

BAB 2

Pengendalian Penyakit Tular Vektor Nyamuk Terkini

Riyani Setiyaningsih, Triwibowo Ambar Garjito, dan
Anis Nur Widayati

A. Pendahuluan

Permasalahan penyakit tular vektor nyamuk seperti Demam Berdarah Dengue (DBD), Chikungunya, Malaria, dan Filariasis masih menjadi permasalahan kesehatan penting di Indonesia. Vektor merupakan arthropoda yang dapat menularkan, memindahkan, dan/atau menjadi sumber penular penyakit. Berdasarkan jenisnya, vektor dibedakan menjadi vektor mekanis dan vektor biologis. Vektor mekanis adalah arthropoda yang menularkan patogen ke manusia melalui bagian luar tubuhnya. Lalat merupakan contoh vektor mekanis yang dapat menularkan beberapa jenis penyakit. Vektor biologis adalah arthropoda yang dapat menularkan patogen, di mana patogen yang akan ditularkan masuk ke dalam tubuh serangga dahulu sebelum ditularkan ke manusia. Contoh vektor biologis adalah nyamuk (Permenkes No. 50, 2017).

R. Setiyaningsih*, T. A. Garjito, & A. N. Widayati

*Balai Besar Laboratorium Kesehatan Lingkungan (BBLKL) Salatiga, e-mail: ryanisetia@gmail.com

©2024 Editor & Penulis

Wijayanti, S. P. M., Garjito, T. A., & Widayati, A. N. (2024). Pengendalian penyakit tular vektor nyamuk terkini. Dalam S. P. M. Wijayanti & A. L. Ramadana (Ed.), *Dinamika penyakit tular vektor nyamuk di Indonesia* (19–53). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.1589.c1272 E-ISBN: 978-602-6303-59-2

Berdasarkan jenis penyakit yang ditularkan, nyamuk dapat berperan sebagai vektor penyakit Malaria, DBD, Chikungunya, Zika, Filariasis, dan JE (*Japanese Encephalitis*). Jenis vektor yang berperan pada penyakit-penyakit tersebut cenderung berbeda pada masing-masing provinsi di Indonesia. Berdasarkan studi sebelumnya, beberapa spesies yang telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria di Indonesia adalah *An. aconitus*, *An. sundanicus*, *An. maculatus*, *An. subpictus*, *An. vagus*, *An. balabacensis*, *An. nigerrimus*, *An. sinensis*, *An. umbrosus*, *An. letifer*, *An. flavirostris*, *An. ludlowae*, *An. bancrofti*, *An. punctulatus*, dan *An. koliensis* (Elyazar et al., 2013; B2P2VRP, 2017). Vektor JE antara lain *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. bitaeniorhynchus*, *An. kochi*, *Ar. subalbatus*, *Cx. tritaeniorhynchus*, *Cx. gelidus*, dan *Cx. fuscocephalus*. Sedangkan vektor filariasis di Indonesia adalah *Cx. quinquefasciatus*, *Ma. uniformis*, dan *Ma. indiana*. Vektor DBD dan Chikungunya di Indonesia adalah *Ae. aegypti* dan *Ae. Albopictus* (Elyazar et al., 2013; B2P2VRP, 2017). Berdasarkan perilakunya, setiap spesies vektor memiliki perilaku yang berbeda-beda. Sebagai contoh vektor DBD dan chikungunya, *Ae. aegypti* tempat perkembangbiakannya cenderung ditemukan di dalam rumah dan perilakunya lebih suka menghisap darah manusia pada pagi hari. Vektor malaria cenderung menghisap darah pada malam hari. Vektor ini menghisap darah manusia, hewan, atau keduanya tergantung spesiesnya. Bila dilihat dari tempat perkembangbiakannya, vektor malaria memiliki jenis tempat perkembangbiakan yang bervariasi tergantung spesiesnya. Berdasarkan bionomik tersebut, maka metode pengendalian vektornya pun harus disesuaikan dengan perilaku vektor yang akan dikendalikan (Pates & Curtis, 2005; Kobylinski et al., 2010; Kamareddine, 2012; Stenn et al., 2018).

Pemerintah telah mengupayakan berbagai metode pengendalian vektor dalam rangka pengendalian penyakit tular vektor. Metode pengendalian yang telah diterapkan didasarkan pada perilaku vektor yang akan dikendalikan. Sebagai contoh pengendalian vektor DBD dan chikungunya yang telah diterapkan oleh pemerintah, antara lain aplikasi *fogging* dalam mengendalikan nyamuk vektor DBD dan chikungunya (*Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus*). Pengendalian secara

kimiaawi dengan *fogging* diterapkan pada kondisi khusus terutama jika terjadi peningkatan kasus atau kejadian luar biasa (KLB). Pemerintah dalam rangka pengendalian vektor DBD dan chikungunya terutama vektor pada stadium jentik telah menetapkan program nasional, yaitu 3M plus, dan sekarang dikembangkan dengan kegiatan satu rumah satu jumentik (GIRIJ) (Kemenkes RI, 2016). Pengendalian stadium jentik juga dapat dilakukan dengan pemberian larvasida pada tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk vektor DBD dan chikungunya. Metode pengendalian vektor malaria yang sudah diterapkan pemerintah, antara lain dengan penggunaan kelambu berinsektisida serta dengan aplikasi *indoor residual spraying* (IRS). Metode-metode pengendalian tersebut sampai sekarang masih dilakukan oleh pemerintah dalam rangka pengendalian vektor penyakit. Diharapkan dengan metode pengendalian tersebut dapat menurunkan populasi vektor di alam. Harapannya jika vektor penyakit dapat dikendalikan secara tidak langsung akan dapat menurunkan penyakit tular vektor di Indonesia (Kemenkes RI, 2009; Kemenkes RI, 2011; Kemenkes RI, 2016; P2PTVZ, 2016).

Penyakit tular vektor yang ditularkan oleh nyamuk masih ditemukan di Indonesia sampai sekarang, padahal pemerintah telah melakukan berbagai metode dalam rangka pengendalian vektor. Salah satu faktor yang menyebabkan penyakit tular vektor masih ada di Indonesia adalah karena masih ditemukannya nyamuk yang sebelumnya telah terkonfirmasi sebagai vektor penyakit. Masih ditemukannya nyamuk vektor walaupun sudah dilakukan pengendalian maka perlu dilakukan evaluasi apakah pengendalian yang dilakukan sudah efektif dan tepat sasaran baik metode maupun caranya. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka buku ini ditulis untuk memberikan informasi berbagai metode pengendalian vektor termasuk metode terkini yang dapat dilakukan dalam rangka pengendalian vektor penyakit di Indonesia.

B. Riwayat Pengendalian Vektor di Indonesia

Upaya pengendalian vektor secara luas pada tahun 1945 dilakukan dengan menggunakan DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*) yang

merupakan insektisida organik sintetik. Aplikasi insektisida tersebut diketahui dapat membantu menanggulangi berbagai penyakit yang ditularkan oleh vektor serangga. Pemakaian insektisida yang terus-menerus menyebabkan terjadinya resistansi. Resistansi terhadap DDT pertama kali dilaporkan di Swedia pada tahun 1946 pada lalat. Pada tahun 1948, dilaporkan terjadinya resistansi nyamuk dan lalat terhadap insektisida. Pada tahun 1954, di Indonesia telah dilaporkan terjadinya resistansi pada *Anopheles sundaicus* terhadap DDT di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Pada tahun 1984, terjadi perluasan resistansi nyamuk terhadap DDT di berbagai wilayah di Indonesia. Peningkatan resistansi ini disebabkan oleh pemakaian insektisida yang tidak sesuai dengan dosis yang dianjurkan dan tidak disesuaikan dengan karakteristik insektisidanya. Akibatnya, populasi nyamuk resistan di lapangan akan semakin meningkat (Hoedoyo, 2000).

Aplikasi penggunaan DDT dalam pengendalian vektor mulai dilarang digunakan pada tahun 1970. Hal ini dikarenakan insektisida tersebut berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup yang ada di dalamnya. Pemakaian DDT akan memengaruhi siklus rantai makanan yang terjadi di dalamnya. Jika salah satu bagian dari rantai makanan terkontaminasi dengan DDT, maka aliran DDT pada siklus rantai makanan akan terus berjalan sehingga secara tidak langsung akan memengaruhi daya tahan hidupnya. Oleh karena itu, negara-negara maju melarang penggunaan insektisida jenis ini, walaupun di beberapa negara berkembang penggunaan DDT ini masih digunakan. Penggunaan DDT diizinkan digunakan hanya pada kondisi darurat pada saat terjadi KLB. Hal ini karena penggunaan jenis insektisida yang lain harganya mahal (Sadasivaiah et al., 2007; Tarumingkeng, 2008). Kementerian Pertanian Indonesia melarang penggunaan DDT di bidang pertanian, demikian juga Komisi Pestisida RI tidak mengizinkan penggunaan insektisida dengan golongan hidrokarbon berklor dan organoklorin. DDT merupakan insektisida dalam golongan tersebut (Tarumingkeng, 2008).

Aplikasi pengendalian vektor beralih menggunakan insektisida jenis lain selain dari golongan organoklorin. Beberapa golongan

insektisida yang digunakan antara lain golongan pyrethroid, karbamat, dan organofosfat. Aplikasi penggunaan insektisida tersebut dalam jangka kurun waktu yang lama dan terus-menerus juga memberikan dampak terjadinya resistansi vektor. Hasil penelitian di beberapa daerah di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan *Ae. aegypti* telah resistan terhadap insektisida *Malathion* 0,8%, *Bendiocarb* 0,1%, *Lambda sihalotrin* 0,05%, *Permethrin* 0,75%, *Deltametrin* 0,05%, dan *Etofenprox* 0,5% (Widiarti, 2011). Studi yang lain juga menunjukkan adanya resistansi nyamuk *Ae. aegypti* di banyak kabupaten di Indonesia. Sebanyak 86 kabupaten (84%) telah resistan terhadap insektisida *malathion* (0,8%) dan 50 kabupaten (49%) resistansi terhadap temefos (0,02%). Sebanyak 100 kabupaten (98%) resistan terhadap *sipermetrin* (0,05%) dan 18 kabupaten (40%) resistan terhadap *alfa sipermetrin* (0,025%). Hasil uji terhadap *deltametrin* (0,025%) menunjukkan sebanyak 66 kabupaten (65%) telah resistan terhadap *deltametrin* (Ariati et al., 2019). Studi di Jawa Timur juga menunjukkan adanya penurunan status resistansi nyamuk *An. sundaicus* dan *An. aconitus*. *Anopheles aconitus* yang diketahui perkembangbiakannya di sawah cenderung mengalami resistansi silang terhadap insektisida pyrethroid (Widiarti et al., 2018).

Upaya pengendalian vektor DBD telah dilakukan sejak 35 tahun terakhir. Pada awalnya, pengendalian nyamuk dewasa dilakukan dengan pengasapan perifokal udara dengan mesin pengasapan *thermal fogging portable* atau alat yang dipasang di atas mobil, dan mesin *ultra-low volume* pada radius 10 meter dari kasus DBD. Kebijakan tersebut kemudian berubah pada dekade 1980-an berubah dengan adanya penambahan larvasida secara intensif dengan menggunakan *temephos* pada *granule* pasir (Suroso, 1984). Dalam kebijakan tersebut mengharuskan perlakuan larvasida di semua tempat perkembangbiakan nyamuk di daerah endemis urban DBD sekali setahun, tepat sebelum musim penularan. Khusus untuk daerah dengan kasus DBD, selama tiga tahun berturut-turut, Departemen Kesehatan menentukan kebijakan penjadwalan aplikasi larvasida setiap tiga bulan sekali. Kebijakan ini dilakukan selama tahun 1986–1991 (Lubis, 1998).

Mulai awal 1992 hingga sekarang, kebijakan nasional menekankan pada pengendalian jentik dengan menggunakan upaya masyarakat, penyuluhan kesehatan, dan kerja sama lintas sektoral. Namun, sepertinya kebijakan tersebut tidak berjalan dengan baik dan terkesan hanya slogan saja, sedangkan evaluasi dan monitoring kegiatan belum banyak dilakukan (Lubis, 1998). Sejak tahun 1995, setiap 2 tahun sekali diadakan pertemuan kelompok kerja operasional (POKJANAL) DBD dengan peserta bervariasi dari pemerintah daerah (Pemda), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda), Pemberdayaan Masyarakat dan Desa (PMD), PKK, Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD), dan unsur kesehatan.

Saat ini, upaya nasional menitikberatkan untuk membentuk kelompok kerja pada level desa/RT/RW di bawah bimbingan petugas Puskesmas. Program ini dinamakan Bulan Gerakan, yakni program yang menekankan pada penyuluhan intensif melalui media massa, kelompok wanita, dan anak sekolah, dengan upaya menghilangkan sumber tempat perkembangbiakan nyamuk oleh masyarakat, yang di antaranya berupa kegiatan pemeriksaan dari rumah ke rumah untuk melacak jentik, pembersihan penampung air, serta pemberian larvisida temephos jika perlu. Program ini biasa dikenal dengan istilah 3M plus, yaitu menguras, mengubur, dan menutup. Tindakan plus pada program 3M, antara lain memberikan larvasida, ikan, dan lain-lain disesuaikan dengan kondisi masyarakat setempat. Salah satu pelaku program 3M adalah PKK. Kader PKK diharapkan dapat mendidik pemilik rumah untuk melihat rumah dengan cara melacak jentik, mempraktikkan cara menyimpan air yang aman, serta membersihkan alat perindukan nyamuk secara berkala. Namun demikian, belum ada laporan tentang keberhasilan program ini (Lubis, 1998).

Upaya pengendalian telah dilakukan, tetapi, jumlah penderita DBD di Indonesia dari tahun ke tahun tidak pernah turun bahkan cenderung meningkat. Upaya pengendalian yang dilakukan dan dievaluasi secara sistematis pada era sentralisasi saat ini telah banyak ditinggalkan. Dalam era otonomi daerah, kebijakan pengendalian ini sangat ditentukan oleh kemampuan daerah baik dalam pemilihan penggunaan insektisida maupun aplikasinya. Kebijakan penggunaan

insektisida tanpa monitoring dan evaluasi ini telah menyebabkan penggunaan insektisida yang tidak terkontrol di beberapa daerah (Kemenkes RI, 2017; 2018; 2023).

C. Upaya Pengendalian Nyamuk yang Telah Dilakukan

Berdasarkan rekomendasi *World Health Organization* (WHO), penanggulangan penyakit menular harus berdasar pengetahuan epidemiologinya, yaitu manusia (inang dari patogen), agen penyakit (patogen), vektor (nyamuk), dan lingkungan yang berpengaruh. Salah satu upaya dalam pengendalian penyakit tular vektor adalah dengan pengendalian vektornya. Perilaku vektor cenderung berbeda-beda di setiap daerah. Oleh karena itu, metode pengendalian yang dilakukan sebaiknya berdasarkan pada bionomik nyamuk yang akan dikendalikan sehingga akan lebih efektif hasilnya. Bionomik vektor DBD, chikungunya, filariasis, malaria, dan JE cenderung berbeda sehingga aplikasi pengendalian vektor yang dilakukan berbeda-beda (WHO, 1994; 2011).

Pengendalian nyamuk sendiri merupakan bagian terpenting dalam penanggulangan penyakit arbovirosis. Pengendalian nyamuk merupakan upaya meniadakan tempat berkembang biak, mengendalikan/memusnahkan populasi jentik dan nyamuk dewasa. Keberhasilan suatu cara pengendalian dilihat dari dengan berkurangnya jumlah nyamuk di tempat tersebut dan berkurangnya jumlah penderita yang tertular penyakit. Pengendalian nyamuk memerlukan pengetahuan tentang kebiasaan spesies yang khusus, topografi, iklim, dan sosio-ekonomi penduduknya (Lok, 1985). Berdasarkan hal tersebut, beberapa upaya pengendalian nyamuk yang telah dilakukan di antaranya sebagai berikut.

1. Pengendalian secara Fisik

Pengendalian secara fisik adalah pengendalian untuk mengurangi atau menghindari gigitan nyamuk. Prinsip pengendalian vektor secara fisik adalah menggunakan atau menghilangkan material fisik

untuk menurunkan populasi vektor dan binatang pembawa penyakit. Salah satu program pengendalian vektor DBD dan chikungunya yang diprogramkan oleh pemerintah adalah dengan 3M plus yang meliputi menguras, menutup, dan mendaur ulang penampungan air yang berpotensi sebagai tempat penampungan air. Kegiatan tambahan dalam 3M antara lain menutup lubang pohon bambu atau pohon lainnya dengan menggunakan tanah, membersihkan atau mengeringkan tanaman-tanaman yang berpotensi menampung air hujan, mengeringkan tempat-tempat yang tidak terpakai, memelihara ikan pemakan jentik, serta memasang kawat kasa (kawat nyamuk) pada semua lubang yang ada di rumah, seperti lubang angin, jendela, pintu, dan lainnya. Upaya lainnya yakni tidak menggantung pakaian di dalam rumah, mengatur pencahayaan dan ventilasi ruangan, menggunakan obat nyamuk dan larvasida (khusus untuk daerah-daerah yang kesulitan air), serta menanam tanaman pengusir nyamuk (Kemenkes RI, 2016).

Upaya pengendalian vektor DBD dan chikungunya yang lain adalah dengan *lethal ovitrap*. Aplikasi/*Autocidal ovitrap* dalam pengendalian vektor DBD dan chikungunya telah berhasil dilakukan di Singapura. Metode yang kemudian juga dikembangkan di Indonesia dengan nama *lethal ovitrap* ini merupakan salah satu upaya untuk menurunkan populasi nyamuk. Namun demikian, keberhasilan dari aplikasi alat ini sangat dipengaruhi oleh lokasi pemasangan dan jumlah ovitrap yang dipasang. Selain itu, faktor lain yang memengaruhi keberhasilan aplikasi ini dalam pengendalian populasi nyamuk adalah peran serta masyarakat dalam kegiatan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS). Salah satu bentuk PHBS masyarakat yang dapat mendukung upaya penurunan populasi vektor adalah melaksanakan kegiatan 3M plus. Apabila masyarakat kurang menyadari pentingnya kegiatan ini, maka akan sangat dimungkinkan bertambahnya tempat-tempat perkembangbiakan vektor DBD dan chikungunya baik di dalam maupun luar rumah. Banyaknya tempat perkembangbiakan alami di lingkungan menyebabkan nyamuk akan lebih mudah mencari tempat perkembangbiakan alaminya sehingga pengendalian dengan

menggunakan lethal ovitrap menjadi tidak maksimal (WHO, 2011; Kemenkes RI, 2016; Hijroh et al., 2017).

Jenis pengendalian vektor secara fisik yang lainnya dengan pemasangan perangkap baik untuk stadium pradewasa maupun dewasa. Media fisik yang bisa digunakan adalah air, gelombang elektronik, cahaya, dan peralatan listrik. Penggunaan *ovitrap* merupakan salah satu metode menggunakan perangkap dalam rangka pengendalian nyamuk pada stadium jentik. *Ovitrap* yang mengandung bahan yang dapat membunuh jentik dinamakan lethal *ovitrap*. Akan tetapi, ada *ovitrap* yang sifatnya hanya sebagai penarik agar nyamuk mau bertelur di dalam perangkap yang kita sediakan. *Ovitrap* jenis ini biasanya mengandung atraktan tertentu yang dapat menarik nyamuk untuk bertelur. Jenis-jenis atraktan yang bisa dipakai antara lain hasil fermentasi gula dan ragi. Cara kerja metode perangkap ini adalah dengan memasukkan larutan gula atau ragi yang telah difermentasikan di dalam botol yang telah dimodifikasi. Modifikasi botol ini dilakukan dengan cara memotong ujung botol di mana bagian mulut botol dimasukkan kembali ke bagian dalam botol dengan harapan nyamuk yang masuk tidak dapat keluar lagi (Astuti & RES, 2011). Perangkap nyamuk juga dapat berupa alat yang dimodifikasi sedemikian rupa dengan memanfaatkan tegangan listrik. Modifikasi yang lain bisa juga dibuat alat untuk mengatur suhu dan kelembapan sedemikian rupa agar dapat membunuh nyamuk yang terperangkap dalam alat tersebut (Adam, 2018; Dzulkiflih & Khansa, 2022).

2. Pengendalian secara Kimiawi

Dalam pengendalian nyamuk penular DBD, pengendalian secara kimiawi meliputi pengendalian stadium jentik dan stadium dewasa menggunakan insektisida. Pada pengendalian stadium jentik, insektisida pembunuh jentik (larvasida) yang biasa digunakan adalah temephos yang merupakan serbuk 1% dengan dosis 1 ppm atau 10 gram untuk setiap 100 liter air. Cara ini lazim disebut larvasidasi. Saat ini telah dikembangkan larvasida generasi ke tiga, yaitu IGR (*Insect Growth Regulator*). Cara kerja dari IGR ini adalah mengganggu

mekanisme pertumbuhan jentik sehingga jentik tidak dapat jadi dewasa dan mati atau bila menjadi dewasa akan timbul cacat. Insektisida ini dikenal ramah lingkungan karena targetnya hanya serangga yang dapat mengalami metamorfosis (WHO, 1994; 2017).

Pada pengendalian stadium dewasa, saat ini yang paling banyak digunakan adalah malathion yang diaplikasikan dengan menggunakan *fogging* (pengasapan) dan ULV (*Ultra Low Volume*). *Fogging* telah menjadi preferensi masyarakat dan pejabat pemerintahan dalam menanggulangi Kejadian Luar Biasa DBD. Tujuannya adalah cepat mematikan dan menurunkan populasi nyamuk *Aedes aegypti*, vektor virus Dengue. Hal ini merupakan persepsi yang keliru karena *fogging* hanya mampu mematikan nyamuk dewasa saja, sementara telur, larva, dan pupa yang ada di lingkungan masih tetap hidup. Selain itu, upaya pengendalian yang terus-menerus dengan menggunakan insektisida yang sama tanpa diikuti dengan monitoring dan evaluasi yang baik telah menyebabkan terjadinya resistansi *malathion* di berbagai tempat (WHO, 1980; Yulistyawati et al., 2013; Prasetyowati et al., 2016) termasuk di Indonesia. Saat ini telah direkomendasikan pergantian/rotasi jenis insektisida dalam aplikasi *fogging* di beberapa daerah di Indonesia.

Program *fogging* yang dilaksanakan sewaktu ada KLB DBD hanya bersifat selektif (*fogging* fokus), yaitu hanya di sekitar tempat yang ada kasus DBD-nya dengan cakupan luas wilayah radius 100 m. Asumsinya adalah di rumah-rumah penderita masih banyak nyamuk yang infeksi, yaitu nyamuk yang siap menularkan virus Dengue ke orang yang digigitnya. Dengan *fogging* fokus diharapkan menghentikan penularan dan penyebaran DBD di tempat itu, selanjutnya, laju peningkatan insidensi dan prevalensi penyakit DBD dapat dikendalikan. Jadi, indikasi *fogging* fokus adalah indikasi epidemiologis. Indikasi *fogging* fokus yang hanya berfokus pada penekanan populasi nyamuk *Aedes* termasuk indikasi entomologis (TBT & Nalim, 2007). *Fogging* fokus yang sifatnya selektif ini termasuk tindakan intervensi KLB DBD yang direkomendasikan oleh WHO. Upaya pengendalian vektor penyakit secara kimia dengan menggunakan insektisida makin lama justru menimbulkan resistansi nyamuk vektor (WHO, 1980).

ULV merupakan metode lain dalam pengendalian nyamuk penular DBD di dalam rumah. Metode ini dipertimbangkan karena nyamuk *Ae. aegypti* lebih suka hinggap pada barang-barang yang tergantung, seperti kelambu, dan baju-baju yang digantung. Kelebihan dari ULV ini adalah tidak banyak meninggalkan sisa solar dalam rumah karena dalam aplikasinya tidak menggunakan campuran solar, tetapi hanya menggunakan malathion 96% (WHO, 1980).

Salah satu program pengendalian vektor malaria di Indonesia adalah dengan pembagian kelambu berinsektisida. Kelambu berinsektisida ini diharapkan dapat melindungi masyarakat terhadap gigitan nyamuk pada malam hari. Kelambu ini dapat bertahan kurang lebih sampai tiga tahun dan dapat dicuci sebanyak 30 kali (Kemenkes RI, 2020). Pembagian kelambu ini diutamakan pada usia berisiko terjangkit malaria, yaitu balita dan ibu hamil. Tujuan aplikasi ini untuk usia berisiko adalah melindungi ibu hamil dan bayi dari penularan malaria dan mendorong peningkatan cakupan pelayanan rutin ibu hamil, serta untuk menurunkan angka stunting akibat terjadinya anemia pada ibu hamil dan balita yang terinfeksi malaria. Kegiatan ini dilaksanakan dengan melakukan penapisan malaria dengan pemeriksaan darah dan pemberian kelambu terhadap ibu hamil pada saat melakukan kunjungan. Pemeriksaan darah dan pembagian kelambu diutamakan di kabupaten/kota endemis malaria tinggi, dan secara selektif di kabupaten/kota dengan endemis sedang, rendah, dan sudah eliminasi malaria (Kemenkes RI, 2021).

Pembagian kelambu juga dibagikan pada kelompok lain yang berisiko terjadi penularan akan tetapi sulit dijangkau. Kelompok yang berisiko tersebut adalah pekerja perambah hutan, pekerja perkebunan, pekerja tambang ilegal, dan nelayan. Anggota militer dan polisi juga memiliki risiko terjadinya penularan malaria. Kelompok lain yang memiliki risiko tertular malaria adalah komunitas suku adat terpencil dan wisatawan. Berdasarkan laporan, 63 kabupaten/kota mengalami stagnasi penurunan kasus malaria lebih dari 5 tahun, 19 kabupaten di antaranya memiliki populasi yang tinggi di hutan atau pekerja di daerah sulit terjangkau pelayanan kesehatan (P2PTVZ, 2019).

Distribusi kelambu berinsektisida dilakukan di daerah endemisitas tinggi dan sedang. Selain itu, kampanye juga dilakukan setiap tiga tahun sekali dalam rangka memotivasi masyarakat untuk menggunakan kelambu berinsektisida. Pembagian kelambu secara massal telah dilakukan oleh pemerintah sejak tahun 2014, 2017, dan 2020 di daerah endemis tinggi dan fokus di daerah endemis sedang berdasarkan kelompok tidur. Pada tahun 2014 dan 2017, pemerintah telah berhasil mendistribusikan kelambu kepada masyarakat sebanyak 10,7 juta. Berdasarkan hasil survei menunjukkan perilaku anggota rumah tangga (ART) tidur di dalam kelambu berinsektisida sebesar 60.5% pada tahun 2019, sedangkan pada tahun 2021 terjadi peningkatan sebesar 84.7% (Kemenkes RI, 2023).

Jenis pengendalian vektor malaria lainnya yang juga dapat diaplikasikan bersama dengan penggunaan kelambu berinsektisida adalah *indoor residual spraying* (IRS). Penggunaan aplikasi ini bertujuan untuk membunuh nyamuk vektor yang memiliki perilaku istirahat di dinding. Aplikasi IRS di masyarakat biasanya dilakukan pada saat terjadinya peningkatan kasus malaria atau kejadian luar biasa. Metode IRS ini biasanya dilakukan dengan cara menyemprotkan insektisida pada dinding rumah dengan harapan nyamuk yang masuk ke dalam rumah dan hinggap di dinding akan mati terkena insektisida. Efektifitas aplikasi IRS dalam membunuh nyamuk dipengaruhi oleh jenis dinding yang disemprot. Hasil studi di Banyumas menunjukkan bahwa aplikasi IRS selama dua bulan dapat membunuh nyamuk *An. maculatus* di dinding kayu dan tembok masing-masing sebesar 98% dan 67% (WHO, 2015; Setyaningsih et al., 2015).

Dalam upaya pengendalian malaria, selain dilakukan pengendalian vektor juga dilakukan pengobatan penderita. Tujuan pengobatan adalah untuk mengurangi sumber parasit yang dapat ditularkan ke manusia oleh vektor nyamuk. Standar pengobatan malaria yang digunakan sekarang adalah dengan menggunakan obat anti malaria (OAM), yaitu ACT (*Artemisinin Combination Therapy*). Obat tersebut sampai saat ini merupakan obat yang paling efektif dalam membunuh

parasit malaria. Proses pemberian ACT harus berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium. Hasil laporan tahun 2022 menunjukkan pasien yang diobati dengan ACT sebanyak 412.783 dari jumlah pasien positif malaria sebesar 443.530 kasus (Kemenkes RI, 2023).

Berdasarkan data tahun 2022, terdapat 93% pasien malaria yang diobati sesuai dengan standar pengobatan malaria. Angka tersebut di bawah standar capaian nasional, yaitu 95%. Nilai ini akan dapat tercapai apabila ketersediaan OAM terpenuhi. Oleh karena itu, diperlukan manajemen stok obat yang baik sehingga tidak terjadi stock out obat malaria (Kemenkes RI, 2023).

Setiap jenis metode pengendalian kimia yang dilakukan memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. Pengendalian dengan IGR hanya dapat digunakan pada stadium pradewasa. Selain itu pengendalian ini juga membutuhkan waktu lebih panjang karena proses untuk membunuh jentiknya berlangsung lama. Sedangkan aplikasi pengendalian vektor dengan IGR memiliki kelebihan dapat menghambat perkembangan jentik, misalnya jika ditemukan jentik pada kontainer, ada kemungkinan besar bahwa jentik tersebut tidak akan berkembang menjadi nyamuk. Sementara itu, pengendalian vektor dengan fogging dan ULV memiliki keuntungan dapat menurunkan jumlah vektor dengan cepat, dengan catatan vektor yang dikendalikan di daerah tersebut belum mengalami resistansi. Namun, jika telah terjadi resistansi pada vektor, maka pengendalian dengan metode fogging dan ULV tidak akan efektif. Selain itu, metode *fogging* dan ULV hanya akan membunuh vektor pada stadium dewasa saja. Pengendalian vektor dengan kelambu akan efektif jika tidak ada kasus resistansi nyamuk dan perilaku masyarakat di lokasi pengendalian tidak melakukan aktivitas malam hari di luar rumah. Demikian juga dengan pengendalian vektor dengan metode IRS. Metode IRS akan lebih efektif membunuh vektor jika di lokasi pengendalian perilaku vektor ditemukan istirahat di dalam rumah (Kemenkes RI, 2023).

3. Pengendalian secara Biologis

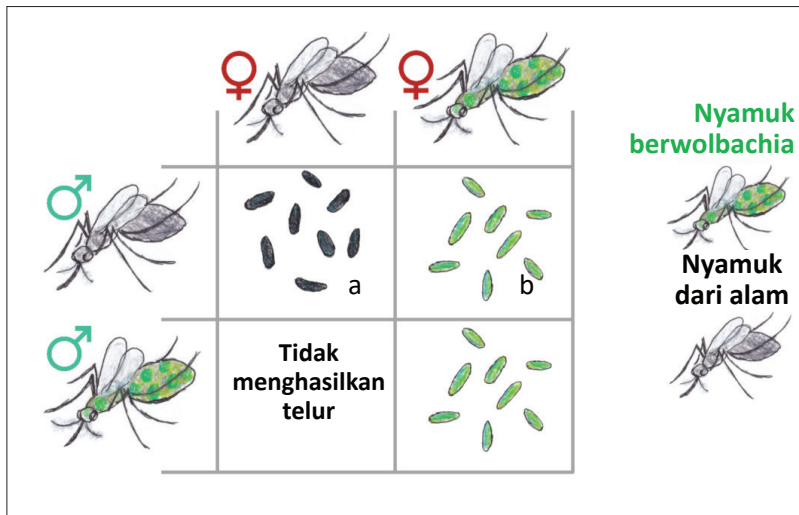
Saat ini, dari berbagai studi telah diidentifikasi dan diketahui berbagai agensia biologi yang dapat berperan sebagai pengendali biologis vektor penular DBD. Beberapa di antaranya adalah ikan kepala timah, ikan *guppy*, dan beberapa jenis ikan lainnya. Penggunaan ikan ini sangat efektif sebagai pengendali jentik di kolam ikan yang tidak dikuras. Berdasarkan studi, ikan cetol (*Poecilia reticulata*) mempunyai daya reproduksi 109 ekor/bulan. Ikan jantan mempunyai kemampuan daya predasi 14,30–51,29 ekor *Ae. aegypti*, sedangkan ikan cetol betina mampu memangsa *Ae. aegypti* sebanyak 90,41–101,47 ekor. Kombinasi ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan *P. reticulata* dapat mengendalikan *Anopheles aconitus* sebesar 99.7% dengan kepadatan ikan 2 ekor/m². Penggunaan ikan Nila di Cilacap dapat mengendalikan vektor malaria *An. sundaicus*. Copepoda *Mesocyclops* juga merupakan agen hayati yang dapat digunakan dalam pengendalian vektor stadium pradewasa. Jasad hayati ini dapat hidup di berbagai macam media, serta memiliki daya predasi terhadap jentik *Ae. aegypti* 20,69 ekor/hari (Yuniarti & Widyastuti, 2000). Penggunaan *Mesocyclop* di gentong air dapat menurunkan populasi jentik *Ae. aegypti* sebesar 70,69 –75,90% pada minggu ketujuh. Penggunaan *Mesocyclop* dan produk lain (*vectobac*) dapat menurunkan populasi jentik *Ae. aegypti* di gentong air sebesar 96,56-100% selama 12 minggu. Hasil aplikasi agen hayati ini juga telah dilaporkan dapat menurunkan populasi nyamuk hingga 97% di Tahiti, Thailand, dan Vietnam khususnya tempat-tempat penampungan air yang sulit dikuras (Yuniarti, 2005).

Aplikasi *Bacillus thuringiensis* juga dilaporkan sangat baik untuk pengendalian jentik di air jernih, sedangkan *Bacillus sphaericus* sangat baik untuk pengendalian jentik di air kotor. Aplikasi pengendalian vektor dengan menggunakan *B. thuringiensis* juga telah dilakukan di Cilacap dengan menggunakan bakteri ini dari galur lokal. Hasil aplikasi menunjukkan bahwa setelah satu hari waktu penebaran bakteri ini, terjadi kematian jentik *Anopheles* sp. (80–100%) dan *Culex* sp. (79,3–100%) (Blondine & Widyastuti, 2013). Di samping berbagai agen biologi tersebut, masih banyak predator yang juga punya potensi sebagai pengendali jentik nyamuk yang efektif, seperti *Toxorhynchites*

dan cacing *Romanomermis* (Lok, 1985; WHO, 1994; Lubis, 1998). Meskipun berbagai agensi biologi tersebut telah dilaporkan efektif digunakan dalam pengendalian beberapa vektor penyakit, tetapi keberhasilan metode ini dilaporkan sangat dipengaruhi oleh jenis/tipe kontainernya.

Jenis pengendalian vektor secara biologis lain yang sekarang sedang dikembangkan adalah pengendalian vektor dengan menggunakan bakteri *wolbachia*. Prinsip pengendalian vektor dengan metode ini adalah menginfeksi bakteri *wolbachia* pada nyamuk di lapangan. Hasil infeksi bakteri pada nyamuk diharapkan dapat menghambat perkembangan virus yang ada di dalam tubuh nyamuk. Efek dari penghambatan perkembangan virus di dalam tubuh nyamuk akan berdampak pada menurunnya transmisi virus ke manusia yang ditularkan oleh nyamuk. Kandungan bakteri *wolbachia* pada nyamuk juga dapat berdampak pada umur nyamuk. Berkurangnya umur nyamuk, selain berdampak pada penurunan frekuensi penularan virus juga dapat berakibat pada penurunan populasi vektor di alam (Teixeira et al., 2008; McMeniman & O'Neill, 2010).

Secara umum, perkawinan nyamuk *Ae. aegypti* jantan dan betina akan menghasilkan telur-telur nyamuk yang *fertil* (dapat menetas). Dengan adanya pelepasan nyamuk ber*wolbachia* ke lapangan akan terjadi beberapa mekanisme perkawinan. Perkawinan antara nyamuk jantan di lapangan yang tidak mengandung *wolbachia* dengan nyamuk betina ber*wolbachia* akan menghasilkan keturunan telur-telur yang mengandung *wolbachia*. Perkawinan antara nyamuk jantan yang ber*wolbachia* dengan nyamuk betina yang tidak mengandung *wolbachia* tidak akan menghasilkan keturunan. Perkawinan nyamuk jantan ber*wolbachia* dengan nyamuk betina yang mengandung *wolbachia* akan menghasilkan keturunan yang mengandung *wolbachia*. Diharapkan dengan pelepasan nyamuk yang ber*wolbachia* ke lapangan, pada akhirnya akan terbentuk populasi nyamuk di alam yang didominasi nyamuk ber*wolbachia*. Hal ini secara tidak langsung akan berdampak pada penurunan terjadinya transmisi DBD di suatu wilayah. Proses transmisi *wolbachia* pada tubuh nyamuk dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Keterangan: (a) telur nyamuk *fertil* (dapat menetas), (b) telur nyamuk berwolbachia.

Sumber: World Mosquito Program (t.t.)

Gambar 2.1 Proses Perkawinan Nyamuk *Aedes Aegypti* Berwolbachia dengan yang tidak Berwolbachia.

Sampai sekarang, aplikasi pengendalian vektor dengan menggunakan *wolbachia* masih terbatas pada pengendalian DBD dan vektornya. Di Indonesia, spesies nyamuk yang telah terbukti sebagai vektor DBD adalah *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus*. Aplikasi penggunaan *wolbachia* dalam pengendalian DBD dan vektornya di Indonesia masih pada tahap penelitian dan diaplikasikan pada skala terbatas pada beberapa wilayah di Indonesia. Spesies *Aedes aegypti* merupakan vektor DBD yang sudah dapat diinfeksi dengan bakteri *wolbachia*. Penelitian aplikasi *wolbachia* dalam rangka pengendalian DBD mulai dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada tahun 2011–2013, dilakukan penelitian untuk menguji aspek keamanan teknologi *wolbachia*, serta kelayakan dan persiapan untuk pelepasan nyamuk berwolbachia ke lapangan. Pada tahun 2013–2015, dilakukan pelepasan nyamuk berwolbachia ke lapangan dengan skala terbatas. Lokasi pelepasan nyamuk berwolbachia pertama kali adalah dua

dusun di Kabupaten Sleman, yaitu Dusun Karangtengah dan Ponowaren, Desa Nogotirto, dan Dusun Kronggahan 1 dan 2, Desa Trihanggo, serta dua dusun yang terletak di Kabupaten Bantul, yaitu Dusun Singosaren 3, Desa Singosaren, dan Dusun Jomblangan, Desa Banguntapan. Tujuan pelepasan nyamuk pada fase ini adalah untuk menguji kemampuan hidup nyamuk ber*wolbachia* yang dilepaskan ke alam, serta kemampuannya dalam menghambat replikasi virus DBD (Nuraeni et al., 2020).

Kegiatan aplikasi *wolbachia* di Yogyakarta pada tahun 2016–2020 dilanjutkan untuk membuktikan pengaruh *wolbachia* terhadap penurunan kasus DBD. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi penyebaran nyamuk ber*wolbachia* di wilayah Yogyakarta dapat menurunkan kasus DBD sebesar 77,11 % dibandingkan daerah yang tidak dilepaskan nyamuk ber*wolbachia* (Nuraeni et al., 2020). Aplikasi penggunaan bakteri ber*wolbachia* dalam rangka menurunkan kasus DBD dalam skala yang lebih luas sedang dalam proses uji coba diaplikasikan ke skala yang lebih luas di beberapa kota di Indonesia, antara lain Kota Semarang, Bontang, dan Bandung.

4. Pengendalian Menggunakan Teknik Serangga Mandul (TSM)

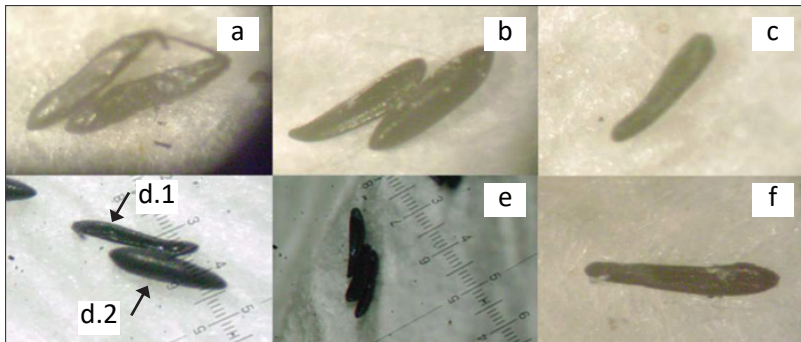
Pengendalian vektor dengan metode TSM merupakan salah satu metode pengendalian alternatif yang dapat dikembangkan dalam rangka mengendalikan populasi vektor di alam. Metode ini dilakukan dengan cara melepaskan serangga yang telah disterilkan ke alam dengan harapan serangga tersebut dapat melakukan perkawinan dengan serangga sejenisnya. Diharapkan hasil perkawinan serangga akan menghasilkan keturunan yang steril atau tidak memperoleh keturunan. Dengan demikian, secara tidak langsung akan menyebabkan penurunan populasi serangga sasaran. Penurunan populasi serangga secara tidak langsung dapat berdampak pada penurunan kasus penyakit yang ditularkan oleh serangga vektor (Alphey et al., 2010).

Aplikasi pengendalian vektor dengan metode TSM dapat dilakukan pada serangga-serangga dengan karakteristik khusus.

Syarat-syarat serangga yang dapat dikendalikan dengan metode TSM antara lain serangga betina yang tidak bersifat partenogenesis; serta serangga jantan yang mudah ditenakkan dan tidak mengalami penurunan kemampuan untuk melakukan kopulasi jika disterilkan. Pada serangga betina, diharapkan hanya melakukan perkawinan sekali seumur hidupnya, sedangkan pada serangga jantan dapat melakukan perkawinan lebih dari sekali serta memiliki kemampuan berkembangbiak dengan cepat, mudah beradaptasi dengan lingkungan, serta dapat dikembangkan di laboratorium. Daerah yang menjadi sasaran aplikasi ini diharapkan merupakan daerah yang terisolir. Hal ini bertujuan salah satunya agar dapat diketahui efektifitas metode pengendalian yang dilakukan dalam rangka menurunkan populasi vektor (Dick et al., 2005).

Proses sterilisasi serangga yang akan dikendalikan dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu dengan menggunakan zat kimia (*chemosterilant*) dan iradiasi. Penggunaan *chemosterilant* pada serangga dapat menyebabkan serangga tidak dapat bertelur, telur tidak menetas, jentik tidak dapat berkembang biak menjadi pupa, dan pupa tidak bisa berkembang menjadi serangga dewasa (Oka, 1995). Proses sterilisasi serangga dengan menggunakan *chemosterilant* tidak dianjurkan karena zat ini bersifat karsinogenik dan dapat mencemari lingkungan. Proses sterilisasi yang lain adalah dengan menggunakan sinar x dan sinar gamma (kobalt 60) (Bertlett & Staten, 2009). Beberapa dampak yang ditimbulkan akibat radiasi pada serangga antara lain hilangnya kesuburan pada serangga betina, serta terjadinya ketidakmampuan serangga dalam melakukan perkawinan terutama serangga betina. Ketidakmampuan kopulasi pada serangga jantan bisa disebabkan karena sperma menjadi tidak atau kurang aktif akibat terjadinya mutasi pada sperma (Oka, 1995). Hal ini dapat berdampak pada keturunan yang dihasilkan. Proses perkawinan antara nyamuk jantan yang telah disterilkan dengan nyamuk betina di lapangan dapat berdampak pada tidak dihasilkannya telur, atau jika dihasilkan telur maka telur tersebut sebagian besar tidak akan menetas. Berdasarkan hasil penelitian, morfologi telur yang dihasilkan

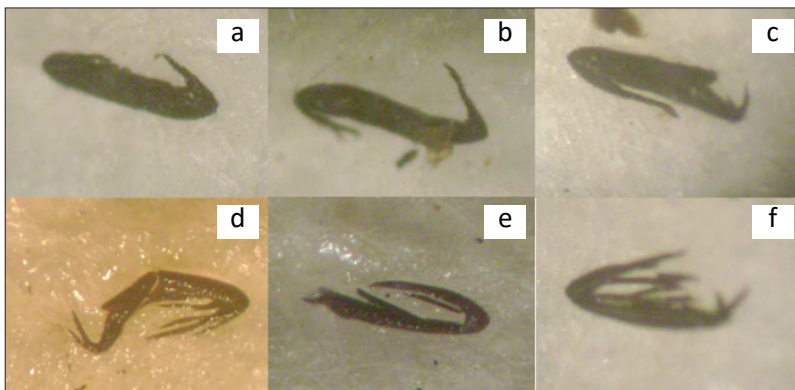
dari perkawinan jantan steril dengan betina normal dapat mengecil ukurannya, kempes, dan cacat (Setiyaningsih et al., 2015). Morfologi telur nyamuk akibat perkawinan antara nyamuk jantan steril dengan betina normal di lapangan dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3.



Keterangan: a, b, c, d.1, e, dan f adalah berbagai jenis perubahan morfologi telur *Ae. aegypti* yang mengempis, d.2 morfologi telur *Ae. aegypti* yang normal.

Sumber: Setiyaningsih et al. (2015)

Gambar 2.2 Morfologi Telur *Ae. Aegypti* Hasil Perkawinan Jantan Steril dengan Betina Normal di Lapangan yang Mengempis



Keterangan: a, b, c, d, e, dan f adalah berbagai jenis perubahan morfologi telur *Ae. aegypti* yang bercabang (rusak).

Sumber: Setiyaningsih et al. (2015)

Gambar 2.3 Variasi Morfologi Telur *Ae. Aegypti* Hasil Perkawinan Jantan Steril dengan Betina Normal di Lapangan yang Bercabang (Rusak)

Berdasarkan hasil studi, menunjukkan salah satu serangga vektor yang dapat dikendalikan dengan metode TSM adalah nyamuk (Dick et al., 2005). Proses sterilisasi nyamuk dilakukan pada nyamuk jantan dengan menggunakan sinar gamma. Proses radiasi ini diharapkan hanya akan merusak sel-sel kelamin dan tidak merusak sel-sel somatik pada nyamuk. Tahapan radiasi pada nyamuk biasanya dilakukan pada stadium pupa atau nyamuk yang masih berusia muda. Hal ini disebabkan karena pada tahapan tersebut, tahapan pembentukan sperma masih berlangsung sehingga proses radiasi akan lebih efektif terhadap sel sasaran. Proses radiasi ini akan memengaruhi morfologi kepala sperma yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi letal (Bertlett & Staten, 2009).

Aplikasi pengendalian vektor nyamuk telah dilakukan di beberapa negara di antaranya Malaysia. Aplikasi teknik serangga mandul (TSM) di Malaysia telah dilakukan dalam rangka pengendalian populasi nyamuk *Ae. aegypti* di Kepulauan Ketam (Supartha, 2008). Aplikasi TSM ini juga telah dilakukan dalam rangka mengendalikan *Anopheles albominus* di El Salvador, sedangkan di Florida aplikasi metode pengendalian vektor ini telah dilakukan dalam rangka mengendalikan nyamuk *Ae. aegypti* dan *Anopheles quadrimaculatus* (FAO & IAEA, 1992). Hasil penelitian di Salatiga Jawa Tengah menunjukkan bahwa setelah aplikasi pelepasan *Ae. aegypti* jantan steril pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima persentase sterilitas telur yang ditemukan di lapangan makin menurun. Persentase sterilitas telur di dalam rumah selama pelepasan jantan steril pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima berturut-turut adalah 62,74%, 18,11%, 17,07%, 13,85%, dan 3,91%, sedangkan sterilitas telur di luar rumah setelah pelepasan pertama sampai kelima adalah 43,73%, 25,81%, 18,84%, 17,37%, dan 6,75% (Setyaningsih et al., 2015). Hasil penelitian pelepasan jantan mandul *Ae. aegypti* di daerah urban menunjukkan bahwa terjadi penurunan populasi telur fertil di dalam rumah (49,21 %) dan di luar (89,25%) (Setyaningsih et al., 2014).

Keberhasilan pengendalian nyamuk dengan menggunakan metode TSM dapat dilihat dari parameter penurunan populasi nyamuk

setelah aplikasi. Parameter lain yang dapat diukur adalah populasi telur nyamuk yang ditemukan di lapangan. Populasi telur tersebut dapat dilihat dari seberapa besar telur yang ditemukan serta persentase fertilitas telur yang ditemukan. Metode pengendalian nyamuk dengan TSM dilakukan dengan menebar nyamuk ke lapangan melalui beberapa kali tahap penebaran. Jumlah nyamuk jantan steril yang dilepaskan disesuaikan dengan prediksi populasi nyamuk di lapangan. Prediksi populasi nyamuk di lapangan dilakukan dengan cara survei populasi jentik sebelum dilakukan penebaran (Setyaningsih et al., 2014).

5. Pengelolaan Lingkungan

Pengelolaan lingkungan bertujuan untuk mengurangi atau meniadakan tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan vektor. Diharapkan dengan kegiatan ini dapat membantu penurunan populasi vektor. Penurunan populasi vektor secara tidak langsung dapat memengaruhi penurunan terjadinya transmisi penyakit tular vektor. Pengelolaan lingkungan dalam rangka pengendalian vektor disesuaikan dengan dengan perilaku dan jenis tempat perkembangbiakan vektor yang akan dikendalikan.

Kebijakan pemerintah, dalam hal ini Kementerian Kesehatan, dituangkan dalam program nasional pengendalian DBD, salah satunya dengan gerakan pemberantasan sarang nyamuk (PSN) DBD melalui 3M (menguras, menutup, mengubur). Kegiatan ini telah diintensifkan sejak tahun 1992. Pada tahun 2000, gerakan ini dikembangkan menjadi 3M plus, yaitu dengan menggunakan larvasida, memelihara ikan, dan mencegah gigitan nyamuk. Pengendalian tempat perindukan nyamuk *Ae. aegypti* oleh masyarakat Indonesia, lebih dititikberatkan pada penutupan penampung air, sumur, serta penguburan barang buangan di sekitar rumah yang berpotensi sebagai penampung air hujan, atau sering disebut pengendalian secara fisik. Larva *Ae. aegypti* dikendalikan dengan meniadakan tempat perkembangbiakannya (Suroso, 1984; Lubis, 1998; Gionar et al., 2001; Kemenkes RI, 2016).

Keberhasilan PSN DBD dengan 3M ini pernah dilaporkan di beberapa tempat di Indonesia. Salah satunya adalah program *Rotary* untuk pencegahan DBD melalui inspeksi bergilir Dasa Wisma di 13 kota di Indonesia pada tahun 2002. Program ini dilakukan dengan menggunakan supervisi ketat dari para Rotarian di setiap kota. Masing-masing kelurahan dikunjungi setiap tiga bulan sekali untuk mengingatkan Bapak Lurah dan perangkatnya agar memacu Ibu Dasawisma untuk keliling secara bergantian setiap seminggu sekali. Hal ini dilakukan untuk memasyarakatkan gerakan ini. Selama supervisi berlangsung di beberapa kota, baik para Rotarian maupun tim penyuluh mampu berkontribusi dan menjalankan perannya masing-masing dengan baik. Kota Pekalongan bahkan mendapat penghargaan karena rendahnya kasus DBD. Namun, setelah program Rotari berhenti, masyarakat mulai bosan dengan program ini terutama karena tidak ada wabah DBD, kemudian mereka menghentikan kegiatan ini (TBT & Nalim, 2007).

Berdasarkan pengalaman tersebut, dapat kita simpulkan bahwa kunci utama keberhasilan pencegahan penularan DBD berada di tangan masyarakat sendiri. Apabila masyarakat ikut memantau dan peduli terhadap lingkungan mereka, DBD akan dapat ditekan dan wabah akan dapat dicegah (Satoto & Nalim, 2007; Kemenkes RI, 2021). Pengelolaan lingkungan dalam rangka pengendalian vektor malaria dapat dilakukan dengan memodifikasi lingkungan agar dapat menurunkan populasi vektor di lapangan. Beberapa contoh modifikasi lingkungan, antara lain melakukan penanaman padi secara serempak. Tujuan metode ini untuk memutus siklus hidup nyamuk. Terputusnya siklus ini akan dapat mengurangi terjadinya transmisi malaria. Modifikasi lain adalah mengurangi tanamanan air atau ganggang pada permukaan air sehingga mengubah kondisi lingkungan yang membuat jentik tidak dapat hidup dengan optimal (Permenkes No. 50, 2017).

6. Perlindungan Diri

Penggunaan proteksi diri saat ini sangat umum di Indonesia. Berbagai produk repelen dan insektisida rumah tangga banyak beredar di pasa-

ran, bahkan Indonesia merupakan pasar terbesar obat nyamuk bakar di dunia. Penggunaan repelen pada anak-anak usia sekolah dipercaya oleh para orang tua dapat mengurangi risiko tertular DBD (Lok, 1985; WHO, 1994). Hasil penelitian aplikasi repelen secara massal di Desa Laladon Kecamatan Ciomas, Kabupaten Bogor, menunjukkan bahwa aplikasi repelen ini dapat menurunkan populasi nyamuk di daerah tersebut. Penurunan populasi tersebut dapat dilihat dari nilai *House Index* (HI), *Container Index* (CI), dan *Breteau Index* (BI). Penggunaan repelen secara massal selama tiga minggu dapat menurunkan HI sebesar 58%, CI sebesar 24%, dan BI sebesar 12% (Hadi et al., 2008).

Penggunaan repelen dalam rangka mengurangi kontak dengan nyamuk dapat dilakukan dengan menggunakan repelen yang terbuat dari bahan alami maupun bahan yang mengandung insektisida. Bahan alami yang dapat digunakan untuk repelen, antara lain serai wangi (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak serai wangi dapat melindungi manusia terhadap gigitan nyamuk *Ae. aegypti* sebesar 92,26% selama lima jam setelah aplikasi (Yanti et al., 2022). Studi lain menunjukkan beberapa ekstrak daun yang dapat menolak *Ae. aegypti*. Hasil riset menunjukkan ekstrak zodia dapat menolak 88,2% terhadap gigitan nyamuk selama 2 jam, ekstrak daun tembakau selama 3 jam dapat menolak nyamuk sebanyak 84,9%, ekstrak daun gondopuro dapat menolak 83,3% terhadap gigitan nyamuk selama satu jam, sedangkan ekstrak daun cengkeh dapat menolak nyamuk sebanyak 81,7% selama 4 jam (Boesri et al., 2015).

Hasil penelitian riset kesehatan dasar (Riskesdas) di Indonesia menunjukkan bahwa beberapa perlindungan diri terhadap gigitan nyamuk antara lain dengan menggunakan obat anti nyamuk. Obat nyamuk yang digunakan untuk menghindari gigitan nyamuk, antara lain obat nyamuk semprot, bakar, atau elektrik. Beberapa metode lain yang digunakan, antara lain memasang kasa pada ventilasi rumah, menggunakan kelambu, repelen, dan raket elektrik nyamuk (Hermawan & Hananto, 2020). Hasil studi di Kelurahan Sangaji menunjukkan ada pengaruh penggunaan kawat kasa terhadap ke-

jadian malaria. Warga yang rumahnya dipasang dengan kawat kasa menyebabkan frekuensi kontak dengan nyamuk akan makin berkurang. Berkurangnya kontak nyamuk dengan manusia akan menurunkan potensi terjadinya penularan penyakit tular vektor (Mustafa et al., 2018). Studi di Puskesmas Pattingalloang Makassar menunjukkan faktor risiko terjadinya penularan DBD adalah karena masyarakat tidak menggunakan obat nyamuk serta tidak dilakukan pemasangan kawat kasa pada ventilasi (Muchlis et al., 2012).

Upaya perlindungan diri dalam rangka mengurangi terjadinya kontak dengan nyamuk juga dapat dilakukan dengan menggunakan baju lengan panjang dan celana panjang. Kegiatan ini dapat mengurangi terjadinya kontak antara nyamuk dan manusia. Metode ini dapat diaplikasikan di lingkungan masyarakat yang kecenderungan perilakunya melakukan kegiatan malam hari di luar rumah, seperti kegiatan jaga ladang, ronda, dan lainnya. Hal ini akan tepat dilakukan di daerah endemis malaria karena aktivitas nyamuk untuk menghisap darah terjadi pada malam hari. Penggunaan rok panjang, celana panjang, dan baju lengan panjang juga akan efektif dilakukan dalam rangka mengurangi kontak nyamuk vektor DBD dan chikungunya. Hal ini dapat diterapkan pada anak-anak sekolah. Penggunaan metode ini berdasarkan pada perilaku nyamuk vektor DBD dan chikungunya yang aktivitas menghisap darahnya cenderung terjadi pada pagi hari (Lima-Camara et al., 2016; Astin et al., 2020).

7. Pemberdayaan Masyarakat

Pelaksanaan program PSN DBD melalui 3M plus tidak hanya menjadi tanggung jawab sektor kesehatan saja, tapi melibatkan semua pihak yang terkait, seperti pemerintah daerah, dinas kesehatan, Kementerian Agama, Kimpraswil, Kementerian Perhubungan, Kementerian Pendidikan, juga para guru, dosen, anak sekolah, pramuka, mahasiswa, kader, tokoh masyarakat, petugas sektoral, pemilik bangunan/pertokoan, dan seluruh komponen masyarakat lainnya. Sasaran peran serta masyarakat terdiri dari keluarga melalui peran PKK dan organisasi kemasyarakatan atau LSM; murid sekolah melalui kegiatan

UKS dan pelatihan guru; tatanan institusi (kantor, tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah); sektor terkait dan petugas sanitasi lingkungan; serta masyarakat secara umum. Untuk meningkatkan peran serta masyarakat dalam PSN-DBD, Kementerian Kesehatan telah menetapkan delapan langkah yang terintegrasi. Delapan langkah tersebut adalah melakukan analisis situasi DBD kabupaten dan kota melalui kajian terhadap empat aspek, yaitu aspek epidemiologi, aspek entomologi, aspek sosial budaya dan perilaku, serta aspek manajemen; menyusun rencana strategis program peningkatan peran serta masyarakat dalam PSN-DBD di Kabupaten dan Kota; melaksanakan advokasi dan mewujudkan komitmen dalam kemitraan; mengajukan rencana strategis kepada pimpinan wilayah setempat; menyusun rencana operasional; melakukan persiapan pelaksanaan; melaksanakan rencana operasional, serta komitmen yang telah terwujud dengan memobilisasi sumber daya yang tersedia; dan melakukan pemantauan dan penilaian (Kemenkes RI, 2021). Namun demikian, langkah-langkah tersebut menjadi tidak berarti apabila tidak didukung oleh sumber daya manusia yang punya komitmen tinggi dalam kegiatan PSN DBD.

Gerakan 1 rumah 1 Jumantik (G1R1J) merupakan salah satu program pemerintah dalam rangka pengendalian vektor DBD dan chikungunya dengan memanfaatkan partisipasi masyarakat secara aktif. Setiap keluarga diharapkan dapat secara aktif melakukan pemantauan jentik secara berkala di lingkungannya masing-masing. Juru pemantauan jentik (jumantik) tiap keluarga dapat diwakili oleh kepala keluarga/anggota keluarga/penghuni dalam satu rumah yang disepakati untuk melaksanakan kegiatan pemantauan jentik. Dalam kegiatan pemantauan jentik, kepala keluarga berperan sebagai penanggung jawab kegiatan (Kemenkes RI, 2016).

Beberapa elemen yang berperan dalam keberhasilan program G1R1J adalah jumantik, jumantik lingkungan, koordinator jumantik, dinas kesehatan kabupaten/kota, dan dinas kesehatan provinsi. Berdasarkan tugasnya, jumantik terbagi menjadi dua, yaitu jumantik rumah dan jumantik lingkungan. Jumantik rumah bertugas untuk

menyosialisasi dan menggerakkan kegiatan PSN tiga plus terhadap anggota keluarga lainnya. Kegiatan PSN dilakukan seminggu sekali dengan melakukan pemeriksaan tempat-tempat perkembangbiakan vektor DBD dan chikungunya baik di dalam maupun luar rumah dan hasilnya dicatat dalam formulir pemantauan jentik. Tugas jumantik lingkungan pada dasarnya sama dengan jumantik rumah, perbedaannya hanya pada lokasi surveinya. Jumantik lingkungan bertugas untuk survei jentik di tempat-tempat umum (TTU) dan tempat-tempat ibadah (TTI). Laporan hasil survei jentik yang dilakukan oleh jumantik rumah dan lingkungan akan dilaporkan pada koordinator jumantik. Koordinator jumantik membawahi 20–25 orang jumantik rumah/lingkungan, di mana jumantik ini bertugas dan membuat jadwal survei dan mengoordinasi jumantik rumah dan lingkungan. Koordinator jumantik akan melaporkan hasil survei kepada supervisor jumantik sebulan sekali (Kemenkes RI, 2016).

Supervisor jumantik bertugas dalam memeriksa, mengarahkan, dan membimbing koordinator jumantik secara teknis. Supervisor juga bertugas dalam mengolah data jumantik menjadi parameter kepadatan vektor DBD dan chikungunya berupa angka bebas jentik (ABJ). Hasil analisis data tersebut akan dilaporkan pada puskesmas setiap bulan sekali. Laporan ini dari pihak puskesmas akan diteruskan ke dinas kesehatan setiap sebulan sekali. Pihak puskesmas juga memiliki beberapa tugas, antara lain: melakukan koordinasi dengan pihak kecamatan dan desa terkait pelaksanaan kegiatan PSN 3M plus; memberikan pelatihan teknis dan pembinaan kepada koordinator dan supervisor jumantik; mengawasi kinerja koordinator dan supervisor jumantik; serta melakukan pemantauan jentik berkala (PJB) minimal 3 bulan sekali dan melaporkan hasilnya pada dinas kesehatan (Kemenkes RI, 2016).

Laporan dari puskesmas akan dianalisis kembali oleh Dinas kesehatan kabupaten/kota kemudian dilaporkan ke dinas kesehatan provinsi. Dinas kesehatan kabupaten/kota juga bertugas dalam melakukan bimbingan teknis perekrutan dan pelatihan jumantik,

serta mendukung operasional kegiatan jumantik di wilayahnya. Laporan dari dinas kesehatan kota/kabupaten akan dievaluasi dan diberikan umpan balik oleh dinas kesehatan provinsi, serta dilakukan pembinaan kegiatan PSN 3M plus di kabupaten/kota. Hasil laporan ini akan diteruskan ke Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit (Ditjen P2P) Kementerian Kesehatan RI setiap tiga bulan (Kemenkes RI, 2016).

8. Pengendalian secara Komprehensif dan Terintegrasi

Pengendalian secara komprehensif dan terintegrasi merupakan teknik pengendalian vektor yang melibatkan pemerintah setempat, lintas sektor serta peran, serta masyarakat. Ketiga komponen tersebut jika dikerjakan secara bersama-sama sesuai dengan tugas dan fungsinya akan menyebabkan tujuan pengendalian vektor dalam rangka menurunkan angka kesakitan yang ditularkan oleh vektor akan menjadi lebih optimal. Sebagai contoh pemerintah dalam rangka pengendalian vektor adalah dengan menggunakan insektisida baik melalui *fogging*, IRS, larvasida, dan kelambu berinsektisida (Kemenkes RI, 2011; WHO, 2015).

Pengendalian secara kimia disarankan jika terjadi kejadian luar biasa (KLB) dalam rangka pengendalian vektor, pemerintah menggunakan insektisida baik melalui fogging, IRS, larvasida, maupun kelambu berinsektisida agar dapat segera menurunkan kasus yang telah terjadi. Akan tetapi, pengendalian secara kimiawi yang dilakukan secara terus-menerus dalam waktu yang lama dapat menyebabkan terjadinya resistansi vektor. Terjadinya resistansi menyebabkan pengendalian vektor yang dilakukan menjadi tidak optimal. Pemerintah dalam rangka mengurangi penggunaan insektisida dalam menurunkan kasus DBD perlu dibantu peran serta masyarakat. Peran serta masyarakat dapat berwujud partisipasi masyarakat dalam rangka pengendalian vektor. Bentuk partisipasi masyarakat dilakukan melalui kegiatan 3M plus di lingkungan masing-masing. Kegiatan ini jika dilakukan dengan sungguh-sungguh akan dapat menurunkan jumlah tempat perkembangbiakan vektor penyakit. Penurunan jumlah tempat

perkembangbiakan akan dapat menurunkan populasi vektor, yang secara tidak langsung akan membantu menurunkan kasus penyakit tular vektor (Kemenkes RI, 2016).

Hasil penelitian pentingnya kegiatan terintegrasi dalam pengendalian vektor, antara lain terlihat pada aplikasi pengendalian vektor DBD di Kelurahan Sungai Jawi Dalam (Kecamatan Pontianak Barat) dan Kelurahan Batulayang (Kecamatan Pontianak Utara) yang berbasis masyarakat dengan menggunakan *sticky autocidal mosquito trap*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *sticky autocidal mosquito trap* yang dibantu peran serta masyarakat dapat menurunkan populasi vektor dengan parameter populasi vektor DBD, yaitu HI sebesar 25%, CI sebesar 11,17%, dan BI sebesar 38% (Saepudin et al., 2020).

Beberapa faktor penyebab kasus penyakit tular vektor terutama DBD masih terus ada di Indonesia. Hasil studi di Jawa Tengah menunjukkan bahwa peningkatan kasus DBD disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: pelaksanaan program kegiatan PSN yang digalakkan oleh pemerintah belum berjalan dengan optimal karena pelaksanaannya belum dilakukan secara rutin oleh seluruh lapisan masyarakat; aplikasi larvasida hanya dilakukan pada saat kejadian KLB dan diberikan di daerah endemis DBD; serta aplikasi *fogging* hanya dilakukan satu kali saja karena keterbatasan anggaran dan cakupan wilayah yang luas (Widiarti et al., 2018).

D. Kesimpulan

Pengendalian vektor terdiri dari banyak metode yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pengendalian secara kimiawi akan efektif dalam menurunkan populasi vektor, tetapi dapat menyebabkan resistansi. Sedangkan pengendalian secara fisik dan biologis, serta penggunaan TSM tidak menyebabkan resistansi tetapi tidak efektif diaplikasikan pada kondisi peningkatan kasus penyakit tular vektor karena membutuhkan waktu yang lebih lama. Dalam aplikasi di lapangan, sebaiknya pengendalian yang dilakukan tidak satu jenis saja, tetapi bersinergi dengan jenis pengendalian yang lain

agar diperoleh hasil yang lebih optimal. Tidak ada jenis pengendalian vektor yang paling baik. Pengendalian vektor bersifat lokal, spesifik, dan harus disesuaikan dengan kondisi daerah, jenis vektor, serta perilaku masyarakatnya. Jenis pengendalian yang dilakukan sebaiknya berdasarkan bionomik vektor yang akan dikendalikan. Pengendalian vektor yang dilakukan dengan dasar bionomik vektor diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih optimal.

Referensi

- Adam, M. I. (2018). *Rancang bangun perangkap nyamuk menggunakan metode cockroft walton berbasis tegangan tinggi* [Tesis]. Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/5885>
- Alphey, L., Benedict, M., Bellini, R., Clark, G. G., Dame, D. A., Service, M. W., & Dobson, S. L. (2010). Sterile-insect methods for control of mosquito-borne diseases: An analysis. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10(3), 295–311. <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0014>
- Ariati, J., Perwitasari, D., Marina, R., Shinta, S., Lasut, D., Nusa, R., & Musadad, D. A. (2019). Status kerentanan aedes aegypti terhadap insektisida golongan organofosfat dan piretroid di Indonesia. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 17(3), 135–145. <https://doi.org/10.22435/jek.17.3.847.135-145>
- Astin, N., Alim, A., & Zainuddin, Z. (2020). Studi kualitatif perilaku masyarakat dalam pencegahan malaria di Manokwari Barat, Papua Barat, Indonesia. *Jurnal PROMKES*, 8(2), 132–145. <https://doi.org/10.20473/jpk.v8.i2.2020.132-145>
- Astuti, E. P., & RES, R. N. (2011). Efektifitas alat perangkap (trapping) nyamuk vektor demam berdarah dengue dengan fermentasi gula effectiveness of mosquito trap with sugar fermented attractant to the vector of dengue hemorrhagic fever. *ASPIRATOR-Journal of Vector-borne Disease Studies*, 3(1), 41–48. <https://media.neliti.com/media/publications-test/53777-efektifitas-alat-perangkap-trapping-nyam-aac9c525.pdf>
- B2P2VRP. (2017). *Pedoman pengumpulan data vektor (nyamuk) di lapangan*. Salatiga.
- Bartlett, A. C., & Staten, R. T. (2009). The sterile insect release method and other genetic control strategies. *Radcliffe's IPM World Textbook University of Minnesota*. <https://ipmworld.umn.edu/bartlett>

- Blondine, Ch. P., & Widyastuti, U. (2013). Efektivitas bacillus thuringiensis h-14 strain lokal dalam buah kelapa terhadap larva anopheles sp dan culex sp di Kampung Laut Kabupaten Cilacap. *Media Litbangkes*, 23(2), 58–64. <https://media.neliti.com/media/publications-test/20804-efektivitas-bacillus-thuringiensis-h-14-6d4171d9.pdf>
- Boesri, H., Heriyanto, B., Susanti, L., & Handayani, S. W. (2015). Uji repelen (daya tolak) beberapa ekstrak tumbuhan terhadap gigitan nyamuk aedes aegypti vektor demam berdarah dengue. *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 7(2), 79–84. <https://media.neliti.com/media/publications-test/127121-uji-repelen-daya-tolak-beberapa-ekstrak-a6d46563.pdf>
- Dick, V. A., Hendrichs, J., & Robinson, A. S. (2005). *Sterile insect technique principle and practice in area wide integrated pest management*. Springer.
- Dzulkifli, D., & Khansa, F. K. (2022). Rancang bangun perangkat nyamuk otomatis menggunakan sensor suhu dan kelembaban Dht11 berbasis arduino uno. *Inovasi Fisika Indonesia*, 11(2), 28–37. <https://doi.org/10.26740/ifi.v11n02.p28-37>
- Elyazar, I. R. F., Sinka, M. E., Gething, P. W., Tarmidzi, S. N., Surya, A., Kusriastuti, R., Winarno, Baird, J. K., Hay, S. I., & Bangs, M. J. (2013). The distribution and bionomics of anopheles malaria vector mosquitoes in Indonesia. *Advances in Parasitology*, 83, 173–266. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407705-8.00003-3>
- Gionar, Y. R., Rusmiarto, S., Susapto, D., Elyazar, I. R. F., & Bangs, M. J. (2001). Sumur sebagai habitat yang penting untuk perkembangbiakan nyamuk aedes aegypti. *Buletin Penelitian Kesehatan*, 29(1), 22–31. <https://media.neliti.com/media/publications-test/66167-sumur-sebagai-habitat-yang-penting-untuk-3c399f82.pdf>
- Hadi, U. K., Sigit, S. H., Gunandini, D. J., Soviana, S., & Sugiarto, S. (2008). Pengaruh penggunaan repelen masal jangka panjang pada suatu pemukiman terhadap keberadaan nyamuk Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 5(1), 27–35. <https://doi.org/10.5994/jei.5.1.27>
- Hermawan, A., & Hananto, M. (2020). Faktor sosiodemografi dan perilaku pencegahan gigitan nyamuk terhadap perilaku pemberantasan sarang nyamuk di Indonesia: Analisis lanjut data riskesdas 2018. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 19(2), 101–111. <https://doi.org/10.22435/jek.v19i2.3085>

- Hijroh, H., Bahar, H., & Ismail, C. S. (2017). Perilaku masyarakat dalam pencegahan penyakit demam berdarah dengue (DBD) Puskesmas Puuwatu Kota Kendari tahun 2017. *JIMKESMAS*, 2(6), 1–9. <https://ojs.uho.ac.id/index.php/JIMKESMAS/article/view/2898>
- Hoedjo, Z. (2000) *Insektisida dan resistensi*. Edisi Ketiga. Balai Penerbit FKUI.
- Kamareddine, L. (2012). The biological control of the malaria vector. *Toxins*, 4(9), 748–767. <https://doi.org/10.3390/toxins4090748>
- Kementerian Kesehatan RI. (2009). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia no293/Menkes/SK/IV/2009*. <https://repository.kemkes.go.id/book/1136>
- Kemenkes RI. (2011). *Pedoman penggunaan kelambu berinsektisida menuju eliminasi malaria*. Depkes.
- Kemenkes RI. (2016). *Petunjuk teknis implementasi PSN 3M-Plus dengan gerakan 1 rumah 1 jumantik*. https://www.jumantik.org/images/book/Juknis_1_Rumah_1_Jumantik.pdf
- Kemenkes RI. (2017). *Profil kesehatan Indonesia 2017*. <https://www.kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2017>
- Kemenkes RI. (2018). *Profil kesehatan Indonesia 2018*. <https://www.kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2018>
- Kemenkes RI. (2020). *Petunjuk teknis pendistribusian dan penggunaan kelambu anti nyamuk*. <https://repository.kemkes.go.id/book/537>
- Kemenkes RI. (2021). *Profil kesehatan Indonesia 2021*. <https://www.kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2021>
- Kemenkes RI. (2021). *Strategi nasional penanggulangan dengue 2021-2025*. <https://repository.kemkes.go.id/book/732>
- Kemenkes RI. (2023). *Profil kesehatan Indonesia 2022*. <https://kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2022>
- Kobylnski, K. C., Deus, K. M., Butters, M. P., Hongyu, T., Gray, M., Silva, I. M. d., Sylla, M., & Foy, B. D. (2010). The effect of oral anthelmintics on the survivorship and refeeding frequency of anthropophilic mosquito disease vectors. *Acta Tropica*, 116(2), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.06.001>
- Lima-Camara, T. N., Urbinatti, P. R., & Chiaravalloti-Neto, F. (2016). Finding *Aedes aegypti* in a natural breeding site in an urban zone, Sao Paulo, Southeastern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 50(3), 1–4. <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050006245>

- Lok, C. K. (1985). *Singapore's dengue hemorrhagic fever control programme: A case study on the succesful control of aedes aegypti and aedes albopictus using mainly enviromental measurement as a part of integrated vector control*. SEAMIC.
- Lubis, L. Z. (1998). *Pencegahan demam berdarah dengue*. Majalah Kesehatan Nasional.
- McMeniman, C. J., & O'Neill, S. L. (2010). A virulent wolbachia infection decreases the viability of the dengue vector aedes aegypti during periods of embryonic quiescence. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(7), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000748>
- Muchlis, S., Ishak, H., & Ibrahim, E. (2012). Faktor risiko upaya menghindari gigitan nyamuk terhadap kejadian DBD di Puskesmas Pattingalloang Makassar. *Hasanuddin University Repository*, 1–9. <https://core.ac.uk/download/pdf/25495584.pdf>
- Mustafa, M., Saleh, F. M., & Djawa, R. (2018). Penggunaan kelambu berinsektisida dan kawat kasa dengan kejadian malaria di Kelurahan Sangaji. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, 1(3), 93–98. <https://doi.org/10.56338/mppki.v1i3.311>
- Nuraeni, A., Ahmad, R. A., & Utarini, A. (2020). *Aplikasi Wolbachia dalam Eliminasi Dengue*, [Laporan Akhir Penelitian Wold Mosquito Program Yogyakarta]. Pusat Kedokteran TPusat Kedokteran Tropis Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan (FKKMK) Universitas Gadjah Mada.
- Oka, I. N. (1995). *Pengendalian hama terpadu*. Gadjah Mada University Press.
- P2PTVZ. (2016). *Laporan situasi terkini perkembangan program pengendalian malaria di Indonesia Tahun 2016*.
- P2PTVZ. (2019). *Laporan situasi terkini perkembangan program pengendalian malaria di Indonesia Tahun 2019*.
- Pates, H., & Curtis, C. (2005). Mosquito behavior and vector control. *Annual Review of Entomology*, 50, 53–70. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130439>
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 50 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Serta Pengendaliannya. (2017). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/112145/permenkes-no-50-tahun-2017>

- Prasetyowati, H., Hendri, J., & Wahono, T. (2016). Status resistensi aedes aegypti (linn.) terhadap organofosfat di tiga Kotamadya DKI Jakarta. *Balaba*, 12(1), 23–30. <https://doi.org/10.22435/blb.v12i1.4454.23-30>
- Sadasivaiah, S., Tozan, Y., & Berman, J. G. (2007). Dichlorodiphenyl-trichloroethane (DDT) for indoor residual spraying in Africa: How can it be used for malaria control? *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77(6). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1724/>
- Saepudin, M., Hermilestari, A., Suprpto, B., & Kasjono, H. S. (2020). Pengendalian demam berdarah dengue dengan menggunakan model terintegrasi pengendalian vektor total berbasis masyarakat dan sticky autocidal mosquito trap. *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 12(2), 133–146. <https://doi.org/10.22435/vk.v12i2.3597>
- Setiyaningsih, R., Agustini, M., Heriyanto, B., & Santoso, B. (2014). Pengaruh aplikasi teknik serangga mandul (TSM) terhadap sterilitas telur dan penurunan populasi vektor demam berdarah aedes aegypti di daerah sub urban endemis DBD di Salatiga. *Media Litbang Kesehatan*, 24(1), 1–9. <https://doi.org/10.22435/mpk.v24i1.3481.1-9>
- Setiyaningsih, R., Agustini, M., & Rahayu, A. (2015). Pengaruh pelepasan nyamuk jantan mandul terhadap fertilitas dan perubahan morfologi telur aedes aegypti. *Vektora : Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 7(2), 71–78. <https://doi.org/10.22435/vk.v7i2.4506.71-78>
- Setiyaningsih, R., Alfiah, S., AG, T. W., & Heriyanto, B. (2015). Assessment penyakit tular vektor malaria di Kabupaten Banyumas. *Media Litbang Kesehatan*, 25(2), 1–6. <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/5293/>
- Supartha, I. W. (2008, 5 September). *Pengendalian terpadu vektor virus demam berdarah dengue, Aedes aegypti (Linn.) dan Aedes albopictus (Skuse)(Diptera: Culicidae)*. pp. 1–18. Seminar DiesUnud2008 di Gedung Widya Sabha Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, Denpasar.
- Suroso, T. (1984). *Demam berdarah dengue: situasi, masalah dan program pembrantasannya di Indonesia, dalam: Berbagai aspek demam berdarah dengue dan penanggulangannya*. Pusat Penelitian Kesehatan, Lembaga Penelitian Universitas Indonesia.
- Stenn, T., Peck, K. J., Pereira, G. R., & Burkett-Cadena, N. D. (2018). Vertebrate hosts of aedes aegypti, aedes albopictus, and culex quinquefasciatus (diptera: culicidae) as potential vectors of zika virus in Florida. *Journal of Medical Entomology*, 56(1), 10–17. <https://doi.org/10.1093/jme/tjy148>

- Tarumingkeng, R. C. (2008). *DDT dan permasalahannya di abad 21*. Diakses pada tanggal 26 Desember 2008, dari <https://www.rudycet.com/dethh/9.ddt.abad.21.htm>
- TBT, S., & Nalim, S. (2007, 19 Mei). *Pengendalian nyamuk demam berdarah dengue di Indonesia* [Makalah]. Makalah disampaikan dalam Simposium Nasional Demam Berdarah Dengue UGM, Yogyakarta.
- Teixeira, L., Ferreira, Á., & Ashburner, M. (2008). The bacterial symbiont *wolbachia* induces resistance to rna viral infections in *drosophila melanogaster*. *PLoS Biology*, 6(12), 2753–2763. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000002>
- The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & The International Atomic Energy Agency (IAEA). (1992). *Technical Reports Series No. 336: Laboratory Training Manual on the Use of Nuclear Techniques in Insect Research and Control, Third Edition*. The International Atomic Energy Agency (IAEA). https://www.iaea.org/sites/default/files/21/06/nafa-ipc-manual-el_lab_training_manual.pdf
- WHO. (1980). *Resistance of vectors of disease to pesticides*.
- WHO. (1994). *Guidelines for dengue surveillance and mosquito control*.
- WHO. (2011). *Comprehensive guidelines for prevention and control of dengue and dengue haemorrhagic fever*.
- WHO. (2015). *Indoor residual spraying an operational manual for indoor residual spraying (irs) for malaria transmission control and elimination second edition indoor residual spraying*.
- WHO. (2017). *Global vector control control respon 2017-2030*. WHO & TDR.
- Widiarti, Boewono, D. T., & Mujiono. (2011). Uji biokimia untuk identifikasi mekanisme resistensi ganda vektor malaria terhadap insektisida di Jawa Timur. *Vektora: Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit*, 1(1), 23–33. <https://media.neliti.com/media/publications-test/124503-uji-biokimia-untuk-identifikasi-mekanism-d76e526c.pdf>
- Widiarti, W., Setyaningsih, R., & Pratamawati, D. A. (2018). Implementasi pengendalian vektor dbd di Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 17(1), 20–30. <https://doi.org/10.22435/jek.17.1.116.20-30>
- World Mosquito Program. (t.t.). Bakteri *wolbachia* turunkan angka kasus DBD. *Idonesia*. <https://www.idonesia.co/index.php/bakteri-wolbachia-turunkan-angka-kasus-dbd>

- Yanti, C. A., Sari, M., & Triana, A. (2022). Daya proteksi serai wangi (*cymbopogon winterianus* jowitt) sebagai repelen dari nyamuk aedes aegypti. *Jurnal Vektor Penyakit*, 15(2), 99–106. <https://doi.org/10.22435/vektor.v15i2.5126>
- Yulistyawati, A., Suyono, & Nurullita, U. (2013). Status resistensi aedes aegypti terhadap malation di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 8(1), 1–10. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jkmi/article/view/2016>
- Yuniarti, R. A. (2005). Efektivitas vectobac dan predator mesocyclops aspericornis sebagai jasad pengendali hayati jentik aedes aegypti dalam gentong air. *YARSI Medical Journal*, 13(1), 1–9. <http://academicjournal.yarsi.ac.id/index.php/jurnal-fk-yarsi/article/view/1057>
- Yuniarti, R. A., & Widyastuti, U. (2000). Kemampuan makan mesocyclops aspericornis terhadap jentik aedes aegypti pada medium rendaman seresah salvinia dan rendaman tinja kambing di laboratorium. *Buletin Penelitian Kesehatan*, 27(1), 185–190. <https://media.neliti.com/media/publications-test/20330-kemampuan-makan-mesocyclops-aspericornis-31b542e5.pdf>