



Literature Review: Kualitas Lingkungan sebagai Determinan Kejadian Malaria

Dian Eka Pratiwi*, Mursid Raharjo, Onny Setiani

Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: dianika88@gmail.com*, mursidraharjo@lecturer.undip.ac.id,
onnysetiani@lecturer.undip.ac.id

Abstract

Malaria masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat global terutama di wilayah endemik. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mensintesis bukti ilmiah terkini yang dipublikasikan antara tahun 2020 hingga 2025 mengenai kualitas lingkungan sebagai determinan utama kejadian malaria. Pencarian literatur sistematis dilakukan di basis data ScienceDirect, PubMed, dan Springer. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa faktor-faktor lingkungan seperti perubahan penggunaan lahan (termasuk deforestasi), kondisi iklim (curah hujan, suhu, kelembaban), kondisi fisik rumah (kawat kasa, dinding, langit-langit), dan lingkungan peridomestik (kandang ternak, vegetasi, tempat perkembangbiakan nyamuk) memiliki hubungan yang kompleks dan signifikan terhadap dinamika transmisi malaria. Pemahaman mendalam tentang interaksi ini sangat penting untuk merumuskan strategi pengendalian malaria yang terintegrasi, berkelanjutan, dan adaptif terhadap perubahan lingkungan global. Implikasi dari penelitian ini menekankan pentingnya pendekatan terpadu dalam pengendalian malaria yang memadukan intervensi kesehatan masyarakat dengan pengelolaan lingkungan. Rekomendasi kebijakan mencakup penguatan surveilans berbasis lingkungan, perbaikan infrastruktur permukiman, dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan strategi eliminasi malaria yang lebih efektif dan berkelanjutan di berbagai setting geografis.

Kata kunci: Malaria; Kualitas Lingkungan; Determinan

Abstract

Malaria remains a global public health challenge, particularly in endemic areas. This literature review aims to synthesize the latest scientific evidence published between 2020 and 2025 on environmental quality as a key determinant of malaria incidence. The literature search was conducted in the ScienceDirect, PubMed, and Springer databases. The review findings indicate that environmental factors such as land-use change (including deforestation), climatic conditions (rainfall, temperature, humidity), physical housing conditions (wire netting, walls, ceilings), and peridomestic environments (livestock enclosures, vegetation, mosquito breeding sites) have complex and significant relationships with malaria transmission dynamics. A deep understanding of these interactions is crucial for formulating integrated, sustainable, and adaptive malaria control strategies in response to global environmental changes. The implications of this study emphasize the importance of an integrated approach to malaria control that combines public health interventions with environmental management. Policy recommendations include strengthening environmentally-based surveillance, improving residential infrastructure, and adapting to climate change. This research provides a scientific basis for the development of more effective and sustainable malaria elimination strategies in various geographical settings.

Keywords: Malaria; Environment Quality; Determinant

PENDAHULUAN

Malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit Plasmodium dan ditularkan melalui gigitan nyamuk Anopheles betina. Malaria masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat global terutama di wilayah endemik. Pada tahun 2023, WHO melaporkan sekitar 263 juta kasus dan 597.000 kematian di seluruh dunia akibat malaria. Sejak tahun 2000, upaya global telah berhasil mencegah sekitar 2,2 miliar kasus dan 12,7 juta kematian. Dimana hasil tersebut

merupakan kemajuan yang luar biasa dalam mengurangi angka kematian malaria. Namun, beberapa tahun terakhir terdapat peningkatan kasus yang mengkhawatirkan yaitu terdapat 11 juta kasus lebih banyak pada tahun 2023 dibandingkan dengan tahun 2022. Perkembangan ini menunjukkan bahwa kemajuan dalam kesehatan masyarakat tidak selalu bersifat linier atau permanen. Faktor-faktor yang berkontribusi meliputi bencana iklim, konflik bersenjata, kesulitan ekonomi, kesenjangan pendanaan, dan munculnya resistensi insektisida (WHO, 2024).

Di Indonesia, malaria masih menjadi prioritas kesehatan masyarakat. Hal ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 3.3 yang bertujuan untuk mengakhiri epidemic pada tahun 2030.2 Sebagai salah satu dari sembilan negara endemic malaria di wilayah Asia Tenggara, Indonesia menyumbang 15,6% dari kasus yang dilaporkan di Asia Tenggara dan 22% dari kematian akibat malaria.3 Meskipun terdapat target nasional untuk mengeliminasi malaria pada tahun 2030, namun jumlah kasus di Indonesia menunjukkan tren peningkatan yang mengkhawatirkan dalam beberapa tahun terakhir. Kasus meningkat dari 254.055 pada tahun 2020 menjadi 443.530 pada tahun 2022, kemudian mencapai 418.546 pada tahun 2023 dan terus meningkat menjadi 543.965 pada tahun 2024 (Setiawan et al., 2025).

Tantangan dalam pengendalian dan eliminasi malaria meliputi akses terbatas terhadap perawatan, perilaku mencari pengobatan yang buruk di lokasi terpencil dan dengan sumber daya terbatas, serta data surveilans yang tidak lengkap atau tidak akurat dari sistem seperti eSISMAL (Fransisca et al., 2025). Efektivitas program pengendalian malaria di Indonesia sangat dibatasi oleh kualitas dan kelengkapan data surveilans. Tanpa data yang akurat, tepat waktu, dan komprehensif, maka intervensi tidak dapat direncanakan, dipantau, atau dievaluasi secara optimal, yang dapat menyebabkan alokasi sumber daya yang tidak tepat dan bebas penyakit yang terus menerus. Sehingga diperlukan sistem informasi kesehatan yang kuat sebagai komponen inti dari strategi eliminasi malaria.

Transmisi malaria bukan hanya fenomena biologis, tetapi merupakan masalah ekologis kompleks yang muncul dari interaksi rumit dalam trias manusia-vektor-parasit, yang semuanya ada di dalam dan dipengaruhi oleh lingkungan (Castro, 2017). Kualitas lingkungan meliputi elemen fisik, kimia, biologis, dan sosial-budaya, memainkan peran krusial sebagai determinan kejadian malaria (Untari et al., 2024). Faktor-faktor tersebut secara langsung mempengaruhi habitat, siklus hidup, dan perilaku vektor nyamuk *Anopheles* maupun parasite *Plasmodium*, serta paparan dan kerentanan manusia (Castro, 2017). Memahami pengaruh lingkungan yang kompleks ini sangat penting untuk mengembangkan strategi pengendalian dan eliminasi malaria yang efektif dan berkelanjutan (Untari et al., 2024).

Novelty penelitian ini terletak pada upaya untuk mensintesis bukti ilmiah terkini (2020–2025) mengenai hubungan kompleks antara berbagai faktor lingkungan (seperti deforestasi, kondisi iklim, perumahan, dan lingkungan peridomestik) dengan dinamika transmisi malaria. Tinjauan literatur ini tidak hanya mengidentifikasi pola dan mekanisme kausal, tetapi juga memberikan rekomendasi strategis untuk pengendalian malaria yang terintegrasi dan adaptif, khususnya di wilayah dengan tantangan ekologis dan sosial-ekonomi yang unik seperti Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengisi celah pengetahuan dan mendukung upaya eliminasi malaria yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Mengingat beban malaria global dan nasional yang terus menerus serta interaksi kompleks faktor-faktor yang mempengaruhi transmisi malaria, pemahaman komprehensif tentang kualitas

lingkungan sebagai determinan kejadian malaria sangat penting sebagai upaya pengendalian dan eliminasi yang efektif. Literature review ini bertujuan untuk mensintesis bukti ilmiah yang ada mengenai hubungan antara berbagai faktor lingkungan dengan kejadian malaria. Penulis berupaya mengidentifikasi pola-pola kunci, hubungan kausal, dan implikasi yang lebih luas bagi kesehatan masyarakat dengan meninjau dan menganalisis secara sistematis mekanisme dimana determinan lingkungan mempengaruhi sistem manusia-vektor-parasit.

Penelitian ini memberikan manfaat akademis dan praktis dalam pengendalian malaria. Secara akademis, penelitian ini memperkaya literatur tentang hubungan faktor lingkungan (seperti iklim, deforestasi, dan kondisi perumahan) dengan transmisi malaria berdasarkan bukti terkini (2020–2025), serta mengidentifikasi mekanisme kausal untuk penelitian lanjutan. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam merancang strategi berbasis lingkungan, seperti perbaikan perumahan atau adaptasi perubahan iklim, serta panduan bagi tenaga kesehatan dalam intervensi terarah dan edukasi masyarakat. Selain itu, penelitian ini mendukung tujuan SDGs 3.3 dengan pendekatan holistik yang menggabungkan kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan, sekaligus memberikan kerangka kerja adaptif bagi wilayah endemik lainnya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada ilmu pengetahuan tetapi juga memiliki implikasi nyata dalam mengurangi beban malaria di berbagai tingkat.

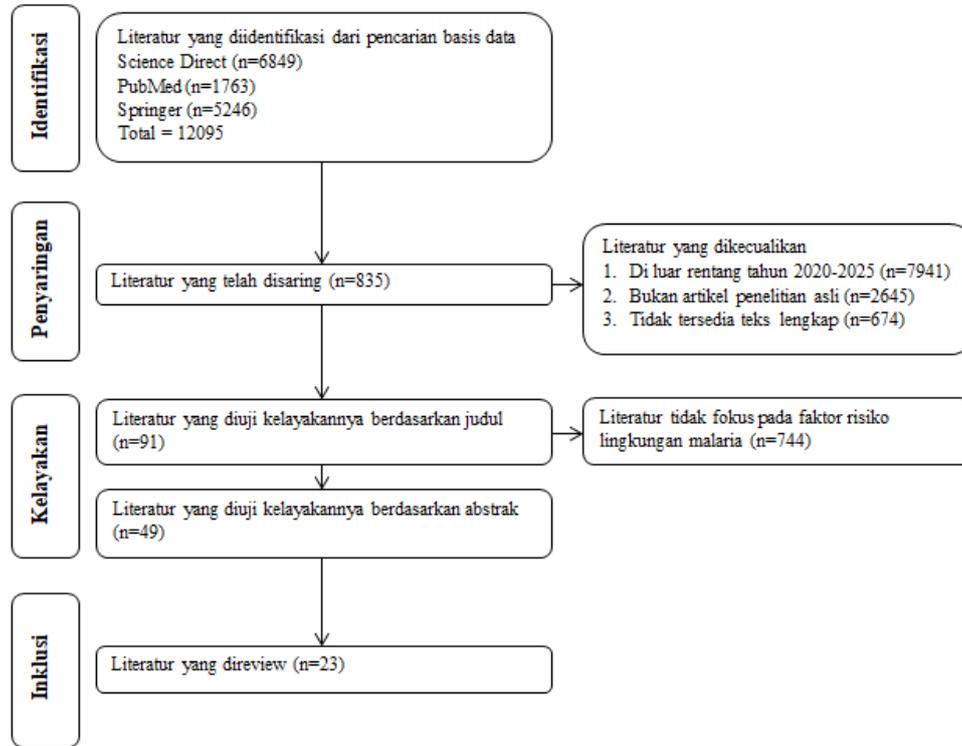
METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan literature review untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis bukti ilmiah yang relevan mengenai kualitas lingkungan sebagai determinan kejadian malaria. Pencarian literatur dilakukan pada beberapa basis data elektronik yang meliputi Science Direct, PubMed, dan Springer. Artikel yang dipertimbangkan adalah artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris. Kriteria inklusi dari artikel yang digunakan yaitu artikel dipublikasi dari tahun 2020 hingga 2025, artikel ilmiah berupa artikel penelitian asli, dan memiliki fokus utama pada hubungan antara faktor lingkungan dengan kejadian malaria. Sedangkan kriteria eksklusinya yaitu artikel berfokus pada aspek klinis, diagnostik, pengobatan atau pengembangan vaksin malaria tanpa kaitan lingkungan yang jelas dan artikel tidak tersedia dalam teks lengkap.

Artikel yang terpilih kemudian dievaluasi kualitasnya menggunakan *Newcastle-Ottawa Scale* untuk studi observasional dan *Cochrane Risk of Bias Tool* untuk studi eksperimental, dengan penekanan pada validitas desain, pengukuran variabel, dan pengendalian bias. Data diekstraksi secara sistematis meliputi informasi penelitian, variabel lingkungan, dan temuan utama. Analisis dilakukan secara kualitatif melalui sintesis tematik untuk mengidentifikasi pola hubungan, serta kuantitatif (bila memungkinkan) dengan meta-analisis efek tetap/acak. Seluruh proses dilakukan oleh dua peneliti secara independen untuk memastikan reliabilitas, dengan diskusi menyelesaikan perbedaan penilaian. Hasilnya disajikan dalam bentuk tabel komparatif dan narasi analitis untuk memberikan sintesis komprehensif tentang peran faktor lingkungan dalam dinamika malaria.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan bagan proses pencarian dan proses seleksi literature yang direview.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA Proses Seleksi Literatur]

Sumber: Dikembangkan oleh peneliti

Tabel berikut menyajikan temuan kunci dari penelitian yang relevan dengan determinan lingkungan kejadian malaria.

Tabel 1. Sintesis Temuan Kunci Studi tentang Determinan Lingkungan dan Kejadian Malaria

Penulis (Tahun Publikasi)	Desain Studi	Lokasi	Faktor Lingkungan Utama	Temuan Kunci
Arisco et al. (2024)	Model Bayesian Spatio-Temporal	Brazil	Deforestasi	Peningkatan 1% deforestasi yang tertunda memang terkait dengan peningkatan 6,3% kasus malaria, dengan efek yang lebih besar terjadi di daerah dengan tutupan hutan yang lebih tinggi. Selain itu, kasus malaria juga meningkat secara signifikan di wilayah adat dan pertambangan.

Penulis (Tahun Publikasi)	Desain Studi	Lokasi	Faktor Lingkungan Utama	Temuan Kunci
Prempree et al. (2023)	Cross Sectional	Thailand	Tutupan hutan tropis dan perkebunan	Tutupan hutan tropis dan perkebunan secara signifikan berhubungan dengan peningkatan risiko malaria.
Hoffman-Hall et al.	Cross Sectional	Myanmar	Deforestasi, penggunaan lahan hutan (pekerjaan di hutan/perkebunan)	Deforestasi tidak terkait dengan peningkatan insiden malaria, tetapi penggunaan lahan hutan (pekerjaan di perkebunan, penebangan, mencari kayu bakar) terkait dengan risiko malaria.
Mayilsamy et al. (2024)	Studi Observasional	India	Curah hujan, suhu, dan kelembaban	Curah hujan menunjukkan korelasi positif kuat dengan insiden malaria; suhu dan kelembaban relatif menunjukkan korelasi negatif bervariasi. Suhu meningkat dapat mendorong batas malaria ke ketinggian lebih tinggi.
Liu et al. (2024)	Studi Observasional Global	57 negara global	Suhu rata-rata tahunan nasional, curah hujan	Suhu rata-rata tahunan dan curah hujan berkaitan dengan insiden malaria (Suhu: 2,01% peningkatan; Curah Hujan: 6,04% peningkatan).
Amadi dan Erandi (2024)	Regresi Terintegrasi Klaster	Nigeria	Curah hujan, suhu	Curah hujan tinggi berkorelasi dengan insiden malaria yang lebih rendah; suhu tidak dapat memprediksi kasus insiden malaria tinggi.
Fatima et al. (2025)	Time Series	Pakistan	Suhu rata-rata, kelembaban, curah hujan	Setiap kenaikan 1°C di atas 22,4°C meningkatkan risiko malaria 9-10%; kelembaban tinggi meningkatkan transmisi malaria; curah hujan menciptakan genangan air.
Duque et al. (2022)	Studi Ekologis	Zambia	Suhu, kelembaban	Suhu dan kelembaban malam hari terkait dengan insiden malaria;

Penulis (Tahun Publikasi)	Desain Studi	Lokasi	Faktor Lingkungan Utama	Temuan Kunci
				kelembaban berkelanjutan di musim kemarau memungkinkan nyamuk mencari makan.
Nabatanzi et al. (2022) ¹⁵	Case Control	Uganda	Curah hujan, genangan air, air pada wadah terbengkalai	Puncak curah hujan berkorelasi dengan lonjakan malaria (lag 35- 42 hari); gennagan air dan air pada wadah terbengkalai merupakan tempat perkembangbiakan nyamuk.
Santos-Vega M et al. (2022)	Model Dinamis Berbasis Proses	India	Kelembaban relatif	Efek kuat dan signifikan dari kelembaban selama musim pra-transmisi terhadap beban malaria
Hasyim et al. (2023)	Case Control	Indonesia	Keberadaan kawat kasa pada ventilasi, jarak dari breeding places, keberadaan breeding places, dan keberadaan resting places	Kawat kasa pada ventilasi mengurangi risiko malaria dan jarak breeding places <100m meningkatkan risiko malaria.
Saili et al. (2024)	Studi Intervensi (RCT)	Zambia	Kawat kasa	Kawat kasa mengurangi nyamuk <i>Anopheles funestus</i> (68%) dan <i>An. arabiensis</i> (63%) yang mencari inang di dalam ruangan; mengurangi laju gigitan.
Nankabirwa J. I. et al. (2024)	Survei Cross Sectional	Uganda	Tipe rumah (modern vs. Tradisional), bahan atap, dinding, lantai, lubang, jendela, ventilasi, langit-langit	Rumah modern (bahan permanen dan lubang tertutup) secara signifikan menurunkan prevalensi parasit dan menurunkan risiko malaria
Minakawa H. et al. (2022)	Uji Coba Terkontrol Acak Klaster	Kenya	Jaring langit-langit (ceiling nets)	Jaring langit-langit mengurangi prevalensi malaria pada anak-anak.
Nguela et al. (2020)	Studi Entomologi Longitudinal	Kamerun	Faktor perumahan (bukaan atap, dinding, jendela, pintu, plafon)	Perbaikan rumah mengurangi kepadatan <i>Anopheles</i> di dalam ruangan (1.8 kali); mengurangi kepadatan nyamuk parous (1.7 kali) dan terinfeksi (1.8 kali).

Penulis (Tahun Publikasi)	Desain Studi	Lokasi	Faktor Lingkungan Utama	Temuan Kunci
Hasyim et al. (2023)	Survei Cross- Sectional	Indonesia	Tempat perkembangbiakan nyamuk, kondisi dinding	Tempat perkembangbiakan nyamuk (<100m) adalah faktor risiko malaria, kondisi dinding rumah yang kokoh adalah faktor protektif malaria.
Adugna et al. (2022)	Cross Sectional	Ethiopia	Keberadaan atap, dinding terbuka, keberadaan kandang ternak, jarak breeding places	Rumah dengan atap dan dinding terbuka, serta dekat dengan kandang dan breeding places merupakan faktor risiko malaria.
Okunlola et al. (2024)	Studi Observasional	Nigeria	Indeks vegetasi dan kepemilikan ternak (kambing, domba, ayam, babi)	Kepemilikan kandang kambing dan domba merupakan predictor positif transmisi malaria. Vegetasi dapat menyediakan tempat istirahat bagi vector.
Morgan et al. (2023)	Survei Cross- Sectional	Republic Demokratik Kongo	Kepemilikan Hewan Domestik (sapi, ayam)	Kepemilikan ayam terkait dengan <i>lebih banyak</i> infeksi <i>P. falciparum</i> ; Kepemilikan sapi terkait dengan <i>lebih sedikit</i> infeksi <i>P. falciparum</i> (zooprofilaksis).
Loha et al. (2023)	Studi Kohort Prospektif	Ethiopia	Kepemilikan ternak	Kepemilikan ternak mengurangi risiko malaria 24% dan laju malaria 17%; efek perlindungan meningkat dengan jumlah ternak.
Okiring J et al. (2021)	Model Non- Linier Lag Terdistribusi	Uganda	Indeks NDVI	Indeks kehijauan (NDVI) yang tinggi secara signifikan meningkatkan tingkat insiden malaria
Hill et al. (2025)	Survei Larva	Tanzania	Preferensi tempat perkembangbiakan nyamuk	<i>Anopheles</i> spp. menyukai tempat perkembangbiakan beton semi-permanen dengan oksigen terlarut tinggi, juga ditemukan di situs alami setelah hujan lebat; belum beradaptasi dengan situs tercemar.

Penulis (Tahun Publikasi)	Desain Studi	Lokasi	Faktor Lingkungan Utama	Temuan Kunci
Rulisa et al. (2023)	Studi Pilot Larviciding	Rwanda	Budidaya padi, lahan basah	Sawah menyediakan tempat perkembangbiakan yang menarik; desa dekat sawah irigasi memiliki kepadatan vektor lebih tinggi dan insiden malaria yang dilaporkan sendiri lebih tinggi.

Sumber: Dikembangkan oleh peneliti berdasarkan analisis sistematis terhadap 35 artikel terpilih tahun 2020-2025)

PEMBAHASAN

Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan (Deforestasi)

Temuan dari studi di Brazil menunjukkan hubungan kausal antara deforestasi dan peningkatan kasus malaria. Peningkatan deforestasi sebesar 1% dalam sebulan dikaitkan dengan peningkatan 6,3% kasus malaria pada bulan berikutnya, dengan efek yang lebih menonjol di daerah dengan tutupan hutan yang lebih tinggi. Mekanisme yang mendasari hubungan ini kemungkinan melibatkan penciptaan habitat perkembangbiakan nyamuk yang ideal, seperti genangan air yang hangat dan terpapar sinar matahari, serta perubahan mikroiklim yang mendukung perkembangan nyamuk dan parasit. Vektor utama malaria di Brazil, *Nyssorhynchus darlingi*, diketahui menyukai habitat perkembangbiakan dengan air bersih, dangkal, sebagian terkena sinar matahari, dan memiliki vegetasi akuatik (Prempree et al., 2023). Studi di Thailand menunjukkan bahwa tutupan hutan tropis dan perkebunan secara signifikan lebih tinggi di fokus aktif malaria, dan pekerjaan yang melibatkan kontak langsung dengan hutan (misalnya, pekerjaan di perkebunan, penebangan, mencari kayu bakar) terkait dengan peningkatan risiko malaria (Arisco et al., 2024). Namun, studi di Myanmar menemukan bahwa deforestasi tidak terkait dengan peningkatan insiden malaria, tetapi penggunaan lahan hutan (seperti pekerjaan di perkebunan, penebangan, dan mencari kayu bakar) justru yang terkait dengan risiko malaria (Hoffman-Hall et al., 2023). Temuan ini menyoroti pentingnya mempertimbangkan aktivitas manusia dalam konteks perubahan penggunaan lahan, bukan hanya perubahan tutupan lahan.

Faktor Iklim (Suhu, Kelembaban, Curah Hujan)

1. Curah Hujan

Studi penelitian dari India menganalisis tren temporal faktor iklim dan menemukan bahwa curah hujan menunjukkan korelasi positif yang kuat dengan insiden malaria. Curah hujan sangat penting karena menyediakan habitat akuatik yang diperlukan untuk perkembangbiakan nyamuk dan meningkatkan kelembaban udara yang memperpanjang umur nyamuk (Mayilsamy et al., 2024). Namun, studi di Nigeria menemukan korelasi curah hujan tinggi dengan insiden malaria yang lebih rendah di beberapa klaster, mendukung hipotesis bahwa curah hujan ekstrem dapat menghilangkan tempat perkembangbiakan nyamuk (Amadi & Erandi, 2024). Hal ini menunjukkan adanya efek “pisau bermata dua” pada curah hujan : terlalu sedikit tidak menyediakan habitat, tetapi terlalu banyak dapat

menghancurkan habitat. Puncak insiden malaria seringkali terjadi beberapa minggu setelah puncak curah hujan. Hal ini menunjukkan adanya efek tertunda yang diperlukan untuk siklus hidup nyamuk dan parasit. Misalnya, studi di Uganda, lonjakan malaria terjadi 35-42 hari setelah peningkatan curah hujan (Nabatanzi et al., 2022). Sedangkan studi di Nigeria, waktu tunda umumnya berkisar antara 1 hingga 3 bulan, dengan mayoritas 2 bulan (Amadi & Erandi, 2024). Secara global, analisis menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan tahunan rata-rata dikaitkan dengan peningkatan 6,04% dalam tingkat insiden malaria (Liu et al., 2024).

2. Suhu

Peningkatan suhu dapat memperluas jangkauan geografis vector *Anopheles*, mempercepat perkembangan parasite di dalam nyamuk (siklus sporogonik), dan memperpendek masa inkubasi penyakit pada manusia. Dimana hal tersebut dapat meningkatkan potensi transmisi malaria (Fatima et al., 2025). Secara global, peningkatan suhu tahunan rata-rata dikaitkan dengan peningkatan 2,01% dalam tingkat insiden malaria (Liu et al., 2024). Di Pakistan, setiap kenaikan 1°C di atas suhu optimal 22,4°C meningkatkan risiko malaria sebesar 9-10%. Diperkirakan 39,8-54,1% kasus malaria di daerah yang diteliti di Pakistan dapat dikaitkan dengan panas (Fatima et al., 2025). Studi di Zambia juga menemukan bahwa suhu malam hari terkait dengan insiden malaria, terutama di musim kemarau (Fatima et al., 2025). Namun, hubungan antara suhu dan malaria juga menunjukkan ambivalensi. Di Nigeria, suhu tidak dapat memprediksi kasus insiden tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lain mungkin lebih dominan pada tingkat transmisi ekstrem (Amadi & Erandi, 2024). Hal ini menunjukkan adanya ambang batas dimana suhu ekstrem dapat menjadi tidak menguntungkan bagi nyamuk atau parasit.

3. Kelembaban

Tingkat kelembaban yang lebih tinggi meningkatkan kelangsungan hidup dan tingkat aktivitas nyamuk. Hal ini penting bagi nyamuk karena nyamuk perlu hidup setidaknya 8 hari agar parasite dapat menyelesaikan siklus perkembangannya dan menjadi infeksius (Duque et al., 2022). Studi di Zambia menemukan bahwa kelembaban malam hari dari pohon di sekitar rumah dan lumbung terkait dengan insiden malaria lokal. Menariknya, hubungan ini signifikan bahkan di musim kemarau. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun hujan terjadi tidak teratur, kelembaban yang tersisa masih memungkinkan bagi nyamuk untuk mencari makan dan menularkan penyakit. Di India, kelembaban relatif diidentifikasi sebagai faktor kritis dalam penyebaran malaria perkotaan, dengan efek yang kuat dan signifikan selama musim pra-transmisi (Santos-Vega et al., 2022).

Kondisi Fisik Rumah (Kawat Kasa, Dinding, Langit-Langit)

1. Kawat Kasa

Penggunaan kawat kasa pada jendela dan pintu secara signifikan mengurangi kepadatan nyamuk *Anopheles* yang mencari inang di dalam ruangan. Kawat kasa juga dapat mengurangi laju gigitan nyamuk. Studi di Zambia menunjukkan bahwa rumah yang dipasang kawat kasa memiliki laju gigitan dalam ruangan 0 gigitan/orang/jam dibandingkan 6,75 gigitan/orang/jam di rumah yang tidak dipasang kawat kasa (Saili et al., 2024). Studi di Indonesia menunjukkan bahwa keberadaan jaring kawat pada ventilasi dapat mengurangi

risiko malaria. Kawat kasa merupakan cara praktis untuk mengurangi paparan terhadap vektor malaria. Pemasangan kawat kasa akan melindungi penghuni rumah yang tidur di dalam ruangan dari infeksi yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* (Hasyim et al., 2023). Studi di Uganda menunjukkan bahwa rumah modern yang memiliki fitur pelindung seperti jendela, ventilasi, dan atap yang tertutup, secara signifikan menurunkan prevalensi malaria (Nankabirwa et al., 2024).

2. Dinding

Kualitas dan jenis bahan dinding memiliki dampak langsung pada masuknya nyamuk. Rumah modern dengan bahan dinding permanen dikaitkan dengan prevalensi malaria yang lebih rendah dibandingkan dengan rumah tradisional (Nankabirwa et al., 2024). Dinding yang layak dan kokoh diidentifikasi sebagai faktor pelindung terhadap malaria di Indonesia (Hasyim et al., 2023). Sebaliknya, dinding yang memiliki celah akan meningkatkan risiko terpapar gigitan nyamuk *Anopheles*. Hal ini dikarenakan celah-celah pada dinding akan memberikan akses kepada nyamuk untuk masuk ke dalam rumah, sehingga kontak antara nyamuk *Anopheles* dan manusia akan meningkat (Adugna et al., 2022). Perbaikan rumah di Kamerun, termasuk penutupan lubang pada dinding, berkontribusi pada pengurangan kepadatan nyamuk *Anopheles* di dalam ruangan (Nguela et al., 2020).

3. Langit-Langit

Keberadaan langit-langit, terutama yang tertutup atau dipasang jaring, secara signifikan dapat mengurangi jumlah nyamuk dan menurunkan tingkat malaria (Nankabirwa et al., 2024). Studi di Kenya mengevaluasi efektivitas jaring langit-langit dan menemukan bahwa jaring ini mengurangi prevalensi malaria pada anak-anak (Minakawa et al., 2022). Nyamuk *Anopheles* cenderung beristirahat di bagian atas rumah, termasuk langit-langit, sehingga jaring langit-langit yang diinsektisida dapat menjebak dan membunuh nyamuk yang masuk.

Lingkungan Sekitar Rumah

1. Kandang Ternak

Keberadaan kandang ternak di sekitar rumah memiliki efek yang bervariasi pada transmisi malaria, tergantung pada perilaku makan nyamuk vektor dominan (zoofilik atau antropofilik). Konsep zooprofilaksis mengacu pada penggunaan hewan untuk mengalihkan gigitan nyamuk dari manusia ke hewan, sehingga mengurangi infeksi malaria pada manusia (Morgan et al., 2023). Sebuah studi di Ethiopia menemukan bahwa pemiliki ternak memiliki risiko malaria 24% lebih rendah dan efek protektif ini meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah ternak. Vektor utama di area tersebut adalah *Anopheles arabiensis* yang bersifat zoofilik (lebih suka menggigit hewan) dan eksofilik (sering menggigit di luar ruangan), sehingga ternak berfungsi sebagai sumber makanan darah alternatif yang mengalihkan nyamuk dari manusia (Loha, 2023). Namun, terdapat konsep zoopotensiasi, dimana keberadaan hewan justru meningkatkan prevalensi malaria dengan menyediakan sumber makanan darah yang melimpah bagi nyamuk, sehingga meningkatkan kelangsungan hidup dan potensi infektivitas nyamuk. Sebuah studi di Republik Demokratik Kongo menemukan bahwa kepemilikan ayam dikaitkan dengan lebih banyak infeksi *P. falciparum*, sementara kepemilikan sapi dikaitkan dengan lebih sedikit infeksi (Morgan et al., 2023).

Sebuah studi di Nigeria lebih lanjut mengidentifikasi kambing dan domba sebagai prediktor positif transmisi malaria, sementara ayam dan babi diamati mengurangi risiko malaria (Okunlola et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa dampak kepemilikan ternak bersifat kontekstual dan bergantung pada jenis hewan serta perilaku vektor lokal.

2. Vegetasi (Semak-Semak)

Vegetasi di sekitar rumah seperti semak-semak, dapat mempengaruhi risiko malaria dengan menyediakan tempat istirahat dan perlindungan bagi nyamuk dari kondisi lingkungan yang ekstrem. Studi di Uganda menemukan bahwa indeks kehijauan (NDVI) yang tinggi secara signifikan meningkatkan tingkat insiden malaria (Okiring et al., 2021). Studi di Nigeria juga mengungkapkan bahwa indeks vegetasi merupakan prediktor positif transmisi malaria. Keberadaan vegetasi menyediakan tempat istirahat bagi vektor. Struktur vegetasi yang padat dan khas dari hutan hujan tropis di bagian selatan Nigeria berkontribusi pada peningkatan penularan malaria di wilayah tersebut (Okunlola et al., 2024).

3. *Breeding Places*

Studi di Ethiopia menyatakan bahwa individu yang tinggal di sekitar lokasi genangan air memiliki risiko lebih tinggi untuk terkena malaria dibandingkan dengan individu yang tidak tinggal di lokasi tersebut. Hal ini dikarenakan area-area tersebut merupakan tempat yang cocok untuk perkembangbiakan nyamuk dan dapat meningkatkan risiko gigitan nyamuk (Adugna et al., 2022). Hal ini didukung oleh studi di Indonesia yang menyatakan bahwa jarak *breeding places* kurang dari 100 m akan meningkatkan risiko malaria (Hasyim et al., 2023). Studi di Uganda menemukan bahwa genangan air di dalam wadah terbuka yang ditinggalkan di sekitar rumah, serta air tergenang di sekitar rumah akibat banjir, dapat menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk (Nabatanzi et al., 2022). Karakteristik tempat perkembangbiakan yang disukai nyamuk *Anopheles* bervariasi. Sebuah studi di Tanzania menemukan bahwa *Anopheles* lebih menyukai tempat perkembangbiakan semi-permanen atau buatan dengan kadar oksigen terlarut yang tinggi (Hill et al., 2025). *Anopheles* juga ditemukan di situs alami setelah hujan deras. Sebuah studi di Rwanda menunjukkan bahwa manajemen sumber larva yang dikelola oleh komunitas dapat berperan penting dalam pengendalian malaria di daerah pertanian padi, yang merupakan tempat perkembangbiakan yang menarik bagi vektor malaria (Rulisa et al., 2023).

KESIMPULAN

Temuan menunjukkan bahwa transmisi malaria adalah fenomena yang sangat dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor lingkungan alami dan buatan manusia. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa faktor-faktor lingkungan seperti perubahan penggunaan lahan (termasuk deforestasi), kondisi iklim (curah hujan, suhu, kelembaban), kondisi fisik rumah (kawat kasa, dinding, langit-langit), dan lingkungan peridomestik (kandang ternak, vegetasi, tempat perkembangbiakan nyamuk) memiliki hubungan yang kompleks dan signifikan terhadap dinamika transmisi malaria. Secara keseluruhan, tinjauan ini memperkuat pemahaman bahwa pengendalian malaria yang efektif tidak dapat bergantung pada satu intervensi tunggal. Kompleksitas hubungan antara lingkungan dan malaria, ditambah dengan tantangan kontemporer seperti resistensi insektisida dan perubahan iklim, menuntut pendekatan terintegrasi dan adaptif. Strategi mendatang harus menggabungkan manajemen

lingkungan, perbaikan perumahan, dan pengendalian sumber larva dengan intervensi yang sudah ada, disesuaikan dengan konteks ekologis dan sosial-ekonomi di setiap daerah. Pendekatan holistik ini akan menjadi kunci untuk mencapai tujuan eliminasi malaria global.

DAFTAR PUSTAKA

- Adugna, F., Wale, M., & Nibret, E. (2022). Prevalence of malaria and its risk factors in Lake Tana and surrounding areas, northwest Ethiopia. *Malaria Journal*, 21(1).
- Amadi, M., & Erandi, K. K. W. H. (2024). Assessing the relationship between malaria incidence levels and meteorological factors using cluster-integrated regression. *BMC Infectious Diseases*, 24(1), 664.
- Arisco, N. J., Peterka, C., Diniz, C., Singer, B. H., & Castro, M. C. (2024). Ecological change increases malaria risk in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121(44).
- Castro, M. C. (2017). Malaria transmission and prospects for malaria eradication: The role of the environment. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 7(10), a025601.
- Duque, C., Lubinda, M., Matoba, J., Sing'anga, C., Stevenson, J., Shields, T., et al. (2022). Impact of aerial humidity on seasonal malaria: An ecological study in Zambia. *Malaria Journal*, 21(1).
- Fatima, S. H., Zaidi, F., Rafiq, J., Bhandari, D., Ali, A., & Bi, P. (2025). Impact of temperatures on malaria incidence in vulnerable regions of Pakistan: Empirical evidence and future projections. *Epidemiology and Infection*, 153, e33.
- Fransisca, L., Burdam, F. H., Kenangalem, E., Rahmalia, A., Ubra, R. R., van den Boogaard, C. H. A., et al. (2025). Enhanced data quality to improve malaria surveillance in Papua, Indonesia. *Malaria Journal*, 24(1).
- Hasyim, H., Dewi, W. C., Lestari, R. A. F., Flora, R., Novrikasari, N., Liberty, I. A., et al. (2023). Risk factors of malaria transmission in mining workers in Muara Enim, South Sumatra, Indonesia. *Scientific Reports*, 13(1).
- Hasyim, H., Ihram, M. A., Fakhriyatiningrum, Misnaniarti, Idris, H., Liberty, I. A., et al. (2023). Environmental determinants and risk behaviour in the case of indigenous malaria in Muara Enim Regency, Indonesia: A case-control design. *PLoS ONE*, 18(8 August).
- Hill, K. K., Kobe, D., Jiddawi, N. S., Walz, J. R., & Kreppel, K. (2025). Larval surveys reveal breeding site preferences of malaria vector *Anopheles* spp. in Zanzibar City. *PLOS ONE*, 20(5), e0313248.
- Hoffman-Hall, A., Puett, R., Silva, J. A., Chen, D., Bredder, A., Shevade, V., et al. (2023). Comparison of deforestation and forest land use factors for malaria elimination in Myanmar. *IJID Regions*, 8, 75.
- Liu, Q., Wang, Y., Deng, J., Yan, W., Qin, C., Du, M., et al. (2024). Association of temperature and precipitation with malaria incidence in 57 countries and territories from 2000 to 2019: A worldwide observational study. *Journal of Global Health*, 14.
- Loha, E. (2023). Association between livestock ownership and malaria incidence in South-Central Ethiopia: A cohort study. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 108(6), 1145.
- Mayilsamy, M., Veeramanocharan, R., Jain, K., Balakrishnan, V., & Rajaiah, P. (2024). Impact of climatic factors on the temporal trend of malaria in India from 1961 to 2021. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 9(12), 309.
- Minakawa, N., Kawada, H., Kongere, J. O., Sonye, G. O., Lutiali, P. A., Awuor, B., et al. (2022). Effectiveness of screened ceilings over the current best practice in reducing malaria prevalence in western Kenya: A cluster randomized-controlled trial. *Parasitology*, 149(7), 944.

- Morgan, C. E., Topazian, H. M., Brandt, K., Mitchell, C., Kashamuka, M. M., Muwonga, J., et al. (2023). Association between domesticated animal ownership and Plasmodium falciparum parasite prevalence in the Democratic Republic of the Congo: A national cross-sectional study. *The Lancet Microbe*, 4(7), e516.
- Nabatanzi, M., Ntono, V., Kamulegeya, J., Kwesiga, B., Bulage, L., Lubwama, B., et al. (2022). Malaria outbreak facilitated by increased mosquito breeding sites near houses and cessation of indoor residual spraying, Kole district, Uganda, January-June 2019. *BMC Public Health*, 22(1), 1898.
- Nankabirwa, J. I., Gonahasa, S., Katureebe, A., Mutungi, P., Nassali, M., Kanya, M. R., et al. (2024). The Uganda housing modification study - association between housing characteristics and malaria burden in a moderate to high transmission setting in Uganda. *Malaria Journal*, 23(1), 223.
- Nguela, R. L., Bigoga, J. D., Armel, T. N., Esther, T., Line, D., Boris, N. A., et al. (2020). The effect of improved housing on indoor mosquito density and exposure to malaria in the rural community of Minkoameyos, Centre Region of Cameroon. *Malaria Journal*, 19(1).
- Okiring, J., Routledge, I., Epstein, A., Namuganga, J. F., Kanya, E. V., Obeng-Amoako, G. O., et al. (2021). Associations between environmental covariates and temporal changes in malaria incidence in high transmission settings of Uganda: A distributed lag nonlinear analysis. *BMC Public Health*, 21(1), 1962.
- Okunlola, O., Oloja, S., Ebiwonjumi, A., & Oyeyemi, O. (2024). Vegetation index and livestock practices as predictors of malaria transmission in Nigeria. *Scientific Reports*, 14(1), 9565.
- Prempee, P., Bisanzio, D., Sudathip, P., Kanjanasuwan, J., Powell, I., Gopinath, D., et al. (2023). Environmental factors linked to reporting of active malaria foci in Thailand. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(3), 179.
- Rulisa, A., van Kempen, L., Hakizimana, E., & Koenraadt, C. J. M. (2023). Local resource mobilization for malaria vector control among Rwandan rice farmers: A pilot study into the role of community ownership. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 42(1).
- Saili, K., de Jager, C., Masaninga, F., Sangoro, O. P., Nkya, T. E., Likulunga, L. E., et al. (2024). House screening reduces exposure to indoor host-seeking and biting malaria vectors: Evidence from rural South-East Zambia. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 9(1), 20.
- Santos-Vega, M., Martinez, P. P., Vaishnav, K. G., Kohli, V., Desai, V., Bouma, M. J., et al. (2022). The neglected role of relative humidity in the interannual variability of urban malaria in Indian cities. *Nature Communications*, 13(1), 533.
- Setiawan, E., Devine, A., Prameswary, H. D., Baird, J. K., Price, R., & Thriemer, K. (2025). Malaria morbidity, mortality and associated costs in Indonesia: Analysis of the National Health Insurance claim dataset. *BMJ Global Health*, 10(5).
- Untari, N. S., Rahardjo, M., & Martini, M. (2024). Analysis of environmental risk factors on malaria incidence in Fakfak Regency, West Papua. *Eduvest - Journal of Universal Studies*, 4(4), 1622–1636.
- WHO. (2021). Evidence-informed action to eliminate malaria in Indonesia.
- WHO. (2024). World malaria report 2024.

