

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Demam Berdarah Dengue ^{(1) (2)}

DBD merupakan penyakit bawaan nyamuk yang disebabkan karena infeksi virus dengue (DENV1, DENV2, DENV3, DENV4). Vektor penyakit ini adalah *Aedes aegypti*. Secara global, DBD menyebabkan masalah kesehatan yang besar karena angka kesakitannya cenderung meningkat dan dapat menyebabkan epidemi. DBD terjadi selama musim hujan.

DBD telah berkembang secara geografis sehingga meningkatkan perhatian dunia akan perkembangan ilmu terkini. Beberapa model data yang berdasarkan peta risiko konsensus, data spatio-temporal dan data kejadian penyakit telah dikembangkan. Melalui model tsb diketahui bahwa pertumbuhan vektor DBD dipengaruhi oleh iklim yang berubah (suhu, curah hujan, kelembaban). Suhu yang meningkat berhubungan dengan periode inkubasi ekstrinsik yang semakin pendek, peningkatan jumlah nyamuk yang belum dewasa yang butuh lebih banyak nutrisi meningkatkan frekuensi menggigit. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan pentingnya pengukuran secara spasial dan pemetaan pola host dan vektor, termasuk kepadatan penduduk, perpindahan rumah yang dapat berpengaruh pada penularan DBD.

Usaha pengendalian vektor untuk mengurangi tempat perindukan nyamuk merupakan cara pencegahan yang utama. Namun, metode ini tidak menghentikan penyebaran penyakit DBD di wilayah endemik. Pendekatan lain dilakukan

dengan menggunakan barang-barang yang menghalau nyamuk baik secara kimiawi, biologis, atau kimiawi. Pada dekade terakhir ini, WHO merekomendasikan *integrated vector management*, sebuah pendekatan berbasis bukti yang memaksimalkan sumber daya sesuai dengan potensi lokal daripada hanya berfokus pada satu pendekatan untuk semua. Tujuannya adalah untuk mengembangkan program pengendalian vektor yang lebih efektif, efisien, dan ekologis namun dapat dijangkau secara finansial.

B. Mekanisme Penularan Demam Berdarah Dengue (DBD) ^{(1), (14)}

Seseorang yang di dalam darahnya mengandung virus dengue merupakan sumber penularan DBD. Virus *dengue* berada di aliran darah selama 4-7 hari. Bila penderita DBD digigit nyamuk penular, maka virus dalam darah akan ikut terisap masuk ke dalam lambung nyamuk, selanjutnya virus akan memperbanyak diri dan tersebar di berbagai jaringan tubuh nyamuk termasuk di dalam kelenjar liurnya. Kira-kira 1 minggu setelah mengisap darah penderita, nyamuk tersebut mengalami masa inkubasi intrinsik. Virus ini akan tetap berada di dalam tubuh nyamuk sepanjang hidupnya. Oleh karena itu, nyamuk *Ae.aegypti* yang telah mengisap virus *dengue* menjadi nyamuk penular (infektif) sepanjang hidupnya. Penularan ini terjadi karena setiap kali nyamuk mengigit, sebelum mengisap darah akan mengeluarkan air liur melalui *probocis*nya agar darah yang diisapnya tidak membeku. Bersama air liur inilah virus *dengue* dipindahkan dari nyamuk ke orang lain

C. Morfologi Nyamuk *Ae. Aegypti* ^{(2), (15)}

1. Ciri-ciri nyamuk *Ae. aegypti*

Nyamuk *Ae. aegypti* mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: nyamuk *Ae. aegypti* berukuran kecil dengan warna dasar hitam, probosis bersisik hitam, palpi lebih Pendek dibandingkan dengan probosis, ujung hitam bersisik putih perak, oksiput bersisik lebar berwarna putih terletak memanjang, *femur* bersisik putih memanjang *tibia* semua hitam, tarsi belakang berlingkar putih, pada segmen basal kesatu sampai keempat dan segmen kelima berwarna putih, sayap berukuran 2,5-3,0 mm bersisik hitam.

2. Siklus Hidup Nyamuk *Ae. aegypti*

Di dalam siklus hidupnya, nyamuk mengalami metamorfosis sempurna (holometabola) yaitu telur, larva, pupa, *imago*. Larva dan pupa memerlukan air untuk kehidupannya, sedangkan telur pada beberapa spesies seperti *Ae. aegypti* dapat tahan hidup dalam waktu lama tanpa air, meskipun harus tetap dalam lingkungan yang lembab.

Setelah lewat dari 2 hari, pupa akan berubah menjadi nyamuk dewasa, yang tubuhnya berwarna hitam ditandai gelang putih seperti perak di lehernya, berkepala hitam dengan garis putih di tenganya. Pada dada nyamuk ini terdapat dua garis sejajar seperti kurva dan pada kakinya terdapat gelang-gelang berwarna putih. Bentuk *abdomen* nyamuk betina lancip ujungnya dan memiliki *cerci* yang lebih panjang daripada *cerci* nyamuk-nyamuk lainnya.

Jumlah nyamuk jantan dan betina yang menetas dari kelompok telur pada umumnya sama banyak. Nyamuk ini beristirahat dengan posisi sejajar dengan

permukaan tempat yang dihindangnya. Nyamuk jenis ini aktif mencari darah manusia pada pagi hari pukul 08.00-11.00 dan sore hari pukul 15.00-17.00. Meskipun demikian, tidak menutup kemungkinan nyamuk ini menggigit di waktu malam hari bila terdapat sinar yang cukup terang.

Nyamuk jantan menghisap cairan bunga atau sari bunga (nektar) untuk keperluan hidupnya, sedangkan nyamuk betina menghisap darah. Darah tersebut digunakan untuk perkembangan telur. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan perkembangan telur mulai dari nyamuk menghisap darah sampai telur dikeluarkan biasanya bervariasi antara 3-4 hari. Jangka waktu tersebut disebut siklus gonotropik.⁽¹⁵⁾

3. Tempat Hidup dan Penyebaran Nyamuk *Ae.aegypti*

Nyamuk *Ae. aegypti* tersebar luas di daerah tropis dan sub tropis, biasanya antara 35° LU-25° LS. Penyebaran nyamuk *Ae. aegypti* awalnya terbatas pada ketinggian dibawah 100 m dpl tetapi beberapa tahun ini nyamuk tersebut telah ditemukan di ketinggian di atas 100 m dpl. ⁽¹⁴⁾ Nyamuk *Ae. aegypti* adalah nyamuk yang aktvitasnya di antara pemukiman penduduk dan mampu terbang mencapai jarak sekitar kurang lebih 100 m dari tempat perindukannya. Hal tersebut erat kaitannya dengan keberadaan manusia dan binatang yang berperan sebagai sumber makanannya. Tempat penampungan air juga dimanfaatkan oleh nyamuk *Ae. aegypti* untuk tempat bertelur, di pemukiman penduduk yang padat.

4. Bionomi Nyamuk *Ae.aegypti*

Tempat perindukan nyamuk *Ae.aegypti* berupa air yang jernih dan tenang, tergenang dalam wadah, baik di dalam rumah maupun di luar rumah. Nyamuk ini

lebih menyukai kontainer/wadah yang berwarna gelap, terbuka dan tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung serta tidak berhubungan dengan tanah. Nyamuk aedes sp. Biasanya meletakkan telurnya pada tempat/wadah buatan yang dekat dengan lingkungan mausia. Telur diletakkan pada dinding kontainer yang basah di atas permukaan air sebanyak 10-100 butir sekali bertelur. Telur membutuhkan tempat hidup yang lembab selama 48 jam sesudah diletakkan. Telur tersebut akan menetas beberapa menit setelah tenggelam dalam air. Selama musim panas/musim kemarau dimana waktu siang hari yang panjang, persentase penetasan biasanya lebih tinggi pada waktu tenggelam di dalam air. Apabila waktu siang hari lebih pendek maka telur yang menetas biasanya lebih sedikit. ⁽²⁰⁾

Periode perkembangan larva/jentik tergantung pada temperatur air, kepadatan larva serta tersedianya bahan organik sebagai makanan larva. Apabila jumlah larva tidak terlalu padat dan tersedia makanan yang cukup maka larva akan berkembang menjadi pupa dan nyamuk dewasa dalam waktu 5-7 hari dengan temperatur 25°C – 30°C. Pada suhu 5°C – 8°C larva dapat bertahan hidup dalam periode yang pendek dan berakibat fatal bagi larva pada suhu 10°C. Larva akan rusak pada temperatur 32°C.

Tahap pupa berlangsung selama 1-5 hari tergantung pada suhu air, pada suhu 27°C – 32°C yang jantan membutuhkan rata-rata 1,9 hari dan betina 2,5 hari. Beberapa pupa bertahan hidup pada suhu 47°C dan *kurang lebih* 82-100% dapat bertahan hidup pada suhu 4,5°C selama 24 jam. Pupa kemudian membelah kulit ari sepanjang garis pertengahan belakang dari thorak dan kemudian keluarlah nyamuk dewasa.

Nyamuk dewasa yang keluar dari kulit pupa *kurang lebih* 15 menit akan beristirahat pada kulit pupa yang sudah rusak pada permukaan air dan *kurang lebih* 1 jam akan memperlebar sayapnya dan mengeraskan ekskeleton rangka tubuhnya. Rambut antena pada jantan berfungsi sebagai alat dengar 15-24 jam sesudah keluar dari kulit pupa, segmen terakhir berputar dengan sudut 180° selama 1-2 hari sesudah keluar dari kulit pupa.

Nyamuk dewasa akan mati pada suhu 6°C selama 24 jam dan lebih lama pada suhu 7°C – 9°C atau mati pada suhu 36°C secara terus menerus. Variasi panjang kehidupan nyamuk dewasa tergantung kepada temperatur, kelembaban, makanan, dan aktivitas reproduksi. Nyamuk dewasa dapat terbang apabila kecepatan angin tidak melebihi 3-4 mil per jam. Pada kecepatan angin yang lebih tinggi nyamuk biasanya tidak dapat terbang dan biasanya akan mencari tempat-tempat perlindungan serta pada kondisi ini dapat terbang pada jarak pendek. Nyamuk dewasa selalu akan menghindari cahaya dan mencari tempat perlindungan bebas dari cahaya matahari dan angin. Di dalam kamar atau ruangan tertutup, nyamuk dapat ditemukan pada sudut yang gelap.⁽¹⁶⁾

D. Ekologi Vektor Penyakit Demam Berdarah Dengue

Manusia sebagai sumber penularan dan sebagai penderita penyakit DBD. Faktor-faktor yang terkait penularan DBD pada manusia sbb ^{(8),(9),(16) – (20), (23)}

- 1) Kepadatan penduduk
- 2) Mobilitas penduduk memudahkan penularan dari satu tempat ke tempat lain

- 3) Kualitas perumahan, jarak antar rumah dan pencahayaan
- 4) Pendidikan akan mempengaruhi cara berpikir dalam penerimaan penyuluhan dan cara pemberantasan yang dilakukan
- 5) Penghasilan akan mempengaruhi kunjungan untuk berobat
- 6) Golongan umur

Jumlah kasus DBD tidak pernah menurun di beberapa daerah tropik dan banyak menimbulkan kematian pada anak di bawah 15 tahun. Penderita DBD yang tercatat selama ini, tertinggi pada kelompok umur < 15 tahun (95%) dan mengalami pergeseran dengan adanya peningkatan proporsi penderita pada kelompok umur 15-44 tahun, sedangkan proporsi penderita DBD pada kelompok umur > 45 tahun sangat rendah seperti yang terjadi di Jawa Timur.

- 7) Kerentanan terhadap penyakit pada tiap individu.

Penelitian di Jepara dan Ujungpandang menunjukkan bahwa nyamuk *Aedes* spp. berhubungan dengan tinggi rendahnya infeksi virus *dengue* di masyarakat; tetapi infeksi tersebut tidak selalu menyebabkan DBD pada manusia karena masih tergantung pada faktor lain seperti *vector capacity*, virulensi virus *dengue*, status kekebalan *host*. Kekebalan *host* terhadap infeksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah usia dan status gizi, usia lanjut akan menurunkan respon imun dan penyerapan gizi. Status gizi dipengaruhi oleh keseimbangan asupan dan penyerapan gizi,

khususnya zat gizi makro yang berpengaruh pada sistem kekebalan tubuh.

8) Tempat Penampungan Air (TPA)

TPA merupakan tempat perindukan nyamuk *ae.aegypti*. tempat penampungan yang disenangi adalah plastik, porselen, fiberglass, semen, tembikar, yang berwarna gelap, terletak di dalam atau luar rumah.

9) Suhu udara

Nyamuk *ae.aegypti* dapat bertahan hidup pada suhu rendah tetapi metabolisme menurun bahkan terhenti bila suhunya di bawah suhu kritis. Pada suhu yang lebih tinggi dari 35°C nyamuk akan mengalami perlambatan fisiologi. Hal ini disebabkan karena terjadi denaturasi protein dalam tubuh nyamuk dan kemungkinan dalam proses metabolisme dan timbulnya sisa-sisa metabolisme yang beracun di dalam tubuh sehingga akan mengurangi efektivitas nyamuk. Rata-rata suhu optimal untuk perkembangbiakan nyamuk adalah 25°C - 27°C. Pertumbuhan nyamuk akan terhenti sama sekali bila suhu kurang dari 10 °C atau lebih dari 40 °C.

10) PH Air

PH atau derajat keasaman berpengaruh terhadap perkembangbiakan nyamuk. Pengaruh pH air tempat perindukan terhadap pertumbuhan dan perkembangan *ae.aegypti* pra dewasa pada keadaan asam lebih lambat dibanding kondisi basa. Hal tersebut

menunjukkan bahwa penurunan pH dapat menghambat pertumbuhan larva menjadi nyamuk dewasa. Hal ini terjadi karena pH berkaitan dengan pembentukan enzim sitokrom oksidase dalam tubuh larva yang berfungsi pada proses metabolisme. Tinggi rendahnya kadar oksigen terlarut dalam air akan berpengaruh terhadap proses pembentukan enzim tsb. Pada keadaan asam kadar oksigen yang terlarut lebih tinggi daripada keadaan basa. Sementara itu dalam suasana asam, pertumbuhan mikroba makin pesat sehingga kebutuhan oksigen juga meningkat pesat mengakibatkan kadar oksigen berkurang dan proses metabolisme nyamuk terganggu.

11) Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut di air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na⁺), kalium (K⁺), kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), sulfat (SO₄²⁻) dan bikarbonat (HCO₃⁻). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (‰). Air dikategorikan sebagai air payau bila konsentrasi garamnya 0,05% sampai 3 % atau menjadi saline bila konsentrasinya 3% sampai 5%. Lebih dari 5% disebut brine. (31)

Culicidae diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yang berbeda berdasarkan strategi osmoregulasi:

- 1) Osmoregulator air tawar
- 2) Osmoregulator *euryhaline*; mempunyai struktur khusus yang dapat beradaptasi untuk melakukan osmoregulasi pada kadar garam yang berbeda.
- 3) Osmokonformis *euryhaline*; toleransi pada paparan kadar garam sebagai akibat dari kapasitas aklimasi yang dimiliki

Beberapa spesies nyamuk yang memiliki toleransi dengan kadar garam merupakan vektor penyakit arboviral dan parasit. Beberapa genus aedes juga termasuk di dalamnya, yaitu *Ae.taeniorhyncus* dan *Ae.togoi*, namun *Ae.aegypti* dan *Ae.albopictus* merupakan nyamuk yang hanya dapat berkembang di air tawar. Namun, penelitian laboratorium terbaru menunjukkan bahwa larva *Ae.aegypti* dapat mentoleransi kadar garam yang terbatas melalui mekanisme *osmoconformation* yang melibatkan akumulasi asam amino dan ion pada hemolimfa.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa nyamuk tersebut lebih menyukai air dengan salinitas 2,5 ppt dibandingkan air yang terdestilasi untuk oviposisi. Studi lain juga menunjukkan bahwa *Ae.aegypti* dapat melakukan oviposisi sampai kadar garam 30 ppt di dalam kondisi laboratorium. Penelitian terbaru di beberapa daerah pesisir Sri Lanka menunjukkan bahwa baik *Ae.aegypti* dan *Ae.albopictus* secara natural dapat menjalani perkembangan pra dewasa pada air payau yang dikumpulkan sebelumnya dari

lingkungan. Air dengan <0,5 ppt, 0,5-30 ppt dan > 30 ppt disebut air tawar, air payau, dan air asin. Tempat perindukan di air payau mungkin masih belum dapat diterima sebagai tempat perindukan nyamuk. Eksploitasi air tanah yang berlebihan untuk kepentingan pertanian, kepentingan rumah tangga dan industri berdampak pada peningkatan kadar garam pada air tanah yang berada di daerah peninsula Jaffna Sri Lanka.

12) Kecepatan angin

Kecepatan angin mempengaruhi arah terbang nyamuk. Kecepatan angin lebih dari 8,5 km/jam akan mempengaruhi aktifitas nyamuk.

13) Lingkungan Biologi

Lingkungan biologi yang mempengaruhi kejadian DBD adalah predator, tanaman hias, tanaman pekarangan. Bila terdapat banyak tanaman hias/pekaranga maka semakin banyak juga tempat istirahat/resting place bagi nyamuk *Ae.aegypti*.

E. Faktor-faktor yang mempengaruhi Kejadian Demam Berdarah Dengue

Menurut segi epidemiologi, ada 3 faktor yang mempengaruhi terjadinya Demam Berdarah Dengue pada manusia yaitu faktor host (manusia), agen penyakit (virus *dengue*) dan lingkungan (lingkungan fisik, biologis, sosial ekonomi). Beberapa faktor tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Kepadatan, Pertumbuhan dan Mobilitas Penduduk

Salah satu faktor risiko penularan DBD adalah pertumbuhan penduduk perkotaan yang cepat, mobilisasi penduduk karena membaiknya sarana dan prasarana transportasi. Rumah-rumah yang saling berdekatan memudahkan penularan penyakit ini karena jarak terbang maksimal nyamuk *Aedes aegypti* adalah 200 meter. Faktor sosio ekonomi mempengaruhi kemampuan orang untuk memiliki rumah yang layak dan sehat, pasokan air minum dan pembuangan sampah yang benar. Wilayah dengan penduduk yang padat dan memiliki lingkungan rumah yang buruk akan mempengaruhi kepadatan nyamuk di daerah tersebut. ⁽¹⁹⁾

2. Tingkat Pengetahuan

Tingkat pengetahuan warga akan mempengaruhi besar kecilnya risiko terkena DBD. Warga dengan pengetahuan rendah akan mempunyai risiko lebih besar untuk terkena DBD. Keterbatasan pengetahuan warga akan penyakit Demam Berdarah Dengue mendasari bentuk perilaku pencegahan DBD yang kurang optimal. ^{(19), (25)}

3. Perilaku

Beberapa perilaku manusia yang mempengaruhi keberadaan jentik *Aedes aegypti* adalah perilaku 3M. Perilaku 3M merupakan salah satu tindakan pencegahan terhadap penyakit DBD. Kegiatan tersebut meliputi menguras bak mandi, menutup tempat penampungan air, dan mengubur barang bekas. Dengan melakukan perilaku 3M diharapkan dapat mengurangi kejadian DBD di masyarakat. Selain itu, perilaku pencegahan yang dilakukan di sekolah juga dapat

mengurangi risiko tergelitnya anak pada saat sekolah. Perilaku tersebut antara lain pemakaian celana/rok panjang. ^{(25), (26), (29)-(31)}

4. Keberadaan Tempat Penampungan Air

Tempat penampungan air (TPA) merupakan tempat perindukan nyamuk *Aedes aegypti*. Keberadaan TPA seperti tempayan, bak mandi, pot di rumah akan meningkatkan risiko terjangkitnya DBD. ^{(16), (19)}

5. Curah hujan

Curah hujan berhubungan dengan adanya tempat perindukan nyamuk *Aedes aegypti*. Jika curah hujan tinggi maka tempat penampungan air yang kosong akan terisi air. Penelitian menunjukkan bahwa kejadian DBD tertinggi terjadi pada bulan Januari-Juni. ⁽¹⁹⁾

6. Suhu udara, kelembaban udara dan iklim

Suhu udara berkaitan dengan kemampuan hidup nyamuk *Ae. aegypti*. Rata-rata suhu optimum untuk pertumbuhan nyamuk adalah 25-27 C dan pertumbuhan nyamuk akan berhenti sama sekali bila suhu kurang dari 10 C atau lebih dari 40 C. Selain itu, suhu udara akan berpengaruh terhadap perkembangan parasit (virus dengue) di dalam tubuh nyamuk. Sedangkan kelembaban udara berhubungan dengan proses peetasan telur nyamuk. Kelembaban udara yang berkisar 81,5% - 89,5% merupakan kelembaban yang optimal untuk proses embrionisasi dan ketahanan hidup embrio nyamuk.

Iklim (suhu, curah hujan, kelembaban) berubah karena adanya pemanasan global dapat memperluas cakupan vektor secara geografis, memperpanjang musim penularan penyakit, memperpendek siklus gonotropik dan mengurangi

waktu yang dibutuhkan mengubah virus yang masuk ke dalam tubuh menjadi infeksi, yang akan meningkatkan kecepatan penyebaran nyamuk. Ketinggian tempat. ^{(24), (28)}

F. Survei Jentik ^{(1), (32)}

1. Tahapan Pelaksanaan Survei Jentik sbb:

- a. Semua tempat atau bejana yang dapat menjadi tempat berkembangbiakan nyamuk *ae.aegypti* diperiksa dengan mata telanjang untuk mengetahui keberadaan jentik.
- b. Untuk memeriksa tempat penampungan air (TPA) yang berukuran besar, seperti bak mandi, tempayan, drum dll, jika pada penglihatan pertama tidak menemukan jentik, tunggu kira-kira ½ hingga 1 menit untuk memastikan bahwa jentik benar-benar tidak ada.
- c. Untuk memeriksa TPA yang berukuran kecil seperti vas bunga, pot tanaman, seringkali air harus dipindahkan ke tempat lain supaya lebih mudah mencermati. Untuk memeriksa jentik di tempat yang gelap atau keruh, digunakan senter.

2. Metode Survei Jentik terdiri dari:

- a. Single larva

Cara ini dilakukan dengan mengambil 1 jentik di setiap tempat genangan air yang ditemukan kemudian diidentifikasi.

- b. Visual

Cara ini dilakukan dengan melihat ada/tidaknya jentik di setiap genangan air tanpa mengambil jentiknya.

3. Ukuran Kepadatan Jentik

a. House Index (HI)

$$\text{House Index} = \frac{\text{Jumlah rumah positif jentik nyamuk}}{\text{jumlah rumah diperiksa}} \times 100\%$$

b. Container Index (CI)

$$\text{Container Index} = \frac{\text{Jumlah container positif jentik nyamuk}}{\text{jumlah container diperiksa}}$$

c. Breteau Index (BI)

BI adalah jumlah kontainer yang positif jentik dalam 100 rumah

d. Angka Bebas Jentik (ABJ)

$$\text{ABJ} = \frac{\text{Jumlah rumah tanpa jentik nyamuk}}{\text{jumlah rumah diperiksa}} \times 100\%$$

G. Pengendalian Nyamuk *Ae. Aegypti* ^{(1), (31)}

Dua metode pengendalian nyamuk *Ae. Aegypti* yang sering diterapkan yaitu kimiawi dan nonkimiawi. Prinsip pengendalian non kimiawi adalah menciptakan lingkungan yang tidak kondusif bagi nyamuk untuk hidup dan berkembang biak, melalui modifikasi dan manipulasi lingkungan serta agen biologis. Modifikasi lingkungan adalah intervensi permanen terhadap lingkungan sehingga tidak menjadi tempat perindukan nyamuk. Metode ini mencakup menimbun atau mengeringkan genangan air, 3M (menutup, menguras, dan

menimbun barang bekas). Manipulasi lingkungan adalah intervensi yang mengganggu perkembangbiakan nyamuk . Tindakan ini termasuk penggunaan kelambu dan selimut pada waktu tidur. Agen biologis dalam pengendalian nyamuk adalah predator dan patogen seperti parasit, virus, bakteri, dan jamur.

Metode pengendalian kimiawi adalah penggunaan bahan kimia untuk membunuh, menghalau, menimbulkan daya tarik, dan menghambat pertumbuhan. Bahan kimia yang digunakan dapat berupa insektisida, larvasida, dan repelen dengan formulasi cair, padat dan gas/asap. Berdasarkan bahan aktif yang terkandung terdapat empat golongan insektisida yang digunakan dalam pengendalian vektor yaitu karbamat, organoklorin, organofosfat, dan piretroid.

Pengendalian nyamuk dengan teknik serangga mandul (TSM) berbasis genetik dengan memanfaatkan radiasi nuklir. Koloni nyamuk laboratorium diradiasi sinar kemudian dilepas ke alam sehingga terjadi perkawinan serangga mandul dengan fertil.

H. Sistem Informasi Geografis

1. Pengertian ⁽³³⁾

Istilah sistem informasi geografis (SIG) merupakan gabungan dari tiga unsur pokok: sistem, informasi dan geografis. Dengan demikian, pengertian terhadap ketiga unsur-unsur pokok ini akan sangat membantu dalam memahami SIG. Dapat dikatakan bahwa SIG adalah suatu kesatuan formal yang terdiri dari berbagai sumber daya fisik dan logika yang berkenaan dengan obyek-obyek penting yang terdapat di permukaan bumi. Jadi, SIG juga merupakan sejenis

perangkat lunak, perangkat keras (manusia, prosedur, basis data, dan fasilitas jaringan komunikasi) yang dapat digunakan untuk memfasilitasi proses pemasukan, penyimpanan, manipulasi, menampilkan, dan keluaran data/informasi geografis berikut atribut-atribut terkait.

2. Komponen Sistem Informasi Geografis ⁽³³⁾

Jika diuraikan, SIG sebagai sistem terdiri dari beberapa komponen dengan berbagai karakteristiknya:

a. Perangkat keras

Fungsionalitas SIG tidak terikat secara ketat pada karakteristik-karakteristik fisik perangkat kerasnya sehingga keterbatasan memori pada suatu PC dapat diatasi. Adapaun perangkat keras yang sering digunakan untuk aplikasi SIG adalah komputer (PC), *mouse*, *monitor* (*plus VGA-card* grafik) yang beresolusi tinggi, *digitizer*, *printer*, *plotter*, *receiver GPS*, dan *scanner*.

b. Perangkat lunak

SIG merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular di mana sistem basis datanya memegang peranan kunci. Pada kasus perangkat SIG tertentu, setiap sub-sistem diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa modul hingga tidak mengherankan jika ada perangkat SIG yang terdiri dari ratusan modul program yang masing-masing dapat dieksekusi sendiri. Data dan informasi geografis.

SIG dapat mengumpulkan data, menyimpan data atau informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung maupun secara langsung dengan cara melakukan digitasi data spasialnya (digitasi *on-screen* atau *head-ups* di atas tampilan layar

monitor, atau manual dengan menggunakan *digitizer*) dari peta analog dan kemudian memasukkan data atributnya dari tabel-tabel atau laporan dengan menggunakan *keyboard*.

Manajemen

Suatu proyek SIG akan berhasil jika dikelola dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.

Berkaitan dengan keberadaan komponen-komponen SIG ini, masing-masing memiliki karakteristik biaya yang merupakan fungsi dari waktu.

3. Model Data Spasial ⁽³⁴⁾

Secara garis besar model data spasial ada dua, yaitu data vektor dan data raster. Data vektor adalah data yang minimal terdiri dari sebuah *start node* dan *end node*, dan dapat memiliki beberapa verteks di antara *start node* dan *end node* tersebut. Data vektor berupa titik, garis atau poligon. Data raster adalah data yang terdiri dari piksel-piksel penyusun data tersebut. Contoh data raster adalah sebuah gambar (*image*) hasil *scanning*.

4. Analisis Spasial ⁽¹⁷⁾

Spasial berasal dari kata *space*, artinya ruang. Perbedaannya, selain memperhatikan “temporal” atau waktu, juga ketinggian atau variabel utama lain, seperti halnya kelembaban. Dengan demikian, selain memperhatikan tempat, ketinggian, waktu, juga karakteristik ekosistem lainnya.

Analisis spasial sebagai bagian dari manajemen penyakit berbasis wilayah, merupakan suatu analisis dan uraian tentang data penyakit secara geografi berkenan

dengan kependudukan, persebaran, lingkungan, perilaku, sosial ekonomi, kasus kejadian penyakit, dan hubungan antar variabel tersebut.

Kini telah dikembangkan GIS atau *Geografic (Health) Information System*. Pendekatan spasial dengan analisis GIS penting untuk dilakukan karena dengan analisis tersebut dapat ditentukan kepadatan dengan kekerapan angka demam berdarah *dengue* (DBD) atau kepadatan jentik dengan kasus DBD. Juga dengan metode mapping bisa ditentukan siapa dan di mana orang-orang yang bisa melakukan akses terhadap pelayanan. Kemudian dimana fokus KLB. Kejadian penyakit dapat dikaitkan dengan berbagai obyek yang memiliki keterkaitan dengan lokasi, topografi, benda-benda, distribusi dalam ruangan, atau pada titik tertentu, serta dapat pula dihubungkan dengan peta dan ketinggian.

I. Peran Sistem Informasi Geografis di bidang epidemiologi ^{(13),(17),(33),(35)-(40)}

Pembuatan peta yang menunjukkan penyebaran kasus penyakit tertentu dalam masyarakat yang berbentuk spot map merupakan salah satu prosedur epidemiologis yang sudah dikenal sejak lama seperti yang dilakukan John Snow di London dalam menganalisis kejadian wabah kolera setempat. Peristiwa kejadian penyakit dan kematian yang digambarkan dalam bentuk peta tidak akan memberikan arti tanpa mengetahui berbagai keterangan lain mengenai daerah setempat, seperti jumlah penduduk dan penyebarannya.

Penggunaan *spot map* terutama untuk memberikan gambaran penyebaran kejadian penyakit dalam wilayah tertentu terutama bila ada wabah. Dengan gambaran ini berbagai interpretasi dapat dilakukan, seperti penyebaran penduduk yang berisiko tinggi, jalannya penularan dan peristiwa wabah serta hubungannya

dengan berbagai keadaan setempat. Selain itu, peta epidemiologi semacam ini dapat pula digunakan untuk menggambarkan penyebaran fasilitas kesehatan, sarana kesehatan yang tersedia, tingkat imunitas penduduk, gambaran sasaran dan hasil kegiatan program kesehatan menurut tempat dan waktu serta gambaran penyakit menurut daerah kerja. Dewasa ini, gambaran kejadian dan penyebaran peristiwa penyakit secara geografis dilakukan melalui sistem komputerisasi yang dikenal dengan *Geografic Information System (GIS)*.

Dengan adanya gambaran kejadian penyakit dan kematian serta penyebaran penduduk yang diketahui secara pasti maka melalui *spot map* GIS tersebut dapat dilihat penyebaran angka kesakitan dan kematian setempat. Dari hasil gambaran *spot map* tersebut pada penyakit-penyakit yang penyebabnya telah diketahui dengan baik, dapat dilakukan penanggulangan dan pencegahan yang lebih terencana dan terarah. Sedangkan untuk penyakit-penyakit atau gangguan kesehatan yang penyebabnya belum diketahui maka *spot map* ini dapat membantu mengarahkan penemuan faktor penyebab, faktor risiko, maupun faktor keterpaparan. Kemudian akhirnya GIS digunakan sebagai alat bantu pemantauan dan *monitoring* dari penyebaran penyakit serta analisis lain yang lebih kompleks seperti faktor kebijakan, perencanaan kesehatan sampai digunakan juga untuk menyimpulkan serta membuat hipotesis bagi penyelesaian masalah kesehatan.

Selain itu, menurut Jhonson yang mengutip dari majalah *Epidemiological Record*, aplikasi GIS dapat digunakan untuk:

- a) Analisa kebutuhan dan alokasi sumber daya dari suatu komunitas
- b) Visualisasi fasilitas kesehatan umum

- c) Rute terdekat para pekerja untuk mencapai lokasi kejaian tertentu
- d) Manajemen dan perawatan serta sumber dayanya

J. Air Payau

Perairan payau adalah suatu badan air setengah tertutup yang berhubungan langsung dengan laut terbuka, dipengaruhi oleh gerakan pasang surut, dimana air laut bercampur dengan air tawar dari buangan air daratan, perairan terbuka yang memiliki arus, serta masih terpengaruh oleh proses-proses yang terjadi di darat. Air payau terjadi karena intrusi air asin ke air tawar. Hal ini dikarenakan adanya degradasi lingkungan. Pencemaran air tawar juga dapat terjadi karena fenomena air pasang naik. Saat air laut meluap, masuk ke median sungai. Kemudian terjadi pendangkalan di sekitar sungai sehingga air asin ini masuk ke dalam air tanah dangkal dan menjadi payau. ⁽⁴¹⁾

Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut. Jika kadar garam yang dikandung dalam satu liter air adalah 0,5 sampai 30 gram, maka air ini disebut air payau. Namun jika konsentrasi garam melebihi 30 gram dalam satu liter air disebut air asin. ⁽⁴²⁾⁻⁽⁴⁴⁾