

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Malaria merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang paling parah di seluruh dunia. Malaria utamanya ditemukan di negara tropis dan sub tropis khususnya pada negara-negara miskin. Di banyak negara yang terkena dampak malaria, penyakit ini merupakan penyebab utama penyakit dan kematian. Setengah dari populasi dunia tinggal di daerah yang rawan penularan malaria, terbesar di 87 negara dan wilayah. Pada sebagian besar negara, malaria merupakan penyakit endemis, penyakit ini secara tidak proporsional mempengaruhi masyarakat yang mengalami ketidak-beruntungan, kemiskinan, dan akses terbatas terhadap fasilitas kesehatan dan tidak mampu membayar pengobatan yang direkomendasikan (CDC, 2023)

Secara global pada tahun 2022, diperkirakan terdapat 249 juta kasus malaria di 85 negara dan wilayah endemis malaria, meningkat 5 juta kasus dibandingkan pada tahun 2021. Negara utama yang berkontribusi terhadap peningkatan tersebut adalah Pakistan ($\pm 2,1$ juta), Ethiopia ($\pm 1,3$ juta), Nigeria ($\pm 1,3$ juta), Uganda ($\pm 1,5$ juta) dan Papua Nugini (423 ribu). Wilayah Afrika, dengan 233 juta kasus pada tahun 2022, menyumbang sekitar 94% kasus secara global. Pada tahun 2020, kematian akibat malaria meningkat sebesar 10% dibandingkan tahun 2019, menjadi sekitar 631.000. Perkiraan kematian menurun pada tahun 2022 menjadi 608.000 (CDC, 2023).

World Health Organization (WHO) menyebutkan wilayah Asia Tenggara menyumbang 2% kasus malaria secara global, kasus malaria menurun sebesar 76% dari 23 juta kasus pada tahun 2000 menjadi sekitar 5 juta pada tahun 2022. India menyumbang 66% kasus di wilayah Asia. Hampir 46% dari seluruh kasus di wilayah ini disebabkan oleh *plasmodium vivax*. Meskipun kasus di wilayah ini secara keseluruhan mengalami penurunan sebesar 11,9% antara tahun 2021-2022, namun di beberapa negara terjadi peningkatan kasus seperti terlihat di Bangladesh, Indonesia, Myanmar, dan Thailand. Kematian akibat malaria di wilayah Asia Tenggara menurun sebesar 77% dari sekitar 35.000 pada tahun 2000 menjadi 8.000 pada tahun 2022. India dan Indonesia menyumbang sekitar 94% dari seluruh kematian akibat Malaria di wilayah South-East Asia Region.

Malaria adalah penyakit yang mengancam keselamatan jiwa yang disebabkan oleh parasit yang ditularkan ke manusia melalui gigitan nyamuk yang terinfeksi. Malaria disebabkan oleh mikroorganisme yang disebut *plasmodium*. *Plasmodium* menginfeksi manusia melalui vektor penular nyamuk *Anopheles*. Malaria merupakan salah satu penyakit prioritas global yang tertuang pada *Sustainable Development Goals* (SDGs) 3.3 yaitu bertujuan untuk mengakhiri epidemic AIDS, Tuberkulosis, malaria dan penyakit tropis

yang terabaikan serta menjadi prioritas nasional yang tertuang dalam RPJMN 2020-2024 yaitu kabupaten/kota mencapai API <1 per 1.000 penduduk.

Indonesia merupakan salah satu dari sembilan negara endemis malaria di wilayah *South-East Asia*. Tiga negara menyumbang 98% dari total kasus yang dilaporkan di wilayah tersebut, kontributor utama adalah India (58%), diikuti oleh Indonesia (30%) dan Myanmar (10%). Sementara itu angka kematian akibat penyakit ini secara konsisten meningkat sejak tahun 2020 sebesar 38 kematian, 2021 dengan 48 kematian, 2022 sebanyak 71 kematian, dan 121 kematian di tahun 2023. *Plasmodium falciparum* (47,97%) dan *plasmodium vivax* (38,32%) merupakan parasit malaria yang dominan ditemukan pada tahun 2023 (WHO, 2023).

Annual Paracite Incidence (API) di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 1,61 per 1.000 penduduk, artinya masih ada 161 penduduk yang sakit malaria per 100.000 penduduk. Angka tersebut meningkat dari tahun 2021 sebesar 1,21 per 1.000 penduduk dan 0,94 per 1.000 penduduk. API ini tergolong dalam kategori endemisitas tinggi karena berada diatas 5%. Pada tahun 2022 terdapat 372 kabupaten/kota (72,3%) bebas malaria, 83 kabupaten/kota (16,15%) berstatus endemis rendah, 30 kabupaten/kota (5,84%) berstatus sedang, dan 29 kabupaten/kota (5,64%) berstatus endemis tinggi. Sebanyak 90% kasus positif malaria di laporkan dari wilayah bagian timur Indonesia, salah satunya adalah Papua Barat. Papua Barat merupakan provinsi di Indonesia dengan stratifikasi endemisitas tinggi dikarenakan API nya sebesar 12,68 per 1.000 penduduk. Angka ini menjadikan Papua Barat sebagai provinsi kedua setelah Provinsi Papua yang mencatatkan *annual paracite incidence* tertinggi di Indonesia (Kemenkes, 2023).

Papua Barat menempati urutan kedua kasus tertinggi malaria di Indonesia. Jumlah kasus positif malaria tahun 2020 di Papua Barat berjumlah 254.050 kasus, yang meningkat pada tahun 2021 dengan 304.607. Tahun 2023 jumlah kasus malaria di Papua Barat sebanyak 13.079 kasus dengan *annual paracite incidence* (API) adalah 13,12 per 1.000 penduduk. Tercatat 56% penyumbang kasus di Provinsi Papua Barat adalah Kabupaten Manokwari. Angka ini masih di atas angka nasional yang ditargetkan sehingga diperlukan strategi yang baik untuk menurunkan kasus malaria di bawah angka API 1 per seribu penduduk (P. B. Dinkes, 2019)

Tahun 2022, Kabupaten Manokwari memiliki angka kasus Malaria tertinggi di wilayah Papua Barat yaitu sebanyak 7.325 kasus, angka ini menurun pada tahun 2023 menjadi 4.178 kasus. Meskipun terdapat penurunan kasus, angka parasitasi insiden malaria di Kabupaten Manokwari masih tinggi sebesar 20,81 kasus per 1.000 penduduk, dimana angka ini masih jauh dari target eliminasi malaria nasional dengan target bebas malaria seluruh kabupaten/kota di tahun 2028. Manokwari merupakan daerah yang memiliki iklim tropis sehingga mendukung kelangsungan hidup dari spesies nyamuk *Anopheles*. Nyamuk *Anopheles* tersebar di Manokwari dan menyebabkan malaria tersiana dan

malaria tropika dengan jumlah penderita yang cukup tinggi (Port Health Office, 2023)

Menurut Hendrik L. Blum ada empat faktor utama yang mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat, yaitu faktor lingkungan, perilaku, pelayanan kesehatan dan keturunan. Di antara faktor tersebut, faktor lingkungan paling sulit untuk ditanggulangi yang dapat mempengaruhi kesehatan individu, kelompok maupun masyarakat. Penyakit muncul sebagai hasil interaksi antara manusia dan lingkungan, dimana perilaku serta elemen-elemen lingkungan memiliki potensi untuk menyebabkan penyakit. Mengingat perilaku penduduk yang tidak sama, maka terdapat keragaman penyakit. Pola penyakit tampak berbeda antara satu kelompok penduduk dengan kelompok lainnya yang disebabkan perbedaan kondisi lingkungan atau keanekaragaman ekosistem dan atau perilaku penduduk setempat (Achmadi, 2012).

Kesehatan manusia sangat dipengaruhi oleh hubungan timbal balik antara aktivitas manusia dan berbagai aspek lingkungan seperti fisik, kimia, biologi, serta sosial-demografi. Kasus malaria di masyarakat muncul akibat interaksi kompleks antara faktor inang (manusia dan nyamuk), agen penyebab (parasit/plasmodium), serta lingkungan sekitar. Salah satu aspek lingkungan yang berpengaruh adalah suhu udara. Suhu menentukan perkembangan parasit dalam tubuh nyamuk, dimana suhu ideal berkisar antara 20-30°C. Parasit tidak dapat tumbuh jika suhu berada di bawah 18°C atau melebihi 40°C. Selain itu, suhu juga memengaruhi lama inkubasi ekstrinsik, yaitu tahap sporogoni dalam tubuh nyamuk – dimana suhu yang lebih tinggi mempercepat proses tersebut (Arsin. A, 2012). Penelitian oleh Ridha et al., (2022) di Kalimantan Timur menunjukkan adanya hubungan yang bermakna ($p=0,001$) antara suhu dan kejadian malaria akibat dari infeksi oleh berbagai jenis *Plasmodium*, seperti *p. falcifarum*, *p. vivax*, *p. malariae*, *p. ovale*, *p. knowlesi*.

Kelembaban udara juga merupakan elemen penting dari lingkungan fisik yang berperan dalam penyebaran malaria. Kelembaban yang terlalu rendah dapat mengurangi usia hidup nyamuk, meskipun tidak berdampak langsung terhadap perkembangan parasit. Agar nyamuk dapat bertahan hidup, dibutuhkan kelembaban minimum sebesar 60%. Pada tingkat kelembaban yang lebih tinggi, nyamuk cenderung lebih aktif dan lebih sering menggigit manusia, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko penularan malaria. Dengan demikian, kelembaban memengaruhi durasi hidup nyamuk secara keseluruhan (Sucipto, 2015). Penelitian oleh Watmanlusy & Raharjo, (2019) di Kecamatan Seram Barat memperkuat hal ini, dengan hasil signifikan ($p=0,003$) yang menunjukkan hubungan antara tingkat kelembaban dengan kejadian malaria.

Curah hujan juga berperan penting dalam menciptakan kondisi yang mendukung perkembangbiakan nyamuk. Hujan yang menimbulkan genangan air dapat menjadi lokasi ideal bagi nyamuk untuk bertelur dan berkembang biak. Setidaknya diperlukan curah hujan sekitar 1,5 mm per hari untuk mendukung

siklus hidup nyamuk. Secara umum, curah hujan dapat mempercepat siklus pertumbuhan nyamuk dan memicu peningkatan risiko wabah malaria. Namun, pengaruh ini bervariasi tergantung pada jenis curah hujan, intensitasnya, tipe vektor nyamuk, serta karakteristik lokasi berkembang biaknya. Jika hujan disertai dengan cuaca panas, maka kondisi ini semakin memperbesar peluang nyamuk *Anopheles* untuk berkembang (Arsin. A, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Dabaro et al. (2021) di wilayah Sidama, Ethiopia, menunjukkan adanya korelasi antara curah hujan dan peningkatan kasus malaria, dimana setiap peningkatan curah hujan diikuti dengan peningkatan kasus sebesar 0,3%.

Papua Barat adalah provinsi kedua setelah provinsi Papua dengan persentase penduduk miskin tertinggi di Indonesia, yakni mencapai 214,98 ribu atau 20,49%. Malaria dianggap sebagai penyakit kemiskinan. Sekitar 95% dari seluruh mortalitas dan morbiditas terkait malaria terjadi di wilayah termiskin di dunia, seperti Afrika Sub-Sahara (Wafula et al., 2023). *World Health Organization* dalam artikelnya yang bertajuk 'Malaria: Penyakit Kemiskinan' menyatakan bahwa malaria memperlambat pertumbuhan ekonomi dan pembangunan serta melanggengkan lingkaran setan kemiskinan. Kemiskinan erat kaitannya dengan ketahanan pangan dan malnutrisi energi protein yang dikaitkan dengan morbiditas dan mortalitas malaria lebih besar (WHO, 2023). Penelitian di Uganda menunjukkan risiko infeksi malaria pada anak-anak yang berasal dari rumah tangga kaya berkurang setengahnya dibandingkan anak-anak yang berasal dari rumah tangga miskin (Wafula et al., 2023).

Pengaruh letak geografi terhadap kejadian malaria sangat signifikan dan beragam. Berbagai factor ekologi dan iklim memainkan peran penting dalam penularan dan prevalensi penyakit malaria. Daerah pesisir dengan suhu dan kelembaban sedang, disertai curah hujan yang teratur, menciptakan lingkungan yang stabil bagi perkembangbiakan nyamuk dan penularan malaria. Area pegunungan dengan fluktuasi suhu dan perubahan ekologi dapat berdampak signifikan terhadap populasi nyamuk dan penularan malaria. Aktivitas manusia seperti urbanisasi dan perluasan populasi dapat mengubah lingkungan dan berkontribusi terhadap penularan malaria di wilayah ini. Wilayah endemis tinggi malaria di Papua memiliki letak geografis diantara pegunungan, persawahan yang masih banyak pepohonan, semak-semak, kandang ternak di samping rumah yang mendukung terjadinya penularan Malaria (Natalia Br Sembiring et al., 2023). Sebuah studi di Bangladesh menunjukkan kawasan hutan dan dataran tinggi berisiko terhadap penyakit malaria, hal ini terkait keberadaan vector anopheles yang ditemukan di hutan dan di pinggiran hutan (Haque et al., 2011).

Penetapan kota-pedesaan telah menjadi faktor risiko penting dalam epidemiologi penyakit menular. Faktor-faktor yang beragam dan spesifik dalam konteks yang melibatkan lingkungan sosial dan bangunan yang menjadi ciri dan membedakan ruang perkotaan dan pedesaan, dan dengan demikian dapat

mempengaruhi kesehatan. Malaria adalah salah satu contoh penyakit yang risikonya berbeda antara wilayah pedesaan dan perkotaan. Insiden malaria umumnya lebih rendah di perkotaan dibandingkan di pedesaan. Perbedaan kejadian malaria antara perkotaan dan pedesaan sebagian disebabkan oleh sedikitnya peluang reproduksi vektor nyamuk di perkotaan. Habitat perkotaan secara umum dianggap kurang menguntungkan bagi sebagian besar spesies *anopheles* yang kompeten karena kurangnya lokasi perkembangbiakan yang sesuai. Sebaliknya karakteristik yang terkait dengan wilayah pedesaan, seperti genangan air, perumahan yang buruk, dan akses ke layanan kesehatan dapat mendukung perkembangan vektor (Larson et al., 2021).

Penularan malaria dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk tingkat kepadatan penduduk, pergerakan migrasi dari wilayah non-endemis ke daerah endemis, serta dampak perubahan iklim global yang belakangan ini cenderung memperburuk penyebaran penyakit tersebut. Iklim lokal memainkan peran penting dalam menentukan pola penularan, dengan elemen-elemen seperti suhu, curah hujan, kelembapan, dan kecepatan angin yang berkontribusi terhadap sejumlah populasi vektor nyamuk. Kelembapan yang rendah dapat memperpendek umur nyamuk karena meningkatkan penguapan cairan tubuhnya, yang akhirnya menyebabkan dehidrasi dan kematian. Selain itu, kelembapan juga berkaitan dengan kondisi iklim mikro yang memengaruhi kecenderungan nyamuk untuk menggigit, baik di dalam maupun luar ruangan. Selama musim kemarau, nyamuk berperilaku endofilik cenderung beristirahat di dalam rumah atau tempat-tempat dengan kelembapan mikro yang stabil, sementara nyamuk yang bersifat exofilik biasanya mencari tempat berlindung di vegetasi rendah atau lubang tanah yang tetap lembap (Nilasari & Lazuardi, 2017).

Daerah endemis seperti Manokwari, malaria menjadi masalah kesehatan terutama pada kelompok berisiko tinggi yaitu ibu hamil dan balita. Upaya mencegah eliminasi malaria tahun 2030, merupakan salah satu strategi yang dilakukan pemerintah pusat dalam mendorong komitmen pemerintah daerah, terutama daerah endemis tinggi. Pengendalian malaria juga didukung aktif dari segenap aspek untuk turut berkontribusi secara signifikan dalam pencegahan malaria dan mempertahankan status bebas malaria bagi daerah-daerah yang sudah mencapai status eliminasi.

Penelitian ini menitikberatkan pada aspek ekologi dan sosio-demografi sebagai faktor risiko kejadian malaria. Penjelasan mengenai situs malaria, faktor-faktor risikonya mendorong peneliti untuk faktor sosio-ekologi kejadian malaria di Kabupaten Manokwari Papua Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan faktor ekologi dan sosio-demografi kejadian malaria di Kabupaten Manokwari.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis variasi ekologi dan sosio-demografi kasus malaria di Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023

1.3.1 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dalam penelitian ini diantaranya :

- a. Untuk menganalisis hubungan antara kepadatan penduduk terhadap kasus malaria Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023
- b. Untuk menganalisis hubungan antara kemiskinan terhadap kasus malaria Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023
- c. Untuk menganalisis hubungan antara karakteristik wilayah terhadap kasus malaria Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023
- d. Untuk menganalisis hubungan antara suhu terhadap kasus malaria Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023
- e. Untuk menganalisis hubungan antara curah hujan terhadap kasus malaria Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023
- f. Untuk menganalisis hubungan antara kelembapan terhadap kasus malaria Kabupaten Manokwari Tahun 2019-2023

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Ilmiah

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman mengenai malaria dan menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam pengembangan ilmu tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penularan dan penyebaran malaria, serta upaya pencegahan dan pemberantasan vektor malaria.

1.4.2 Manfaat Institusi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi data dasar dan wawasan mengenai faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi penyebaran kasus malaria, yang berguna bagi pemerintah Provinsi Papua Barat, Kabupaten Manokwari, serta Dinas Kesehatan Kabupaten Manokwari.

1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat

Diharapkan masyarakat dapat memperoleh pemahaman mengenai penyebab terjadinya malaria, sehingga mereka dapat mengambil langkah-langkah mengatasinya.

1.5 Tinjauan Pustaka

1.5.1 Tinjauan Umum Tentang Malaria

a. Pengertian Malaria

Malaria adalah penyakit yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina dan disebabkan oleh *protozoa* dari *genus plasmodia family plasmodiidae*. Malaria merupakan salah satu

masalah kesehatan global yang signifikan, dengan empat jenis utama, yaitu tropika, tertiana, ovale, dan quartana. Setiap tahunnya, lebih dari satu juta orang meninggal akibat malaria. Penyakit ini ditularkan secara alami oleh gigitan nyamuk *Anopheles* betina dan dapat menyerang siapa saja, terutama mereka yang tinggal di daerah yang memiliki kondisi yang mendukung berkembangnya nyamuk tersebut (Arsin. A, 2012).

Malaria tergolong sebagai penyakit yang kembali muncul (*reemerging disease*). Kondisi ini berkaitan dengan pemanasan global yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia, khususnya pencemaran lingkungan yang menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti CO₂, CFC, CH₃, NO, *Perfluoro Carbon*, dan *Carbon Tetra Fluoride*. Gas-gas tersebut berkontribusi terhadap peningkatan suhu atmosfer dan kerusakan lapisan ozon, yang menyebabkan lebih banyak radiasi matahari masuk ke bumi dan terjebak oleh lapisan gas tersebut, sehingga mengakibatkan naiknya temperatur global. Tercatat ada lebih dari 422 spesies nyamuk *Anopheles* di dunia, dengan sekitar 60 spesies berperan sebagai vektor alami penularan malaria. Di Indonesia sendiri, ditemukan sekitar 80 spesies *Anopheles*, dimana 22 di antaranya berpotensi menularkan malaria. Dari jumlah tersebut, 18 spesies telah dipastikan sebagai vektor malaria, sedangkan 4 spesies lainnya masih dalam kategori dugaan. Habitat nyamuk ini meliputi daerah pantai, rawa, sawah, hutan, hingga pegunungan. Nyamuk *Anopheles* betina dewasa merupakan pembawa malaria dan dapat hidup hingga satu bulan (Arsin. A, 2012).

b. Vektor Malaria

Malaria disebabkan oleh parasite dari genus *Plasmodium* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Nyamuk ini tergolong dalam *Phylum Arthropoda*, *Ordo Diptera*, kelas *Hexapoda*, famili *Culicidae*, subfamili *Anopheline*, serta Genus *Anopheles*. Terdapat lima spesies *Plasmodium* yang diketahui menyebabkan malaria, yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae*, dan *Plasmodium knowlesi*, dengan spesies terakhir ini masih jarang ditemukan kasusnya di Indonesia.

Nyamuk *Anopheles* umumnya memiliki jangkauan terbang yang terbatas, hanya sekitar 2 hingga 3 kilometer dari lokasi tempat berkembang biaknya. Namun, dalam kondisi tertentu seperti angin kencang, jarak tempuhnya bisa mencapai hingga 30 kilometer. Selain itu, nyamuk ini juga dapat tersebar melalui moda transportasi seperti pesawat atau kapal, sehingga memungkinkan penularan malaria ke wilayah yang sebelumnya tidak endemik. Proses penularan terjadi saat nyamuk *Anopheles* menggigit individu yang terinfeksi malaria

dan menyerap parasit dalam darahnya. Parasit ini kemudian berkembang biak di dalam tubuh nyamuk hingga nyamuk tersebut menjadi infeksius dan mampu menularkan malaria ke manusia lain.

Nyamuk *Anopheles* yang terinfeksi menggigit orang yang sehat (belum terjangkit malaria). Setelah sekitar 12-30 hari (tergantung pada spesies parasit), jika sistem kekebalan tubuh orang tersebut tidak mampu melawan penyakit ini, maka orang tersebut akan jatuh sakit malaria dan mulai mengalami gejala-gejala malaria (Fitriany & Sabiq, 2018).

c. Jenis Parasit Malaria

1) Malaria *Falciparum*

Jenis malaria ini disebabkan oleh *Plasmodium falciparum* dan ditandai dengan demam yang muncul secara intermiten atau bahkan terus-menerus. *Plasmodium falciparum*, yang juga dikenal sebagai penyebab malaria tropika, merupakan bentuk paling berbahaya dari semua jenis malaria dan satu-satunya yang dapat menimbulkan gangguan mikrovaskular. Infeksi ini berpotensi menyebabkan komplikasi serius seperti malaria otak (serebral), anemia berat, syok, gagal ginjal akut, perdarahan, dan gangguan pernapasan, hingga kematian.

2) Malaria *Vivax*

Penyakit ini ditularkan oleh *Plasmodium vivax*, yang menyebabkan demam berulang dengan jeda bebas demam selama dua hari. *P. vivax* juga telah dikaitkan dengan beberapa kasus malaria berat. Jenis ini dikenal sebagai malaria tertiana. Tanpa pengobatan, gejalanya bisa berlangsung selama dua hingga tiga bulan, dengan kemungkinan kekambuhan mencapai 50%, terjadi dalam rentang waktu beberapa minggu hingga lima tahun setelah infeksi pertama.

3) Malaria *Ovale*

Disebabkan oleh *Plasmodium ovale*, jenis ini biasanya menimbulkan gejala yang lebih ringan, dengan pola demam mirip dengan malaria *vivax*. Penyakit ini tergolong jarang dan umumnya ditemukan di wilayah Afrika serta Asia Pasifik bagian barat. Banyak kasus malaria *ovale* yang sembuh tanpa pengobatan. Dalam beberapa kasus, seseorang dapat mengalami infeksi campuran, yaitu infeksi oleh lebih dari satu jenis *Plasmodium*, biasanya berupa kombinasi *P. falciparum* dengan *P. vivax* atau *P. malariae*. Infeksi semacam ini cenderung lebih sering terjadi di daerah dengan tingkat penularan tinggi. Meski malaria akibat *Plasmodium* selain *falciparum* jarang mematikan, infeksi tetap menyebabkan penurunan kondisi fisik yang ditandai dengan demam, menggigil, dan rasa lemah selama 10 – 14 hari.

4) Malaria Malariae

Jenis ini disebabkan oleh *Plasmodium malariae* dan memiliki pola demam yang muncul kembali setiap tiga hari (kuartana).

5) Malaria Knowlesi

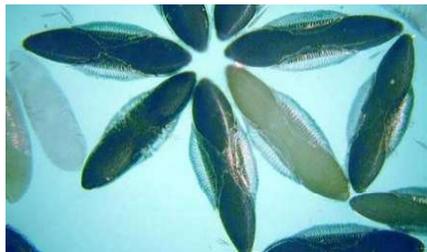
Plasmodium knowlesi adalah penyebab jenis malaria ini, yang menimbulkan gejala klinis yang menyerupai malaria *falciparum*.

d. Siklus Hidup Nyamuk *Anopheles*

Nyamuk *Anopheles* merupakan salah satu jenis nyamuk dari kelompok yang sama dengan *Aedes*, *Culex*, dan *Mansonia*. Siklus hidupnya terdiri dari empat tahap: telur, larva, pupa, dan dewasa. Ketiga tahap awal berlangsung di lingkungan perairan, sementara tahap dewasa berlangsung di darat. Seluruh siklus ini berlangsung selama 7 – 14 hari. Nyamuk betina dewasa, yang bertindak sebagai vektor malaria, umumnya hidup selama satu bulan, meskipun di alam bebas, usianya biasanya hanya 1 – 2 minggu.

1) Tahap Telur

Nyamuk betina *Anopheles* biasanya meletakkan antara 50 hingga 200 butir telur di air. Awalnya, telur-telur tersebut berwarna putih dan berubah menjadi gelap dalam waktu satu hingga dua jam. Bentuknya lonjong dengan ujung runcing di kedua sisi. Telur-telur ini diletakkan secara terpisah atau tersebar di permukaan air. Karena tidak tahan kekeringan, telur menetas dalam waktu 2 – 3 hari, meskipun di daerah bersuhu dingin, proses ini bisa memakan waktu hingga 2 – 3 minggu (Endah Setyaningrum, 2020).



Gambar 1. Telur *Anopheles*

Sumber: (Connelly, 2018)

2) Tahap Larva

Larva *Anopheles* tidak memiliki kaki dan tidak dilengkapi alat pernapasan (*siphon*), sehingga posisinya sejajar dengan permukaan air saat beristirahat. Bernapas melalui *spirakel* di segmen perut kedelapan. Kepala larva memiliki alat menyerupai sikat yang digunakan untuk mengumpulkan makanan seperti ganggang, bakteri, dan mikroorganisme lain dari permukaan air. Pertumbuhan larva dipengaruhi oleh suhu, nutrisi, dan keberadaan predator. Jika merasa terganggu, larva akan menyelam ke dasar

air. Sebelum berubah menjadi pupa, larva melalui empat tahapan pertumbuhan.



Gambar 2. Larva *Anopheles*

Sumber: (CDC, 2024)

3) Tahap Pupa

Pupa merupakan tahap akhir sebelum menjadi nyamuk dewasa. Pada fase ini, nyamuk tidak membutuhkan makanan. Di dalam pupa, terbentuklah organ-organ seperti alat kelamin, kaki, dan sayap. Durasi tahap ini biasanya 2 – 4 hari, dengan waktu perkembangan pupa jantan sedikit lebih cepat daripada betina.



Gambar 3. Pupa *Anopheles*

Sumber: CDC, 2024

4) Tahap Dewasa

Setelah menyelesaikan tahapan sebelumnya, nyamuk dewasa berpindah dari air ke daratan. Di fase inilah nyamuk *Anopheles* betina berperan sebagai penular malaria. Di penangkaran, umur nyamuk betina bisa mencapai sebulan lebih, namun di alam, umumnya hanya hidup 1 – 2 minggu.

Nyamuk *Anopheles* memiliki ukuran tubuh kecil, sekitar 4 – 13 mm, dan struktur tubuh yang rapuh. Tubuhnya terdiri dari kepala, dada (*toraks*), dan perut (*abdomen*) yang meruncing. Kepala lebih kecil dibandingkan bagian *toraks* dan *abdomen*, dan memiliki sepasang antena di dekat mata majemuk. Antena terdiri dari 14 – 15 segmen, dengan rambut panjang dan lebat (tipe *plumose*) pada jantan, sementara betina memiliki antena yang lebih halus.

Mulut nyamuk membentuk struktur seperti jarum (*proboscis*) yang menonjol ke depan. *Proboscis* pada nyamuk betina berfungsi

untuk menembus kulit inangnya dan mengisap darah, yang menjadikannya sebagai vektor malaria. Sebaliknya, nyamuk jantan menggunakan *proboscis* untuk menyerap cairan seperti nektar, getah tumbuhan, atau keringat manusia, dan tidak berperan dalam penularan penyakit.



Gambar 4. Nyamuk Anopheles Betina
Sumber: CDC, 2024

e. Epidemiologi Malaria

Jumlah kasus malaria secara global mengalami peningkatan pada tahun 2021, dari 245 juta kasus di tahun sebelumnya menjadi 247 juta, dengan mayoritas lonjakan terjadi di benua Afrika. Meskipun demikian, tingkat kejadian malaria tetap konstan dari 2020 ke 2021, yaitu sekitar 59 kasus per 1.000 penduduk yang berisiko, setelah mengalami kenaikan dari 57 per 1.000 penduduk pada tahun 2019. Kenaikan pada tahun 2020 sebagian besar disebabkan oleh terganggunya upaya pencegahan dan pengendalian malaria akibat pandemi COVID-19. Jumlah kematian akibat malaria pun meningkat sebesar 10% pada tahun 2020 dibandingkan tahun 2019, namun turun kembali menjadi 619.000 kematian pada tahun 2021 (Sanz et al., 2023).

Di Indonesia, malaria tersebar luas hampir di seluruh wilayah, dengan tingkat keparahan dan persebaran infeksi yang bervariasi. Sekitar setengah dari populasi Indonesia tinggal di wilayah yang tergolong endemis malaria, dengan perkiraan sekitar 30 juta kasus terjadi setiap tahunnya. Beberapa faktor teknis menjadi penyebab tingginya angka kejadian, seperti pembangunan yang mengabaikan aspek kesehatan lingkungan, mobilitas penduduk dari wilayah endemis, resistensi vektor terhadap insektisida, serta berkembangnya resistensi terhadap obat anti-malaria. Tingkat endemisitas malaria antardaerah pun tidak seragam dan dapat diukur melalui indikator seperti angka limpa, angka parasit, dan angka sporozoit, yang dikenal sebagai indikator malariometri. Variasi karakteristik malaria di setiap wilayah juga ditentukan oleh jenis parasit, kondisi manusia sebagai hospes, jenis nyamuk vektor, serta faktor lingkungan yang mendukung keberlangsungan siklus hidup nyamuk. Di Indonesia,

jenis *Plasmodium falcifarum* dan *Plasmodium vivax* merupakan yang paling umum ditemukan, sedangkan *Plasmodium malariae* jarang dijumpai di wilayah Indonesia timur, dan *Plasmodium ovale* lebih jarang lagi, meskipun pernah dilaporkan muncul di daerah seperti Flores, Timor dan Irian Jaya.

f. Manifestasi Klinis Malaria

Berdasarkan tingkat keparahannya, malaria diklasifikasikan menjadi dua kategori:

1) Malaria ringan (tanpa komplikasi)

Meskipun dikategorikan ringan, jenis malaria ini tetap dapat menimbulkan ketidaknyamanan yang besar bagi penderitanya. Gejala yang umum meliputi demam dan menggigil, sering disertai dengan sakit kepala, mual, muntah, diare, nyeri otot, atau rasa pegal. Intensitas gejala dapat bervariasi tergantung pada daya tahan tubuh penderita serta jenis *Plasmodium* yang menginfeksi. Demam biasanya merupakan gejala awal akibat proses *skizogoni* (pecahnya *skizon*), aktivitas GPI (*glycosyl phosphatidylinositol*), atau produksi sitokin dan racun lain dari parasit. Di daerah yang tingkat penularannya tinggi (hiperendemik), banyak penderita yang tidak mengalami demam meskipun terinfeksi, dan kondisi ini dikenal sebagai infeksi tanpa gejala. Ciri khas dari malaria meliputi demam berkala, pembesaran limpa, dan anemia. Berikut adalah manifestasi umum malaria:

a) Masa inkubasi

Rentang masa inkubasi berkisar antara 8 hingga 37 hari, tergantung pada spesies parasit. *P. falciparum* memiliki masa inkubasi paling pendek, sedangkan *P. Malariae* paling panjang. Durasi ini juga dipengaruhi oleh kondisi imun, riwayat pengobatan, dan rute infeksi (gigitan nyamuk atau melalui transfusi darah yang mengandung parasit aseksual).

b) Gejala prodromal

Sebelum demam muncul, gejala awal seperti lesu, sakit kepala, nyeri di punggung dan sendi, kehilangan nafsu makan, ketidaknyamanan di perut, diare ringan, atau rasa dingin di bagian punggung dapat terjadi. Gejala ini lebih sering muncul pada infeksi *P. vivax* dan *P. ovale*, sedangkan pada infeksi *P. falciparum* dan *P. Malariae*, gejala awal sering kali tidak tampak jelas.

c) Gejala khas (trias malaria)

Trias malaria terdiri dari tiga fase yang terjadi secara berurutan:

(1) Fase dingin (*cold stage*)

Berlangsung 15 menit hingga 1 jam, ditandai dengan rasa menggigil hebat, gigi gemertak, denyut nadi lemah tapi cepat, kulit pucat dan kering, serta jari-jari dan bibir yang tampak kebiruan. Terkadang disertai muntah.

(2) Fase panas (*hot stage*)

Berlangsung selama 2 hingga 4 jam, ditandai dengan demam tinggi (bisa mencapai 41°C), wajah kemerahan, kulit kering, sakit kepala parah, rasa haus yang berlebihan, dan nadi yang menguat. Anak-anak mungkin mengalami kejang akibat suhu tubuh yang sangat tinggi.

(3) Fase berkeringat (*sweating stage*)

Berlangsung 2 hingga 4 jam, penderita mengeluarkan keringat dalam jumlah besar, suhu tubuh menurun hingga normal bahkan di bawah normal. Setelah itu, pasien biasanya merasa lelah dan tertidur, kemudian terbangun dalam kondisi lebih baik tanpa gejala berat.

Trias malaria ini biasanya berlangsung selama 6 hingga 10 jam, dan sering dialami oleh pasien dari wilayah non-endemis atau mereka yang belum memiliki kekebalan terhadap malaria. Di daerah endemis, gejala klasik tidak selalu muncul secara berurutan, dan pada banyak kasus bahkan tidak tampak sama sekali. Gejala dapat sangat bervariasi tergantung jenis *Plasmodium* dan status imun penderita. Di wilayah hiperendemik, penderita mungkin tidak mengalami demam, tetapi merasakan keluhan lain seperti nyeri otot atau diare. Ini disebut sebagai gejala lokal spesifik. Gejala klasik lebih sering ditemukan pada malaria *vivax*, sedangkan pada *falciparum*, gejala menggigil bisa berat atau bahkan tidak muncul. Selang waktu antara dua episode demam disebut sebagai fase afebrile, yang berlangsung sekitar 12 jam pada *P. falciparum*, 36 jam pada *P. vivax* dan *P. ovale*, serta 60 jam pada *P. malariae*.

2) Gejala malaria berat (malaria dengan komplikasi)

Penderita dikategorikan mengalami malaria berat jika ditemukan parasit malaria dalam darah melalui pemeriksaan laboratorium Sediaan Darah Tepi atau *Rapid Diagnostic Test* (RDT), disertai dengan satu atau lebih gejala/komplikasi berikut ini:

- a) Gangguan kesadaran dengan berbagai tingkat keparahan (mulai dari koma hingga penurunan kesadaran yang lebih ringan, seperti mengigau, berbicara tidak jelas, tidur terus-menerus, diam saja, atau perubahan tingkah laku)

- b) Kondisi tubuh yang sangat lemah (tidak mampu duduk atau berdiri)
- c) Kejang-kejang
- d) Demam sangat tinggi
- e) Mata atau tubuh berwarna kuning
- f) Tanda-tanda dehidrasi (mata cekung, berkurangnya turgor dan elastisitas kulit, bibir kering, dan produksi urin berkurang)
- g) Perdarahan pada hidung, gusi atau saluran pencernaan
- h) Pernapasan cepat atau sesak nafas
- i) Muntah terus menerus dan kesulitan makan atau minum
- j) Urin berwarna seperti teh hitam atau bahkan sangat gelap
- k) Jumlah urin berkurang atau bahkan tidak ada sama sekali
- l) Telapak tangan sangat pucat (anemia dengan kadar Hb kurang dari 5 g/dL)

Penderita malaria berat harus segera dibawa atau dirujuk ke fasilitas kesehatan untuk mendapatkan perawatan yang tepat.

g. Diagnosis Malaria

Penegakan diagnosis malaria dilakukan berdasarkan gejala klinis yang dapat bervariasi dari ringan hingga mengancam nyawa. Gejala utama berupa demam kerap disalahartikan sebagai penyakit lain seperti tifus, demam berdarah, leptospirosis, chikungunya, atau infeksi saluran pernapasan. Trombosit rendah sering dikaitkan dengan dengue atau leptospirosis, sedangkan demam disertai kulit dan mata kuning (ikterik) bisa dikira sebagai hepatitis. Jika demam disertai penurunan kesadaran, kerap diduga sebagai infeksi otak atau stroke. Pada anak-anak di bawah usia lima tahun, diagnosis malaria dilakukan dengan pendekatan Manajemen Terpadu Balita Sakit (MTBS), ditambah informasi mengenai riwayat perjalanan ke daerah endemis, riwayat infeksi malaria sebelumnya, atau riwayat transfusi darah, terutama di daerah endemis ringan hingga sedang. Dalam MTBS, adanya gejala demam dan/atau pucat menjadi indikasi untuk pemeriksaan sediaan darah (Kemenkes RI, 2019).

1) Anamnesis

Karena gejala klinis malaria sangat beragam, maka riwayat perjalanan ke wilayah endemis malaria penting untuk ditanyakan pada setiap pasien dengan keluhan demam. Keluhan yang umum termasuk demam, menggigil, keringat berlebih, sakit kepala, mual, muntah, nyeri otot, dan diare. Informasi penting dalam anamnesis meliputi:

- a) Riwayat bepergian atau tinggal di daerah endemis.
- b) Pernah mengalami malaria atau demam serupa.
- c) Penggunaan obat antimalaria dalam 30 hari terakhir.
- d) Riwayat transfusi darah.

e) Riwayat menginap di hutan atau tempat berisiko tinggi.

2) Pemeriksaan fisik

Gejala yang diperiksa secara fisik meliputi:

- a) Suhu tubuh tinggi (di atas 37,5°C).
- b) Pucat pada telapak tangan atau konjungtiva
- c) Pembesaran limpa atau hati pada infeksi kronik.

Pada malaria berat, gejala dapat meliputi penurunan kesadaran, demam tinggi, ikterik, produksi urin sedikit atau urin berwarna coklat kehitaman (black water fever), kejang, dan kelemahan ekstrem. Pasien seperti ini perlu segera dirujuk ke fasilitas kesehatan dengan layanan intensif.

3) Pemeriksaan laboratorium

Diagnosis pasti hanya dapat ditegakkan melalui pemeriksaan darah. Ada dua metode utama:

a) Mikroskopik

Metode standar ini dilakukan melalui sediaan darah tebal dan tipis. Pengamatan dapat diulang hingga 72 jam jika diduga infeksi *P. vivax*. Tujuannya adalah:

- (1) Menentukan keberadaan parasit malaria;
- (2) Mengidentifikasi spesies dan stadium parasit;
- (3) Menghitung jumlah parasit.

(a) Semi kuantitatif

- (-) : tidak ditemukan parasit dalam 100 lapangan pandang besar (LPB).
- (+) hingga (+++++) berdasarkan jumlah parasite per LPB

(b) Kuantitatif

Menghitung parasit per mikroliter darah dengan memperhatikan jumlah leukosit dan eritrosit. Contoh perhitungan: Jika terdapat 1500 parasit dalam 200 leukosit dan total leukosit 8.000/ μ L, maka total parasit adalah 60.000 parasit/ μ L darah, atau sekitar 1,3% eritrosit terinfeksi.

b) Pemeriksaan dengan tes diagnostik cepat (*rapid diagnostic test/ RDT*)

Tes ini mendeteksi antigen malaria dengan metode imunokromatografi. Cocok digunakan dalam keadaan darurat, seperti wabah, atau di fasilitas dengan keterbatasan alat mikroskopis. Pemeriksaan ini idealnya tetap dikonfirmasi dengan mikroskop. Pada kasus malaria berat, pemeriksaan tambahan meliputi:

- (1) Hematologi lengkap.

- (2) Analisis kimia darah (glukosa, *bilirubin*, enzim hati, elektrolit, urea, kreatinin).
 - (3) Urinalisis.
 - (4) Foto rontgen dada.
 - (5) Pungsi lumbal untuk gangguan neurologis.
- h. Upaya Pencegahan dan Pengendalian Malaria
- Secara umum strategi pencegahan malaria mencakup tiga langkah utama (Arsin. A, 2012):
- 1) Mengurangi sumber infeksi (*reservoir*).
Mengobati penderita malaria akut menggunakan obat antimalaria yang efektif terhadap bentuk aseksual dalam darah agar pembentukan gametosit (bentuk menular) dapat dicegah. Jika gametosit sudah terbentuk, digunakan obat khusus (gametosida) untuk mematikan bentuk ini.
 - 2) Pengendalian nyamuk vektor
Upaya pemberantasan nyamuk mencakup:
 - a) Menghilangkan tempat berkembang biak (genangan air, tumbuhan air, memperlancar saluran air, menimbun lubang)
 - b) Membunuh larva/jentik menggunakan:
 - Minyak tanah, insektisida
 - Ikan pemakan jentik (seperti *Gambusia affinis*)
 - *Crustacea* pemangsa (misalnya *Mesocyclops*)
 - Bakteri *Bacillus thuringiensis* (dikultur menggunakan air kelapa)
 - c) Membasmi nyamuk dewasa dengan penyemprotan insektisida (pengganti DDT modern)
 - d) Teknik rekayasa genetika untuk membuat nyamuk steril juga sedang dikembangkan
 - 3) Melindungi kelompok rentan
Langkah-langkah perlindungan individu meliputi:
 - a) Menghindari gigitan nyamuk (menggunakan kelambu, obat antinyamuk)
 - b) Pemberian obat profilaksis (pencegahan) untuk kelompok berisiko
 - c) Vaksinasi (masih dalam tahap penelitian dan belum digunakan secara luas).

1.5.2 Tinjauan Umum Tentang Faktor Penyebab Malaria

Kesehatan manusia dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara aktivitas manusia, faktor biologis, serta lingkungan fisik dan kimia. Malaria sebagai penyakit menular muncul dari interaksi yang saling berkaitan antara unsur *host* (manusia dan nyamuk), agen penyebab (parasit *Plasmodium*), dan faktor lingkungan. Dalam konteks epidemiologi, ketiga

komponen ini saling memengaruhi dalam menentukan penyebaran penyakit malaria di suatu wilayah.

a. Faktor Agen Penyebab

Agen dalam konteks malaria mengacu pada organisme yang memicu penyakit ketika berhasil melakukan kontak efektif dengan inang yang rentan. Agen malaria merupakan parasit dari genus *Plasmodium*, yang tergolong protozoa dari kelas *Sporozoa*. Parasit ini mencakup *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae*, dan *P. ovale*, yang menginfeksi manusia. Penyakit ini umumnya ditandai oleh gejala demam berkala, anemia, dan pembesaran limpa, dengan potensi komplikasi serius terutama pada infeksi *P. falciparum*.

Agar tetap mampu bertahan dan menyebar, parasit malaria harus menetap dalam tubuh manusia cukup lama hingga menghasilkan gametosit, serta mampu menyesuaikan diri dengan karakteristik nyamuk vektor untuk memungkinkan proses reproduksi seksual di dalam tubuh nyamuk. Setiap spesies *Plasmodium* memiliki karakteristik unik yang memengaruhi derajat keparahan dan penularan. Misalnya, *P. falciparum* memiliki masa inkubasi pendek, parasitemia tinggi, dan gejala berat, sementara *P. vivax* dan *P. ovale* menyebabkan gejala lebih ringan dan memungkinkan relaps melalui bentuk dorman di hati (hipnozoit).

b. Faktor Host

Terdapat dua jenis host dalam siklus malaria: manusia sebagai *host intermediate* dan nyamuk *Anopheles* betina sebagai *host definitif*.

1) Manusia (*Host Intermediate*)

Setiap orang berisiko terinfeksi malaria, meskipun risiko ini dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, ras, dan riwayat penyakit sebelumnya. Bayi di daerah endemis mendapat perlindungan sementara melalui antibodi dari ibu. Wanita hamil berisiko lebih tinggi terinfeksi, yang dapat memengaruhi kehamilan, menyebabkan berat lahir rendah hingga keguguran.

Beberapa faktor intrinsik yang memengaruhi kerentanan seseorang terhadap malaria meliputi:

- a) Usia: Anak-anak lebih rentan karena belum memiliki kekebalan yang terbentuk secara alamiah.
- b) Jenis kelamin: Tidak ada perbedaan biologis signifikan, namun infeksi pada Wanita hamil dapat memperparah anemia.
- c) Ras: Kelompok tertentu memiliki kekebalan genetik, seperti dividual dengan hemoglobin S (HbS).
- d) Riwayat malaria: Individu yang pernah terinfeksi dapat memiliki kekebalan parsial.
- e) Pola hidup: Aktivitas malam hari tanpa pelindung meningkatkan risiko gigitan nyamuk.

- f) Status gizi: Nutrisi yang baik mendukung respon imun, sementara defisiensi zat gizi tertentu dapat memperburuk kondisi infeksi. Kekurangan zat besi dan *riboflavin* dapat memberikan perlindungan terhadap infeksi malaria yang parah (Harjanto, 2003).

2) Vektor Malaria (*Host Definitif*)

Dari lebih dari 80 spesies *Anopheles* di Indonesia, sekitar 24 spesies terbukti menjadi vektor malaria. Setiap spesies memiliki habitat khas, seperti *An. Sundaicus* di perairan payau atau *An. Maculatus* di dataran tinggi. Faktor-faktor seperti kepadatan nyamuk, umur nyamuk, siklus sporogony, dan jumlah sporozoite menentukan tingkat penularan malaria. Tanpa keberadaan nyamuk sebagai vektor, penularan malaria tidak dapat berlangsung.

c. Faktor Lingkungan

1) Lingkungan Fisik

Lingkungan tempat tinggal manusia dan nyamuk sangat menentukan siklus hidup nyamuk. Misalnya, *An. Aconitus* berkembang di sawah berteras, sementara *An. Balabacensis* ditemukan di daerah berhutan. Faktor-faktor fisik utama meliputi:

a) Suhu

Rentang suhu optimal 20-30°C mendukung perkembangan parasit dalam nyamuk. Suhu yang terlalu rendah atau tinggi menghambat perkembangan nyamuk dan parasit. Transmisi *P. vivax* memerlukan suhu minimum rata-rata 15°C, sementara *P. falciparum* membutuhkan suhu minimum rata-rata 19°C. Peningkatan suhu mempercepat masa inkubasi ekstrinsik parasit, sedangkan penurunan suhu memperlambatnya (Anindhita et al., 2017). Suhu juga mempengaruhi metabolisme, pertumbuhan, dan adaptasi larva nyamuk, dimana kenaikan suhu sebesar 1°C dapat meningkatkan kecepatan metabolisme sekitar 10%. Namun, suhu di atas 32-35°C dapat mengganggu metabolisme serangga secara umum.

b) Kelembaban

Kelembaban tinggi memperpanjang umur nyamuk dan meningkatkan aktivitas menggigit. Sistem pernapasan nyamuk menggunakan saluran udara bernama trakea dengan lubang-lubang dinding yang disebut spirakel. Pada kondisi kelembaban rendah, spirakel terbuka lebar tanpa pengaturan, sehingga menyebabkan penguapan air dari tubuh nyamuk (Arsin. A, 2012). Kelembaban secara berkala selama musim kemarau

dapat menimbulkan kondisi yang memungkinkan vektor nyamuk mencari inang (Duque et al., 2022).

c) Curah Hujan

Faktor iklim dan meteorologi seperti curah hujan, suhu, dan kelembaban relatif mempunyai dampak besar terhadap kelimpahan vektor *Anopheles* dan siklus ekstrinsik yang dilakukan parasit di dalam tubuh nyamuk (Oheneba-Dorny et al., 2022). Secara umum, hujan akan memfasilitasi perkembangan nyamuk dan timbulnya epidemi malaria. Tingkat dampak tersebut dipengaruhi oleh tipe dan jumlah hujan, jenis vektor, serta kondisi tempat perindukan. Kombinasi antara hujan dan sinar matahari juga dapat meningkatkan peluang perkembangan tersebut.

d) Topografi

Faktor topografi seperti elevasi, lereng, arah pandangan, dan kekasaran memegang peranan vital dalam penyebaran malaria di daerah pegunungan. Mereka memengaruhi berbagai aspek biologis, termasuk keberadaan habitat larva dan jumlah nyamuk malaria (Atieli et al., 2011). Umumnya, tingkat malaria menurun seiring dengan meningkatnya ketinggian, yang berhubungan dengan penurunan suhu rata-rata. Di ketinggian lebih dari 2000 meter, penularan malaria menjadi jarang, meskipun perubahan iklim seperti pemanasan global dan fenomena El-Nino dapat mengubah situasi tersebut. Contohnya, di pegunungan Irian Jaya, yang dulunya jarang ditemukan malaria, kini kasus malaria semakin sering terjadi.

e) Angin

Kecepatan angin memiliki peran yang signifikan dalam membentuk pola kejadian malaria, khususnya di sekitar perairan besar seperti waduk. Perbedaan wilayah dalam topografi, iklim, dan habitat pembiakan juga berpengaruh terhadap efek kecepatan angin terhadap penularan malaria (Ateba et al., 2020). Kecepatan angin 11–14 m/s dapat menghambat penerbangan nyamuk (Sandy & Wike, 2019). Kecepatan dan arah angin dapat mempengaruhi jarak terbang nyamuk dan ikut menentukan jumlah kontak antara nyamuk dan manusia (Arsin. A, 2012).

2) Lingkungan Biologi

Lingkungan biologis seperti tumbuhan di darat dan air dapat menciptakan kondisi yang ideal bagi perkembangan nyamuk. Tumbuhan besar seperti perkebunan atau hutan dapat menyebabkan rendahnya pencahayaan dan suhu di permukaan

tanah. Dalam kondisi suhu rendah dan kelembaban tinggi, nyamuk dapat beristirahat setelah mengisap darah inangnya dan menunggu proses perkembangan telur dimulai (Perdana, 2022).

Tumbuhan bakau, lumut, dan vegetasi lainnya dapat memengaruhi habitat larva karena mereka dapat menutupi sinar matahari atau memberikan perlindungan dari predator lainnya. Berbagai jenis ikan yang memakan larva seperti ikan kepala timah (*Punchax Spp*), gambusia, nila, mujair, dan sebagainya juga akan memengaruhi jumlah nyamuk dalam suatu area. Kehadiran ternak seperti sapi, kerbau, dan babi juga dapat mengurangi jumlah gigitan nyamuk pada manusia, terutama jika kandang tersebut ditempatkan dekat dengan tempat perkembangbiakan nyamuk.

3) Lingkungan Kimiawi

Pengaruh lingkungan kimia di sekitar waduk dapat berdampak besar pada penularan malaria dengan memengaruhi perilaku nyamuk *Anopheles*. Sebagai contoh, gelombang permukaan yang dihasilkan oleh angin mungkin meningkatkan tingkat kematian nyamuk di perairan, sehingga mengurangi risiko penularan malaria (Gaudart et al., 2019). Pengaruh lingkungan kimia terhadap perkembangbiakan larva nyamuk bervariasi. Sebagai contoh, *Anopheles sudaicus* berkembang dengan optimal di perairan dengan kadar garam antara 12% hingga 18%, sementara tidak berkembang pada kadar garam di atas 40%. Lingkungan dengan kandungan garam di tempat perindukan adalah habitat yang baru diidentifikasi. Contoh : *An. Sudaicus* yang dapat tumbuh optimal di air payau (Perdana, 2022)

4) Lingkungan Sosio-Demografi

Kondisi sosial dan demografi seperti kepadatan penduduk, tingkat pendidikan, pekerjaan, dan kebiasaan masyarakat sangat memengaruhi dinamika penularan malaria. Tingkat pendidikan yang lebih tinggi biasanya berkaitan dengan kesadaran yang lebih baik terhadap pencegahan penyakit. Perilaku seperti tidur tanpa kelambu atau aktivitas malam hari tanpa perlindungan dapat meningkatkan risiko.

Faktor-faktor sosiodemografi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

(a) Kepadatan Penduduk

Malaria merupakan penyakit infeksi yang muncul kembali setelah terjadinya penurunan yang signifikan sebelumnya dan sekarang muncul kembali dengan peningkatan yang cepat (*re-emerging disease*). Kejadian penyakit menular pada suatu wilayah berhubungan dengan budaya, ekosistem dan kondisi

sosial kependudukan, dan juga merupakan *outcome* dari hubungan interaktif antara kelompok faktor risiko penyakit yaitu, variabel lingkungan dan sosio demografi kependudukan seperti umur, gender, genetika dan perilaku. Selain itu juga dipengaruhi oleh kualitas dan akses pelayanan kesehatan. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam membiasakan perilaku hidup bersih dan sehat atau perubahan perilaku yang mendukung aksesibilitas agent dalam menginfeksi host serta pencemaran lingkungan yang cukup intens sebagai konsekuensi akibat eksplorasi, manipulasi, dan eksploitasi terhadap lingkungan biologis, kimiawi, fisik dan sosial (Kalsum et al., 2018).

(b) Angka Kemiskinan

Kemiskinan berperan dalam penyebaran penyakit infeksi dari berbagai macam penyakit menular, hal ini dikarenakan kemiskinan secara absolut ditentukan berdasarkan ketidakmampuan untuk mencukupi kebutuhan pokok minimum seperti pangan, sandang, kesehatan, perumahan, dan pendidikan yang diperlukan untuk bisa hidup dan bekerja. Malaria sangat mempengaruhi keadaan penduduk miskin di daerah terpencil yang jauh dari akses pelayanan kesehatan. Penduduk miskin cenderung tidak memperhatikan kebutuhan sandang dan papan, dikarenakan sulitnya dalam memenuhi kebutuhan pangan sehari-hari. Dengan demikian keadaan kondisi rumah hanya terbuat dari bahan yang tidak memadai yang menyebabkan nyamuk dapat masuk dalam rumah dan terjadi infeksi dalam rumah. Selain itu juga menyebabkan tidak terpenuhinya kebutuhan gizi secara seimbang sehingga daya tahan tubuh terhadap penyakit Malaria terbilang rendah mengakibatkan mudahnya terserang penyakit Malaria (Kalsum et al., 2018).

1.5.3 Tinjauan Umum Tentang Analisis Spasial

Analisis spasial merupakan Teknik visual yang digunakan untuk memetakan dan menginterpretasikan gabungan antara data lokasi (spasial) dan data deskriptif (atribut). Data spasial menunjukkan letak geografis suatu objek di permukaan bumi, sedangkan data atribut menjelaskan karakteristik non-spasial seperti jumlah penduduk atau variabel lainnya. Dalam bidang epidemiologi, analisis spasial tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, namun juga mencakup analisis statistik spasial untuk mengidentifikasi pola distribusi penyakit, mengukur perbedaan antar wilayah, mengenali potensi kluster penyakit, serta menilai signifikansi paparan berdasarkan lokasi geografis (Wardani, 2016).

Sebagai metode berbasis wilayah, analisis spasial berperan penting dalam pengelolaan penyakit dengan mempertimbangkan elemen spasial seperti kondisi urban dan pedesaan, Kawasan industri, serta bentuk topografi wilayah. Teknik ini dilakukan melalui pengolahan data penyakit dalam konteks geografi yang terhubung dengan aspek populasi, faktor risiko lingkungan, ekonomi sosial, serta hubungan antar variabel (Achmadi, 2009). Berdasarkan Bailey (2001), ada empat tipe data yang biasa digunakan dalam analisis spasial:

- a. Data agregat, yaitu informasi yang diperoleh dari sumber administratif seperti sensus, termasuk jumlah kasus dan status sosial ekonomi.
- b. Data kasus, yaitu data yang dikumpulkan berdasarkan lokasi penderita dan kondisi lingkungan sekitar.
- c. Data geostatistik, yaitu data yang diambil secara langsung melalui pengambilan sampel di lapangan.
- d. Data kontinu, mencakup informasi yang berubah secara terus-menerus seperti iklim dan curah hujan.

1.5.4 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem terintegrasi yang memanfaatkan kombinasi perangkat keras, perangkat lunak, data spasial, dan sumber daya manusia untuk mengelola serta menganalisis informasi berbasis lokasi. Fungsi utamanya meliputi proses input, penyimpanan, pengolahan, analisis, pembaruan, serta visualisasi data yang berhubungan dengan letak geografis (Adil, 2017). Mengacu pada John E. Harmon dan Steven J. Anderson (2003) dalam Adil (2017), SIG terdiri dari beberapa komponen utama:

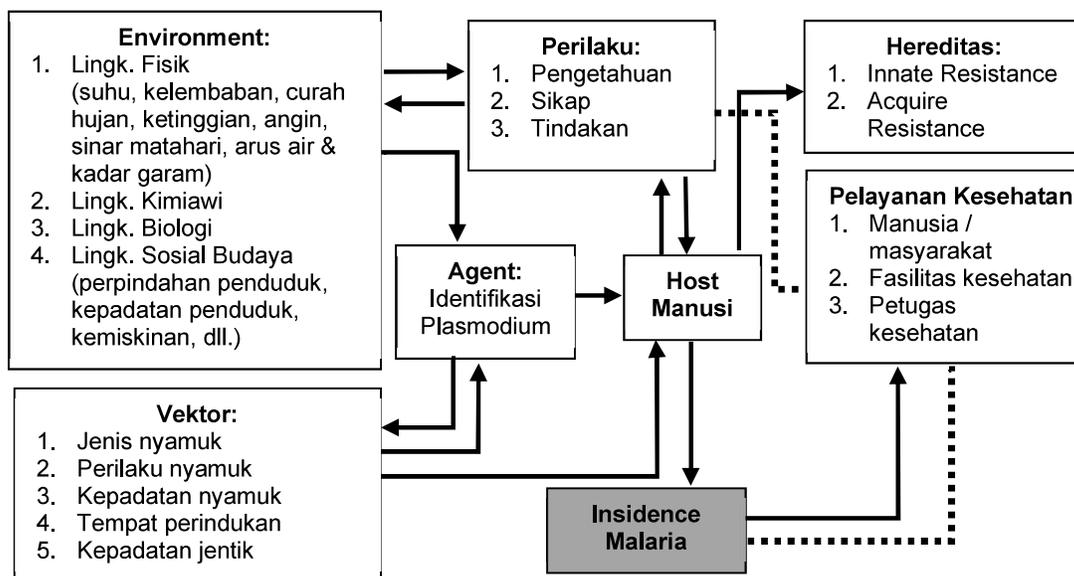
- a. Pengguna: Meliputi semua pihak yang terlibat dalam operasional SIG, termasuk analis, operator, administrator basis data, programmer, dan pemangku kepentingan lainnya.
- b. Aplikasi: Merupakan prosedur atau metode yang digunakan untuk mengolah data menjadi informasi, misalnya penjumlahan, penggabungan data (*join table*), *overlay*, *buffering*, klasifikasi, hingga rotasi dan koreksti geometri.
- c. Data:
 - 1) Data spasial adalah representasi posisi atau lokasi yang dinyatakan dalam bentuk koordinat (misalnya peta, citra satelit, atau interpretasi digitalnya).
 - 2) Data non-spasial mencerminkan informasi deskriptif, seperti hasil survei atau data sensus.
- d. Perangkat lunak: Merupakan aplikasi yang digunakan dalam SIG untuk memproses dan memvisualisasikan data spasial, seperti ArcView, QGIS, Idrisi, dan MapInfo.

- e. Perangkat keras: Meliputi computer, CPU, printer, scanner, digitizer, plotter, dan peralatan lainnya yang mendukung pengoperasian SIG.
- f. Metode: Proses perencanaan dan desain sistem yang disesuaikan dengan aturan atau kebutuhan organisasi yang menerapkan SIG.

Menurut Astrini dan Oswald (2012), SIG umumnya melibatkan empat tahapan utama:

- a. *Input data*: Merupakan fase awal yang mencakup perencanaan, penetapan tujuan, pengumpulan data, dan proses memasukkan data ke dalam sistem.
- b. *Pengolahan data*: Meliputi klasifikasi data, kompilasi, serta pemrosesan geospasial seperti penggabungan (*marge*), pemotongan (*clip*), dan penghapusan batas (*dissolve*).
- c. *Analisis data*: Tahapan ini melibatkan teknik spasial seperti *overlay*, *buffering*, dan bentuk analisis lainnya.
- d. *Output*: Hasil akhir dari proses SIG, yang dapat berupa peta cetak, CD informasi, tabel data, atau publikasi berbasis web.

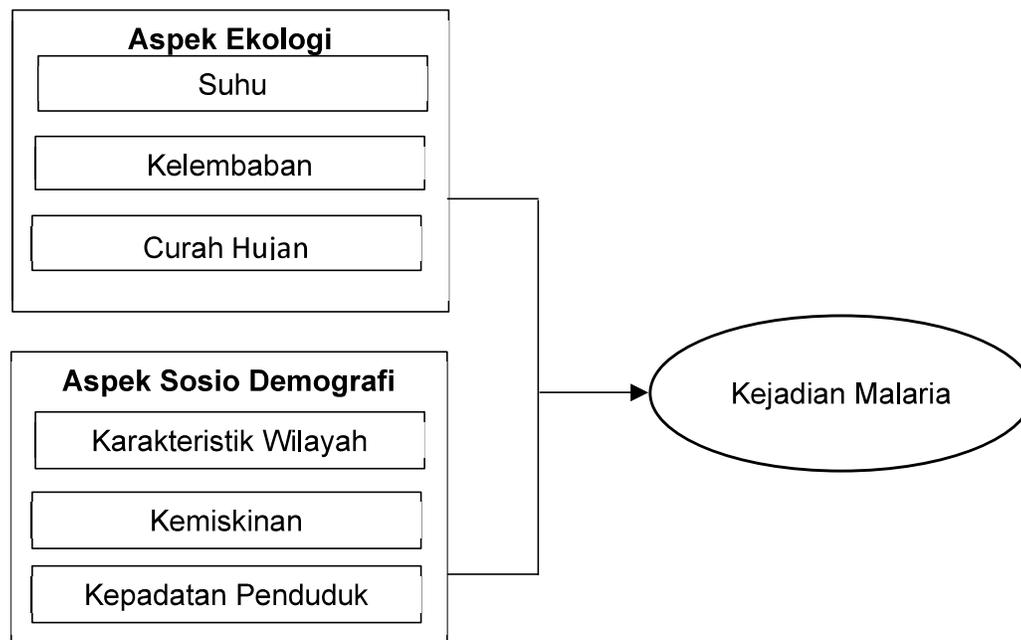
1.6 Kerangka Teori



Gambar 5. Kerangka Teori Penelitian

Sumber: Arsin. A, 2012

1.7 Kerangka Konsep



 : Variabel Independen

 : Variabel Dependen

Gambar 6. Kerangka Konsep Penelitian

1.8 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Tabel 1. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Kriteria Objektif	Skala Ukur
Variabel Dependen				
Kejadian Malaria	Keseluruhan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023 yang bersumber dari E-Sismal Dinas Kesehatan Kabupaten Manokwari	Data Sekunder (Laporan Dinas Kesehatan Kabupaten Manokwari)	Kejadian Malarian yang dihitung dalam <i>Incidence Rate</i> di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023	Rasio
Variabel Independen				
Kemiskinan	Ketidakmampuan dari sisi ekonomi untuk memenuhi kebutuhan dasar makanan dan bukan makanan	Menyalin dari data profil sosial dan kesejahteraan rakyat di Badan Pusat Statistik Kabupaten Manokwari	Persentase Penduduk Miskin di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023	Rasio
Kepadatan Penduduk	Jumlah penduduk per kilometer persegi di setiap kecamatan di Kabupaten Manokwari	Menyalin dari data profil sosial dan kesejahteraan rakyat di Badan Pusat Statistik Kabupaten Manokwari	Jumlah penduduk per tahun dalam jiwa/km ² di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023	Rasio
Karakteristik Wilayah	Karakteristik fisik wilayah tempat tinggal pasien Malaria tahun 2019-2023	Menyalin dari data profil geografis statistik Kabupaten Manokwari	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pesisir (0-5 mdpl) 2. Dataran Rendah (6-100 mdpl) 3. Dataran Tinggi (>100 mdpl) 	Ordinal

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Kriteria Objektif	Skala Ukur
Suhu	Rata-rata suhu yang tercatat dalam laporan BMKG Kabupaten Manokwari	Menyalin data suhu BMKG Stasiun Meteorologi Kabupaten Manokwari	Rata-rata suhu dalam satuan °C setiap tahun di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023	Interval
Kelembapan	Rata-rata kelembapan udara yang tercatat dalam laporan BMKG Kabupaten Manokwari	Menyalin data kelembapan BMKG Stasiun Meteorologi Kabupaten Manokwari	Rata-rata kelembapan udara dalam satuan persentase (%) di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023	Rasio
Curah Hujan	Jumlah hujan yang jatuh yang tercatat dalam laporan BMKG Kabupaten Manokwari	Menyalin data curah hujan di BMKG Stasiun Klimatologi Kabupaten Manokwari	Jumlah curah hujan dalam satuan millimeter (mm) di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023	Rasio

1.9 Hipotesis Penelitian

- 1.9.1 Terdapat hubungan antara kemiskinan dengan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023
- 1.9.2 Terdapat hubungan antara kepadatan penduduk dengan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023
- 1.9.3 Terdapat hubungan antara karakteristik wilayah (Pegunungan, Dataran Rendah, Pesisir) dengan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023
- 1.9.4 Terdapat hubungan antara suhu dengan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023
- 1.9.5 Terdapat hubungan antara kelembapan dengan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023
- 1.9.6 Terdapat hubungan antara curah hujan dengan kejadian malaria di Kabupaten Manokwari tahun 2019-2023

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan studi ekologi. Studi ekologi adalah jenis metode penelitian epidemiologi yang digunakan untuk menyelidiki hubungan antara paparan di tingkat populasi (seperti faktor lingkungan atau intervensi kesehatan masyarakat) dan kondisi kesehatan di tingkat populasi. Studi ekologi termasuk dalam studi observasional dengan penentuan analisis berfokus pada tingkat analisis data pada populasi atau kelompok dan bukan pada tingkat individu. Tujuan dari analisis ekologi untuk mengeksplorasi hubungan potensial antara faktor-faktor yang tidak dapat dipelajari pada tingkat individu. Variabel dalam analisis ekologi dapat berupa ukuran agregat, ukuran lingkungan, atau ukuran global.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Penelitian dilaksanakan pada bulan September s.d. Oktober tahun 2024.

2.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini mengambil unit analisis berupa seluruh kecamatan di Kabupaten Manokwari sejumlah 9 kecamatan. Sampel dalam penelitian ini berupa jumlah kasus malaria yang terjadi di 9 kecamatan di Kabupaten Manokwari selama periode lima tahun yaitu tahun 2019-2023.

2.4 Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini diperoleh dari observasi terhadap data sekunder selama lima tahun terakhir (2019-2023) yang didapatkan dari beberapa instansi terkait yaitu Dinas Kesehatan Kabupaten Manokwari, Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Manokwari, Dinas Sosial Kabupaten Manokwari, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Kabupaten Manokwari, dengan perincian sebagai berikut:

2.4.1 Dinas Kesehatan Kabupaten Manokwari berupa data kasus malaria

2.4.2 Badan Pusat Statistik berupa data karakteristik wilayah, kepadatan penduduk dan angka kemiskinan.

2.4.3 Dinas Sosial Kabupaten Manokwari berupa data kemiskinan.

2.4.4 BMKG, berupa data variabilitas iklim (suhu, kelembapan, dan curah hujan)

2.5 Pengolahan Data

Data diolah menggunakan *Microsoft Excel*, *STATA*, dan *Quantum GIS* versi 3.10.0. Adapun tahapan pengolahan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

2.5.1 Pemeriksaan Data (*Editing*)

Tahap pemeriksaan merupakan proses pemeriksaan hasil data yang telah dikumpulkan untuk memastikan kelengkapan dan konsistensi data selama tahun 2019-2023.

2.5.2 Pemberian Kode Data (*Coding*)

Pemberian kode dilakukan terhadap nama variabel untuk memudahkan penginputan data pada tabel atribut.

2.5.3 Pemasukan Data (*Entry*)

Pemasukan data merupakan kegiatan memasukkan data menggunakan *software Microsoft Excel*. Data yang sudah diperoleh dipilih sesuai dengan variabel yang dilakukan analisis dan kolom tabel yang tidak diperlukan dalam analisis data dihapus agar lebih sederhana. Selanjutnya, lembar kerja *Ms. Excel* disimpan ke dalam format CSV, sehingga data tersebut dapat digabungkan ke dalam data spasial melalui *software QGIS*.

Setelah data disederhanakan dan disimpan dengan format CSV, langkah selanjutnya adalah membuka *file* atribut tabel *software QGIS*. Langkah yang dilakukan adalah membuka jendela *layer* dan memilih menu *add layer*, kemudian memilih menu *add delimited text layer*. Setelah itu, *layer* akan muncul dan data atribut dapat ditampilkan.

2.5.4 Pembersihan Data (*Cleaning*)

Proses pembersihan data dilakukan dengan memeriksa data yang telah diinput ke dalam *software Microsoft Excel* untuk memastikan tidak ada kesalahan dalam pengkodean atau interpretasi kode. Data perlu dipastikan sesuai dengan kebutuhan dan siap untuk dianalisis.

2.6 Analisis Data

2.6.1 Analisis Univariat

Analisis secara univariat dilakukan untuk mengetahui distribusi statistik variabel dependen yaitu kasus malaria dan variabel independen yaitu karakteristik wilayah, kemiskinan, kepadatan penduduk, suhu, kelembapan, dan curah hujan.

2.6.2 Analisis Bivariat

Dalam penelitian ini, analisis bivariat dilakukan dengan uji normalitas dan uji statistik korelasi sebagai berikut:

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menentukan apakah data yang dianalisis memiliki distribusi normal atau tidak. Pada penelitian ini, uji normalitas yang digunakan adalah Uji Shapiro Wilk dengan hasil analisis terlampir.

b. Uji Korelasi

Analisis bivariat menggunakan uji korelasi untuk mengetahui korelasi antar variabel dependen kejadian kasus malaria dan

variabel independen yaitu karakteristik wilayah, kepadatan penduduk, angka kemiskinan, suhu, kelembapan, dan curah hujan. Uji korelasi digunakan untuk mengukur sejauh mana kekuatan atau kedekatan hubungan antara dua variabel. Uji korelasi dalam penelitian ini menggunakan Uji Korelasi Spearman. Nilai korelasi ditunjukkan dengan simbol (r) yang berkisar antara 0 sampai dengan 1. Adapun bila disertai dengan arahnya yaitu berkisar -1 sampai dengan +1. Nilai probabilitas (p) analisis ini sebesar 0,05.

$r = 0$: tidak ada hubungan linear

$r = -1$: hubungan linier negatif sempurna

$r = +1$: hubungan linier positif sempurna

Hubungan positif antara dua variabel terjadi ketika peningkatan satu variabel disertai dengan peningkatan variabel lainnya. Sebaliknya, hubungan negatif terjadi ketika penurunan satu variabel diikuti dengan penurunan variabel yang lain. Menurut Colton dalam Hastono (2006), kekuatan hubungan antara dua variabel dapat dibagi menjadi empat kategori secara kuantitatif, yaitu :

- a. $r = 0,00 - 0,25$ maka tidak terdapat hubungan atau hubungan lemah.
- b. $r = 0,26 - 0,50$ maka terdapat hubungan yang sedang.
- c. $r = 0,51 - 0,75$ maka terdapat hubungan yang kuat.
- d. $r = 0,76 - 1,00$ maka terdapat hubungan yang sangat kuat atau sempurna.

2.6.3 Analisis Spasial

Analisis spasial dilakukan menggunakan perangkat lunak Quantum GIS 3.10.0 untuk menghasilkan peta sebaran kejadian malaria. Analisis ini bertujuan untuk memahami kecenderungan distribusi kejadian malaria berdasarkan persentase penduduk miskin, karakteristik wilayah, kepadatan penduduk, suhu, kelembapan, dan curah hujan. Analisis spasial dilakukan dengan menggabungkan dua atau lebih peta (*overlay*) untuk menghasilkan peta baru.

2.7 Penyajian Data

Penyajian data yang telah diolah dan dianalisis disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta yang disertai dengan narasi sesuai dengan variabel yang diteliti.