BAB II

TINJAUN PUSTAKA

A. Penyakit Malaria

Penyakit Malaria adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh *protozoa Plasmodium* dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Penyakit ini dapat bersifat akut maupun kronis dengan gejala utama seperti demam, anemia, dan *splenomegali*. *Protozoa* penyebab malaria meliputi Plasmodium falciparum merupakan jenis paling berbahaya dan penyebab utama kematian akibat malaria (Aryani & Knowlesi, 2023).

Malaria berdampak signifikan terhadap kesehatan masyarakat, terutama pada anak-anak dan ibu hamil, dengan risiko komplikasi seperti anemia berat, kejang, hingga koma. Diagnosis dilakukan melalui pemeriksaan mikroskopis, *Rapid Diagnostic Test* (RDT), atau PCR untuk mendeteksi parasit dalam darah (Beno *et al.*, 2022).

B. Epidemiologi Malaria

Dalam kajian epidemiologi, penularan malaria dapat dijelaskan melalui konsep *Host-Agent-Environment*, yang mencakup interaksi antara pejamu *(host)*, agen penyebab *(agent)*, dan lingkungan *(environment)*. *Host* (Pejamu) dalam siklus hidup *Plasmodium* terdiri dari *host definitif* dan *host intermediate* (Syukur & Saleh, 2023).

Host definitif adalah manusia, tempat parasit berkembang biak secara seksual di dalam tubuhnya. Setelah seseorang terinfeksi melalui gigitan nyamuk yang membawa *sporozoit Plasmodium*, parasit ini mengalami siklus dalam sel

hati sebelum memasuki sel darah merah, menyebabkan gejala klinis malaria seperti demam, anemia, dan *splenomegali*. Populasi yang paling rentan terhadap infeksi malaria meliputi anak-anak, ibu hamil, serta individu dengan sistem imun yang lemah. Faktor sosial dan perilaku, seperti kurangnya penggunaan kelambu, mobilitas tinggi di daerah endemis, serta akses terbatas terhadap layanan kesehatan, juga meningkatkan risiko penularan. Sementara itu, *host intermediate* adalah nyamuk *Anopheles* betina, yang berperan dalam transmisi parasit dari satu individu ke individu lain. Di dalam tubuh nyamuk, parasit mengalami fase *sporogoni*, di mana ookista berkembang menjadi *sporozoit* yang siap ditularkan ke manusia melalui gigitan nyamuk yang terinfeksi. Siklus dalam tubuh nyamuk ini bergantung pada faktor lingkungan, seperti suhu dan kelembaban, yang mempengaruhi perkembangan parasit hingga tahap infektif (Afrina *et al*., 2021).

Agent (Agen Penyebab) dalam siklus penularan malaria adalah parasit *Plasmodium*, yang memiliki beberapa spesies utama, yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax, Plasmodium malariae, Plasmodium ovale, dan Plasmodium knowlesi*. *Plasmodium falciparum* merupakan penyebab malaria berat yang berisiko fatal, sedangkan *Plasmodium vivax* sering menyebabkan kekambuhan karena kemampuannya membentuk *hipnozoit* yang dorman di hati. Parasit ini berkembang melalui siklus kompleks dalam tubuh nyamuk dan manusia, dengan tahapan *sporogoni* di dalam tubuh nyamuk dan *skizogoni* di dalam tubuh manusia. Siklus hidup parasit ini bergantung pada kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan dan penyebarannya (Aryani & Knowlesi, 2023).

Environment (Lingkungan) berperan penting dalam epidemiologi malaria karena faktor ekologis sangat memengaruhi perkembangbiakan nyamuk vektor dan penyebaran penyakit. Faktor lingkungan yang mendukung siklus hidup nyamuk *Anopheles* meliputi suhu udara antara 20–30°C, kelembaban tinggi, serta keberadaan habitat perkembangbiakan seperti rawa, sungai, sawah, dan genangan air. Selain itu, perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia, seperti deforestasi, pembangunan irigasi, dan urbanisasi, dapat mempengaruhi distribusi nyamuk vektor malaria. Aspek sosial dan ekonomi juga turut berkontribusi dalam penyebaran malaria, seperti akses terbatas terhadap layanan kesehatan, kondisi sanitasi yang buruk, serta kurangnya intervensi pengendalian vektor di daerah endemis (Sari *et al.,* 2024).

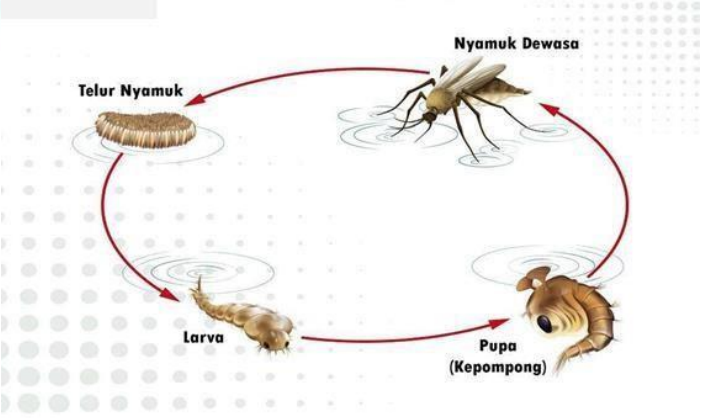
Interaksi antara *host, agent,* dan *environment* menentukan dinamika penularan malaria dan kompleksitas dalam upaya pengendaliannya. Oleh karena itu, strategi eliminasi malaria harus mencakup pendekatan yang komprehensif, seperti pengendalian vektor dengan insektisida, peningkatan akses diagnosis dan pengobatan, serta pemberdayaan masyarakat dalam upaya pencegahan. Selain itu, perubahan lingkungan melalui manajemen habitat vektor dan perbaikan infrastruktur kesehatan dapat menjadi langkah efektif dalam menekan angka kejadian malaria secara berkelanjutan (Dalilah *et al*., 2024).

C. Morfologi dan Metamorfosis Nyamuk Anopheles

Nyamuk *Anopheles* merupakan vektor utama malaria yang tergolong dalam *famili Culicidae*. Secara taksonomi, nyamuk ini diklasifikasikan dalam *kingdom Animalia, filum Arthropoda, kelas Insecta, ordo Diptera, famili*

Culicidae, subfamili Anophelinae, dan genus Anopheles. Terdapat lebih dari 400 spesies dalam genus ini, tetapi hanya sekitar 30–40 spesies yang berperan sebagai vektor utama malaria, seperti *Anopheles gambiae, Anopheles funestus, Anopheles stephensi, dan Anopheles sundaicus*. Nyamuk ini memiliki ciri morfologi khas, terutama pada bagian sayap yang bercorak tutul-tutul dan posisi tubuh yang membentuk sudut saat hinggap. Perbedaan utama dengan nyamuk lain adalah antena panjang pada jantan, *palpus* yang sama panjang dengan *probosis* pada betina, serta larva yang beristirahat sejajar dengan permukaan air karena tidak memiliki sifon pernapasan (Sedionoto *et al*., 2021).

Nyamuk *Anopheles* mengalami metamorfosis sempurna *(holometabola)*, yang terdiri dari empat tahap perkembangan, yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa (Gambar 1).



Gambar 1. 1 Tahapan Metamorfosis Nyamuk

Nyamuk betina bertelur di air setelah mengisap darah, dengan jumlah telur mencapai 50–200 butir per siklus *oviposisi*. Telur berbentuk lonjong dengan pelampung di kedua sisinya dan diletakkan secara terpisah di permukaan air. Dalam waktu 1–2 hari, telur menetas menjadi larva yang aktif mencari makanan

berupa mikroorganisme dan partikel organik dalam air. Larva mengalami empat instar sebelum memasuki tahap pupa. Pada tahap pupa, nyamuk tidak lagi makan, tetapi tetap aktif bergerak di permukaan air. Pupa berkembang selama 1–2 hari sebelum akhirnya bermetamorfosis menjadi nyamuk dewasa yang siap terbang dan beraktivitas. Lama perkembangan dari telur hingga dewasa berkisar antara 7–14 hari, tergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan ketersediaan makanan (Abduh *et al*., 2025).

Habitat perkembangbiakan nyamuk *Anopheles* sangat beragam, tergantung pada spesiesnya. Beberapa spesies lebih suka bertelur di perairan yang bersih dan tenang, seperti kolam, rawa-rawa, sawah, dan genangan air alami lainnya, sedangkan spesies lain mampu berkembang di lingkungan yang sedikit tercemar, seperti saluran irigasi dan genangan air buatan. Faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan keberadaan vegetasi air, sangat memengaruhi keberhasilan perkembangan nyamuk ini. Oleh karena itu, pengendalian lingkungan dengan mengeringkan genangan air, memperbaiki sistem drainase, atau menggunakan larvasida menjadi strategi efektif dalam menekan populasi *Anopheles* dan mengurangi risiko penularan malaria *(*Ayunda *et al.*, 2024).

Dalam kajian bionomik, nyamuk *Anopheles* memiliki pola aktivitas yang khas, baik dalam hal perilaku makan, istirahat, maupun tempat berkembang biak. Perilaku mengisap darah *(biting behavior)* nyamuk *Anopheles* umumnya terjadi pada malam hari *(nocturnal),* dengan puncak aktivitas antara senja hingga dini hari. Beberapa spesies menunjukkan preferensi menggigit di dalam rumah

(endofagik), sementara yang lain lebih suka menggigit di luar rumah *(eksafagik)*. Nyamuk betina memerlukan darah untuk perkembangan telurnya, sedangkan nyamuk jantan hanya mengonsumsi nektar dari tanaman. Setelah mengisap darah, nyamuk betina mencari tempat istirahat yang aman untuk mencerna darah dan mematangkan telurnya. Beberapa spesies lebih suka beristirahat di dalam rumah *(endofilik),* sementara yang lain lebih memilih beristirahat di luar rumah, seperti di semak-semak atau rongga pohon *(eksfilik)* (Verawati *et al*., 2021).

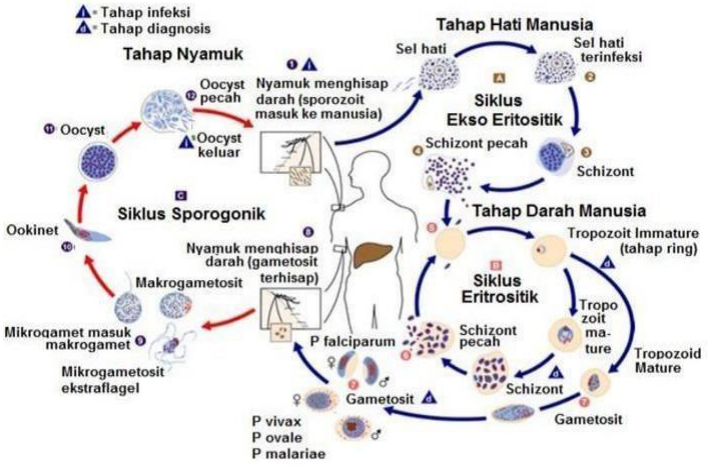
Jarak terbang nyamuk *Anopheles* juga bervariasi tergantung pada spesies dan kondisi lingkungan. Beberapa spesies memiliki kemampuan terbang hingga beberapa kilometer untuk mencari inang atau tempat bertelur, tetapi umumnya mereka tetap berada dalam radius 1–3 km dari habitat perkembangbiakannya. Keberadaan nyamuk ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti kelembaban yang cukup tinggi dan suhu optimal antara 20–30°C. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian populasi nyamuk harus mempertimbangkan aspek bionomiknya untuk memastikan efektivitas strategi pencegahan dan pengendalian malaria.

D. Peran Nyamuk *Anopheles* Sebagai Vektor Penyakit

Nyamuk *Anopheles* merupakan vektor utama penyakit malaria yang disebabkan oleh parasit *Plasmodium*. Peran nyamuk ini sangat krusial dalam siklus penularan malaria, di mana *Anopheles* bertindak sebagai inang perantara *(intermediate host)* sekaligus vektor biologis yang memungkinkan perkembangan dan penyebaran *Plasmodium* dari satu individu ke individu lainnya. Hanya nyamuk *Anopheles* betina yang berperan dalam transmisi malaria, karena mereka

membutuhkan darah sebagai sumber protein untuk perkembangan telurnya. Kebiasaan ini menciptakan jalur penularan yang efektif bagi parasit *Plasmodium* untuk berpindah dari manusia yang terinfeksi ke manusia yang sehat.

Proses penularan malaria dimulai ketika nyamuk *Anopheles* betina menggigit manusia yang telah terinfeksi *Plasmodium* dan mengisap darah yang mengandung *gametosit* parasit. Di dalam tubuh nyamuk, *gametosit* berkembang menjadi gamet, kemudian mengalami fertilisasi membentuk zigot. Zigot ini berubah menjadi *ookinet*, yang menembus dinding usus tengah nyamuk dan berkembang menjadi *oosista*. Setelah beberapa hari, *oosista* pecah dan melepaskan *sporozoit*, yang kemudian bermigrasi ke kelenjar liur nyamuk. Saat nyamuk yang telah terinfeksi menggigit manusia sehat, *sporozoit* masuk ke dalam aliran darah dan menuju sel hati, di mana mereka berkembang biak sebelum memasuki sirkulasi darah dan menginfeksi sel darah merah. Proses ini memulai siklus infeksi malaria dalam tubuh manusia dan dapat menyebabkan berbagai gejala klinis, seperti demam, menggigil, anemia, serta komplikasi berat seperti malaria serebral dan kegagalan organ (Gambar 2).



Gambar 2. 2 Peran Nyamuk *Anopheles* sebagai Vektor Penyakit

Efektivitas nyamuk *Anopheles* sebagai vektor malaria dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti distribusi geografis, preferensi makan darah (*anthropophilic* lebih suka darah manusia atau *zoophilic* lebih suka darah hewan), waktu aktivitas (diurnal siang hari atau nocturnal malam hari), serta ketahanan terhadap insektisida. Spesies *Anopheles* yang lebih sering menggigit manusia dan aktif di malam hari memiliki potensi lebih besar dalam menyebarkan malaria. Selain itu, kondisi lingkungan sangat berperan dalam mendukung keberadaan nyamuk *Anopheles* sebagai vektor penyakit. Daerah dengan suhu dan kelembapan tinggi, banyaknya genangan air bersih atau payau sebagai tempat perkembangbiakan larva, serta kurangnya upaya pengendalian vektor dapat meningkatkan risiko penularan malaria. Oleh karena itu, strategi pengendalian vektor harus dilakukan secara menyeluruh, seperti penggunaan kelambu berinsektisida, penyemprotan residu dalam ruangan (*Indoor Residual Spraying*), pengelolaan lingkungan untuk mengurangi habitat perkembangbiakan nyamuk, serta pemantauan ketahanan vektor terhadap insektisida.

E. Indeks Kepadatan Nyamuk

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 2 Tahun 2023 (Kementerian Kesehatan, 2023), Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) untuk vektor dan binatang pembawa penyakit mencakup tiga aspek utama, yaitu jenis, kepadatan, dan habitat perkembangbiakan (Tabel 1).

Tabel 2. 1 Standar Baku Mutu Pengendalian Vektor Berdasarkan (Permenkes) Nomor 2 Tahun 2023

No	Vektor	Parameter	Satuan Ukur	Nilai Baku Mutu
1	Nyamuk *Anopheles* sp.	MBR (*Man biting rate*)	Angka gigitan nyamuk per orang per malam	<0,025
		Nyamuk *Anopheles* Infektif	Nyamuk *Anopheles* yang mengandung patogen virus/bakteri/parasite	0
2	Larva *Anopheles* sp.	Indeks habitat	Persentase habitat perkembangbiakan yang positif larva	<1

Jenis yang dimaksud merujuk pada nama, genus, atau spesies vektor serta binatang pembawa penyakit. Kepadatan mengacu pada angka yang menunjukkan jumlah vektor dan binatang pembawa penyakit dalam satuan tertentu sesuai dengan jenisnya, baik pada tahap pradewasa maupun dewasa. Sementara itu, habitat perkembangbiakan merupakan tempat yang digunakan oleh vektor dan binatang pembawa penyakit untuk berkembang selama tahap pradewasa

Untuk mengetahui kepadatan populasi nyamuk *Anopheles* disuatu tempat dapat melalui survei terhadap nyamuk dewasa, sebagai hasil survei tersebut didapat indeks kepadatan nyamuk *Anopheles* yaitu :

1. Indeks habitat

Indeks habitat adalah presentase habitat perkembangbiakan yang positlf larva, dihitung dengan cara jumlah habitat yang positlf larva dibagi dengan jumlah seturuh habitat yang diamati dikalikan dengan 100 %. Indeks habitat diukur menggunakan rumus :

$$\text{Indeks habitat} = \frac{\text{jumlah habitat positif larva}}{\text{jumlah seluruh habitat yang diamati}} \times 100\ \%$$

2. *Man Biting Rate (*MBR)

Man Biting Rate (MBR) adalah angka gigitan nyamuk per orang per malam, dihitung dengan cara jumlah nyamuk (spesies tertentu) yang tertangkap dalam satu malam (12jam) dibagi dengam jumlah penangkap (kolektor) dikali dengan waktu (jam) penangkapan. MBR diukur menggunakan rumus :

$$MBR = \frac{\text{Jumlah nyamuk yang menggigit manusia}}{\text{Jumlah pengamat} \times \text{waktu pengamatan (jam)}}$$

3. *Mean Hour Density* (MHD)

Mean *Hour Density* (MHD) adalah angka nyamuk yang hinggap per orang per jam, di hitung dengan cara jumlah nyamuk (spesies tertentu) yang tertangkap dalam enam jam dibagi dengan jumlah penangkap (kolektor) dikali dengan lampenangkapan (jam) diali dengan waktu penangkapan (menit). penangkapan.MHD diukur menggunakan rumus :

$$MHD = \frac{\text{Jumlah total nyamuk yang menggigit}}{\text{Jumlah jam pengamatan}}$$

4. *Resting Rate*

Menunjukkan jumlah nyamuk yang beristirahat di dalam atau sekitar rumah dalam satu satuan waktu dan luas tertentu. RR dihitung dengan rumus

$$RR = \left(\frac{\text{Jumlah nyamuk yang beristirahat di dalam rumah}}{\text{Jumlah nyamuk yang tertangkap di dalam dan luar rumah}} \right) \times 100\%$$

F. Strategi Pengendalian Berbasis Ekologi Dan Intervensi Vektor.

Pengendalian malaria menjadi prioritas utama dalam program kesehatan. Namun, upaya untuk mencapai tujuan ini menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan pendanaan, meningkatnya resistensi terhadap obat, serta resistensi vektor terhadap insektisida. Selain itu, persepsi masyarakat yang menganggap malaria bukan sebagai ancaman serius bagi kesehatan, rendahnya pengetahuan tentang penyakit ini, serta kurangnya kesadaran terhadap pengobatan dan pencegahannya turut menghambat pengendalian malaria secara efektif. Oleh karena itu, percepatan menuju eliminasi malaria membutuhkan kerja sama yang komprehensif dan keterlibatan aktif dari masyarakat, tenaga kesehatan, serta pemangku kepentingan terkait (Marina *et al*., 2024)

Upaya memutus mata rantai penularan antara *host*, *agent*, dan lingkungan harus dilakukan oleh masyarakat sebagai bagian dari pengendalian malaria. Sejak tahun 2007, telah dikembangkan kader-kader malaria yang terlatih dan dipilih dari masyarakat setempat. Kader malaria adalah individu yang dipilih oleh komunitas dan bertanggung jawab dalam mendeteksi penderita, baik melalui pendekatan aktif maupun pasif. Menurut buku panduan kader malaria, kader memiliki peran

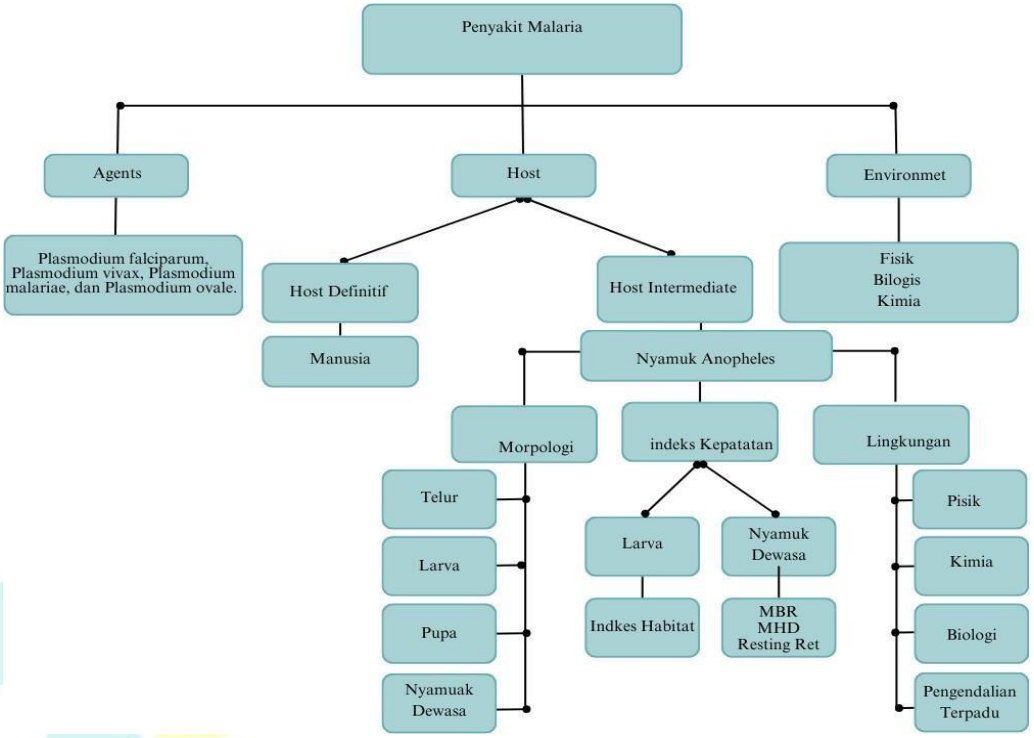
penting dalam menyebarkan informasi yang berkontribusi terhadap keberhasilan, kemandirian, dan keberlanjutan pembangunan kesehatan. Salah satu bentuk kontribusi kader malaria adalah dengan memberdayakan masyarakat melalui pembentukan kader Pos Malaria Desa. Pemahaman yang baik dari kader malaria dapat berpengaruh terhadap penurunan kasus malaria di daerah endemik. Selain itu, pengetahuan dan sikap kader malaria sangat berperan dalam menyampaikan informasi kepada masyarakat mengenai penanganan malaria. Deteksi dan penanganan yang cepat serta tepat dapat membantu mengurangi angka kematian akibat penyakit ini (Putri *et al.*, 2021).

Dalam strategi ini dapat di lakukan pemantauan jentik (jumantik) seperti pemeriksaan pemantaun dan pemberantasan jentik nyamuk (yusmidiarti 2021)

Strategi pengendalian vektor malaria memiliki peran penting dalam upaya mengendalikan dan mengeliminasi malaria, karena metode ini sangat efektif dalam mencegah infeksi serta menekan penyebaran penyakit. Terdapat dua metode utama yang digunakan dalam pengendalian vektor malaria, yaitu penyemprotan insektisida dalam ruangan *(Indoor Residual Spraying atau IRS)* dan penggunaan kelambu berinsektisida *(Insecticide-Treated Nets atau ITNs)* (Fitriana & Review, 2023

G. Kerangka Teori

Kerangka teori ini disusun untuk menguraikan kepadatan populasi nyamuk *Anopheles* pasca eliminasi serta faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi dinamika vektor malaria di wilayah kerja Puskesmas Sawah Lebar.



Gambar 2. 3 Kerangka Teori