaan yaitu sifat resisten serangga yang diturunkan dari induknya kepada generasi berikutnya, sedangkan resistensi didapat yaitu kemampuan serangga dalam menyesuaikan diri dengan pengaruh insektisida, sehingga serangga tidak mati atau tahan dengan adanya insektisida dan dapat membentuk populasi yang resisten terhadap insektisida. Resistensi bisa terjadi secara cepat atau lambat, dalam jangka waktu bulan hingga tahun. Penggunaan jenis insektisida yang sama secara terus menerus, penggunaan bahan aktif atau formulasi dengan aktifitas yang sama, efek residual lama merupakan faktor pendukung terjadinya resistensi vektor⁽⁴⁴⁾. Resistensi vektor selain dengan fogging, penyemprotan insektisida residual berpeluang lebih besar dalam menciptakan generasi resisten, dibanding dengan cara aplikasi yang lain, Karena untuk peluang kontak vektor dengan bahan aktif lebih besar⁽¹²⁾.

Serangga yang resisten mempunyai kemampuan untuk mendetoksifikasi atau menetralkan racun lebih cepat dari serangga yang rentan, atau mencegah infasi dari racun untuk mencapai situs target dengan mengikat protein dalam tubuh serangga. Ketahanan penetrasi serangga resisten dalam menyerap racun lebih lambat dari serangga rentan. Ketahanan penetrasi terjadi ketika kutikula luar serangga mengembangkan hambatan yang dapat memperlambat penyerapan bahan kimia ke dalam tubuh mereka.

Mekanisme resistensi serangga terhadap piretroid dibagi menjadi dua kelompok, yaitu 1) resistensi metabolik melalui enzim-enzim detoksifikasi, oksidase dan penurunan penetrasi kutikula, dan 2) resistensi non-metabolik melalui sensitivitas penurunan atau pengurangan jumlah saluran tegangan gerbang sodium.

Resistensi metabolik terjadi karena adanya perubahan dari resisten enzim nyamuk, yang menghasilkan detoksifikasi lebih cepat terhadap insektisida dari pada keadaan normal, mencegah insektisida dalam mencapai situs aksi yang dimaksud. Resistensi non metabolik yang berkaitan dengan insensitifitas situs target (KDR), dimana terjadi mutasi gen yang menyebabkan penghalangan antara ikatan insektisida dengan sel target/VGSC. terjadi ketika reseptor protein yang mana insektisida di desain untuk melumpuhkan. Reseptor tersebut telah dihambat oleh perubahan mutasi: ketika hal ini terjadi insektisida tidak dapat menjalin ikatan kembali terhadap situs target. Oleh sebab itu, serangga kurang terkena dampak oleh insektisida⁽⁴⁵⁾.

Pada kasus DDT dan piretroid, mutasi terjadi pada reseptor jalur sodium/*sodium channel reseptor* menjadi penyebab munculnya penamaan KDR (*Knock Down Resistance*). Pada kasus organofosfat dan karbamat, mutasi terjadi pada protein, *acetylcholinesterase* (AChE) menjadi penyebab yang biasanya disebut sebagai resistensi *Ace-1*⁽⁴⁵⁾.

Sebuah penambahan komplikasi muncul karena resistensi silang antara insektisida dari kelas yang berbeda, yang memberikan mode aksi yang sama. Vektor yang resisten terhadap piretroid karena mereka memiliki gen KDR/resisten akan mungkin mengalami resisten juga terhadap DDT⁽⁴⁵⁾. Demikian juga mutasi *Ace-1* dapat menyebabkan resistensi situs target terhadap insektisida organofosfat dan karbamat. Keberadaan resistensi silang akan membatasi pilihan alter penggunaan insektisida dalam situasi dimana resistensi telah di deteksi⁽⁴⁵⁾.

Resistensi nyamuk *Ae. albopictus* terhadap berbagai insektisida telah banyak dilaporkan di berbagai Negara. data dari Afrika Tengah *Ae. albopictus* dilaporkan resistan terhadap deltametrin dan DDT⁽²⁴⁾. Nyamuk *Ae. albopictus* juga resisten terhadap DDT dan piretroid di New Delhi, India⁽⁴⁶⁾.

G. KDR (Knock Down Resistance)

Piretroid dan DDT menggunakan efek racunnya untuk menahan tegangan gerbang saluran sodium (VGSC), yang secara umum berdampak pada terjadinya *knock-down* singkat (kdr). Saat racun dari piretroid dan DDT masuk ke dalam tubuh nyamuk, efek insektisida yaitu mengikat ke saluran sodium. Kemudian racun tersebut mengubah sifat gerbang dari saluran sodium, dan menjaga gerbang tersebut, agar tetap terbuka dalam waktu yang cukup lama. Modifikasi pada struktur saluran sodium, dalam bentuk mutasi titik ataupun substitusi basa nukleotida terjadi karena polimorfisme nukleotida tunggal⁽⁴⁷⁾.

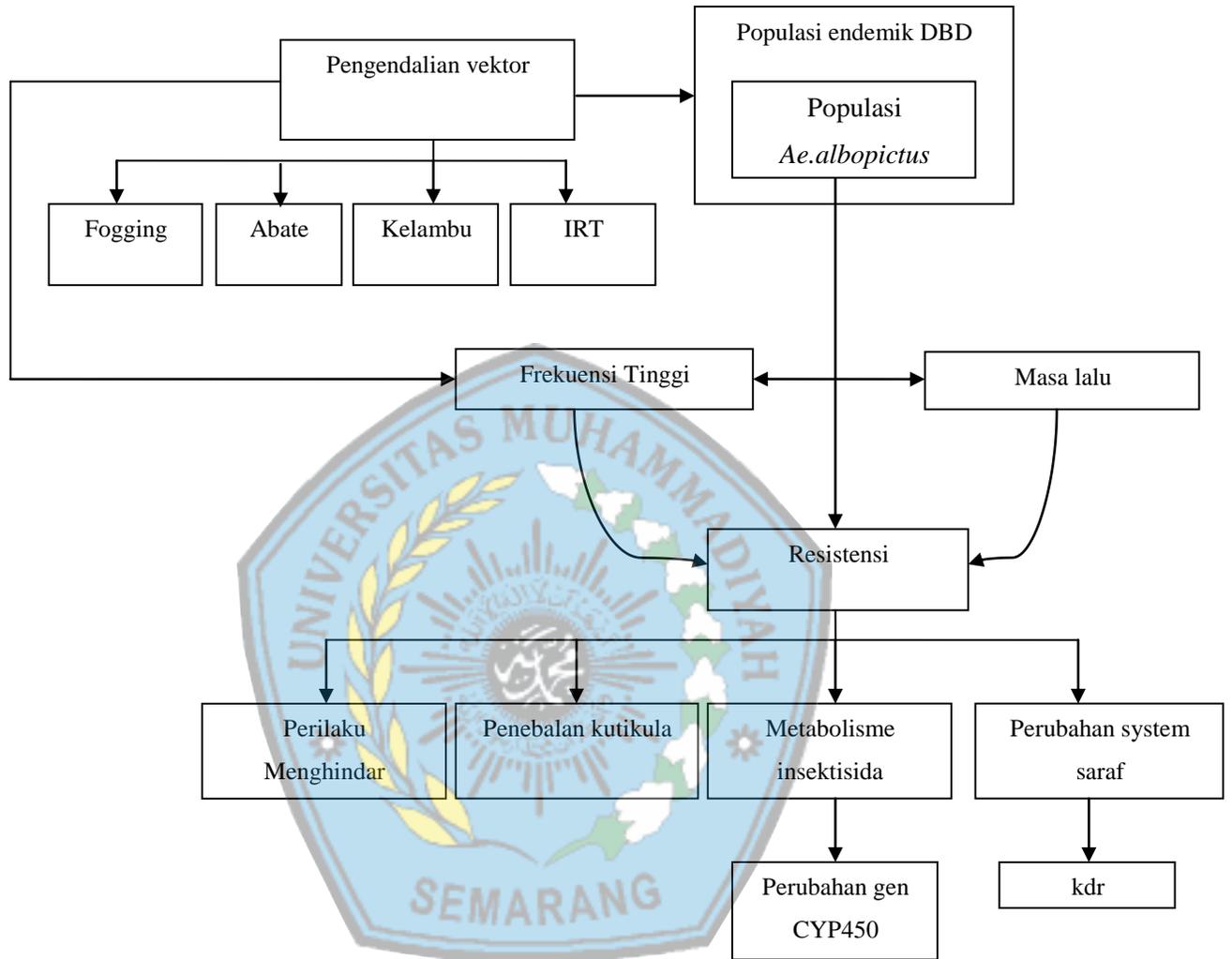
Hal ini berdampak pada insensitifitas terhadap DDT dan piretroid dalam saluran sodium dari system syaraf melalui reduksi atau eliminasi afinitas ikatan insektisida terhadap protein target. Kata *knockdown* resistance (kdr) digunakan untuk mendeskripsikan kasus resistensi terhadap insektisida DDT dan piretroid pada serangga atau arthropoda lain terkait reduksi sensitifitas situs target dari saluran sodium⁽⁴⁸⁾.

Pada dekade terakhir, secara molekuler, toksikologi, dan farmakologi telah membuktikan adanya peran penting keberadaan mutasi titik (mutasi kdr) dalam tegangan saluran gerbang sodium (VGSC) pada resistensi terhadap DDT atau piretroid⁽¹⁸⁾.

H. Penentuan Status Resistensi

Pengujian resistensi nyamuk *Aedes spp.* Dilakukan dengan uji resistensi standar WHO. Uji resistensi dilakukan untuk menentukan resistensi serangga terhadap insektisida. Uji ini dilakukan dengan cara menggunakan *impregnated paper* dengan bahan aktif sipermetrin.

I. Kerangka teori



Gambar 2.3 Kerangka Teori^(12, 49)