

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Nyamuk *Aedes aegypti***2.1.1 Klasifikasi Nyamuk *Aedes aegypti***

Kedudukan nyamuk *Aedes aegypti* dalam klasifikasi hewan, yaitu (Soegijanto, 2006) :

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Bangsa : Diptera

Suku : Culicidae

Marga : *Aedes*

Jenis : *Aedes aegypti* L

2.1.2 Morfologi Nyamuk *Aedes aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* hidup di dataran rendah beriklim tropis sampai subtropis. Badan nyamuk relatif lebih kecil dibandingkan jenis nyamuk yang lain (Hastuti, 2008). Tubuhnya memiliki panjang sekitar 3-4 mm, berwarna hitam mempunyai bercak putih keperakan atau putih kekuningan. Di bagian *dorsal* dada (*thoraks*) terdapat bercak putih yang khas bentuknya, berupa dua garis sejajar di bagian tengah *thoraks* dan dua garis lengkung di tepi *thoraks*. Telur nyamuk ini dalam keadaan kering mampu tetap hidup selama bertahun-tahun (Soedarto, 2008). Bentuk *abdomen* nyamuk betinanya lancip pada ujungnya dan

memiliki *cerci* yang lebih panjang dari *cerci* pada nyamuk-nyamuk lainnya. Ukuran tubuh nyamuk betinanya lebih besar dibandingkan nyamuk jantan (Gillot, 2005).

Masa pertumbuhan dan perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu telur, larva, pupa, dan nyamuk dewasa, sehingga termasuk metamorfosis sempurna atau *holometabola* (Soegijanto, 2006).

2.1.2.1 Stadium Telur

Telurnya biasanya berwarna hitam, bentuknya elips, berukuran 0,5-0,8 mm dan selalu diletakkan satu per satu. Pengamatan lebih lanjut menunjukkan bahwa kulit telurnya memiliki motif mosaik khusus. Telur tersebut diletakkan pada bagian yang lembab tepat diatas permukaan air, seperti di lumpur, pada permukaan yang lembab pada pot tanah liat, atau pun pada lubang di pohon (Service, 2012).

Beberapa telur tersebut dapat menetas dalam beberapa menit jika terendam dalam air, dan beberapa yang lain dalam kumpulan yang sama dapat memerlukan waktu imersi yang lebih lama dalam air sebelum mereka menetas beberapa hari atau beberapa minggu kemudian. Meskipun telur tersebut telah berada dalam kondisi yang cocok untuk menetas, telur tersebut bisa berada dalam keadaan *diapause* dan tidak akan menetas sampai periode istirahat tersebut berakhir. Berbagai macam rangsangan, seperti pengurangan oksigen dalam air, suhu, perubahan lama hari, mungkin diperlukan untuk memecah *diapause* pada telur-telur tersebut (Service, 2012).



Gambar 2.1 Telur *Aedes aegypti* (Center for Disease Control Public Health, 2013)

2.1.2.2 Stadium Larva

Larva dari nyamuk *Aedes aegypti* tubuhnya memanjang tanpa kaki dengan bulu sederhana yang tersusun bilateral simetris (Soegijanto, 2006). Larva nyamuk *Aedes aegypti* memiliki corong pernapasan (*siphon*) yang pendek berbentuk seperti barel, dan hanya memiliki satu pasang berkas bulu (*tuft*) *subventral*, yang tumbuh dari seperempat bagian atau lebih dari dasar *siphon*. Terdapat paling tidak tiga pasang *setae* pada bagian ventral (Service, 2012). Larva ini tubuhnya langsing, bergerak sangat lincah, bersifat fototaksis negatif dan pada waktu istirahat membentuk sudut hampir tegak lurus dengan permukaan air. Larva menuju ke permukaan air dalam waktu kira-kira setiap $\frac{1}{2}$ -1 menit, guna mendapatkan oksigen untuk bernapas. Larva nyamuk *Aedes aegypti* dapat berkembang selama 6-8 hari (Herms, 2006).

Larva ini dalam pertumbuhan dan perkembangannya mengalami empat kali pergantian kulit (*ecdysis*), dan larva yang terbentuk berturut-turut disebut larva instar I, II, III, dan IV. Larva instar I, tubuhnya sangat kecil, warna transparan, panjang 1-2 mm, duri (*spinae*) pada dada (*thorax*) belum jelas, dan

corong pernafasan (*siphon*) belum menghitam. Larva instar II bertambah besar, ukuran 2,5-3,9 mm, duri dada belum jelas, dan corong pernafasan sudah berwarna hitam. Larva instar IV telah lengkap struktur anatominya dan jelas tubuh dapat dibagi menjadi bagian kepala (*chepal*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*) (Soegijanto, 2006).

Pada bagian kepala terdapat sepasang mata majemuk, sepasang antena tanpa duri, dan alat mulut tipe pengunyah (*chewing*). Bagian dada tampak paling besar dan terdapat bulu yang simetris. Perut tersusun atas 8 ruas. Ruas perut ke-8, ada alat untuk bernapas yang disebut corong pernafasan. Corong pernafasan tanpa duri, berwarna hitam, dan ada seberkas bulu (*tuft*). Ruas ke-8 juga dilengkapi dengan seberkas bulu sikat (*brush*) di bagian *ventral* dan gigi sisir (*comb*) yang berjumlah 15-19 gigi yang tersusun dalam satu baris (Soegijanto, 2006).



Gambar 2.2 Larva *Aedes aegypti* (Center for Disease Control Public Health, 2013)

2.1.2.3 Stadium Pupa

Pupa nyamuk *Aedes aegypti* bentuk tubuhnya bengkok, dengan bagian kepala-dada (*cephalothorax*) lebih besar bila dibandingkan dengan bagian perutnya, sehingga tampak seperti tanda baca “koma”. Pada bagian punggung (*dorsal*) dada terdapat alat bernafas seperti terompet. Pada ruas perut ke-8 terdapat sepasang alat pengayuh yang berguna untuk berenang. Alat pengayuh terdapat berjumbai panjang dan bulu di nomer 7 pada ruas perut ke-8 tidak bercabang. Pupa adalah bentuk tidak makan, tampak gerakannya lebih lincah bila dibandingkan dengan larva. Waktu istirahat, posisi pupa sejajar dengan bidang permukaan air (Soegijanto, 2006).

Tahap pupa pada nyamuk *Aedes aegypti* umumnya berlangsung selama 2-4 hari. Saat nyamuk dewasa akan melingkapi perkembangannya dalam cangkang pupa, pupa akan naik ke permukaan dan berbaring sejajar dengan permukaan air untuk persiapan munculnya nyamuk dewasa (Achmadi, 2011).

2.1.2.4 Stadium Dewasa

Nyamuk *Aedes aegypti* tubuhnya tersusun dari tiga bagian, yaitu kepala, dada, dan perut. Pada bagian kepala terdapat sepasang mata majemuk dan antena yang berbulu. Alat mulut nyamuk betina tipe penusuk-pengisap (*piercing-sucking*) dan termasuk lebih menyukai manusia (*anthropophagus*), sedangkan nyamuk jantan bagian mulut lebih lemah sehingga tidak mampu menembus kulit manusia, karena itu tergolong lebih menyukai cairan tumbuhan (*phytophagus*). Nyamuk betina mempunyai antena tipe *pilose*, sedangkan nyamuk jantan tipe *plumose* (Soegijanto, 2006).

Nyamuk dewasa yang baru muncul akan beristirahat untuk periode singkat di atas permukaan air agar sayap-sayap dan badan mereka kering dan menguat sebelum akhirnya dapat terbang. Nyamuk jantan dan betina muncul dengan perbandingan jumlahnya 1:1. Nyamuk jantan muncul satu hari sebelum nyamuk betina, menetap dekat tempat perkembangbiakan, makan dari sari buah tumbuhan dan kawin dengan nyamuk betina yang muncul kemudian. Setelah kemunculan pertama nyamuk betina makan sari buah tumbuhan untuk mengisi tenaga, kemudian kawin dan menghisap darah manusia. Umur nyamuk betinanya dapat mencapai 2-3 bulan (Achmadi, 2011).

Dada nyamuk ini tersusun dari tiga ruas, *prothorax*, *mesothorax*, dan *metathorax*. Setiap ruas dada ada sepasang kaki yang terdiri dari *femur* (paha), *tibia* (betis), dan *tarsus* (tampak). Pada ruas kaki ada gelang putih, tetapi pada bagian *tibia* kaki belakang tidak ada gelang putih. Pada bagian dada juga terdapat sepasang sayap tanpa noda hitam. Bagian punggung (*mesotum*) ada gambaran garis putih yang dapat dipakai untuk membedakan dengan jenis lain. Gambaran punggung nyamuk *Aedes aegypti* berupa sepasang garis lengkung putih pada tepinya dan sepasang garis submedian di tengahnya. Perut terdiri dari delapan ruas dan pada ruas-ruas tersebut terdapat bintik-bintik putih. Waktu istirahat posisi nyamuk *Aedes aegypti* ini tubuhnya sejajar dengan bidang permukaan yang dihinggapinya (Soegijanto, 2006).



Gambar 2.3 Gambaran Punggung Nyamuk *Aedes aegypti* (Wellcome, 2013)

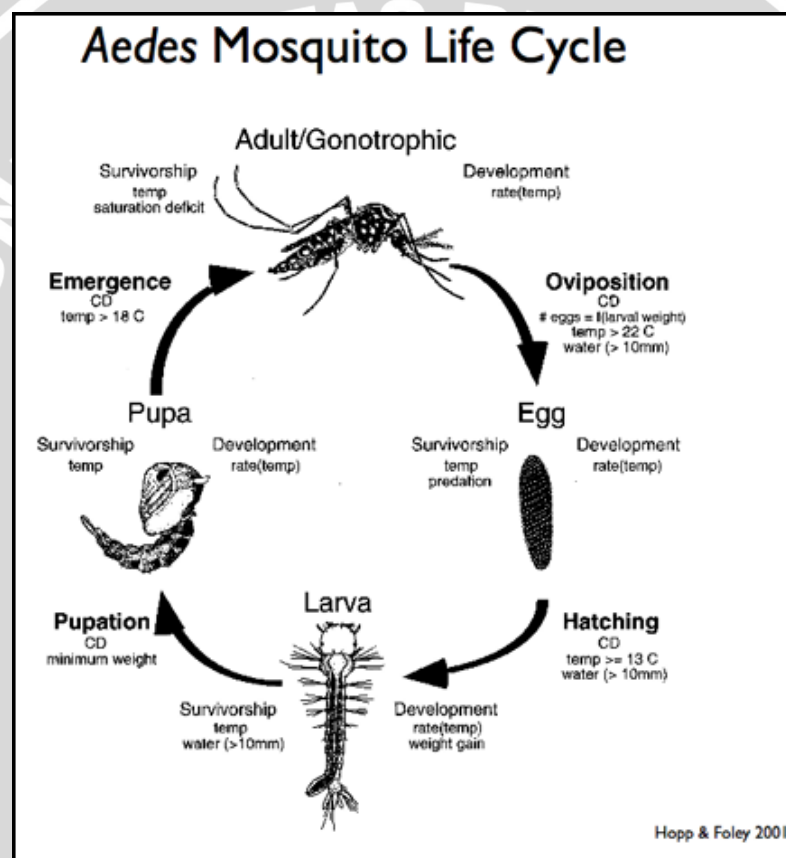


Gambar 2.4 Nyamuk *Aedes aegypti* dewasa (Center for Disease Control Public Health, 2013)

2.1.3 Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*

Telur nyamuk *Aedes aegypti* di dalam air dengan suhu 20-40°C akan menetas menjadi larva dalam waktu 1-2 hari. Kecepatan pertumbuhan dan

perkembangan larva dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu temperatur, tempat, keadaan air, dan kandungan zat makanan yang ada di dalam tempat perindukan. Pada kondisi optimum, larva berkembang menjadi pupa dalam waktu 4-9 hari, kemudian pupa menjadi nyamuk dewasa dalam waktu 2-3 hari. Jadi pertumbuhan dan perkembangan telur, larva, pupa, sampai dewasa memerlukan waktu kurang lebih 7-14 hari (Soegijanto, 2006).



Gambar 2.5 Siklus Hidup *Aedes aegypti* (Hopp & Foley, 2001)

2.1.4 Bionomi Nyamuk *Aedes aegypti*

2.1.4.1 Lingkungan Hidup

Nyamuk *Aedes aegypti* bersifat urban hidup di perkotaan dan lebih sering hidup di dalam dan di sekitar rumah (domestik) dan sangat erat hubungannya

dengan manusia. Jangkauan terbang (*flight range*) rata-rata nyamuk *Aedes aegypti* adalah sekitar 100 m tetapi pada keadaan tertentu nyamuk ini dapat terbang sampai beberapa kilometer dalam usahanya untuk mencari tempat perindukan untuk meletakkan telurnya (Soegijanto, 2006).

Telur, larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* tumbuh dan berkembang di dalam air. Genangan yang disukai sebagai tempat perindukan nyamuk ini berupa genangan air yang tertampung di suatu wadah yang biasa disebut kontainer atau tempat penampungan air, bukan genangan air di tanah. Nyamuk *Aedes aegypti* hidup di dalam dan di sekitar rumah sehingga makanan yang diperoleh semuanya sudah tersedia di situ. Boleh dikatakan bahwa nyamuk betina sangat menyukai darah manusia (*anthropophilic*) dari pada darah binatang (Soegijanto, 2006).

Survei yang telah dilakukan di beberapa kota di Indonesia menunjukkan bahwa tempat perindukan yang paling potensial adalah TPA (Tempat Penampungan Air) yang digunakan sehari-hari seperti drum, tempayan, bak mandi, bak WC, ember dan sejenisnya. Tempat perindukan tambahan disebut non-TPA, seperti tempat minuman hewan, barang bekas, vas bunga, perangkap semut, dan lain-lainnya, sedangkan TPA alamiah seperti lubang pohon, lubang batu, pelepah daun, tempurung kelapa, kulit kerang, pangkal pohon pisang, potongan bambu dan lain-lainnya. Nyamuk *Aedes aegypti* lebih tertarik untuk meletakkan telurnya pada TPA berair yang berwarna gelap, paling menyukai warna hitam, permukaan terbuka lebar, berisi air tawar jernih dan tenang. (Soegijanto, 2006).

2.1.4.2 Perilaku Menghisap Darah

Nyamuk *Aedes aegypti* hidup domestik, lebih menyukai tinggal di dalam rumah daripada di luar rumah. Nyamuk betina menggigit dan menghisap darah lebih banyak di siang hari terutama pagi atau sore hari antara pukul 08.00 sampai dengan 12.00 dan 15.00 sampai dengan 17.00 BBWI. Kesukaan menghisap darah lebih menyukai darah manusia daripada hewan, menggigit dan menghisap darah beberapa kali pada siang hari. Nyamuk betina mempunyai kebiasaan menghisap darah berpindah berkali-kali dari satu individu ke individu yang lain. Hal ini disebabkan karena pada siang hari manusia yang menjadi sumber makanan darah utamanya dalam keadaan aktif bekerja/bergerak sehingga nyamuk tidak bisa menghisap darah dengan tenang sampai kenyang dan cukup darah untuk pertumbuhan dan perkembangan telurnya, pada satu individu. Keadaan inilah yang menyebabkan penularan penyakit DBD menjadi lebih mudah terjadi (Soegijanto, 2006).

Waktu mencari makanan, selain terdorong oleh rasa lapar, nyamuk *Aedes aegypti* juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu bau yang dipancarkan oleh inang, temperatur, kelembapan, kadar karbon dioksida dan warna. Faktor bau memegang peranan penting bila dibandingkan dengan faktor lainnya. Kebiasaan istirahat lebih banyak di dalam rumah pada benda yang bergantung, berwarna gelap dan di tempat lain yang terlindung (Soegijanto, 2006).

2.1.4.3 Perilaku Istirahat

Setelah selesai menghisap darah, nyamuk betina akan beristirahat sekitar 2-3 hari untuk mematangkan telurnya. Nyamuk *Aedes aegypti* hidup domestik, artinya lebih menyukai tinggal di dalam rumah daripada di luar rumah. Tempat beristirahat yang disenangi nyamuk ini adalah tempat-tempat yang lembab dan

kurang terang seperti kamar mandi, dapur, dan WC. Di dalam rumah nyamuk ini beristirahat di baju yang digantung, kelambu, dan tirai. Sedangkan di luar rumah nyamuk ini beristirahat pada tanaman yang ada di luar rumah (Depkes RI, 2004).

2.1.4.4 Pengaruh Variasi Musim

Dikatakan bahwa tempat perindukan nyamuk *Aedes aegypti* ini tidak selalu ada terus-menerus sepanjang tahun. Tempat perindukan yang ada di luar rumah terutama pada musim kemarau akan banyak menghilang, karena airnya mengering. Tetapi tempat perindukan yang ada di dalam rumah boleh dikatakan selalu ada sepanjang tahun. Dan bila musim hujan tiba maka tempat perindukan di luar rumah akan muncul kembali. Karena itu populasi nyamuk *Aedes aegypti* pada waktu musim kemarau menurun jumlahnya sedangkan pada waktu musim hujan meningkat. Tapi bila hujan yang terjadi sangat lebat dan terus-menerus, maka tempat perindukan di luar rumah akan rusak karena airnya akan terus tumpah dan mengalir keluar, sehingga telur dan jentik ikut terbawa keluar (Soegijanto, 2006).

2.1.4.5 Pengaruh Suhu dan Kelembapan

Dikatakan bahwa jumlah populasi nyamuk *Aedes aegypti* pada waktu musim kemarau sangat sedikit walaupun tempat perindukan yang di dalam rumah masih tetap ada. Hal ini disebabkan selain jumlah tempat perindukannya berkurang (yang di luar rumah mengering) juga karena pengaruh suhu udara yang tinggi dan kelembapan udara yang relatif rendah sangat tidak menguntungkan bagi kehidupan nyamuk, akibatnya umur nyamuk lebih pendek dan cepat mati. Sebaliknya pada waktu musim hujan, jumlah populasi nyamuk *Aedes aegypti* akan meningkat, karena tempat perindukan di luar rumah

terbentuk lagi dan suhu yang sejuk serta kelembapan udara yang relatif tinggi sangat menguntungkan bagi kehidupan nyamuk (Soegijanto, 2006).

2.1.4.6 Penyebaran

Nyamuk *Aedes aegypti* tersebar luas di daerah tropis dan sub tropis. Di Indonesia, nyamuk ini tersebar luas baik di rumah maupun tempat umum. Nyamuk ini dapat hidup dan berkembang biak sampai ketinggian daerah ± 1.000 m dari permukaan air laut. Di atas ketinggian 1.000 m nyamuk ini tidak dapat berkembang biak, karena pada ketinggian tersebut suhu udara terlalu rendah, sehingga tidak memungkinkan bagi kehidupan nyamuk tersebut (Depkes RI, 2005).

2.1.5 Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti*

Sampai saat ini belum ada vaksin yang efektif untuk mencegah penyakit *dengue*. Vaksin virus *dengue* sedang dikembangkan di Thailand, tetapi masih membutuhkan volunter manusia untuk uji coba. Saat ini rekombinasi vaksin virus generasi kedua dengan menggunakan virus Thailand sebagai *template* atau panduan juga sedang dikembangkan. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan vaksin yang dapat dipergunakan oleh masyarakat diperkirakan masih membutuhkan waktu sekitar 5-10 tahun (Sembel, 2009).

Perkembangan ilmu kedokteran yang telah maju agaknya belum dapat menanggulangi masalah penyakit demam berdarah dengan cara imunisasi. Oleh karena itu, pencegahan penyakit demam berdarah secara konvensional melalui program kebersihan lingkungan masih tetap dilakukan (Sembel, 2009).

Pemberantasan dapat dilakukan dengan mencegah berkembangbiaknya nyamuk *Aedes aegypti* dengan cara memutus daur hidupnya agar nyamuk mati

sebelum sempat menjadi nyamuk dewasa yang siap menularkan virus. Mengingat daur hidup nyamuk *Aedes aegypti* lebih kurang hanya memerlukan waktu sepuluh hari, maka upaya pemberantasan sebaiknya dilakukan seminggu sekali. Sebab apabila pemberantasan dilakukan lebih dari satu minggu, maka ada kemungkinan telur nyamuk sudah sempat menyelesaikan daur hidupnya dan telah berkeliaran menjadi nyamuk dewasa pada tempat yang disukainya. Pemberantasan pun menjadi lebih sulit dilakukan karena area jangkauannya sudah lebih luas daripada ketika masih menjadi telur, jentik-jentik atau kepompong (Khotimah, 2011).

2.1.5.1 Pengendalian dengan Cara Sanitasi

Pengendalian melalui sanitasi lingkungan merupakan pengendalian secara tidak langsung, yaitu membersihkan atau mengeluarkan tempat pembiakan nyamuk seperti kaleng bekas, plastik bekas, ban mobil/motor bekas, dan kontainer lain yang dapat menampung air sebagai bagian dari konstruksi bangunan harus dibersihkan dan air yang tergenang sesudah hujan harus dikeluarkan (Sembel, 2009).

Tempat penampungan air termasuk sumur harus dibersihkan untuk mengeluarkan atau membunuh telur, jentik, dan pupa nyamuk. Program yang dicanangkan oleh Pemerintah Indonesia melalui Departemen Kesehatan RI ialah *menguras*, *menimbun*, dan *mengubur* (3M). *Menguras* berarti membersihkan tempat penampungan air (bak mandi) untuk mengeluarkan jentik nyamuk; *menimbun* berarti mengumpulkan kontainer yang dapat menampung air menjadi tempat pembiakan nyamuk; dan *mengubur* yaitu mengumpulkan kontainer dan menguburkannya dalam tanah (Sembel, 2009).



Gambar 2.6 Perilaku 3M (Khotimah, 2011)

Ada cara lain lagi yang disebut *autocidal ovitrap*. Di sini digunakan suatu tabung silinder warna gelap dengan garis tengah ± 10 cm, salah satu ujung tertutup rapat dan ujung yang lain terbuka. Tabung ini diisi air tawar kemudian ditutup dengan tutup kasa nylon. Nyamuk *Aedes aegypti* bertelur disini dan bila telur menetas, akan menjadi larva dalam air tadi. Bila larva menjadi nyamuk dewasa maka akan tetap terperangkap di dalam tabung tadi. Secara periodik air dalam tabung ditambah untuk mengganti penguapan yang terjadi (Soegijanto, 2006).

Dari semua cara pengendalian tersebut di atas tidak ada satu pun yang paling unggul. Untuk menghasilkan cara yang efektif maka dilakukan kombinasi dari beberapa cara tersebut di atas. Tapi yang paling penting di atas semua cara tersebut adalah menggugah dan meningkatkan kesadaran masyarakat agar mau memperhatikan kebersihan lingkungannya dan memahami tentang mekanisme

terjadinya penularan penyakit DBD, sehingga dapat berperan secara aktif menanggulangi penyakit DBD (Soegijanto, 2006).

2.1.5.2 Pengendalian dengan Cara Mekanik

Pengendalian yang lain adalah dengan cara mekanik, yaitu mencegah gigitan nyamuk dengan memakai pakaian yang dapat menutupi seluruh bagian tubuh, kecuali muka (Sembel, 2009). Di sini dapat juga digunakan cara lain yang dapat mencegah nyamuk kontak dengan manusia yaitu dengan memasang kawat kasa pada lubang ventilasi rumah, jendela, dan pintu (Soegijanto, 2006).

2.1.5.3 Pengendalian dengan Insektisida

Untuk mencegah penyakit demam berdarah, jalan lain yang dapat ditempuh adalah dengan mengeliminasi atau menurunkan populasi nyamuk vektor seperti *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* (Sembel, 2009). Di sini digunakan insektisida yang dapat ditujukan terhadap nyamuk dewasa *Aedes aegypti* antara dari golongan *organochlorine*, *organophosphor*, *carbamate*, dan *pyrethroid*. Bahan insektisida tersebut dapat diaplikasikan dalam bentuk penyemprotan (*spray*) terhadap rumah penduduk (Soegijanto, 2006). Penyemprotan dengan ULV (*ultra-low-volume*) *malathion* masih merupakan cara yang umum dipakai untuk membunuh nyamuk-nyamuk dewasa, tetapi cara ini tidak dapat membunuh larva yang hidup di dalam air (Sembel, 2009). Insektisida yang dapat digunakan terhadap larva *Aedes aegypti* yaitu dari golongan *organophosphor* (*Temephos*) dalam bentuk *sand granules* yang dilarutkan dalam air di tempat perindukannya (abatisasi) (Soegijanto, 2006).

Penyemprotan insektisida memang dapat membunuh nyamuk dewasa dengan seketika, namun jentik nyamuk lebih banyak dari nyamuk dewasanya. Oleh karena itu, selama jentik-jentik nyamuk masih tetap hidup di perindukannya,

nyamuk *Aedes* belum bisa habis terberantas. Itu berarti setiap hari akan terus saja lahir nyamuk baru (menetas). Oleh sebab itu, cara 3M itu yang paling penting dibandingkan dengan upaya penyemprotan (Nadesul, 2007).

2.1.5.4 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati atau sering disebut pengendalian biologis dilakukan dengan menggunakan kelompok hidup, baik dari golongan mikroorganisme, hewan invertebrata atau hewan vertebrata. Sebagai pengendalian hayati, dapat berperan sebagai patogen, parasit atau pemangsa. Beberapa jenis ikan, seperti ikan kepala timah (*Panchaxpanchax*), ikan gabus (*Gambusia affinis*) adalah pemangsa yang cocok untuk larva nyamuk. Beberapa jenis golongan cacing Nematoda, seperti *Romanomermis iyengari* dan *R. Culiciforax* merupakan parasit pada larva nyamuk. Sebagai patogen, seperti dari golongan virus, bakteri, fungi atau protozoa dapat dikembangkan sebagai pengendali hayati larva nyamuk di tempat perindukannya (Soegijanto, 2006).

Beberapa negara telah berhasil dalam melakukan pengendalian vektor penyakit secara hayati dengan menggunakan patogen mikroba seperti *Bacillus sphaericus*. Banyak penelitian menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari inang yang terinfeksi oleh *B. thuringiensis*, *B. sphaericus*, dan *Beauveria bassiana* di lapangan biasanya memiliki patogenitas tinggi. Oleh sebab itu, isolasi patogen mikroba pada jentik nyamuk juga perlu dilakukan untuk mendapatkan patogen mikroba yang berpotensi sebagai agen hayati untuk mengendalikan vektor nyamuk demam berdarah yang ramah lingkungan serta yang dapat berlangsung terus-menerus (Sembel, 2009).

Saat ini telah dikenal organisme yang dapat digunakan sebagai pemangsa larva (larvasida), diantaranya bakteri *Bacillus thuringiensis* var.

israelensis H-14 (Bti) dan ikan-ikan kepala timah dan ikan cupang. Ada beberapa keuntungan yang diperoleh menggunakan larvasida secara biologis, antara lain yaitu :

1. Tidak adanya kontaminasi kimiawi terhadap lingkungan sekitar (nonpolutan);
2. Spesifik terhadap target (Ginanjari, 2008)

Bti, misalnya, merupakan larvasida yang sangat ampuh, aman terhadap manusia dan lingkungan. Bti bekerja efektif pada suasana alkalis di dalam usus nyamuk *Aedes aegypti* dan merusaknya. Adapun ikan cupang atau ikan kepala timah, dapat digunakan pada kolam atau telaga buatan, atau di dalam pot tanaman hias yang diletakkan di luar rumah yang biasanya sering menampung sisa air hujan. Harga ikan ini relatif murah dan mudah pemeliharaannya. Ikan ini pun mudah dibeli di pasaran (Ginanjari, 2008).

2.1.5.5 Pengendalian dengan Cara Radiasi

Di sini nyamuk dewasa jantan diradiasi dengan bahan radioaktif dengan dosis tertentu sehingga menjadi mandul. Kemudian nyamuk jantan yang telah diradiasi ini dilepaskan ke alam bebas. Meskipun nanti akan berkopulasi dengan nyamuk betina tapi nyamuk betina tidak akan dapat menghasilkan telur yang fertil (Soegijanto, 2006).

2.1.5.6 Pengendalian dengan Cara Genetik

Pengendalian genetik telah banyak dilakukan dalam percobaan tetapi belum pernah diterapkan di lapangan. Salah satu cara pengendalian genetik adalah dengan teknik jantan mandul, yaitu melepas sejumlah besar nyamuk-nyamuk jantan yang sudah dimandulkan. Nyamuk-nyamuk betina hanya kawin satu kali, seumur hidup, sehingga jika nyamuk betina dikawinkan dengan nyamuk

jantan yang mandul tadi, maka tidak akan menghasilkan keturunan (Soegijanto, 2006).

2.1.5.7 Penggunaan Zat Penolak Serangga

Program pencegahan masih banyak dilakukan dengan menggunakan obat penolak nyamuk seperti *autan*. Di Indonesia banyak orang menggunakan obat nyamuk bakar untuk pengusir nyamuk pada malam hari dan juga siang hari.

Permethrin yang mengandung zat penolak seperti *permanone* atau *deltamethrin* hanya direkomendasi untuk digunakan pada pakaian, sepatu, kelambu, dan alat-alat untuk perkemahan. *Permethrin* dapat menolak dan membunuh tungau, nyamuk, dan arthropoda lainnya.

Obat penolak yang saat ini direkomendasi adalah yang mengandung *N,N-diethylmetatoluamide* (DEET) sebagai ingredien aktif. DEET dapat menolak nyamuk, tungau/caplak dan arthropoda lainnya apabila dioleskan pada kulit atau pakaian. Konsentrasi DEET sampai 50% direkomendasi untuk orang dewasa dan anak-anak di atas umur dua bulan. Konsentrasi yang lebih rendah tidak akan bertahan lama dalam tubuh sehingga perlu untuk reaplikasi. DEET adalah racun yang apabila termakan dapat mengakibatkan iritasi kulit untuk orang-orang yang sensitif. Bila konsentrasi terlalu tinggi, akan mengakibatkan blister (Sembel, 2009).

2.1.5.8 Abatisasi

Program ini secara masal memberikan bubuk abate secara cuma-cuma kepada seluruh rumah terutama di wilayah yang endemis DBD semasa musim penghujan. Tujuannya, agar kalau sampai menetas, jentik nyamuknya mati dan tidak sampai terlanjur menjadi nyamuk dewasa yang akan menambah besar populasinya (Nadesul, 2007).

Memusnahkan jentik nyamuk lebih sederhana dan lebih mudah dibandingkan dengan menyemprot nyamuk dewasa. Tempat tinggal jentik nyamuk terlokalisasi di daerah perindukannya saja. Sedangkan jika baru dibasmi setelah jentik menjadi nyamuk dewasa, area pembasmiannya sudah menjadi lebih luas, sebab nyamuk dewasa bisa terbang bebas ke mana-mana dalam radius sekitar 100 meter. Dengan demikian, lebih memerlukan dana dan upaya yang lebih besar untuk memberantasnya sebab mencakup area pemberantasan yang lebih luas (Nadesul, 2007).



Gambar 2.7 Contoh Bubuk Abate (Khotimah, 2011)

Namun, di negara kita, DBD masih menjadi masalah sampai sekarang, kemungkinan sebab; (1) program abatisasi tidak lagi rutin dilakukan; (2) tidak semua rumah mau dengan sukarela memakai abate pada tempat penampungan air yang seharusnya ditaburkan; (3) masih banyaknya rumah kosong tak berpenghuni di wilayah endemis DBD, termasuk sekolah, puskesmas, dan rumah sakit, masih banyak yang terluput dari abatisasi (Nadesul, 2007).

Itu berarti kendali program abatisasi masih tetap dilakukan, namun belum meliputi seluruh rumah yang harus mendapat abate, tentu masih ada jentik

nyamuk yang lolos hidup dan menjadi nyamuk dewasa. Dengan demikian populasi nyamuk *Aedes aegypti* tidak kunjung berkurang. Apalagi jika abatisasi sudah tidak rutin dilakukan, sehingga pertumbuhan populasi nyamuk *Aedes* akan terus mengikuti pertumbuhan alaminya tanpa terusik. Pertumbuhan populasi nyamuk *Aedes aegypti* yang tak terusik, ditambah dengan semakin berkurangnya predator alami nyamuknya (burung air, kelelawar, ikan) akibat kacaunya ekologi, sehingga populasi nyamuk terus bertambah tanpa terbendung (Nadesul, 2007).

Maka, agar wabah DBD di Indonesia tidak sampai terus berulang, perlu ada penguatan hukum seperti di Malaysia dan Singapura berkaitan dengan pemberantasan jentik nyamuk. Hukum sudah waktunya diberlakukan (denda, kurungan) bila di suatu rumah kedapatan masih ada jentik nyamuk *Aedes* (Nadesul, 2007).

Masalah DBD di mana pun lebih merupakan masalah bagaimana masyarakat seluruhnya sadar bahwa kegagalan pemberantasan jentik nyamuk masih banyak berhulu pada kelalaian, ketidakpedulian, sikap acuh tak acuh masyarakat dalam bekerja sama memberantas jentik nyamuk di rumah mereka masing-masing. Kegagalan dalam memberantas jentik nyamuk yang sesungguhnya murah, mudah, dan sederhana ternyata harus dibayar mahal oleh beban pemerintah yang harus membayar ongkos rumah sakit akibat DBD dalam masyarakat terus berjangkit (Nadesul, 2007).

Dari berbagai cara pengendalian vektor DBD tersebut di atas ternyata tidak satu pun cara yang 100% memuaskan. Karena itu konsep pengendalian terpadu dengan melibatkan semua cara dapat diterapkan sesuai dengan situasi dan kondisi biologis, bionomis, ekologis vektornya, serta mempertimbangkan

keuntungan dan kerugiannya baik dari segi biaya dan pengaruhnya terhadap kualitas lingkungan hidup (Soegijanto, 2006).

2.1.6. Kepentingan Medis

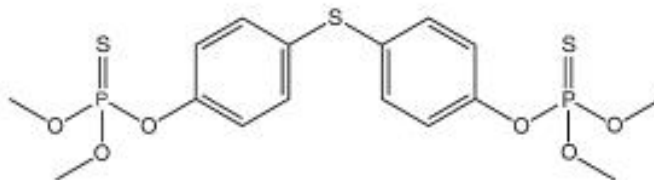
Selain mengganggu manusia dengan gigitannya, nyamuk *Aedes aegypti* diketahui sebagai vektor biologis dari beberapa penyakit:

- *Dengue Fever/Dengue Haemorrhagic Fever*
- *Filariasis*
- *Chikungunya*
- Demam Kuning (*Yellow Fever*)
- *Eastern Equine Encephalomyelitis*
- *Venezuelan Equine Encephalomyelitis* (Huda, 2005)

2.2 Karakteristik Abate

Abate adalah senyawa *organophosphat* yang merupakan nama dagang dari *temephos*. Rumus kimia dari *temephos* adalah [4-(4-dimethoxyphosphinothioxyloxyphenyl)sulfanylphenoxy]-dimethoxy-sulfanylidene-phosphorane. Abate telah digunakan sebagai larvasida nyamuk dalam kurun waktu yang lama daripada produk lainnya. Karena toksisitasnya pada mamalia yang rendah, dengan LD₅₀ of 2,030 mg/kg (WHO kelas III N), abate telah digunakan pada berbagai macam habitat air, termasuk air yang dikonsumsi oleh manusia. Bahan ini tidak bekerja secara sistemik dan mempunyai beberapa aktivitas residu, aktif pada metabolisme nyamuk dengan inhibisi *cholinesterase*. *Temephos* memiliki profil yang berbeda dari larvasida yang lain yang digunakan

dalam mengontrol larva nyamuk, karena abate efektif membunuh semua larva instar dari *Aedes/Ochlerotatus*, *Culex* dan *Anopheles* (Becker *et al*, 2010).



Gambar 2.8 Struktur *Temephos* (Becker *et al*, 2010)

Temephos berbentuk padat pada suhu ruangan dan berbentuk kristal yang tidak berwarna. Dalam bentuk cairan, *temephos* berwarna coklat dan kental. *Temephos* tersedia dalam formulasi yang berbeda-beda, seperti konsentrat yang dapat teremulsi (50%), bubuk yang dapat dicairkan (50%), dan bentuk granul atau butir (5%) (Dikshith, 2003).

Temephos memiliki titik leleh pada suhu 30.0 – 30.5 °C. *Temephos* umumnya larut dalam pelarut organik umumnya, namun tidak dapat larut pada *hexane* dan *methylcyclohexane*. Kelarutannya dalam air adalah 0,001 mg/L. Berat molekul dari *temephos* adalah 466.46 gr/mol dan memiliki tekanan uap 7.17×10^{-8} mmHg pada suhu 25 °C. (Kamrin, 1997)

2.2.1 Keamanan

Abate tidak berbahaya terhadap mamalia, burung, ikan, binatang peliharaan, dan organisme lain yang bukan sasaran lainnya. Penggunaan pada air minum telah disetujui WHO (*World Health Organization*). Penggunaan di kolam ikan/tambak tidak berbahaya terhadap ikan. Tidak terjadi bio-akumulasi dan cepat terdegradasi dalam endapan (Chemica, 2004).

2.2.2 Toksikologi

Kadar abate yang dapat membunuh beberapa hewan uji adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Toksikologi abate (Chemica, 2004)

| | Binatang Uji | LD₅₀(mg/kg) |
|--------|-------------------------|-------------------------------|
| Oral | Tikus Jantan | 8.600 |
| | Tikus Betina | 13.000 |
| | Kelinci Jantan | 693 |
| | Anjing Jantan | >6.530 |
| Dermal | Tikus Jantan dan Betina | >4.000 |

Kadar abate yang toksik pada manusia jika mempunyai berat 10 kg, kemungkinan manusia akan meninggal jika : mengkonsumsi 8.600 g abate atau minum air yang mengandung abate sebanyak 86.000 liter (Chemica, 2004). *Temephos* mungkin dapat meningkatkan potensi toksisitas dari *malathion* apabila digunakan bersamaan pada dosis yang sangat tinggi. Gejala dari toksisitas *temephos* meliputi nausea, salivasi, sakit kepala, hilangnya koordinasi otot dan kesulitan bernapas (Dikshith, 2003).

2.2.3 Penggunaan

Abate digunakan dengan cara menaburkan pada tempat yang banyak mengandung larva nyamuk dengan dosis yang berbeda-beda tergantung dari tempat penaburan. Penaburan abate diulang lagi 2-3 bulan kemudian. Besarnya dosis abate yang ditaburkan untuk beberapa tempat adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Penggunaan Abate (Chemica, 2004)

| No | Jenis Air | 100 lt air | Cara Aplikasi |
|-----------|---|-------------------|----------------------|
| 1. | Air bersih (kolam, bak mandi, penampungan sumber air minum, danau, dsb) | 10 g | Penaburan |
| 2. | Air agak keruh (rawa-rawa, sawah, dsb) | 20 g | Penaburan |
| 3. | Air keruh (air selokan/got, air buangan rumah, dsb) | 30 g | Penaburan |

Saat ini telah banyak produk abate yang beredar di masyarakat. Abate merupakan salah satu larvasida kimia yang efektif dan mudah, aman serta praktis digunakan. Takaran penggunaan bubuk abate adalah sebagai berikut :

- Untuk satu liter air cukup dengan satu gram bubuk abate. Contoh ; Untuk 10 liter air, abate yang diperlukan = $(100/10) \times 1 \text{ gram} = 10 \text{ gram abate}$.
- Untuk menakar abate digunakan sendok makan. Satu sendok makan peres (rata) berisi 10 gram abate. Jika abate yang dibutuhkan kurang dari 10 gram, ambillah 1 sendok makan peres abate dan tuangkan pada selembar kertas, lalu bagilah abate menjadi 2, 3, atau 4 bagian sesuai dengan takaran yang dibutuhkan.
- Setelah dibubuhkan abate, maka selama tiga bulan bubuk abate dalam air tersebut mampu membunuh larva *Aedes aegypti*. Selama tiga bulan jika tempat penampungan air tersebut akan dibersihkan/diganti airnya, hendaknya jangan menyikat bagian dalam dinding tempat penampungan air tersebut.
- Air yang telah dibubuhi abate dengan takaran yang benar, tidak membahayakan jika air tersebut diminum. (Ginanjari, 2008)

2.2.4 Resistensi

Saat ini penggunaan pestisida kimia di Indonesia dan seluruh dunia masih tinggi di berbagai sektor pembangunan, seperti sektor pertanian dan kesehatan. Dari hasil kegiatan deteksi dan monitoring, resistensi jumlah dan keragaman jenis serangga yang menunjukkan fenomena ketahanan terhadap satu atau beberapa jenis kelompok pestisida semakin meningkat. Setiap jenis organisme, termasuk *Aedes aegypti*, mempunyai kemampuan mengembangkan populasi tahan terhadap pestisida. Ketahanan di lapangan diindikasikan oleh

menurunnya efektivitas pengendalian dengan pestisida. Proses seleksi pengembangan ketahanan pestisida tidak terjadi dalam waktu singkat, tetapi berlangsung selama banyak generasi yang diakibatkan oleh perlakuan pestisida secara terus-menerus (Kasumbogo, 2004).

Fenomena evolusi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Dalam setiap populasi organisme selalu terdapat spesies yang peka terhadap abate dan yang tahan terhadap abate. Jumlah atau frekuensi spesies yang tahan terhadap abate sebenarnya sangat kecil dibandingkan dengan jumlah spesies yang peka terhadap abate. Penggunaan abate terus-menerus mengakibatkan jumlah spesies yang peka terhadap abate dalam suatu populasi menjadi semakin sedikit sehingga spesies yang tersisa adalah yang tahan terhadap abate. Spesies yang tahan terhadap abate ini akan kawin satu dengan yang lainnya sehingga menghasilkan keturunan yang tahan terhadap abate pula. Akhirnya, populasi didominasi oleh spesies yang tahan terhadap abate yang dapat tetap hidup dan berkembang biak (Kasumbogo, 2004).

Setiap jenis serangga seperti nyamuk *Aedes aegypti* mampu mempertahankan dan mewariskan sifat resistensi pada keturunannya dalam waktu yang lama. Populasi serangga yang sudah tahan terhadap satu atau lebih jenis pestisida biasanya dapat mengembangkan sifat ketahanan terhadap senyawa lain lebih cepat, khususnya bila senyawa baru ini mempunyai mekanisme resistensi yang sama dengan senyawa sebelumnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi laju perkembangan ketahanan adalah konsentrasi, frekuensi, dan luas penyemprotan pestisida yang membentuk tekanan seleksi pada populasi serangga. Dalam kondisi yang sama, populasi serangga yang menerima tekanan seleksi yang lebih keras akan berkembang menjadi populasi

yang tahan terhadap pestisida dalam waktu lebih singkat dibandingkan dengan populasi yang menerima tekanan seleksi lebih lemah (Kasumbogo, 2004).

Di Indonesia, penggunaan abate secara intensif untuk pengendalian *Aedes aegypti* telah berjalan lebih dari 25 tahun. Penggunaan pestisida tersebut dalam waktu lama untuk sasaran yang sama tentu telah memberikan tekanan seleksi yang mendorong berkembangnya populasi *Aedes aegypti* yang tahan terhadap abate lebih cepat. Hal ini terjadi terutama di tempat-tempat endemik DBD yang sering diperlakukan dengan pestisida tersebut (Kasumboho, 2004).

Menurut database program *Resistent Pest Management* dari *Michigan State University*, Amerika Serikat, dilaporkan bahwa sampai tahun 2003 nyamuk *Aedes aegypti* telah tahan terhadap 16 kelompok insektisida di 44 negara, tidak termasuk Indonesia. Dari sekian banyak kasus yang dilaporkan, ketahanan nyamuk *Aedes aegypti* terhadap abate dilaporkan terjadi di 24 negara. Di negara tetangga kita, seperti Malaysia, nyamuk *Aedes aegypti* telah dilaporkan tahan terhadap abate pada tahun 1976. Laporan tentang ketahanan *Aedes aegypti* di Indonesia belum tercatat tidak dapat diartikan bahwa Indonesia bebas dari masalah resistensi pestisida. Kemungkinan data mengenai Indonesia belum masuk di database internasional karena hasil penelitian tentang hal itu masih terbatas, atau bila ada, mungkin belum tercatat secara internasional. Namun, berdasarkan informasi di negara yang berdekatan dengan kita tersebut, kekhawatiran bahwa nyamuk *Aedes aegypti* di Indonesia sudah tahan terhadap abate pada saat ini perlu memperoleh perhatian serius dari pihak yang bersangkutan (Kasumbogo, 2004).