

BAB 1

Penyakit Tular Vektor Nyamuk dan Tantangan Pengendaliannya

Siwi Prammatama Mars Wijayanti

A. Sekilas tentang Penyakit Tular Vektor Nyamuk

Penyakit tular vektor nyamuk merupakan penyakit yang ditularkan melalui gigitan nyamuk yang terinfeksi oleh patogen, seperti virus, bakteri, atau parasit. Dalam bidang kesehatan, istilah “vektor” pada spektrum luas mengacu pada organisme apapun yang dapat menularkan penyakit menular kepada manusia dan organisme hidup lainnya. Sebagian besar vektor merupakan serangga dari filum Arthropoda. Beberapa vektor penting adalah nyamuk, lalat pasir, kutu, simulium, dan kutu triatomine (Hawkes & Hopkins, 2022). Di antara serangga vektor ini, nyamuk memainkan peranan penting dalam menularkan banyak penyakit. Nyamuk berfungsi sebagai vektor, yang berarti mereka membawa patogen dari satu inang/*host* ke inang lainnya (Manikandan et al., 2023).

S. P. M. Wijayanti

Universitas Jenderal Soedirman, *e-mail*: siwi.wijayanti@unsoed.ac.id

©2024 Editor & Penulis

Wijayanti, S. P. M. (2024). Penyakit tular vektor nyamuk dan tantangan pengendaliannya. Dalam S. P. M. Wijayanti & A. L. Ramadona (Ed.), *Dinamika penyakit tular vektor nyamuk di Indonesia* (1–17).

Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.1589.c1271 E-ISBN: 978-602-6303-59-2

Keberadaan nyamuk tersebar luas di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, dengan perkiraan 3.500 spesies dari 34 spesies genera. Beberapa nyamuk yang menjadi vektor penyakit di antaranya adalah *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* yang menyebabkan penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) dan Chikungunya, 19 nyamuk dari genus *Anopheles* penyebab penyakit Malaria, 27 nyamuk dari genus *Culex*, *Anopheles*, *Aedes*, dan *Mansonia* penyebab penyakit Filariasis (Khariri, 2018). Penyakit tular vektor nyamuk dan jenis nyamuk yang menularkannya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Penyakit Tular Vektor Nyamuk dan Jenis Nyamuk yang Menularkannya

Penyakit yang Ditularkan	Patogen	Jenis Vektor Nyamuk
Malaria	<i>Plasmodium falciparum</i> , <i>P Malariae</i> , <i>P Ovale</i> , dan <i>P vivax</i>	<i>Anopheles</i> spp. <i>Culex</i> spp.
Dengue	Dengue virus serotipe DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN4, dan DEN5	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>
Chikungunya	Chikungunya virus (CHIKV)	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>
Yellow fever	Yellow fever virus	<i>Aedes</i> spp. <i>Haemogogus</i> spp. <i>Sabethes</i> spp.
Filariasis	<i>Wuchereria bancrofti</i> <i>Brugia malayi</i> <i>Brugia timori</i>	<i>Cules</i> spp., <i>Aedes</i> spp. (Asia-Pasifik), <i>Anopheles</i> spp. (Amerika), <i>Ochlerotatus</i> spp.
Japanese encephalitis	Japanese encephalitis virus	<i>Cules</i> spp., <i>Mansonia</i> spp., <i>Aedes curtipes</i> , <i>Anopheles</i> spp.

Zika	Zika virus	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>
------	------------	---

Sumber: Baxter et al. (2017)

B. Bionomik dan Distribusi Geografis Nyamuk

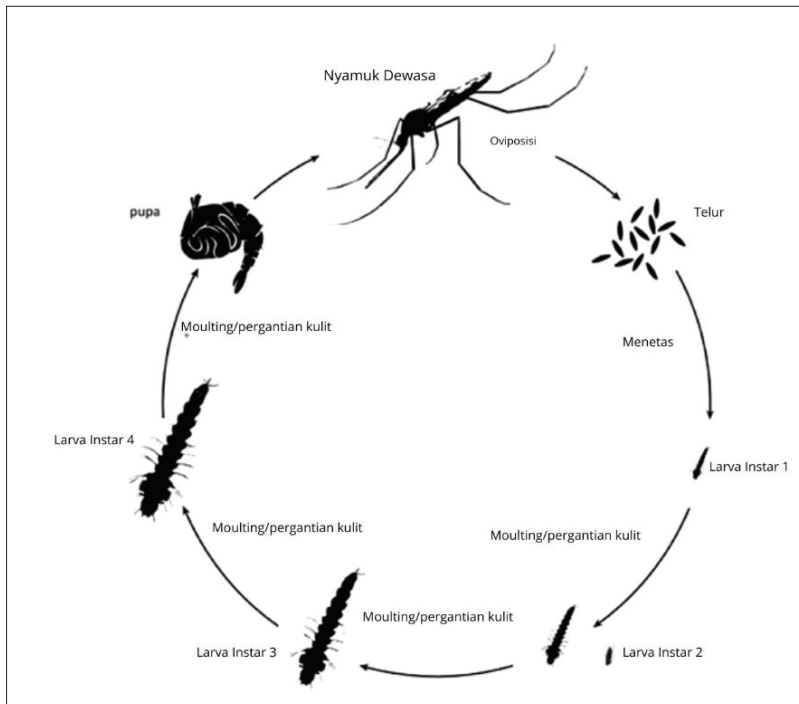
Nyamuk merupakan salah satu makhluk yang paling banyak dipelajari di planet ini karena perannya dalam penularan penyakit. Ada lebih dari 3.500 spesies nyamuk di bumi dan mereka ditemukan di setiap benua kecuali Antartika (Hawkes & Hopkins, 2022). Anggota genus *Anopheles*, *Culex*, dan *Aedes* teridentifikasi dapat menggigit manusia. Berikut beberapa karakteristik nyamuk yang mencakup siklus hidup, kebiasaan menggigit, perilaku istirahat, dan kemampuan jarak terbang.

1. Siklus Hidup

Nyamuk merupakan serangga dengan tipe Holometabola atau mempunyai metamorfosis sempurna. Metamorfosis sempurna tersebut mencakup empat tahapan perkembangan, yakni telur, larva, pupa, dan dewasa (imago). Siklus hidup nyamuk mengikuti pola holometabola, yaitu metamorfosis sempurna yang mencakup empat tahap: telur, larva, pupa, dan dewasa (imago). Nyamuk betina bertelur di permukaan air atau di tempat-tempat yang akan terendam air. Beberapa spesies, seperti *Aedes aegypti*, bertelur di wadah/kontainer buatan, seperti pot bunga, ban bekas, atau kaleng. Sementara spesies lainnya, seperti *Anopheles*, bertelur di air yang menggenang lama, seperti kolam atau rawa. Nyamuk betina dapat bertelur antara 100 hingga 300 telur dalam satu kali bertelur. Telur biasanya menetas dalam waktu 1–3 hari tergantung pada suhu dan kondisi lingkungan (Hawkes & Hopkins, 2022).

Setelah menetas, telur menjadi larva yang dikenal oleh masyarakat sebagai jentik-jentik. Larva hidup di air dan harus muncul ke permukaan untuk bernapas melalui tabung udara yang disebut siphon, kecuali pada genus *Anopheles* yang tidak memiliki siphon dan berbaring sejajar dengan permukaan air. Larva memakan mikroorganisme dan

bahan organik dalam air untuk perkembangannya. Larva mengalami empat kali pergantian kulit atau *moulting* selama pertumbuhannya (dari larva instar 1 sampai instar 4). Tahapan ini berlangsung sekitar 7–14 hari tergantung pada suhu dan spesies nyamuk. Setelah tahap larva, nyamuk masuk ke tahap pupa yang dikenal sebagai kepompong, dan tetap hidup di air tetapi tidak makan. Dalam tahap pupa, tubuh nyamuk mengalami metamorfosis menjadi bentuk dewasa. Tahap ini biasanya berlangsung selama 1–4 hari. Pupa bisa bergerak dengan menggulung tubuhnya untuk menghindari predator. Setelah metamorfosis selesai, nyamuk dewasa keluar dari kepompong ke



Sumber: Adaptasi dari Hawkes & Hopkins (2022)

Gambar 1.1 Siklus Hidup Nyamuk

permukaan air. Nyamuk dewasa membutuhkan waktu beberapa jam untuk mengeringkan sayapnya dan mengeraskan tubuhnya sebelum bisa terbang (Hall & Tamir, 2021). Berikut gambaran skema siklus hidup nyamuk (Gambar 1.1).

2. Kebiasaan Menggigit Nyamuk

Nyamuk betina membutuhkan nutrisi darah untuk perkembangan telurnya sehingga mereka menggigit hewan berdarah panas, seperti manusia, hewan peliharaan, dan satwa liar. Nyamuk jantan tidak menggigit dan hanya memakan nektar. Setiap genus nyamuk memiliki pola makan yang khas. Nyamuk yang menggigit pada siang hari tertarik dengan segala sesuatu yang berwarna gelap, tetapi saat mendekati inangnya, mereka menggunakan isyarat penciuman, karbon dioksida, dan asam laktat untuk mencari makan. Kelenjar keringat, wewangian, dan bahkan alkohol tertentu membuat orang lebih menarik bagi nyamuk (Horrall, 2023).

Nyamuk *Ae. aegypti* merupakan hewan diurnal yang memiliki dua periode aktivitas menggigit, yaitu di pagi hari selama beberapa jam setelah matahari terbit dan sore hari selama beberapa jam sebelum gelap. Nyamuk *Ae. aegypti* juga memiliki kebiasaan menghisap darah pada siang hari yang disebut *day biting mosquito* dan mempunyai kebiasaan menggigit manusia secara berulang (Zahid et al., 2023). Nyamuk *Anopheles* sp. memiliki kebiasaan menggigit di luar rumah (eksofagik) dengan puncak aktivitas menggigit menjelang malam dan menjelang pagi hari, yaitu antara pukul 19.00–21.00 untuk aktivitas menggigit menjelang malam dan antara pukul 02.00–04.00 untuk aktivitas menggigit menjelang pagi. Oleh karena itu, biasanya pencegahan dari gigitan nyamuk *Anopheles* dilakukan dengan tidur di bawah kelambu berinsektisida setiap malam (Bedasso et al., 2022). Pada studi terkini, Nyamuk *Culex* teramati mempunyai beberapa puncak pola menggigit, yakni satu puncak terjadi segera setelah senja, satu puncak lagi pada tengah malam, dan satu puncak terakhir sesaat sebelum fajar. Mereka lebih suka menggigit di luar ruangan, tetapi juga sering ditemukan menggigit di dalam rumah. Memahami waktu

menggigit nyamuk dapat membantu dalam mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat, seperti menggunakan kelambu di malam hari, menghindari aktivitas di luar ruangan pada waktu puncak aktivitas nyamuk, dan menggunakan obat oles/repelen nyamuk (Rani et al., 2020).

3. Perilaku Istirahat Nyamuk

Perilaku istirahat nyamuk bervariasi tergantung pada spesiesnya dan lingkungan tempat mereka hidup. Beberapa spesies nyamuk, seperti *Aedes aegypti* dan *Anopheles gambiae*, cenderung beristirahat di dalam rumah setelah menggigit. Mereka sering ditemukan di tempat yang gelap dan tenang, seperti di belakang gorden, di bawah furnitur, di dinding, atau di tempat-tempat yang lembap seperti kamar mandi. Spesies lain seperti beberapa nyamuk jenis *Anopheles* dan *Culex* lebih suka beristirahat di luar rumah. Mereka bisa ditemukan di vegetasi, di bawah daun, di celah-celah batu, atau di tempat-tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung. Nyamuk yang aktif pada malam hari, seperti *Anopheles* dan *Culex*, biasanya beristirahat pada siang hari di tempat-tempat yang teduh dan lembap untuk menghindari panas dan dehidrasi. Nyamuk yang aktif pada siang hari, seperti *Aedes aegypti*, beristirahat pada malam hari di tempat-tempat yang gelap dan terlindung (Sauer et al., 2021).

4. Kemampuan Jarak Terbang

Kemampuan nyamuk untuk terbang dalam sehari sekitar 30–50 meter, jarak ini tergantung dengan tersedianya tempat untuk bertelur, apabila ditemukan tempat untuk bertelur di sekitar rumah maka nyamuk tidak akan terbang lebih jauh. Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Ae. aegypti* dapat terbang sampai lebih dari 400 meter terutama untuk mencari tempat bertelur. Nyamuk *Ae. aegypti* jarang ditemukan di luar rumah karena nyamuk ini lebih suka beristirahat di tempat yang gelap, lembap, dan tersembunyi di dalam rumah atau bangunan, termasuk kamar tidur, kamar mandi, maupun di dapur. Nyamuk akan suka terbang umumnya pada kondisi hangat dan lembap, dan jika

angin terlalu kencang maka nyamuk tidak akan berusaha terbang (Hall & Tamir, 2021).

5. Distribusi Geografis Nyamuk

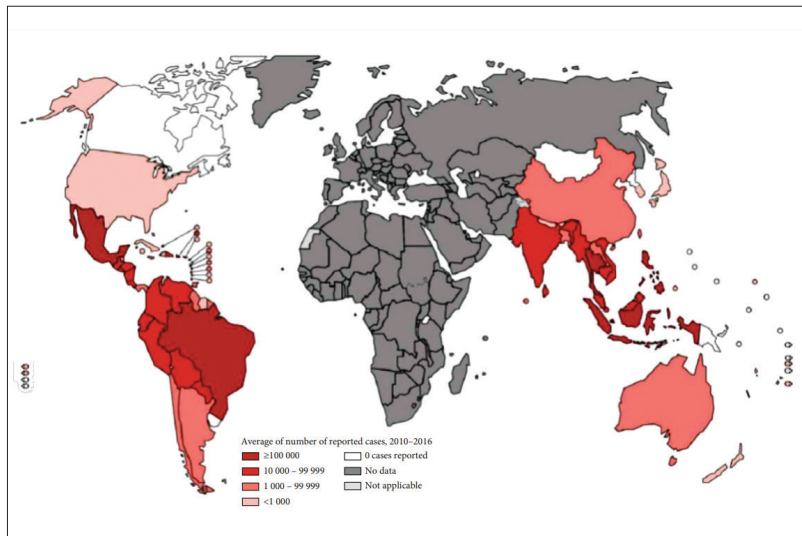
Distribusi geografis nyamuk sangat luas dan mencakup hampir seluruh dunia, kecuali beberapa wilayah yang sangat dingin atau kering. Nyamuk paling banyak ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Di wilayah-wilayah ini, suhu hangat dan kelembapan tinggi menciptakan kondisi ideal bagi nyamuk untuk berkembang biak. Nyamuk dari genus *Aedes*, seperti *Aedes aegypti* yang menyebarkan DBD dan Zika, umum ditemukan di daerah tropis. Nyamuk ini juga ditemukan di daerah beriklim sedang, meskipun populasinya lebih sedikit dibandingkan dengan daerah tropis. Saat ini, nyamuk *Aedes* teridentifikasi hidup di 167 negara di dunia (Laporta et al., 2023). Di daerah kutub, nyamuk sangat jarang ditemukan karena suhu yang terlalu dingin untuk perkembangan mereka. Namun, beberapa spesies nyamuk dapat bertahan di wilayah subarktik selama musim panas yang singkat. Di daerah yang sangat kering, seperti gurun, nyamuk jarang ditemukan karena kurangnya air yang diperlukan untuk bertelur dan larva berkembang. Nyamuk dapat ditemukan baik di daerah urban maupun pedesaan. Di daerah urban, nyamuk sering berkembang biak di air yang tergenang di wadah buatan, seperti ban bekas, pot bunga, dan saluran air yang tersumbat. Di daerah pedesaan, nyamuk lebih cenderung ditemukan di genangan air alami, seperti rawa, danau, dan sawah. Distribusi nyamuk juga bervariasi secara musiman. Di daerah beriklim sedang, populasi nyamuk biasanya meningkat selama musim panas dan menurun saat musim dingin. Di daerah tropis, nyamuk bisa aktif sepanjang tahun, tetapi jumlahnya bisa meningkat selama musim hujan ketika lebih banyak genangan air tersedia. Secara keseluruhan, nyamuk adalah serangga yang sangat adaptif dan dapat ditemukan di berbagai habitat di seluruh dunia, meskipun preferensi mereka terhadap suhu, kelembapan, dan sumber air menentukan distribusi spesifik mereka di suatu wilayah (Hawkes & Hopkins, 2022).

C. Permasalahan Penyakit Tular Vektor Nyamuk dan Dampaknya bagi Kesehatan

Penyakit tular vektor nyamuk seperti Demam Berdarah Dengue (DBD), Malaria, Chikungunya, dan Filariasis sampai saat ini masih menjadi permasalahan kesehatan penting di Indonesia. Penyebaran penyakit tular vektor nyamuk di Indonesia tidak hanya berdampak pada kesehatan masyarakat, tetapi juga pada aspek sosial dan ekonomi. Penyakit ini sering kali menyebabkan tingginya angka morbiditas dan mortalitas, menurunkan produktivitas kerja, serta meningkatkan beban pada sistem kesehatan nasional (Nadjib et al., 2019; Zeng et al., 2018).

DBD merupakan penyakit tular vektor yang sampai saat masih paling menimbulkan permasalahan kesehatan di seluruh wilayah Indonesia. Sejak laporan kasus DBD pertama kali terjadi di Jakarta dan Surabaya pada tahun 1968, penyakit ini telah menyebar ke seluruh provinsi dan kemungkinan besar bersifat hiperendemik (beberapa serotipe yang bersirkulasi bersama) secara nasional (Wahyono et al., 2017). Beban penyakit DBD menjadi makin berat sejak tahun 1990 karena urbanisasi, pemanasan iklim, dan peningkatan mobilitas manusia di sebagian besar dunia. Asia Tenggara dan Asia Selatan tetap menjadi wilayah yang paling banyak terdapat kasus penyakit tular vektor. Saat ini, DBD merupakan penyakit endemik di lebih dari 100 negara di sebagian besar wilayah tropis dan subtropis di dunia, dilaporkan terutama di Asia Tenggara, Amerika, dan Pasifik Barat, serta lebih jarang di wilayah Afrika dan Mediterania Timur (Yang et al., 2021). Gambaran sebaran penyakit DBD ditunjukkan pada Gambar 1.2. Kasus DBD di Indonesia meningkat tajam pada tahun 2024. Tercatat per 1 Maret 2024 terdapat hampir 16.000 kasus DBD di 213 kabupaten/kota di Indonesia dengan 124 kematian (Rokom, 2024).

Selain DBD, penyakit Malaria juga menyebar secara global. Diperkirakan terdapat 247 juta kasus malaria dan 619.000 kematian di 84 negara endemik pada tahun 2021 (Poespoprodjo et al., 2023). Sampai saat ini penyakit Malaria juga masih merupakan permasa-



Sumber: Islam et al. (2021)

Gambar 1.2 Distribusi Geografis Sebaran Penyakit DBD

lahan kesehatan di Indonesia, terutama di wilayah timur, seperti Papua, Nusa Tenggara Timur, dan Kalimantan Timur. Sekitar 300 kabupaten dan kota (58%) yang telah memasuki kategori eliminasi, atau sekitar 208,1 juta penduduk (77,7%) tinggal di daerah bebas malaria (Direktorat Pencegahan dan Pengendalian, 2021).

Selanjutnya adalah wabah penyakit Chikungunya yang terjadi di 24 wilayah di seluruh Indonesia pada tahun 2001–2003. Pada tahun 2009 dan 2010, wabah chikungunya melanda Indonesia Barat dan Tengah, dan kasus meningkat dari sekitar 3.000 kasus per tahun menjadi 83.000 dan 52.000 kasus per tahun. Setelah tahun 2010, kasus yang terdeteksi turun menjadi 3.000 per tahun (Arif et al., 2020). Penyakit tular vektor lain yakni Filariasis. Memang sudah banyak wilayah dinyatakan bebas Filariasis, tetapi masih muncul kasus di beberapa daerah. Kasus filariasis limfatik di Indonesia mengalami penurunan dengan adanya implementasi program global WHO untuk

eliminasi filariasis limfatik, yaitu pemberian obat massal (*mass drug administration*/MDA). Sebanyak 103 kabupaten kota dinyatakan telah berhasil menurunkan angka mikrofilaria menjadi <1% (Lee & Ryu, 2019).

D. Tantangan Pengendalian Penyakit Tular Vektor Nyamuk

Berbagai macam upaya telah dilakukan dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit vektor nyamuk. Berbagai metode pengendalian seperti pengendalian biologis (dengan organisme pemangsa), pengendalian mekanik dan fisik, serta pengendalian kimiawi dengan insektisida sudah dilakukan tetapi permasalahan penyakit tular vektor masih muncul. Beberapa inovasi pengendalian seperti teknik serangga mandul (TSM) dan penerapan bakteri *Wolbachia* masih diujicobakan untuk menurunkan populasi nyamuk dan risiko infeksi (Ernawan et al., 2019; Utarini et al., 2021). Namun, sampai saat ini, masih banyak tantangan pengendalian penyakit, sehingga angka kasus penyakit tular vektor nyamuk masih terus muncul. Berikut beberapa tantangan pengendalian penyakit tular vektor nyamuk.

1. Resistansi Insektisida

Salah satu tantangan terbesar dalam pengendalian vektor nyamuk adalah resistansi insektisida. Pemakaian insektisida secara terus-menerus dalam kurun waktu yang lama, serta kurang bervariasinya jenis insektisida yang digunakan, dapat memicu munculnya resistansi insektisida (Silalahi et al., 2022). Nyamuk, terutama *Aedes aegypti* dan *Anopheles* spp., yang merupakan vektor utama penyakit DBD dan malaria, telah menunjukkan kemampuan untuk berkembang menjadi resistan terhadap berbagai jenis insektisida yang digunakan dalam program pengendalian vektor. Resistansi ini mengurangi efektivitas metode pengendalian, seperti penyemprotan insektisida dan penggunaan kelambu berinsektisida. Resistansi piretroid terkonsentrasi di Pantai Barat Semenanjung Malaysia dan Thailand Utara, serta tersebar di Pulau Jawa (Indonesia). Sedangkan

resistensi organofosfat terlihat di Pulau Jawa (Indonesia), Sumatera Barat (Indonesia), dan Semenanjung Utara (Malaysia). Resistensi organoklorin terlihat di Sabah, Malaysia dan penyebarannya tersebar di Nusa Tenggara, Indonesia (Hassan et al., 2021).

2. Perubahan Iklim dan Lingkungan

WHO memperkirakan bahwa salah satu dampak utama pemanasan global adalah meningkatnya beban penyakit yang ditularkan melalui vektor. Banyak patogen yang ditularkan oleh nyamuk yang saat ini terbatas di daerah tropis dan subtropis diperkirakan akan memperluas jangkauan geografisnya, dan mulai menginfeksi daerah beriklim sedang. Meningkatnya suhu global menyebabkan perluasan wilayah tempat nyamuk untuk dapat berkembang biak (Colón-González et al., 2021). Globalisasi, peningkatan perjalanan/mobilisasi, serta perdagangan internasional akan memungkinkan masuknya vektor nyamuk invasif dan patogen yang ditularkan melalui nyamuk dari daerah endemik ke daerah yang sebelumnya bebas penyakit. Perubahan lingkungan yang disebabkan oleh urbanisasi, perubahan iklim, dan deforestasi turut memengaruhi penyebaran nyamuk vektor (Rocklöv & Dubrow, 2020).

Urbanisasi menciptakan habitat baru yang mendukung perkembangbiakan nyamuk, seperti genangan air di lingkungan perkotaan. Urbanisasi mengakibatkan pertumbuhan fisik wilayah perkotaan, yang menyebabkan perubahan lingkungan. Ini adalah tren global yang dihasilkan dari pembangunan ekonomi. Banyak permasalahan yang muncul akibat urbanisasi, antara lain pencemaran lingkungan, kepadatan penduduk, dan perusakan ekologi alam. Urbanisasi merupakan fenomena dinamis yang mengakibatkan munculnya “kota-kota besar” dengan kepadatan penduduk yang tinggi, sementara pada saat yang sama, hal ini juga menyebabkan munculnya lanskap spasial baru yang sering kali ditandai dengan infrastruktur dan layanan yang tidak memadai sehingga menciptakan kondisi ideal bagi peningkatan penyakit menular termasuk yang ditularkan oleh nyamuk.

Beberapa studi menyebutkan urbanisasi berkorelasi dengan risiko dan kelimpahan populasi nyamuk *Aedes* yang jauh lebih tinggi melalui penyediaan tempat berkembang biak yang baik, tingkat perkembangan larva yang lebih tinggi, dan waktu bertahan hidup nyamuk dewasa. Faktor sosioekologis juga dapat secara terpisah atau bersama-sama memengaruhi distribusi spasial nyamuk *Aedes* dan penularan penyakit (Kolimenakis et al., 2021).

3. Keterlibatan masyarakat

Mengatasi tantangan pengendalian penyakit tular vektor nyamuk memerlukan usaha bersama dari berbagai pihak. Dengan pendekatan yang terintegrasi dan kolaboratif, diharapkan dapat mengurangi beban penyakit ini dan melindungi kesehatan masyarakat secara global. Beberapa upaya pencegahan misalnya gerakan PSN (Pemberantasan Sarang Nyamuk), serta pemberdayaan masyarakat dengan Jumantik (Juru Pemantau Jentik) dan G1R1J (Gerakan satu rumah satu Jumantik) untuk pencegahan penyakit DBD yang menemui banyak hambatan. Kurangnya kesadaran dan keterlibatan aktif masyarakat masih banyak menjadi hambatan pelaksanaan program di berbagai wilayah di Indonesia (Sulistiyawati et al., 2019).

E. Poin Penting Buku

Penjelasan di atas mengenai penyakit tular vektor dan beberapa tantangan pengendaliannya merupakan pengantar pada buku bunga rampai ini. Buku ini akan menghadirkan beberapa bab menarik dengan tiap babnya yang mengkaji hal spesifik mengenai dinamika penyebaran penyakit tular vektor nyamuk. Pada Bab 2, Setiyaningsih et al. mengambil judul tentang “Pengendalian Penyakit Tular Vektor Terkini”. Bab ini mencakup riwayat pengendalian vektor nyamuk di Indonesia, serta upaya-upaya pengendalian vektor nyamuk yang telah dilakukan, di antaranya adalah pengendalian fisik, kimiawi, biologis, teknik serangga mandul, pengelolaan lingkungan, perlindungan diri menghindari gigitan nyamuk, pemberdayaan masyarakat, serta pengendalian secara terintegrasi.

Bab 3 dan Bab 4 mengambil topik tentang pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pencegahan dan pengendalian penyakit tular vektor nyamuk. Penulis Sunaryo pada Bab 3 memaparkan tentang manfaat SIG untuk pencegahan dan pengendalian penyakit tular vektor nyamuk dan beberapa jenis pemetaan untuk menggambarkan informasi spasial penyakit tular vektor nyamuk. Penulis juga menguraikan dengan contoh penelitiannya dalam pemanfaatan SIG, misalnya pemetaan risiko, pemetaan berseri, stratifikasi penyakit dengan pemetaan secara spasial, serta peta surveilans vektor DBD. Bab ini secara spesifik juga memaparkan penggunaan analisis spasial untuk membuat model peta kerawanan DBD dengan menggunakan variabel lingkungan, seperti curah hujan, kepadatan pemukiman, ketinggian tempat, dan sumber air.

Penulis Dwi Sarwani Sri Rejeki pada Bab 4 lebih banyak memaparkan hasil-hasil riset untuk pemanfaatan SIG dalam pengendalian penyakit Malaria dan DBD. Bab ini menguraikan pemanfaatan berbagai analisis, seperti analisis spasial, temporal, dan spasiotemporal dalam pencegahan dan pengendalian penyakit Malaria dan DBD. Penulis juga memperkaya bab yang ditulisnya dengan hasil-hasil riset terkait analisis spasial khususnya untuk penyakit DBD di Kabupaten Banyumas serta penyakit Malaria di Perbukitan Menoreh.

Bab 5 disajikan oleh penulis Sama' Iradat Tito dan Leny Ardini Arianti dengan judul "Implikasi Gelombang Ultrasonik Jangkrik bagi Penyakit Tular Vektor Nyamuk". Bab ini menguraikan potensi gelombang ultrasonik yang ada pada jangkrik sebagai pengendali nyamuk. Jangkrik yang memiliki frekuensi antara 0,2 kHz dan 50 kHz berpotensi mengendalikan nyamuk. Pengaruh gelombang ultrasonik terhadap nyamuk berdampak pada respons antena nyamuk yang menunjukkan adanya tekanan pada sistem saraf hingga cedera fisik dan kelelahan sehingga meningkatkan persentase jatuh dan kematian nyamuk.

Bab 6 berjudul "Peran dan Edukasi Masyarakat dalam Mencegah Penyakit yang Ditularkan Nyamuk" ditulis oleh Annisa Utami Rauf, Ratna Dwi Puji Astuti, dan Lusha Ayu Astari. Bab ini berisi tentang

peran komunitas dalam pemberantasan sarang nyamuk, peran institusi kesehatan dan pemerintah dalam pemberantasan sarang nyamuk, serta intervensi dan penelitian terkini yang melibatkan masyarakat. Bab ini juga diperkaya dengan berbagai contoh-contoh program pemberdayaan masyarakat terkait pencegahan penyakit tular vektor nyamuk. Tantangan pelibatan dan pemberdayaan masyarakat dalam program pencegahan penyakit tular vektor nyamuk juga dibahas dalam bab ini.

Buku bunga rampai ini hadir untuk memberikan wawasan tentang dinamika penularan penyakit vektor nyamuk dan tantangan pengendaliannya. Buku ini memang belum memberikan solusi praktis terkait pengendalian nyamuk secara komprehensif, tetapi upaya pengendalian yang efektif tentu lahir dari wawasan dan pengetahuan yang memadai tentang vektor nyamuk dan dinamika penularannya. Semoga hadirnya buku ini dapat memberikan banyak manfaat sebagai kontribusi dalam pencegahan dan pengendalian penyakit tular vektor nyamuk.

Referensi

- Arif, M., Tauran, P., Kosasih, H., Pelupessy, N. M., Sennang, N., Mubin, R. H., Sudarmono, P., Tjitra, E., Murniati, D., Alam, A., Gasem, M. H., Aman, A. T., Lokida, D., Hadi, U., Parwati, K. T. M., Lau, C. Y., Neal, A., & Karyana, M. (2020). Chikungunya in Indonesia: Epidemiology and diagnostic challenges. *PLoS Negl Trop Dis*, 14(6), e0008355. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008355>
- Baxter, R., Contet, A., & Krueger, K. (2017). Arthropod innate immune systems and vector-borne diseases. *Biochemistry*, 56. <https://doi.org/10.1021/acs.biochem.6b00870>
- Bedasso, A. H., Gutto, A. A., Waldetensai, A., Eukubay, A., Bokore, G. E., Kinde, S., Gemechu, F., Debebe, Y., Aklilu, M., Tasew, G., Massebo, F., Teshome, A., Kebede, T., Abdulatif, B., Sisay, A., Solomon, H., & Kweka, E. J. (2022). Malaria vector feeding, peak biting time and resting place preference behaviors in line with Indoor based intervention tools and its implication: scenario from selected sentinel sites of Ethiopia. *Heliyon*, 8(12), e12178. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12178>

- Biro Komunikasi dan Pelayanan Publik (Rokom). (2024, 2 April). *Waspada, kenaikan kasus DBD belum mencapai puncak*. Kementerian Kesehatan RI. Diakses pada 19 Mei 2024, dari <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20240402/0045224/waspada-kenaikan-kasus-dbd-belum-mencapai-puncak/>
- Colón-González, F. J., Sewe, M. O., Tompkins, A. M., Sjödin, H., Casallas, A., Rocklöv, J., Caminade, C., & Lowe, R. (2021). Projecting the risk of mosquito-borne diseases in a warmer and more populated world: A multi-model, multi-scenario intercomparison modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5(7), e404-e414. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00132-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00132-7)
- Direktorat Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Tular Vektor dan Zoonotik. (2021, 18 Maret). *Wilayah-wilayah endemis malaria tinggi di Indonesia*. Diakses pada bulan/tanggal/tahun dari <https://malaria.id/artikel/wilayah-wilayah-endemismalaria-tinggi-di-indonesia>
- Ernawan, B., Sasmita, H. I., Sadar, M., & Sugoro, I. (2019). Current status and recent achievements of the sterile insect technique program against dengue vector, *aedes aegypti*, in Indonesia. *Atom Indonesia*, 45(2), 7. <https://doi.org/10.17146/aij.2019.908>
- Hassan, M. R., Azit, N. A., Fadzil, S. M., Ghani, S. R. A., Ahmad, N., & Nawati, A. M. (2021). Insecticide resistance of Dengue vectors in South East Asia: a systematic review. *Afr Health Sci*, 21(3), 1124–1140. <https://doi.org/10.4314/ahs.v21i3.21>
- Hawkes, F. M., & Hopkins, R. J. (2022). The mosquito: An introduction. In M. Hall & D. Tamir (Eds.), *Mosquitopia: The Place of Pests in a Healthy World* (16–31). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003056034-3>
- Horrall, J. S. S. (2023). Mosquito bites. *National Library of Medicine*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539915/>
- Islam, M. T., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Sarkar, C., Sharma, R., Garg, N., Fredes, L. I., Martorell, M., Alshehri, M. M., Sharifi-Rad, J., Daştan, S. D., Calina, D., Alsafi, R., Alghamdi, S., Batiha, G. E., & Cruz-Martins, N. (2021). Production, transmission, pathogenesis, and control of dengue virus: A literature-based undivided perspective. *BioMed Research International*, 2021, 1–23. <https://doi.org/10.1155/2021/4224816>
- Khariri, K. (2018). Short communication: Diversity of mosquitoes in Central Java, Indonesia that act as new vector in various tropical diseases. *Bonorowo Wetlands*, 8, 71–74. <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w080203>

- Kolimenakis, A., Heinz, S., Wilson, M. L., & Winkler, V. (2021). The role of urbanisation in the spread of *Aedes* mosquitoes and the diseases they transmit-A systematic review. *PLoS Negl Trop Dis.*, 15(9), e0009631. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009631>
- Laporta, G. Z., Potter, A. M., Oliveira, J. F. A., Bourke, B. P., Pecor, D. B., & Linton, Y.-M. (2023). Global distribution of *aedes aegypti* and *aedes albopictus* in a climate change scenario of regional rivalry. *Insects*, 14(1), 49. <https://doi.org/10.3390/insects14010049>
- Lee, J., & Ryu, J. S. (2019). Current status of parasite infections in Indonesia: A literature review. *Korean J Parasitol*, 57(4), 329–339. <https://doi.org/10.3347/kjp.2019.57.4.329>
- Manikandan, S., Mathivanan, A., Bora, B., Hemaladkshmi, P., Abhisubesh, V., & Poopathi, S. (2023). A review on vector borne disease transmission: Current strategies of mosquito vector control. *Indian Journal of Entomology*, 85(2), 503–513. <https://doi.org/10.55446/IJE.2022.593>
- Nadjib, M., Setiawan, E., Putri, S., Nealon, J., Beucher, S., Hadinegoro, S. R., Permanasari, V. Y., Sari, K., Wahyono, T. Y. M., Kristin, E., Wirawan, D. N., & Thabrany, H. (2019). Economic burden of dengue in Indonesia. *PLoS Negl Trop Dis*, 13(1), e0007038. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007038>
- Poespoprodjo, J. R., Douglas, N. M., Ansong, D., Kho, S., & Anstey, N. M. (2023). Malaria. *Lancet*, 402(10419), 2328–2345. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(23\)01249-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)01249-7)
- Rani, E., Surendran, & Thatheyus. (2020). Biting behaviour of the filarial vector mosquito, *Culex quinquefasciatus* say, in an urban area. *Journal of Plant and Animal Ecology*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.14302/issn.2637-6075.jpae-20-3305>
- Rocklöv, J., & Dubrow, R. (2020). Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nature Immunology*, 21(5), 479–483. <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-y>
- Sauer, F. G., Grave, J., Lühken, R., & Kiel, E. (2021). Habitat and microclimate affect the resting site selection of mosquitoes. *Medical and Veterinary Entomology*, 35(3), 379–388. <https://doi.org/10.1111/mve.12506>

- Silalahi, C. N., Tu, W. C., Chang, N. T., Singham, G. V., Ahmad, I., & Neoh, K. B. (2022). Insecticide resistance profiles and synergism of field aedes aegypti from Indonesia. *PLoS Negl Trop Dis.*, 16(6), e0010501. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010501>
- Sulistiyawati, S., Astuti, F. D., Umniyati, S. R., Satoto, T. B. T., Lazuardi, L., Nilsson, M., Rocklov, J., Andersson, C., & Holmner, A. (2019). Dengue vector control through community empowerment: Lessons learned from a community-based study in Yogyakarta, Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1013. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061013>
- Hall, M., & Tamir, D. (2021). *Mosquitopia: The Place of Pests in a Healthy World*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003056034>
- Utarini, A., Indriani, C., Ahmad, R. A., Tantowijoyo, W., Arguni, E., Ansari, M. R., Supriyati, E., Wardana, D. S., Meitika, Y., Ernesia, I., Nurhayati, I., Prabowo, E., Andari, B., Green, B. R., Hodgson, L., Cutcher, Z., Rancès, E., Ryan, P. A., O'Neill, S. L., ... Simmons, C. P. (2021). Efficacy of wolbachia-infected mosquito deployments for the control of dengue. *New England Journal of Medicine*, 384(23), 2177–2186. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2030243>
- Wahyono, T. Y. M., Nealon, J., Beucher, S., Prayitno, A., Moureau, A., Nawawi, S., Thabrany, H., & Nadjib, M. (2017). Indonesian dengue burden estimates: review of evidence by an expert panel. *Epidemiology and Infection*, 145(11), 2324–2329. <https://doi.org/10.1017/S0950268817001030>
- Yang, X., Quam, M. B. M., Zhang, T., & Sang, S. (2021). Global burden for dengue and the evolving pattern in the past 30 years. *Journal of Travel Medicine*, 28(8). <https://doi.org/10.1093/jtm/taab146>
- Zahid, M. H., Wyk, H. V., Morrison, A. C., Coloma, J., Lee, G. O., Cevallos, V., Ponce, P., & Eisenberg, J. N. S. (2023). The biting rate of Aedes aegypti and its variability: A systematic review (1970–2022). *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 17(8), e0010831. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010831>