

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka *Aedes agypti*

2.1.1 Taksonomi

Kingdom : *Animalia*

Phylum : *Arthropoda*

Subphylum : *Uniramia*

Class : *Insecta*

Ordo : *Diptera*

Subordo : *Nematosera*

Family : *Culicidae*

Sub family : *Culicinae*

Tribus : *Culicini*

Genus : *Aedes*

Spesies : *Aedes aegypti*

(Djakaria, 2004).



2.1.2 Morfologi

2.1.2.1 Telur *Aedes aegypti*

Telur *Aedes aegypti* berwarna hitam, berbentuk oval atau *Rugby shape*, kulit tampak garis-garis seperti sarang lebah, dengan panjang 0,80 mm dan berat sekitar 0,0010-0,015 mg. Telur *Aedes aegypti* dapat bertahan dalam waktu yang lama pada keadaan kering sehingga mampu bertahan hidup dalam kondisi iklim yang tidak memungkinkan (Depkes RI, 2007).



Gambar 2.1 Telur *Aedes aegypti* (Zettel et al., 2010)

2.1.2.2 Larva *Aedes aegypti*

Ciri khas dari larva nyamuk *Aedes aegypti* terletak pada bentuk *siphon* yang pendek, besar dan berwarna hitam kemudian tubuhnya langsing, memiliki *Anal's gill's*, *thorax* dan *abdomen*, bergerak sangat aktif, serta bersifat fototaksis negatif (Herms, 2006). Larva *Aedes aegypti* juga mempunyai pelana yang terbuka serta gigi sisir yang berduri lateral (Soedarto., 2007). Perkembangan larva nyamuk *Aedes aegypti* menjadi pupa berlangsung selama 5-8 hari. Larva beristirahat di air dengan posisi membentuk sudut 45° terhadap bidang permukaan air (Depkes RI, 2007).

Menurut data dari Depkes RI (2005), terdapat empat tingkatan perkembangan (instar) larva sesuai dengan pertumbuhannya, yaitu:

- a. Instar I : ukuran 1-2 mm, spinae atau duri-duri pada dada serta corong pernapasan pada siphon belum terlihat dengan jelas
- b. Instar II : ukuran 2,5-3,5 mm, spinae masih belum terlihat jelas sedangkan corong kepala mulai menghitam
- c. Instar III : ukuran 4-5 mm, spinae mulai terlihat jelas dan corong pernapasan berwarna coklat kehitaman
- d. Instar IV : ukuran paling besar yaitu 5-6 mm dengan warna kepala gelap



Gambar 2.2 Larva instar 4 *Aedes aegypti* (Zettel *et al.*, 2010)

2.1.2.3 Pupa *Aedes aegypti*

Tubuh pupa terdiri atas dua bagian, yaitu bagian yang lebih besar merupakan *cephalotorax* kemudian abdomen. Bentuk tubuh bengkok seperti koma, berukuran besar namun lebih ramping dibandingkan dengan

pupa pada nyamuk spesies lain. Pada stadium ini akan terbentuk sayap, kaki dan alat kelamin (Depkes RI, 2007).



Gambar 2.3 Pupa *Aedes aegypti* (Zettel et al., 2010)

2.1.2.4 Nyamuk Dewasa *Aedes aegypti*

Menurut Robert (2009), tubuh nyamuk *Aedes aegypti* dewasa terdiri atas tiga bagian, yaitu kepala, *thorax*, dan *abdomen*.

a. Kepala

Kepala nyamuk *Aedes aegypti* dewasa berbentuk bulat atau *spheris*. Pada bagian kepala terdapat sepasang mata majemuk, pada nyamuk jantan cirinya menyatu (*holoptic*) sedangkan pada nyamuk betina terpisah (*dichoptic*). Kemudian terdapat sepasang antena panjang yang terdiri dari 14-15 ruas, pada nyamuk jantan setiap ruas ditumbuhi bulu lebat (*plumose*), sedangkan pada betina jarang (*pilose*). Mulut nyamuk *Aedes aegypti* termasuk jenis penusuk (*piercing*) dan penghisap (*sucking*) yang terdiri dari dua palpus dan satu proboscis. Nyamuk jantan memiliki ukuran palpus yang sama panjang dengan proboscisnya, sedangkan pada nyamuk betina palpus lebih kecil. Proboscis merupakan alat penusuk yang tersusun atas satu buah labium, satu buah

hipofaring, satu pasang mandibular, dan satu pasang maxilla (Robert, 2009).

b. Thorax

- Terdiri dari tiga segmen yang tiap segmennya memiliki sepasang kaki (kaki depan, kaki tengah, dan kaki belakang)

- Sepasang sayap mesothorax

- Sepasang halter (sayap kecil) pada mesothorax yang berguna untuk mengatur keseimbangan tubuh

- Dari sisi dorsal bagian thorax tampak berbentuk ovoid atau segiempat yang tertutup bulu atau sisik

(Robert, 2009)

c. Abdomen

Bentuk dari abdomen nyamuk *Aedes aegypti* dewasa adalah memanjang dan silindris yang terdiri dari sepuluh segmen. Dua segmen terakhir mengalami modifikasi menjadi alat genitalia dan anus sehingga hanya tampak delapan segmen. Ciri khas bentuk dewasa nyamuk *Aedes aegypti* adalah pada thorax dan abdomen nyamuk ini terdapat garis belang berwarna putih hitam kecoklatan (Robert, 2009).



Gambar 2.4 Nyamuk Dewasa *Aedes aegypti* (Zettel et al, 2010)

2.1.3 Siklus Hidup *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* mempunyai tipe metamorphosis sempurna (*holometabolous*) yaitu melalui empat tahap stadium yang terdiri dari telur, larva, pupa, dan dewasa (Robert, 2009). Nyamuk betina meletakkan telurnya di dinding tempat perindukannya 1-2 cm di atas permukaan air. Seekor nyamuk betina dapat meletakkan rata-rata 100 butir telur tiap kali bertelur (Soedarto, 2007). Setelah kira-kira dua hari telur menetas menjadi larva lalu mengadakan pengelupasan kulit sebanyak empat kali, proses ini disebut proses perkembangan instar yang berlangsung selama lima hari kemudian berubah menjadi pupa. Pupa bertahan selama dua hari kemudian akhirnya menjadi nyamuk dewasa (Robert, 2009). Pertumbuhan dari telur sampai menjadi dewasa memerlukan waktu kira-kira 9 hari, namun dapat lebih lama jika kondisi lingkungan tidak mendukung (Soedarto, 2008). Kecepatan pertumbuhan dan perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu temperatur, tempat, keadaan air, dan kandungan zat makanan yang ada di tempat perindukan (Depkes RI, 2007).

2.1.4 Tempat Perindukan *Aedes aegypti*

Tempat perindukan utama nyamuk *Aedes aegypti* adalah tempat-tempat berisi air bersih yang letaknya berdekatan dengan rumah penduduk, biasanya tidak melebihi jarak 500 meter dari rumah. Tempat perindukan tersebut berupa tempat perindukan buatan manusia; seperti tempayan atau gentong, tempat penyimpanan air minum, bak mandi, pot bunga, kaleng, botol, drum, ban mobil yang terdapat di halaman rumah atau di kebun yang berisi air hujan. Selain itu, juga terdapat tempat perindukan alamiah; seperti kelopak daun tanaman (jeladi, pisang), tempurung kelapa, tonggak bambu dan lubang pohon yang berisi air hujan. Di tempat perindukan *Aedes aegypti* seringkali ditemukan larva *Aedes albopictus* yang hidup bersama-sama (Sutanto *et al.*, 2008).

2.1.5 Sifat Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* bersifat diurnal atau aktif pada pagi hingga siang hari (Robert, 2009). Selain itu, nyamuk ini juga bersifat urban yaitu hidup di perkotaan dan lebih sering hidup di dalam dan di sekitar rumah (domestik) dan sangat erat hubungannya dengan manusia (Sutanto *et al.*, 2008). Penularan penyakit dilakukan oleh nyamuk betina karena hanya nyamuk betina yang mengisap darah dengan tujuan untuk memperoleh asupan protein yang dibutuhkannya untuk memproduksi telur. Lain halnya dengan nyamuk jantan yang tidak mengisap darah karena memperoleh energi dari nektar bunga. Nyamuk jenis ini menyukai area yang gelap dan benda-benda berwarna hitam atau merah (Sianipar, 2011).

Pengisapan darah oleh nyamuk betina dilakukan baik di dalam rumah ataupun di luar rumah dari pagi sampai petang dengan dua puncak waktu yaitu setelah matahari terbit (08.00-10.00) dan sebelum matahari terbenam (15.00-17.00). Tempat istirahat nyamuk *Aedes aegypti* berupa semak-semak atau tanaman rendah termasuk rerumputan yang terdapat di halaman/kebun/pekarangan rumah. Juga berupa benda-benda yang tergantung di dalam rumah seperti pakaian. Umur nyamuk dewasa betina di alam bebas kira-kira 10 hari, sedangkan di laboratorium mencapai dua bulan. Walaupun umurnya terhitung pendek, nyamuk *Aedes aegypti* dapat menularkan virus dengue yang masa inkubasinya tiga sampai sepuluh hari (Sutanto *et al.*, 2008).

2.1.6 Proses Penciuman Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk memiliki organ penciuman atau olfaktori yaitu suatu *chemosensory signal transduction* yang dapat mengenali bau manusia dan produk hasil metabolisme seperti asam laktat dan CO₂ (produk tersebut dikenal sebagai *attractant* bagi nyamuk) sehingga nyamuk dapat mengetahui keberadaan manusia (Cahyani, 2015). Proses olfaktorial ini yang memiliki peran penting dalam pengembangan *repellent* (Debboun *et al.*, 2015).

Molekul dari atraktan (misal: bau manusia) akan menguap di udara dan membentuk molekul-molekul bau yang dapat dideteksi oleh sensillum pada antena nyamuk yang mengandung ORN (*Olfactory Receptor Neuron*) dengan membawa informasi penciuman ke otak. Otak akan

menginterpretasi bau tersebut sebagai molekul atraktan dan memerintahkan OBP (*Odor Binding Protein*) untuk mengikat molekul bau tersebut. Setelah itu, terbentuk kompleks bau-OBP dan melewati cairan limfe menuju ke dendrit saraf olfaktorik, dendrit berada di dalam cairan limfe agar terhindar dari dehidrasi. Di ujung dendrit, bau akan berikatan reseptor bau transmembran yaitu ORs (*Olfactory Receptor/Odor Receptor*) yang akan mendeteksi bau kemudian mentransfer pesan kimia dari ekstraseluler ke permukaan membran intraseluler dengan berikatan bersama ligand sehingga memicu aktivasi saraf. Impuls listrik yang telah terbentuk akan disampaikan ke pusat otak untuk diintegrasikan dan menimbulkan respon tingkah laku yang tepat. Penggantian impuls dilakukan oleh ODEs (*Odor Degrading Enzymes*) yang akan merusak kompleks bau-OBP (Austin, 2011).

2.1.7 Kepentingan Medis Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor biologis dari beberapa penyakit yaitu:

2.1.7.1 Demam Berdarah Dengue (DBD)

Demam Berdarah Dengue atau *Dengue Hemorrhagic Fever* (DHF) adalah penyakit virus berbahaya karena dapat menyebabkan penderita meninggal dalam waktu yang sangat pendek (beberapa hari). Sampai saat ini, penyakit DBD masih merupakan masalah kesehatan masyarakat.

Vektor utama penyakit ini adalah *Aedes aegypti*, sedangkan vektor potensialnya adalah *Aedes albopictus* (Sutanto *et al.*, 2008)

Penyakit DBD sering terjadi di daerah tropis, dan muncul pada musim penghujan. Transmisi virus dengue dipengaruhi pada faktor biotik dan faktor abiotik. Faktor biotik meliputi virus, vektor, dan pejamu (host). Adapun faktor abiotik meliputi suhu, kelembaban, dan curah hujan (WHO, 2011). Selain itu, juga terdapat faktor lingkungan yaitu kondisi geografi dan demografi (Djati *et al.*, 2012).

Gejala klinis DBD berupa demam tinggi yang berlangsung selama 2-7 hari diikuti dengan fase kritis selama 2-3 hari kemudian manifestasi pendarahan yang biasanya didahului dengan terlihatnya tanda khas berupa bintik-bintik merah (*petechiae*) pada badan penderita yang tidak dapat hilang jika ditekan khususnya di daerah ekstremitas, pendarahan yang parah ditandai dengan mimisan, perdarahan gusi, dan sebagainya. Penderita dapat mengalami shock dan meninggal (Sutanto *et al.*, 2008).

2.1.7.2 Penyakit Chikungunya

Chikungunya adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus Chikungunya (CHIKV) termasuk family *Togaviridae*, genus *Alphavirus*, dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Menurut Depkes RI (2007), gejala utama penyakit Chikungunya adalah sebagai berikut.

- a. Demam. Biasanya demam tinggi, timbul mendadak disertai menggigil dan muka kemerahan. Panas tinggi selama 2-4 hari kemudian kembali normal.
- b. Sakit persendian. Nyeri sendi merupakan keluhan yang sering muncul sebelum demam dan dapat bermanifestasi berat, nyeri, sehingga kadang penderita merasa lumpuh. Sendi yang sering dikeluhkan adalah sendi lutut, pergelangan, jari kaki dan tangan serta tulang belakang.
- c. Nyeri otot. Nyeri bisa pada seluruh otot pada bagian kepala dan daerah bahu. Kadang terjadi pembengkakan pada otot sekitar mata kaki.
- d. Bercak kemerahan (ruam) pada kulit. Bercak kemerahan ini terjadi pada hari pertama demam, tetapi lebih sering pada hari ke 4-5 demam. Lokasi biasanya di daerah muka, badan, tangan, dan kaki. Kadang ditemukan perdarahan pada gusi.
- e. Sakit kepala
- f. Kejang dan penurunan kesadaran
- g. Gejala lain seperti pembesaran kelenjar getah bening di bagian leher.

Demam chikungunya sering sulit dibedakan dengan penyakit demam dengue. Pada demam berdarah dengue terjadi perdarahan hebat, *shock* maupun kematian sedangkan pada Chikungunya tidak, namun chikungunya memiliki gejala nyeri sendi yang tidak terjadi pada penderita demam berdarah dengue (Medikanto dan Setyaningrum, 2013).

2.1.7.3 Penyakit *Yellow Fever*

Yellow fever atau penyakit demam kuning adalah penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh virus *yellow fever* yang termasuk dalam genus *Flavivirus*, famili *Flaviviridae* yang tanda utamanya adalah pasien ikterik atau kekuningan sehingga penyakit ini disebut demam kuning (Gillot, 2005).

Gejala klinis penyakit ini adalah pusing, nyeri punggung, demam dan muntah. Kematian terjadi 5-8 hari setelah terinfeksi oleh virus demam kuning. Telah dibuktikan bahwa vektor penyakit ini adalah nyamuk *Aedes aegypti* (Sutanto *et al.*, 2008).

2.1.7.4 Infeksi Virus Zika

Virus zika adalah salah satu virus dari jenus *Flavivirus*. Virus ini memiliki kesamaan dengan virus dengue, berasal dari kelompok virus *Arbovirus*. Virus ini juga ditularkan lewat gigitan nyamuk *Aedes sp.*, terutama *Aedes aegypti* di daerah tropis. Selain itu, virus zika juga dapat ditularkan dari ibu hamil kepada janinnya selama masa kehamilan. Setiap individu yang tinggal atau mengunjungi area yang diketahui terdapat virus zika memiliki risiko untuk terinfeksi. Penderita penyakit ini seringkali asimtomatis, hanya satu dari lima orang yang terinfeksi yang menunjukkan gejala. Adapun gejala infeksi virus zika diantaranya demam, kulit berbintik merah, manifestasi nyeri seperti sakit kepala, nyeri sendi, dan nyeri otot, kelemahan, serta terjadi peradangan konjungtiva (Depkes RI, 2016).

2.2 Pengendalian Vektor

Tujuan pengendalian vektor adalah menurunkan populasi vektor serendah-rendahnya serta menghindarkan kontak antara vektor dan manusia (Sutanto *et al.*, 2008).

2.2.1 Pengendalian Secara Biologis

Berbagai contoh yang berhubungan dengan faktor ekologi yang sangat penting artinya bagi perkembangan serangga adalah:

- a. Adanya gunung, lautan, danau dan sungai yang luas yang merupakan rintangan bagi penyebaran serangga
- b. Ketidakmampuan mempertahankan hidup beberapa spesies serangga di daerah yang terletak di ketinggian tertentu dari permukaan laut
- c. Perubahan musim yang dapat menimbulkan gangguan pada beberapa spesies serangga
- d. Adanya burung, katak, cicak, binatang lain yang merupakan pemangsa serangga. Beberapa jenis ikan, seperti ikan kepala timah (*Panchaxpanchax*), ikan gabus (*Gambusia affinis*) adalah pemangsa larva nyamuk (Sianipar, 2011)

(Sutanto *et al.*, 2008)

Terdapat beberapa keuntungan dari pengendalian hayati ini, diantaranya aman karena tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan keracunan, tidak menyebabkan resistensi, dan bersifat permanen.

2.2.2 Pengendalian Secara Buatan

Pengendalian secara buatan adalah pengendalian yang dapat dilakukan dengan usaha manusia, yang meliputi:

a. Pengendalian Lingkungan (*Environmental Control*)

Pengendalian dilakukan dengan cara memanipulasi lingkungan menjadi tidak sesuai dengan perkembangan vektor. Cara ini merupakan cara yang paling aman terhadap lingkungan, karena tidak merusak keseimbangan alam dan tidak mencemari lingkungan. Cara yang pertama adalah modifikasi lingkungan yang mengubah sarana fisik yang ada secara permanen, misalnya pengaturan sistem irigasi, penimbunan tempat penampungan air dan pembuangan sampah, penimbunan genangan air atau pengubahan hutan menjadi pemukiman. Cara kedua adalah manipulasi lingkungan yang berkaitan dengan pembersihan atau pemeliharaan sarana fisik supaya tidak menjadi tempat perindukan hewan, misalnya dengan gerakan 3M (Menguras, Mengubur, Menutup) (Sutanto *et al.*, 2008).

b. Pengendalian Kimiawi

Pengendalian menggunakan bahan kimia yang berkhasiat sebagai pembunuh serangga (insektisida, larvasida) atau penghalau serangga (*repellent*). Keuntungannya adalah dapat mencakup area yang luas dalam waktu yang singkat, namun kerugiannya juga sangat banyak, seperti menimbulkan pencemaran

lingkungan, meninggalkan residu yang berbahaya bagi manusia, dan dapat menyebabkan resistensi serangga. Contoh pengendalian kimiawi adalah penggunaan abate, teknik pengasapan (*fogging*), penggunaan *repellent lotion*, dan sebagainya (Sutanto *et al.*, 2008).

c. Pendendalian Mekanik

Cara pengendalian ini dilakukan dengan menggunakan alat tertentu yang langsung dapat membunuh atau menghalau nyamuk dari tubuh seperti membunuh nyamuk menggunakan tangan, memasang kelambu atau memakai baju pelindung (Sutanto *et al.*, 2008).

d. Pengendalian Fisik

Pengendalian fisik adalah pengendalian dengan memakai alat-alat tertentu untuk pemanasan, pembekuan, dan penggunaan alat listrik, seperti memakai lampu dengan warna tertentu (kuning), memakai *light trap* (alat yang dapat mengeluarkan suara untuk mengusir nyamuk), dan sebagainya (Sutanto *et al.*, 2008).

e. Pengendalian Biologi

Pengendalian dengan penggunaan organisme lain sebagai predator untuk mengurangi populasi nyamuk, misalnya penebaran ikan pemakan jentik nyamuk ke dalam tempat perindukan nyamuk dengan menggunakan ikan kepala timah, ikan guppy, atau ikan nyamuk (*Gambusia affinis*), tanaman penolak nyamuk, atau beberapa parasit dari golongan nematode, bakteri, protozoa, jamur

dan virus yang dapat dipakai sebagai engendali larva nyamuk (WHO, 2011; Sutanto *et al.*, 2008).

f. Pengendalian Genetika

Pengendalian ini bertujuan untuk mengganti populasi serangga yang berbahaya dengan populasi baru yang tidak merugikan, misalnya dengan cara pemandulan serangga menggunakan bahan kimia tertentu (Sutanto *et al.*, 2008).

g. Pengendalian Legislatif

Dilakukan dengan pengadaan peraturan tertentu untuk mencegah tersebarnya serangga dari satu wilayah ke wilayah lainnya (Sutanto *et al.*, 2008)

h. Pengendalian secara Radiasi

Dilakukan radiasi dengan bahan radioaktif pada nyamuk dewasa jantan sehingga menjadi mandul kemudian dilepas ke alam bebas. Sehingga jika nanti berkopulasi dengan nyamuk betina, tidak akan dihasilkan telur yang fertile (Sutanto *et al.*, 2008).

2.3 **Repellent (Penolak Nyamuk)**

Dari semua usaha pengendalian populasi nyamuk, pemberantasan dengan memakai *repellent* (pengendalian kimiawi) merupakan usaha yang terbilang sederhana dibandingkan dengan metode lainnya. *Repellent* adalah substansi penolak serangga yaitu bahan-bahan kimia yang dapat

menjauhkan serangga dari manusia, sehingga kontak atau gigitan dapat dicegah (Sianipar, 2011). Secara umum, repellent bekerja dengan mengganggu proses penciuman nyamuk sehingga nyamuk tidak dapat mendeteksi isyarat lingkungan untuk menemukan host (Affandi, 2013).

Repellent memiliki cara kerja yang lain, yaitu dengan menurunkan kadar CO₂, kelembaban, dan temperatur di permukaan kulit, sehingga nyamuk akan berpindah ke tempat lain yang memiliki suasana lingkungan yang sesuai (Austin, 2011).

Biasanya *repellent* digunakan dengan mengoleskan *lotion repellent* ke tubuh atau menyemprotkannya pada pakaian, sehingga harus memenuhi syarat seperti tidak lengket, tidak menimbulkan iritasi kulit, tidak beracun, tidak merusak pakaian dan tahan lama (Sianipar, 2011). Terdapat dua jenis *repellent* yaitu *repellent* alami dan *repellent* kimia.

2.3.1 Petunjuk Penggunaan *Repellent*

Berikut adalah petunjuk pemakaian *repellent* oleh EPA (*Environmental Protection Agency*):

- a. Penggunaan *repellent* hanya di kulit yang terbuka dan/atau di pakaian. Tidak perlu digunakan pada kulit yang terlindung pakaian
- b. Jangan digunakan pada kulit yang terluka atau sedang iritasi
- c. Jangan digunakan di mata atau mulut dan gunakan sesedikit mungkin di sekitar telinga. Jika sediaan berbentuk spray, jangan

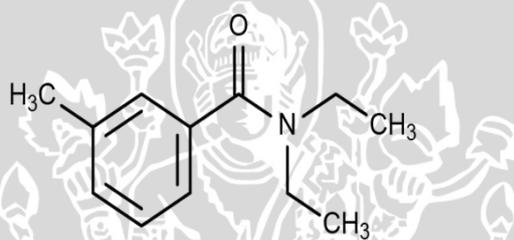
- disemprotkan secara langsung ke wajah, tetapi semprotkan terlebih dahulu ke tangan lalu usapkan ke wajah
- d. Hindarkan dari jangkauan anak-anak, penggunaan pada anak-anak harus didampingi orang tua
 - e. Jika sudah tidak membutuhkan proteksi *repellent*, segera cuci dengan sabun dan air, terlebih jika sudah digunakan secara berulang pada satu hari atau pada hari yang berurutan
 - f. Jika terjadi iritasi, segera hentikan pemakaian dan pergi ke dokter
- (CDC, 2013).

2.3.2 *Repellent* Kimia (*Repellent* Sintetis)

Repellent sintetis gold standard dan paling sering digunakan masyarakat saat ini adalah DEET (*N,N-diethyl-m-toluamide*) yang dipilih karena tidak berbau dan termasuk *broad spectrum* karena efektif untuk menolak nyamuk, lalat dan serangga. Selain DEET, *Permethrin* dan *Picaridin* juga merupakan bahan kimia yang dapat digunakan sebagai *repellent* (CDC, 2013).

Sistem penciuman nyamuk sangat sensitif terhadap molekul-molekul atraktan yang berasal dari tubuh manusia, seperti karbondioksida, asam laktat, dan bau lainnya. Cara kerja DEET adalah memanipulasi bau dan rasa yang dikeluarkan kulit manusia tersebut dengan menginhibisi reseptor-reseptor yang ada pada antenna nyamuk, DEET berfungsi sebagai suatu neurotoksin yang membuat reseptor tidak dapat berfungsi secara normal (BPOM, 2015 *dalam* Cahyani, 2015).

Namun, DEET memiliki banyak efek samping, seperti iritasi kulit dan mata, menimbulkan rasa terbakar pada kulit yang terluka atau jaringan membran, jika tertelan dapat menimbulkan gangguan pencernaan seperti mual, muntah, dan rasa terbakar pada mulut dan kerongkongan (Adistyana, 2012). Penggunaan DEET konsentrasi tinggi setiap hari dapat menimbulkan efek samping seperti insomnia, kram otot, ensefalopati, kejang, psikosis manik akut, keracunan sistemik dan kematian akibat absorpsi kulit yang berlebihan (Austin, 2011).



Gambar 2.5 Struktur Molekul DEET (Helmenstine, 2014)

Konsentrasi DEET yang berbeda akan mempengaruhi efektivitasnya. Pada konsentrasi 23,8% mampu bertahan minimal selama 5 jam, konsentrasi 20% mampu bertahan minimal selama 4 jam, konsentrasi 6.5% mampu bertahan selama 2 jam, dan konsentrasi 4,75% mampu bertahan minimal selama 1 jam, semakin sedikit konsentrasinya maka dibutuhkan pengaplikasian *repellent* berulang (Halim, 2011 dalam Ishak, 2015).

2.3.3 *Repellent* Alami

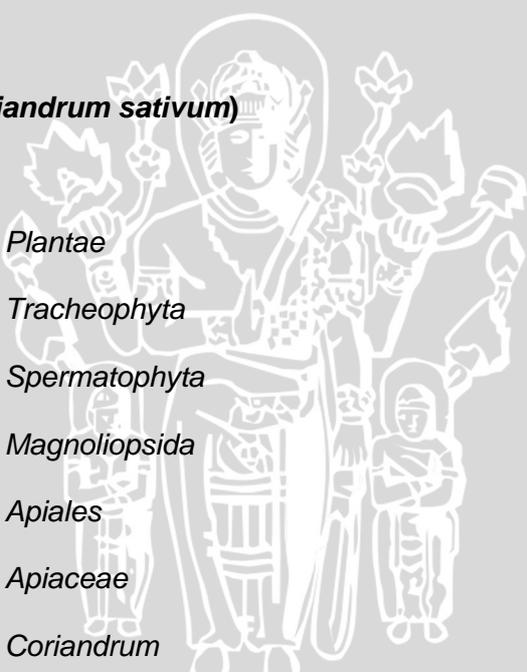
Repellent alami adalah zat pengusir nyamuk yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang dapat menggecoh mekanisme pembauan nyamuk

dengan kandungan molekulnya yang non atraktan dan berbau kuat. Saat organ pembauan nyamuk menerima molekul zat repellent alami di reseptor yang berada di antenna nyamuk, molekul atraktan tidak dapat berikatan dengan reseptornya tersebut sehingga nyamuk terkecoh dan akan pergi menjauhi manusia (Benelli, 2012).

Terdapat dua jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai *repellent* alami, yang pertama adalah tanaman hidup pengusir nyamuk kemudian tanaman penghasil bahan anti nyamuk (Sutanto *et al.*, 2008).

2.4 Ketumbar (*Coriandrum sativum*)

2.4.1 Taksonomi



| | |
|-----------|-----------------------------|
| Kingdom | : <i>Plantae</i> |
| Divisi | : <i>Tracheophyta</i> |
| Subdivisi | : <i>Spermatophyta</i> |
| Class | : <i>Magnoliopsida</i> |
| Order | : <i>Apiales</i> |
| Family | : <i>Apiaceae</i> |
| Genus | : <i>Coriandrum</i> |
| Spesies | : <i>Coriandrum sativum</i> |

(McLaughlin, 1998)

2.4.2 Morfologi

Ketumbar (*Coriandrum sativum*) adalah tanaman herba setahun dengan tinggi mencapai 1,3 meter, yang buahnya dapat digunakan untuk

rempah berupa penyedap makanan, selain itu ketumbar juga digunakan untuk obat mual, mulas saat haid, pelancar ASI dan pencernaan. Sedangkan daunnya dapat digunakan untuk obat batuk, demam atau campak (Hadipoentyanti, 2004). Secara makroskopik, daun tanaman ini majemuk, menyirip, berseludang dan tepi daun berwarna putih (Lopez dan Jordan, 2008).

Tanaman ketumbar memiliki akar tunggang, batangnya tak berkayu, beralur dan penampang bergelombang, percabangan dikotom dan bila memar mengeluarkan aroma wangi (Depkes RI, 2001). Bunga ketumbar termasuk majemuk, bentuk payung dengan tangkai panjang 5-10 cm berwarna putih, kelopak terdiri dari lima lembar yang lepas satu sama lain dengan panjang 2-3 mm berwarna hijau, mahkota terdiri dari lima daun mahkota berwarna putih atau merah muda, sedangkan buahnya berbentuk bulat berwarna hijau dan bila sudah tua berwarna coklat muda (Yoanna, 2006).



Gambar 2.6 Tanaman ketumbar (*Coriandrum sativum*) (Anonymous, 2013)

2.4.3 Kandungan Kimia

Ketumbar mempunyai aroma yang khas yang disebabkan oleh komponen kimia yang terdapat dalam minyak atsiri. Ketumbar mempunyai kandungan minyak atsiri berkisar antara 0,4-1,1% dengan komponen utama yaitu linalool sekitar 60-70% (Benelli, 2012). Senyawa linalool merupakan komponen yang menentukan intensitas aroma harum. Linalool banyak digunakan sebagai pestisida hama gudang maupun untuk mengendalikan kecoa dan nyamuk (Wiryowidagdo, 2008).

Menurut Badan POM Indonesia, tanaman ketumbar mempunyai beberapa kandungan kimia yaitu, Saponin, Flavonoid, dan Tannin yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida terhadap nyamuk. Sedangkan menurut Duke (2007), daun ketumbar mempunyai banyak substansi kimia yang bermanfaat bagi manusia, yaitu:

- a. *Coriandol*
- b. *D-linalool*
- c. *Camphene*
- d. *Myracene*
- e. *Sabiene*
- f. *Geraniol*
- g. *Alpha-Pinene*
- h. *Beta-Pinene*
- i. Karbohidrat
- j. *Acetic acid*
- k. *Alpha-Terpinene*
- l. *Alpha-Terpinene*

- m. *Alpha-Terpineol*
- n. *Ascorbic acid*
- o. *Flavonoid*
- p. *Limonene*
- q. *Oxalic acid*
- r. *Vanillic acid*
- s. *Saponin*
- t. *Tannin*
- u. *Camove*
- v. *Psoralen*
- w. *Caffein acid*

(Hafifi, 2012)

Dari sekian banyak zat kimia yang terkandung dalam ketumbar (*Coriandrum sativum*) yang diduga kuat memiliki potensi sebagai *repellent* adalah *linalool* dan *geraniol*. Selain itu, ketumbar (*Coriandrum sativum*) juga memiliki potensi sebagai insektisida karena mengandung saponin, tannin dan flavonoid (Lopez dan Jordan, 2008).

2.4.4 Bahan Aktif Daun Ketumbar

2.4.4.1 Minyak Atsiri

Minyak atsiri adalah zat berbau yang terkandung dalam tanaman yang sifatnya mudah menguap. Nama lain dari minyak atsiri adalah minyak esensial atau minyak aromatik karena memberikan aroma pada tanaman, minyak eteris karena bersifat eter atau minyak terbang karena mudah menguap (Fellytasarie, 2014). Dalam keadaan segar dan murni, minyak

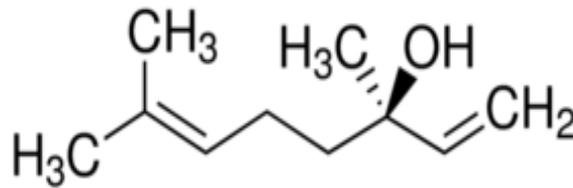
atsiri cenderung tidak berubah warna, kecuali jika teroksidasi, akan berubah warna menjadi lebih gelap (Naibaho, 2010). Untuk mencegah oksidasi, minyak atsiri harus disimpan dalam wadah berwarna gelap, terisi penuh, tertutup rapat, dan berada pada tempat yang kering dan sejuk (Naibaho, 2010).

Minyak atsiri mudah menguap karena titik uapnya rendah dibanding dengan jenis minyak lainnya. Minyak atsiri tersusun atas berbagai campuran senyawa-senyawa kimia serta termasuk dalam golongan senyawa organik terpena dan terpenoid yang bersifat larut dalam minyak (lipofilik) (Fellytasarie, 2014).

Minyak atsiri bisa didapatkan dari setiap bagian tanaman mulai dari daun, bunga, buah, biji, batang atau akar khususnya pada bagian kelenjar, sel-sel parenkim atau rongga-rongga skizogen serta lisogen. Saat ini, minyak atsiri dari berbagai macam tanaman sudah banyak diolah menjadi berbagai macam produk, seperti obat-obatan, aromaterapi, produk pembersih, produk kecantikan, dan lain-lain (Bariyah, 2010).

2.4.4.2 Linalool

Linalool adalah komponen monoterpena yang terdapat pada tumbuhan, dengan rumus kimia $C_{10}H_{17}OH$ dengan berat molekul 154.24 g/mol. Senyawa ini tidak berwarna, larut air dan *heat labil* (Peana *et al.*, 2003).



Gambar 2.7 Struktur Molekul Linalool (Anonymous, 2016)

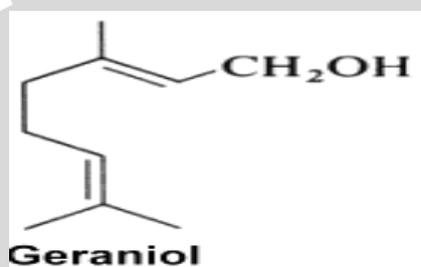
Linalool dapat bermanfaat sebagai *repellent* karena memiliki aroma menyengat yang tidak disukai nyamuk. Senyawa ini diketahui mampu memblokir reseptor bau pada nyamuk sehingga nyamuk akan terkecoh dan akan menjauhi manusia (Cahyani, 2015).

Selain itu Linalool sebagai insektisida merupakan racun kontak yang meningkatkan aktivitas saraf sensorik pada serangga menjadi lebih besar, mengakibatkan stimulasi saraf motorik berlebihan yang menyebabkan kejang dan kelumpuhan pada serangga. Zat ini ditemukan pada minyak atsiri yang dimiliki oleh tumbuhan (Bariyah, 2010).

2.4.4.3 Geraniol

Geraniol adalah senyawa monoterpene yang ditemukan pada minyak atsiri atau minyak esensial tanaman dengan rumus molekul $C_{10}H_{18}O$. Geraniol sering dimanfaatkan sebagai parfum atau aroma tambahan untuk produk kecantikan maupun sebagai perasa untuk berbagai minuman, permen dan es krim. Kemudian, menurut penelitian yang dilakukan oleh University of Florida, geraniol dapat dimanfaatkan sebagai *plant-based repellent* dan alternatif dari penggunaan DEET, *repellent* dengan geraniol mampu melindungi tubuh dari gigitan nyamuk selama 2 hingga 4 jam tergantung dengan spesies nyamuk (Madan and Devaki, 2015).

Geraniol merupakan suatu bahan biodegradable yang cenderung menguap dan membebaskan bau ke udara. Bau inilah yang dapat berfungsi sebagai *repellent* karena mampu mengubah *host odor* atau menyamarkan bau atraktan yang dikeluarkan oleh kulit manusia, sehingga nyamuk tidak dapat menemukan hostnya (Bugband, 2009 dalam Austin, 2011).



Gambar 2.8 Struktur Molekul Geraniol (Cox, 2014)