

Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan Lingkungan

The Impact of Climate Change on Environmental Health

Supri Agus Gautama*¹, Manda Estiningtyas², Oktaviani Novi Wulandari³

^{1,2,3} Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang, Indonesia

Correspondence e-mail author: agus_supri@gmail.com

Received: 21-08-2026 Accepted: 19-09-2026 Published: 22-09-2026

Abstrak

Perubahan iklim semakin membentuk risiko kesehatan lingkungan melalui perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, cuaca ekstrem, kualitas air dan udara, serta ketahanan pangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan melalui perubahan faktor lingkungan, jalur paparan, risiko penyakit, dan kerentanan masyarakat. Penelitian menggunakan *literature review* dengan pendekatan deskriptif-kualitatif terhadap literatur ilmiah tahun 2018–2026 yang dianalisis secara tematik. Hasil kajian menunjukkan bahwa perubahan iklim tidak menghasilkan risiko kesehatan melalui satu jalur, tetapi melalui keterkaitan antara perubahan ekologis, paparan lingkungan, penyakit, dan kapasitas adaptasi. Peningkatan suhu, kelembapan, dan perubahan curah hujan memperbesar kondisi yang mendukung penularan demam berdarah dengue, sedangkan banjir mempertemukan risiko penyakit dengan gangguan sanitasi, kualitas air, dan akses pelayanan kesehatan. Pada jalur lain, perubahan iklim mengganggu produksi dan ketahanan pangan, meningkatkan risiko gangguan gizi, serta memperburuk kualitas udara melalui kebakaran. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan yang hanya menghubungkan satu faktor iklim dengan satu penyakit belum mampu merepresentasikan kompleksitas risiko kesehatan. Pengelolaan kesehatan lingkungan perlu mengintegrasikan pemantauan iklim, surveilans penyakit, kualitas lingkungan, ketahanan pangan, dan kerentanan masyarakat. Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan model integratif spasial-temporal dan prediktif untuk mengidentifikasi pola risiko serta mendukung respons adaptasi berbasis bukti.

Kata Kunci: Perubahan Iklim; Kesehatan Lingkungan; Penyakit Menular; Ketahanan Pangan; Cuaca Ekstrem

Climate change is increasingly shaping environmental health risks through changes in temperature, rainfall, humidity, extreme weather, air and water quality, and food security. This study aims to analyze the impacts of climate change on environmental health by examining changes in environmental factors, exposure pathways, disease risks, and community vulnerability. A descriptive qualitative literature review was conducted using scientific literature published between 2018 and 2026, which was analyzed thematically. The findings indicate that climate change does not generate health risks through a single pathway but through interconnected changes in ecological conditions, environmental exposure, disease patterns, and adaptive capacity. Rising temperatures, humidity, and changing rainfall patterns create conditions conducive to dengue transmission, while flooding combines infectious disease risks with disruptions to sanitation, water quality, and access to health services. Through other pathways, climate change disrupts food production and food security, increases the risk of nutritional problems, and deteriorates air quality through wildfires. These findings indicate that approaches linking a single climatic factor to a single disease are insufficient to capture the complexity of environmental health risks. Environmental health management therefore requires integrated monitoring of climate conditions, disease surveillance, environmental quality, food security, and community vulnerability. Future research should develop integrated spatial-temporal and predictive models to identify risk patterns and strengthen evidence-based climate adaptation responses.

Keywords: Climate Change; Environmental Health; Infectious Diseases; Food Security; Extreme Weather

Gautama, A. G., Estiningtyas, M., & Wulandari, O. V. (2026). Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan Lingkungan. *RESET: Review of Education, Science, and Technology*, 2(1), 97–112. <https://doi.org/10.66031/reset.v2i1.680>

Copyright ©2026 to the Author. Published by CV. Ihsan Cahaya Pustaka
This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu persoalan lingkungan global yang semakin penting karena perubahan suhu, pola curah hujan, kelembapan, dan frekuensi cuaca ekstrem dapat mengubah kualitas lingkungan sekaligus meningkatkan berbagai risiko kesehatan. Dampak tersebut berlangsung melalui perubahan kualitas air, udara, pangan, ekosistem, serta kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan agen dan vektor penyakit. Perubahan iklim dengan demikian tidak hanya menjadi persoalan ekologis, tetapi juga merupakan determinan penting kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat (Agnesia & Fitri, 2025; Susanto et al., 2026). Peningkatan suhu global dan perubahan pola hidrometeorologi juga memperbesar tekanan terhadap ekosistem, sumber daya pangan, dan kelompok masyarakat yang memiliki kapasitas adaptasi terbatas (Colozza et al., 2025; Jupri et al., 2026).

Permasalahan kesehatan lingkungan semakin kompleks ketika perubahan iklim memengaruhi kondisi yang mendukung penularan penyakit. Peningkatan suhu, kelembapan, dan perubahan curah hujan dapat memengaruhi habitat, kepadatan, serta siklus hidup vektor penyakit. Perubahan kondisi tersebut berpotensi memperluas wilayah dan meningkatkan intensitas penularan penyakit yang sensitif terhadap iklim, terutama demam berdarah dengue (DBD). Hubungan antara variabilitas iklim dan peningkatan risiko dengue telah ditemukan dalam berbagai konteks geografis, termasuk Asia dan Indonesia (Li et al., 2018; Wang et al., 2023; Wibawa et al., 2024). Pada tingkat lokal, hubungan faktor iklim dengan kejadian DBD juga ditemukan di Jakarta Pusat, Bogor, dan Jayapura (Nugraha et al., 2021; Rakhmatsani & Susanna, 2024; Sandy, 2024).

Selain perubahan kondisi iklim secara bertahap, kejadian cuaca ekstrem menjadi salah satu jalur penting yang memperbesar risiko kesehatan lingkungan. Banjir, misalnya, dapat menciptakan genangan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk sekaligus merusak sanitasi, mengganggu kualitas air, dan menghambat akses terhadap pelayanan kesehatan. Hubungan antara banjir dan peningkatan penyakit yang ditularkan melalui vektor telah menunjukkan pola yang kompleks, sedangkan peningkatan penyakit menular setelah bencana banjir juga telah dilaporkan secara global (Coalson et al., 2021; Acosta-España et al., 2024). Kondisi pascabanjir bahkan dapat meningkatkan risiko infeksi dengue pada kelompok rentan sehingga memperlihatkan keterkaitan antara perubahan lingkungan, bencana, dan kesehatan masyarakat (Mubbashir et al., 2023).

Dampak perubahan iklim juga berlangsung melalui jalur lingkungan lainnya. Perubahan pola suhu dan curah hujan dapat mengganggu produksi pangan dan meningkatkan risiko ketidakcukupan gizi, sementara perubahan kondisi atmosfer dan kejadian kebakaran dapat memperburuk kualitas udara. Gangguan terhadap produksi pangan menjadi perhatian karena perubahan iklim dapat memengaruhi hasil pertanian dan ketahanan pangan, termasuk produksi padi yang menjadi sumber pangan penting masyarakat (Estiningtyas & Syakir, 2018; Utomo & Oktaviani, 2026). Pada kelompok anak, perubahan iklim juga berpotensi memengaruhi status gizi melalui gangguan produksi,

ketersediaan, dan akses terhadap pangan (Colozza et al., 2025). Sementara itu, paparan asap akibat kebakaran hutan yang berkaitan dengan perubahan iklim dapat meningkatkan berbagai risiko terhadap kesehatan manusia melalui penurunan kualitas udara (Xu et al., 2020).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penanganan dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan memerlukan pendekatan yang terintegrasi. Pengendalian vektor perlu disertai pemantauan faktor iklim, pengelolaan genangan, penguatan sanitasi, perlindungan kualitas air dan udara, serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi kejadian ekstrem. Penguatan sistem kewaspadaan berbasis faktor lingkungan juga penting karena dinamika cuaca ekstrem dapat memengaruhi pola penularan penyakit, khususnya DBD (Manda & Mulyani, 2025; Sutriyawan et al., 2024). Strategi adaptasi juga perlu mempertimbangkan karakteristik kerentanan masyarakat dan kondisi ekologis wilayah agar intervensi kesehatan lingkungan dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran (Jupri et al., 2026).

Meskipun penelitian mengenai perubahan iklim dan kesehatan telah berkembang, sebagian besar kajian masih berfokus pada hubungan variabel iklim tertentu dengan penyakit tertentu, terutama DBD. Kajian mengenai perubahan iklim sebagai tekanan lingkungan yang secara simultan memengaruhi penyakit, kualitas lingkungan, pangan, dan kerentanan masyarakat masih perlu diperkuat. Padahal, keterkaitan antarkomponen tersebut menentukan besarnya risiko kesehatan yang muncul dari perubahan lingkungan dan menentukan efektivitas strategi adaptasi. Oleh karena itu, kajian yang mengintegrasikan berbagai jalur dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan diperlukan untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan dengan mengidentifikasi perubahan faktor lingkungan, jalur paparan, risiko penyakit, serta implikasinya terhadap kesehatan masyarakat.

METODE

Penelitian ini menggunakan *literature review* dengan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk menganalisis dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan. Pendekatan kajian literatur digunakan untuk mengintegrasikan temuan empiris mengenai keterkaitan perubahan iklim, kondisi lingkungan, dan kesehatan masyarakat sebagaimana diterapkan dalam kajian perubahan iklim dan kesehatan (Susanto et al., 2026). Data penelitian berupa artikel ilmiah yang membahas perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, cuaca ekstrem, kualitas air dan udara, ketahanan pangan, penyakit sensitif iklim, serta kerentanan masyarakat. Literatur dipilih secara purposif berdasarkan relevansi terhadap tujuan penelitian, dengan sumber utama berasal dari publikasi tahun 2018–2026. Cakupan kajian mempertimbangkan bukti epidemiologis dan lingkungan serta kajian *scoping review* yang menghubungkan perubahan iklim dengan dampak kesehatan (Colozza et al., 2025).

Analisis dilakukan melalui analisis tematik dengan mengidentifikasi, mengelompokkan, dan

mensintesis temuan berdasarkan hubungan antara faktor iklim, perubahan lingkungan, jalur paparan, risiko kesehatan, dan kerentanan masyarakat. Proses analisis diarahkan untuk menemukan pola keterkaitan antarkomponen, bukan sekadar mendeskripsikan hasil penelitian secara individual. Temuan dikelompokkan ke dalam empat dimensi, yaitu perubahan faktor lingkungan, jalur paparan, risiko penyakit dan gangguan kesehatan, serta implikasi adaptasi kesehatan lingkungan. Sintesis dilakukan dengan membandingkan temuan antarstudi untuk menjelaskan pola dampak perubahan iklim terhadap kesehatan, termasuk perubahan risiko penyakit yang sensitif terhadap iklim (Manda & Mulyani, 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Iklim sebagai Tekanan Ekologis terhadap Kesehatan Lingkungan

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan tidak berlangsung melalui satu jalur tunggal, melainkan melalui interaksi antara perubahan kondisi atmosfer, hidrologi, ekosistem, pangan, dan kapasitas adaptasi masyarakat. Suhu, curah hujan, kelembapan, dan kejadian cuaca ekstrem berperan sebagai faktor pemicu yang mengubah kondisi lingkungan dan selanjutnya memengaruhi pola paparan serta risiko kesehatan. Dengan perspektif ini, perubahan iklim tidak tepat diposisikan hanya sebagai faktor eksternal terhadap sistem kesehatan, melainkan sebagai tekanan ekologis yang dapat mengubah determinan kesehatan secara simultan (Agnesia & Fitri, 2025; Susanto et al., 2026).

Temuan literatur memperlihatkan bahwa dampak tersebut bersifat multidimensional. Perubahan iklim dapat mengubah kondisi yang mendukung perkembangan vektor penyakit, mengganggu kualitas dan ketersediaan air, menekan produksi pangan, memperburuk kualitas udara, serta meningkatkan paparan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologis. Perubahan iklim di Indonesia memiliki keterkaitan dengan determinan pangan dan gizi anak (Colozza et al., 2025), sedangkan tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim dipengaruhi oleh karakteristik sosial dan ekologis wilayah (Jupri et al., 2026). Artinya, bahaya iklim tidak secara otomatis menghasilkan dampak kesehatan yang sama. Risiko terbentuk melalui interaksi antara intensitas perubahan iklim, tingkat paparan, sensitivitas populasi, dan kapasitas adaptasi.

Berdasarkan pemetaan literatur, jalur dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan dapat dikelompokkan ke dalam lima dimensi utama, yaitu: (1) penyakit tular vektor, (2) banjir serta gangguan air dan sanitasi, (3) ketahanan pangan dan status gizi, (4) kualitas udara, serta (5) kerentanan dan kapasitas adaptasi. Kelima dimensi tersebut tidak sepenuhnya berdiri sendiri, melainkan memiliki titik interaksi yang membentuk konfigurasi risiko kesehatan yang lebih kompleks.

Tabel 1. Literatur Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan Lingkungan

Dampak	Rujukan	Sintesis	Temuan Literatur
Perubahan iklim sebagai tekanan ekologis	Agnesia & Fitri (2025); Susanto et al. (2026)	Dampak perubahan iklim terhadap determinan kesehatan lingkungan	Perubahan iklim mengubah kondisi atmosfer, lingkungan, dan sosial yang selanjutnya membentuk berbagai jalur risiko kesehatan
Penyakit tular vektor	Li et al. (2018); Asidik et al. (2021); Gautama et al. (2022); Nugraha et al. (2021); Wang et al. (2023); Douglas et al. (2024); Sandy (2024); Sutriyawan et al. (2024); Wibawa et al. (2024); Manda & Mulyani (2025)	Hubungan variabel iklim dengan dengue/DBD dan dinamika transmisi	Suhu, kelembapan, curah hujan, dan variabilitas meteorologis berkaitan dengan dinamika vektor dan risiko dengue, tetapi kekuatan hubungan berbeda menurut konteks wilayah
Banjir, air, dan sanitasi	Coalson et al. (2021); Mubbashir et al. (2023); Acosta-España et al. (2024)	Dampak banjir terhadap penyakit, lingkungan, sanitasi, dan kelompok rentan	Banjir dapat mengubah habitat vektor, mengganggu air dan sanitasi, merusak infrastruktur, membatasi akses pelayanan kesehatan, dan meningkatkan risiko pada kelompok tertentu
Ketahanan pangan dan gizi	Estiningtyas & Syakir (2018); Colozza et al. (2025); Utomo & Oktaviani (2026)	Hubungan perubahan iklim dengan produksi pangan, ketahanan pangan, dan gizi	Perubahan iklim dapat memengaruhi produksi dan akses pangan serta menghasilkan dampak kesehatan melalui jalur pangan dan gizi, terutama pada anak
Kualitas udara dan paparan asap kebakaran	Xu et al. (2020); Black et al. (2017); Bowman et al. (2020); Reid & Maestas (2019); Sun et al. (2019)	Hubungan perubahan iklim, kebakaran vegetasi, asap, kualitas udara, dan kesehatan	Perubahan kondisi iklim dan ekologis dapat meningkatkan risiko kebakaran dan paparan asap. Asap kebakaran mengandung polutan yang dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan, terutama kesehatan respirasi. Literatur juga menunjukkan masih adanya kesenjangan bukti mengenai dampak kesehatan asap kebakaran dalam konteks perubahan iklim.
Kerentanan dan adaptasi	Jupri et al. (2026); Syamzaimar (2025); Mubbashir et al. (2023); Colozza et al. (2025); Susanto et al. (2026)	Distribusi risiko, sensitivitas populasi, dan kapasitas adaptasi	Dampak perubahan iklim berbeda antarwilayah dan kelompok karena dipengaruhi kondisi sosial, ekologis, biologis, dan kapasitas adaptasi

Tabel 1 menunjukkan bahwa literatur tidak terkonsentrasi pada satu luaran kesehatan. Meskipun bukti tentang penyakit tular vektor, khususnya dengue, relatif dominan, perubahan iklim juga membentuk risiko melalui air dan sanitasi, pangan dan gizi, kualitas udara, serta kerentanan sosial. Pola ini menegaskan bahwa perubahan iklim merupakan **determinan hulu kesehatan** yang bekerja melalui banyak jalur, bukan sekadar faktor pemicu penyakit. Karena itu, pendekatan

kesehatan lingkungan yang hanya berorientasi pada indikator penyakit bersifat reaktif dan berisiko terlambat. Risiko terbentuk lebih dahulu melalui perubahan kondisi ekologis, misalnya perubahan suhu dan curah hujan yang menggeser ekologi vektor atau gangguan iklim yang menekan produksi dan akses pangan yang sebelum termanifestasi sebagai dampak kesehatan. Intervensi yang efektif karenanya harus menasar determinan lingkungan pada tingkat hulu, bukan hanya merespons konsekuensi epidemiologis di hilir.

Perubahan Iklim dan Dinamika Penyakit Tular Vektor

Risiko penyakit tular vektor merupakan salah satu jalur dampak perubahan iklim yang paling konsisten ditemukan dalam literatur. DBD menjadi contoh paling kuat karena transmisi penyakit sangat dipengaruhi oleh kondisi ekologis yang menentukan perkembangan dan aktivitas vektor. Suhu, kelembapan, curah hujan, dan variabilitas meteorologis dapat mengubah habitat, kepadatan, perkembangan, serta peluang kontak antara vektor dan manusia. Hal ini menunjukkan perubahan iklim berkaitan dengan transmisi dengue di China (Li et al., 2018), sedangkan perubahan iklim berpotensi memengaruhi epidemi dengue di kawasan Asia Selatan dan Asia Tenggara (Wang et al., 2023).

Bukti di Indonesia memperkuat pola tersebut, tetapi sekaligus menunjukkan bahwa hubungan iklim dan DBD bersifat kontekstual, hubungan ekologis antara faktor iklim dan kejadian DBD di Jakarta Pusat (Nugraha et al., 2021), hubungan iklim dengan kejadian DBD di Kabupaten Bogor (Rakhmatsani & Susanna, 2024), keterkaitan perubahan iklim dengan kasus DBD di Kabupaten Jayapura (Sandy, 2024), variabilitas iklim berhubungan dengan risiko dengue di Jawa Tengah (Wibawa et al., 2024). Konsistensi tersebut memperkuat dasar teoritis bahwa iklim merupakan komponen penting dalam sistem epidemiologi dengue. Namun, sintesis lintas wilayah menunjukkan bahwa besarnya pengaruh tidak dapat digeneralisasikan secara sederhana. Hubungan antara iklim dan penyakit tidak bersifat linear dan deterministik karena dipengaruhi oleh kondisi permukiman, kepadatan penduduk, perilaku manusia, pengelolaan lingkungan, mobilitas, sistem kesehatan, serta karakteristik ekologis lokal.

Hubungan iklim dan DBD bersifat nonlinier dan kontekstual, karena dipengaruhi oleh kondisi permukiman, kepadatan penduduk, perilaku, pengelolaan lingkungan, mobilitas, kapasitas sistem kesehatan, dan karakteristik ekologis lokal. Curah hujan mengilustrasikan kompleksitas tersebut: hujan dapat menciptakan habitat perindukan, tetapi intensitas ekstrem dapat menghilangkan habitat larva melalui limpasan, sehingga peningkatan curah hujan tidak serta-merta meningkatkan kasus DBD. Variabel iklim karena itu tidak memadai sebagai prediktor tunggal, tetapi perlu dipahami sebagai bagian dari sistem ekologis dan sosial yang saling berinteraksi. Pendekatan ini diperkuat melalui analisis simultan temperatur, kelembapan, curah hujan, dan kecepatan angin (Sutriyawan et al., 2024), dan melalui analisis sensitivitas model bahwa perubahan parameter dapat menghasilkan

respons epidemiologis yang berbeda (Gautama et al., 2022). Lebih lanjut, sensitivitas dengue terhadap kondisi iklim bukan fenomena lokal, namun hubungan antara dampak iklim dan infeksi dengue di kawasan Karibia (Douglas et al., 2024). Temuan lintas wilayah mengonfirmasi bahwa perubahan iklim dapat menggeser risiko penyakit tular vektor, tetapi variasi karakteristik vektor, iklim mikro, tata ruang, perilaku, dan kapasitas sistem kesehatan membatasi generalisasi. Karena itu, penelitian perlu bergeser dari korelasi bivariat menuju analisis mekanisme dan interaksi sistemik yang mempertimbangkan konteks lokal.

Implikasinya bagi kesehatan lingkungan adalah pergeseran dari pengendalian vektor yang reaktif menuju sistem kewaspadaan dini yang mengintegrasikan informasi meteorologis, epidemiologis, dan kondisi lingkungan. Pemanfaatan indikator iklim sebagai sinyal awal memungkinkan surveilans dan intervensi diprioritaskan sebelum peningkatan kasus terjadi, terutama dalam menghadapi variabilitas iklim dan cuaca ekstrem (Manda & Mulyani, 2025).

Banjir, Gangguan Air dan Sanitasi, serta Risiko Kesehatan

Kejadian ekstrem menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat mengubah kondisi lingkungan secara cepat dan simultan. Banjir tidak hanya meningkatkan volume air, tetapi juga mengganggu sanitasi, mencemari sumber air, merusak infrastruktur, mengubah habitat vektor, serta membatasi akses pelayanan kesehatan. Dampaknya bersifat kontekstual karena intensitas, durasi genangan, kondisi lingkungan, dan kapasitas wilayah menentukan konfigurasi risiko yang terbentuk (Coalson et al., 2021). Bukti global menunjukkan bahwa pascabanjir dapat terjadi berbagai penyakit menular, sehingga risiko kesehatan tidak dapat direduksi pada satu luaran penyakit. Kerusakan air dan sanitasi, perpindahan penduduk, perubahan mobilitas, gangguan layanan kesehatan, dan perubahan ekologi vektor dapat berlangsung bersamaan, menjadikan banjir sebagai *risk multiplier* yang mengaktifkan berbagai jalur paparan secara simultan (Acosta-España et al., 2024).

Dalam konteks dengue, banjir tidak selalu meningkatkan populasi vektor karena pengaruhnya bergantung pada karakteristik dan dinamika genangan. Perubahan habitat, munculnya wadah air, akumulasi sampah, dan gangguan pengelolaan lingkungan lebih relevan daripada mengasumsikan hubungan langsung antara banjir dan peningkatan kasus. Dampak juga tidak merata karena sensitivitas biologis dan sosial membentuk tingkat kerentanan; infeksi dengue dan luaran merugikan pada perempuan hamil pascabanjir menunjukkan pentingnya dimensi tersebut, sementara masyarakat pesisir menghadapi kerentanan yang berbeda terhadap perubahan iklim (Mubbashir et al., 2023; Jupri et al., 2026). Karena itu, adaptasi kesehatan lingkungan perlu melampaui respons kedaruratan menuju sistem terpadu yang mencakup perlindungan air dan sanitasi, pengelolaan genangan, surveilans penyakit, perlindungan kelompok rentan, dan pemulihan layanan kesehatan. Pendekatan parsial berisiko menciptakan *adaptation gap* ketika kapasitas intervensi tidak mampu mengikuti eskalasi risiko.

Perubahan Iklim, Ketahanan Pangan, dan Status Gizi

Jalur pangan menunjukkan bahwa dampak perubahan iklim terhadap kesehatan dapat berlangsung secara tidak langsung, kumulatif, dan dalam jangka panjang. Perubahan suhu dan pola curah hujan memengaruhi produktivitas pertanian, terutama pada sistem yang bergantung pada kondisi iklim. Pada lahan tadah hujan, perubahan iklim terbukti berkaitan dengan produksi padi, sementara pada tingkat pedesaan gangguan produksi dapat melemahkan ketahanan pangan dan selanjutnya memengaruhi harga, akses, serta kualitas konsumsi pangan (Estiningtyas & Syakir, 2018; Utomo & Oktaviani, 2026). Temuan ini menegaskan bahwa dampak kesehatan iklim tidak selalu tampak sebagai peningkatan kasus penyakit secara langsung, tetapi dapat terbentuk melalui perubahan sistem pangan yang secara bertahap memengaruhi kondisi sosial dan biologis masyarakat.

Dampak tersebut menjadi lebih kritis pada anak karena kebutuhan gizi dan sensitivitas biologisnya lebih tinggi. Perubahan iklim dapat memengaruhi status gizi anak melalui gangguan produksi, ketersediaan, dan akses pangan, membentuk efek berantai dari perubahan iklim, produksi pangan, konsumsi, hingga kesehatan dan perkembangan anak (Colozza et al., 2025). Dengan demikian, ketahanan pangan merupakan bagian integral dari perlindungan kesehatan dalam menghadapi perubahan iklim, bukan isu sektoral yang berdiri sendiri. Respons adaptasi perlu bergerak dari penanganan dampak kesehatan menuju penguatan determinan hulu melalui integrasi kebijakan pertanian, pangan, air, gizi, perlindungan sosial, dan pembangunan wilayah.

Perubahan Iklim, Kualitas Udara, dan Dampak Kesehatan

Kualitas udara merupakan salah satu jalur penting yang menghubungkan perubahan iklim dengan kesehatan melalui mekanisme paparan sekunder. Perubahan kondisi iklim dapat memengaruhi karakteristik dan risiko kebakaran vegetasi, yang selanjutnya meningkatkan kemungkinan paparan masyarakat terhadap asap dan polutan atmosfer (Bowman et al., 2020; Sun et al., 2019). Paparan asap kebakaran merupakan persoalan kesehatan masyarakat yang semakin penting karena mengandung campuran polutan yang dapat memengaruhi sistem respirasi dan menghasilkan konsekuensi kesehatan pada masyarakat yang terpapar (Black et al., 2017; Reid & Maestas, 2019).

Dalam konteks perubahan iklim, hubungan tersebut menjadi semakin kompleks karena perubahan iklim tidak hanya berpotensi memengaruhi kondisi yang mendukung kebakaran, tetapi juga dapat mengubah durasi, intensitas, dan pola paparan masyarakat terhadap asap. Xu et al. (2020) menunjukkan bahwa kebakaran hutan dalam konteks perubahan iklim meningkatkan paparan masyarakat terhadap asap dan polusi udara, dengan dampak kesehatan yang dapat melampaui lokasi kejadian akibat transportasi polutan melalui atmosfer. Temuan ini menegaskan bahwa risiko kesehatan dapat terbentuk secara tidak langsung melalui perubahan ekologis yang menciptakan sumber paparan baru.

Berdasarkan sintesis tersebut, jalur kualitas udara dapat dirumuskan sebagai:

Perubahan iklim → Perubahan kondisi kebakaran → Peningkatan asap dan polutan →

Paparan manusia → Dampak kesehatan

Kebakaran sebagai *intermediary pathway* menempatkan kualitas udara sebagai media penting dalam transmisi risiko iklim terhadap kesehatan. Karena itu, sistem kesehatan lingkungan perlu mengintegrasikan pemantauan kualitas udara, informasi meteorologis, kondisi ekologis, dan risiko kebakaran untuk mengidentifikasi paparan secara lebih dini. Pendekatan ini memungkinkan intervensi preventif sebelum paparan meningkat, sekaligus menempatkan perlindungan kualitas udara sebagai komponen strategis adaptasi kesehatan terhadap risiko iklim.

Kerentanan, Ketimpangan Risiko, dan Tantangan Adaptasi

Salah satu temuan utama sintesis literatur adalah bahwa risiko kesehatan akibat perubahan iklim tidak terdistribusi secara seragam, melainkan dibentuk oleh interaksi bahaya, paparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptasi. Kerentanan masyarakat karena itu menjadi determinan penting dalam membentuk besarnya dampak, sementara karakteristik biologis dan sosial dapat memperbesar konsekuensi pada kelompok tertentu (Jupri et al., 2026; Mubbashir et al., 2023). Temuan ini menunjukkan keterbatasan pendekatan *one-size-fits-all* dalam kebijakan kesehatan lingkungan. Strategi yang efektif di wilayah perkotaan belum tentu sesuai untuk masyarakat pesisir atau pedesaan karena perbedaan pola paparan, kondisi sosial, akses layanan, dan kapasitas adaptasi.

Pada saat yang sama, literatur memperlihatkan kesenjangan antara kemajuan penelitian epidemiologis dan pemahaman sistemik mengenai risiko kesehatan. Studi dengue masih banyak menguji hubungan variabel iklim dengan luaran penyakit tertentu (Li et al., 2018; Nugraha et al., 2021; Rakhmatsani & Susanna, 2024; Sandy, 2024; Wibawa et al., 2024), sementara interaksi antarrantai risiko belum banyak dikaji secara terpadu. Kajian Susanto et al. (2026) dan Colozza et al. (2025) menunjukkan bahwa dampak perubahan iklim mencakup dimensi kesehatan masyarakat dan pangan yang saling berkelindan. Karena itu, agenda penelitian perlu bergeser dari pendekatan sektoral menuju analisis lintas jalur yang mengintegrasikan kesehatan, lingkungan, pangan, air, dan kondisi sosial untuk menjelaskan pembentukan risiko secara lebih utuh.

Sintesis Lintas Tema dan Kerangka Konseptual

Tabel 2. Sintesis Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan Lingkungan

Jalur risiko	Temuan dan Variasi Kontekstual	Sintesis dan GAP	Implikasi
Penyakit tular vektor	▪ Suhu, kelembapan, curah hujan, dan variabilitas meteorologis berkaitan dengan dinamika vektor dan risiko dengue/DBD	▪ Iklim berfungsi sebagai sinyal risiko, tetapi bukan prediktor tunggal penyakit	▪ Memperkuat surveilans terpadu iklim–lingkungan–epidemiologi

	▪ Pola hubungan ditemukan di berbagai wilayah, tetapi kekuatan dan arah hubungan dapat berbeda menurut kondisi ekologis, kepadatan penduduk, permukiman, perilaku, mobilitas, dan kapasitas sistem kesehatan ▪ Curah hujan, misalnya, dapat meningkatkan habitat perindukan pada kondisi tertentu, tetapi hujan ekstrem juga dapat menghilangkan habitat larva	▪ Kesenjangan utama terletak pada dominasi studi yang menghubungkan variabel iklim tertentu dengan dengue, sementara interaksi antara iklim, ekologi vektor, kondisi sosial, dan jalur kesehatan lainnya masih relatif kurang terintegrasi	▪ System peringatan dini ▪ Pengendalian vektor berbasis kondisi lingkungan serta karakteristik wilayah.
Banjir, air, dan sanitasi	▪ Banjir dapat mengubah habitat vektor, mengganggu air dan sanitasi, mencemari sumber air, merusak infrastruktur, membatasi mobilitas, dan menghambat akses pelayanan kesehatan. ▪ Dampaknya berbeda menurut intensitas dan durasi banjir, kondisi infrastruktur, karakteristik lingkungan, serta tingkat kerentanan populasi.	▪ Banjir dapat dipahami sebagai risk multiplier karena satu kejadian dapat mengaktifkan beberapa jalur risiko secara simultan. ▪ Kesenjangan masih terlihat pada integrasi antara risiko banjir, penyakit, air dan sanitasi, kerusakan infrastruktur, serta kerentanan kelompok tertentu dalam satu kerangka analisis.	Adaptasi perlu mengintegrasikan air, sanitasi, pengendalian vektor, surveilans penyakit, perlindungan kelompok rentan, dan pemulihan fasilitas kesehatan, bukan hanya respons kedaruratan.
Ketahanan pangan dan status gizi	▪ Perubahan suhu dan curah hujan dapat memengaruhi produktivitas pertanian dan ketahanan pangan. ▪ Dampak selanjutnya dapat berlangsung melalui ketersediaan, akses, harga, dan konsumsi pangan. ▪ Pada anak, perubahan sistem pangan dapat berkontribusi terhadap gangguan status gizi. ▪ Besarnya dampak dipengaruhi karakteristik sistem pertanian, kondisi rumah tangga, dan kerentanan sosial.	▪ Dampak kesehatan melalui pangan menunjukkan cascade effect, yaitu perubahan iklim → produksi pangan → akses/ketersediaan pangan → konsumsi → status gizi → kesehatan. ▪ Kesenjangan terletak pada masih terbatasnya integrasi kajian pangan dan gizi ke dalam kerangka kesehatan lingkungan dan adaptasi iklim.	Adaptasi perlu menghubungkan kesehatan, pertanian, ketahanan pangan, gizi, perlindungan sosial, dan pengelolaan sumber daya air sehingga risiko kesehatan dapat dicegah pada tingkat hulu.
Kualitas udara dan asap kebakaran	▪ Perubahan iklim dan kondisi ekologis dapat meningkatkan risiko kebakaran vegetasi, yang kemudian menghasilkan asap dan polutan atmosfer. ▪ Paparan asap kebakaran berhubungan dengan gangguan kesehatan, terutama respirasi. Namun, tingkat paparan dan dampak kesehatan berbeda menurut intensitas kebakaran, durasi paparan, kondisi atmosfer, lokasi, dan karakteristik populasi.	▪ Kualitas udara menunjukkan jalur paparan sekunder: perubahan iklim → perubahan kondisi kebakaran → paparan asap/polutan → paparan manusia → dampak kesehatan. ▪ Kesenjangan masih terdapat pada pemahaman mengenai dinamika paparan jangka panjang, kelompok paling rentan,	Mengembangkan sistem peringatan dini terintegrasi yang menghubungkan informasi iklim, risiko kebakaran, kualitas udara, dan kesehatan serta memberikan perlindungan khusus bagi kelompok rentan.

		serta integrasi data iklim, kebakaran, kualitas udara, dan kesehatan.	
Kerentanan dan kapasitas adaptasi	▪ Dampak perubahan iklim tidak terdistribusi secara seragam. ▪ Risiko dipengaruhi oleh paparan, sensitivitas biologis dan sosial, kondisi ekonomi, karakteristik wilayah, akses pelayanan kesehatan, serta kapasitas adaptasi. ▪ Kelompok dan wilayah dengan kapasitas adaptasi lebih rendah cenderung menghadapi konsekuensi yang lebih besar.	▪ Risiko kesehatan merupakan hasil interaksi antara bahaya, paparan, kerentanan, dan kapasitas adaptasi. ▪ Kesenjangan utama adalah keterbatasan penelitian yang mengintegrasikan faktor sosial, ekologis, biologis, dan kapasitas adaptasi dengan berbagai jalur risiko kesehatan dalam satu kerangka.	Kebijakan adaptasi perlu berbasis risiko dan berorientasi pada ketimpangan, dengan memprioritaskan wilayah serta kelompok populasi yang paling rentan dan memperkuat kapasitas lokal.
Sintesis lintas jalur	Perubahan iklim dapat memengaruhi kesehatan melalui mekanisme yang langsung maupun tidak langsung. Satu kejadian dapat mengaktifkan beberapa jalur secara bersamaan, misalnya banjir yang memengaruhi sanitasi, habitat vektor, kualitas air, dan akses layanan.	▪ Perubahan iklim dapat diposisikan sebagai <i>upstream determinant</i> yang mengubah konfigurasi determinan kesehatan lingkungan. ▪ Kesenjangan terbesar bukan semata kurangnya penelitian, tetapi masih kuatnya pendekatan sektoral yang memisahkan penyakit, air, pangan, udara, bencana, dan kerentanan.	Diperlukan pendekatan lintas sektor dan sistemik, dengan integrasi surveilans iklim, lingkungan, kesehatan, pangan, air, kualitas udara, pengurangan risiko bencana, dan kapasitas adaptasi.

Tabel 2 menunjukkan bahwa literatur tidak hanya mengonfirmasi hubungan perubahan iklim dengan penyakit, tetapi mengungkap pergeseran konfigurasi determinan kesehatan. Perubahan ekologi vektor, gangguan air dan sanitasi, tekanan terhadap pangan dan gizi, serta paparan asap kebakaran membentuk jalur risiko yang saling beririsan, dengan kerentanan dan kapasitas adaptasi menentukan besarnya dampak. Perubahan iklim karenanya dapat diposisikan sebagai *upstream determinant* yang bekerja melalui interaksi faktor lingkungan, sosial, dan biologis, sementara pendekatan sektoral yang memisahkan penyakit, pangan, air, udara, dan bencana belum sepenuhnya menangkap kompleksitas tersebut. Tantangan ini semakin nyata dalam kebijakan Indonesia karena adaptasi harus mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan ketimpangan risiko antarwilayah (Syamzaimar, 2025).

Sintesis tersebut menghasilkan kerangka: ***Perubahan iklim → perubahan kondisi lingkungan → perubahan paparan → risiko kesehatan → dampak kesehatan masyarakat***, dengan kerentanan dan kapasitas adaptasi sebagai faktor yang memodifikasi setiap tahapan. Perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, dan kejadian ekstrem dapat mengubah ekologi vektor dan meningkatkan risiko penyakit tular vektor (Li et al., 2018; Wang et al., 2023); banjir dapat secara simultan mengganggu sanitasi, kualitas air, habitat vektor, dan akses pelayanan kesehatan (Coalson et al., 2021; Acosta-

España et al., 2024); gangguan produksi dan akses pangan dapat meningkatkan risiko masalah gizi pada anak (Colozza et al., 2025); sedangkan perubahan kondisi ekologis yang meningkatkan risiko kebakaran dapat memperluas paparan asap dan dampak kesehatan (Xu et al., 2020). Variasi dampak tersebut dipengaruhi karakteristik populasi dan kapasitas adaptasi (Jupri et al., 2026), sehingga satu tekanan iklim dapat mengaktifkan beberapa jalur risiko sekaligus.

Kerangka ini menuntut pergeseran strategi kesehatan lingkungan dari respons reaktif menuju pencegahan berbasis risiko dan antisipasi. Surveilans epidemiologis perlu terintegrasi dengan informasi iklim dan lingkungan; pengendalian vektor dengan pengelolaan habitat; kesiapsiagaan banjir dengan perlindungan air dan sanitasi; ketahanan pangan dengan perlindungan kesehatan; serta pemantauan kualitas udara dengan sistem peringatan kebakaran. Fokus intervensi perlu diarahkan pada determinan hulu dan kelompok paling rentan karena risiko kesehatan merupakan konfigurasi sistem yang dinamis, bukan akumulasi faktor risiko individual.

Research Gap dan Implikasi Adaptasi Kesehatan Lingkungan

Sintesis literatur menunjukkan bahwa kekuatan bukti masih timpang secara tematik. Penelitian mengenai perubahan iklim dan dengue relatif dominan (Li et al., 2018; Nugraha et al., 2021; Rakhmatsani & Susanna, 2024; Sandy, 2024; Wibawa et al., 2024), sedangkan jalur risiko melalui banjir, kualitas udara, pangan dan gizi, serta kerentanan sosial memiliki cakupan bukti yang lebih terbatas dan tersebar. Dominasi dengue berisiko mempersempit representasi dampak perubahan iklim apabila temuan penyakit tular vektor digunakan sebagai proksi keseluruhan risiko kesehatan lingkungan. Masalah utamanya bukan kekurangan penelitian, melainkan fragmentasi pengetahuan: studi cenderung menguji hubungan satu variabel iklim dengan satu luaran kesehatan, sementara interaksi antarrantai risiko belum banyak dijelaskan secara terpadu. Kesenjangan ini menempatkan agenda penelitian pada kebutuhan untuk mengintegrasikan iklim, lingkungan, epidemiologi, pangan, sosial, dan kerentanan dalam satu kerangka analisis yang mampu menjelaskan mekanisme dan interaksi lintas jalur.

Pada tingkat kebijakan, perbedaan paparan, kerentanan, kapasitas adaptasi, dan ketersediaan sumber daya antarwilayah membatasi efektivitas pendekatan yang seragam. Kebijakan perubahan iklim di Indonesia memerlukan strategi dan inovasi yang mampu menghubungkan adaptasi dengan pembangunan berkelanjutan (Syamzaimar, 2025). Prioritas kesehatan lingkungan karena itu perlu diarahkan pada adaptasi antisipatif berbasis risiko, terutama di wilayah dan kelompok dengan kerentanan tinggi. Implementasinya mencakup integrasi surveilans epidemiologis, iklim, dan lingkungan; pengendalian vektor berbasis habitat; perlindungan air dan sanitasi dalam kesiapsiagaan banjir; penguatan ketahanan pangan dan gizi; serta pemantauan kualitas udara yang terhubung dengan risiko kebakaran.

Pada tingkat penelitian, agenda berikutnya perlu melampaui identifikasi korelasi menuju pemodelan dinamika risiko yang lebih integratif. Studi mendatang perlu menggabungkan data iklim, lingkungan, epidemiologi, pangan, dan sosial untuk menguji bagaimana perubahan kondisi lingkungan membentuk paparan, bagaimana kerentanan memodifikasi dampak, serta mengapa populasi dengan tingkat paparan serupa dapat mengalami konsekuensi kesehatan yang berbeda. Pendekatan longitudinal, multivariat, dan berbasis sistem berpotensi menghasilkan bukti yang lebih kuat untuk mengembangkan peringatan dini, penentuan prioritas wilayah, dan strategi adaptasi yang kontekstual.

Perubahan iklim bukan sekadar meningkatkan risiko penyakit, tetapi mengubah konfigurasi determinan kesehatan lingkungan melalui interaksi perubahan ekologis, paparan, kondisi sosial, sensitivitas populasi, dan kapasitas adaptasi. Kontribusi utama sintesis ini adalah menempatkan kesehatan dalam rantai pembentukan risiko, dari perubahan kondisi lingkungan hingga dampak kesehatan. Karena itu, respons perlu bergeser dari reaktif menuju antisipatif melalui integrasi data kesehatan, lingkungan, air dan sanitasi, pangan, kualitas udara, penyakit, serta risiko bencana. Prioritas adaptasi harus diarahkan pada identifikasi risiko sejak hulu, integrasi lintas sektor, dan perlindungan wilayah serta kelompok paling rentan.

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa perubahan iklim memengaruhi kesehatan lingkungan melalui perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, cuaca ekstrem, kualitas air dan udara, serta ketahanan pangan. Dampaknya berlangsung melalui jalur yang saling berkaitan, terutama peningkatan risiko penyakit sensitif iklim seperti DBD, gangguan sanitasi dan kualitas air akibat banjir, penurunan produksi dan akses pangan, gangguan gizi, serta paparan polusi udara akibat kebakaran. Besarnya risiko tidak hanya ditentukan oleh perubahan iklim, tetapi juga oleh kondisi ekologis, tingkat paparan, kerentanan masyarakat, dan kapasitas adaptasi. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan yang hanya menghubungkan faktor iklim dengan penyakit tertentu belum memadai untuk menjelaskan kompleksitas dampak perubahan iklim terhadap kesehatan lingkungan.

Kondisi tersebut menempatkan pemantauan faktor iklim, surveilans penyakit, pengendalian vektor, perlindungan kualitas air dan udara, ketahanan pangan, kesiapsiagaan bencana, serta penguatan kapasitas adaptasi masyarakat sebagai bagian yang saling melengkapi dalam pengelolaan kesehatan lingkungan. Ke depan, penelitian perlu mengembangkan model integratif yang menghubungkan variabel iklim, kualitas lingkungan, paparan, penyakit, dan kerentanan secara simultan melalui pendekatan spasial-temporal dan pemodelan prediktif. Penelitian longitudinal dan berbasis wilayah juga diperlukan untuk mengidentifikasi ambang risiko, kelompok rentan, serta perubahan pola dampak dalam jangka panjang, sehingga pemahaman mengenai dinamika kesehatan lingkungan dalam kondisi iklim yang terus berubah dapat semakin kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta-España, J. D., Romero-Alvarez, D., Luna, C., & Rodriguez-Morales, A. J. (2024). Infectious disease outbreaks in the wake of natural flood disasters: Global patterns and local implications. *Infezioni in Medicina*, 32(4), 451–462. <https://doi.org/10.53854/liim-3204-4>
- Agnesia, Y., & Fitri, J. A. (2025). Perubahan iklim dan dampaknya pada kesehatan lingkungan. *Biomedical and Environmental Health Technology*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.35328/fe7x8s11>
- Asidik, A. H., Rokhmayanti, R., Supraptiningsih, S., & Puratmaja, Y. (2021). Epidemiology of dengue in Jetis Public Health Centre, Yogyakarta 2013–2016. *Epidemiology and Society Health Review (ESHR)*, 2(2), 69. <https://doi.org/10.26555/eshr.v2i2.2245>
- Black, C., Tesfaigzi, Y., Bassein, J. A., & Miller, L. A. (2017). Wildfire smoke exposure and human health: Significant gaps in research for a growing public health issue. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 55, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.022>
- Bowman, D. M. J. S., Kolden, C. A., Abatzoglou, J. T., Johnston, F. H., Coe, M. T., & Smith, A. M. S. (2020). Vegetation fires in the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 500–515. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0085-3>
- Coalson, J. E., Anderson, E. J., Santos, E. M., Madera Garcia, V., Romine, J. K., Dominguez, B., Richard, D. M., Little, A. C., Hayden, M. H., & Ernst, K. C. (2021). The complex epidemiological relationship between flooding events and human outbreaks of mosquito-borne diseases: A scoping review. *Environmental Health Perspectives*, 129(9), 096002. <https://doi.org/10.1289/EHP8887>
- Colozza, D., Guo, I., Sukotjo, S. W., Padmita, A. C., Galera, R. G., Sulastri, E., Wikanestri, I., & Ndiaye, M. (2025). The impact of climate change on child nutrition in Indonesia: A conceptual framework and scoping review of the available evidence. *BMJ Paediatrics Open*, 9(1), e002980. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2024-002980>
- Douglas, K. O., Payne, K., Sabino-Santos, G., Chami, P., & Lorde, T. (2024). Climate impacts on human dengue infections in the Caribbean. *Pathogens*, 13(9), 756. <https://doi.org/10.3390/pathogens13090756>
- Estiningtyas, W., & Syakir, M. (2018). Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi padi di lahan tadah hujan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 18(2). <https://doi.org/10.31172/jmg.v18i2.406>
- Gautama, I. P. W., Anggarani, N. K. N., Dwipayana, I. M. E., & Swastika, P. V. (2022). Analisis sensitivitas pada model matematika penyebaran penyakit demam dengue dengan laju insidensi nonlinier. *Jurnal Matematika*, 12(2), 127. <https://doi.org/10.24843/JMAT.2022.v12.i02.p155>
- Jupri, A., Supardiono, S., Dujana, L. A., Masri, N. E., Ghazali, A., Ningsih, D. P. S., & Ramdan, I. W. (2026). Analisis kerentanan masyarakat pesisir dalam menghadapi perubahan iklim di Desa Malaka Lombok Utara. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Humaniora*, 12(1), 16–22. <https://doi.org/10.29303/jseh.v12i1.1009>
- Karnauskas, K. B., Lundquist, J. K., & Zhang, L. (2018). Southward shift of the global wind energy resource under high carbon dioxide emissions. *Nature Geoscience*, 11, 38–43. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0029-9>
- Li, C., Lu, Y., Liu, J., & Wu, X. (2018). Climate change and dengue transmission in China: Evidence and challenges. *Science of the Total Environment*, 622–623, 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.326>

- Manda, M., & Mulyani, M. (2025). Dampak perubahan iklim dan cuaca ekstrem terhadap dinamika penularan demam berdarah dengue: Sebuah tinjauan literatur. *MEJORA: Medical Journal Awatara*, 3(1), 98–102. <https://doi.org/10.61434/mejora.v3i1.288>
- Mubbashir, A., Shaikh, Z., Memon, A., Alvares, J., & Shahid, A. (2023). Seroprevalence of dengue virus infection and adverse outcomes in pregnant women following recent flooding. *International Journal of Scientific Reports*, 9(6), 199–201. <https://doi.org/10.18203/issn.2454-2156.IntJSciRep20231449>
- Nugraha, F., Haryanto, B., Wulandari, R. A., & Pakasi, T. T. (2021). Studi ekologi hubungan kejadian demam berdarah dengue (DBD) dengan faktor iklim di Kota Administrasi Jakarta Pusat, Indonesia tahun 1999–2018. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 10(3), 142–148. <https://doi.org/10.33221/jikm.v10i03.923>
- Rakhmatsani, L., & Susanna, D. (2024). Studi ekologi hubungan iklim terhadap kejadian demam berdarah dengue (DBD) di Kabupaten Bogor tahun 2013–2022. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 207–214. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.207-214>
- Reid, C. E., & Maestas, M. M. (2019). Wildfire smoke exposure under climate change: Impact on respiratory health of affected communities. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 25(2), 179–187. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000552>
- Sandy, S. (2024). Perubahan iklim terhadap kasus DBD di Kabupaten Jayapura tahun 2014–2021. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 182–190. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.182-190>
- Sofiyan, M. N. (2025). Dampak perubahan iklim terhadap lingkungan, kesehatan, dan ekonomi. *Journal Central Publisher*, 2(12), 2884–2890. <https://doi.org/10.60145/jcp.v2i12.565>
- Sun, Q., Miao, C., Hanel, M., Borthwick, A. G. L., Duan, Q., Ji, D., & Li, H. (2019). Global heat stress on health, wildfires, and agricultural crops under different levels of climate warming. *Environment International*, 128, 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.025>
- Susanto, J., Biantara, I., Sumarlie, F., Afrita, N., Sukendro, S. J., & Pramana, C. (2026). Dampak perubahan iklim terhadap kesehatan masyarakat: Systematic literature review. *Klinik: Jurnal Ilmiah Kedokteran dan Kesehatan*, 5(1), 554–562. <https://doi.org/10.55606/klinik.v5i1.5735>
- Sutriyawan A., Kurniati N., Novianti N., Farida U., Yusanti L., Destriani S., & Saputra M. (2024). Analysis of temperature, humidity, rainfall, and wind velocity on dengue hemorrhagic fever in Bandung municipality. *Russian Journal of Infection and Immunity*, 14(1), 155–162. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-AOT-2110>
- Syamzaimar, S. (2025). Kebijakan perubahan iklim di Indonesia: Tantangan, strategi, dan inovasi dalam pembangunan berkelanjutan. *QAYID: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 134–144. <https://doi.org/10.61104/qd.v1i2.497>
- Utomo, B., & Oktaviani, R. (2026). Dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian dan ketahanan pangan pedesaan. *Primary Journal of Multidisciplinary Research*, 2(3), 59–64. <https://doi.org/10.70716/pjmr.v2i3.621>
- Wang, Y., Zhao, S., Wei, Y., Li, K., Jiang, X., Li, C., Ren, C., Yin, S., Ho, J., Ran, J., Han, L., Zee, B. C.-Y., & Chong, K.-C. (2023). Impact of climate change on dengue fever epidemics in South and Southeast Asian settings: A modelling study. *Infectious Disease Modelling*, 8(3), 645–655. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2023.05.008>
- Wibawa, B. S. S., Wang, Y.-C., Andhikaputra, G., Lin, Y.-K., Hsieh, L.-H. C., & Tsai, K.-H. (2024). Impact of climate variability on dengue risk in Central Java, Indonesia. *Climate Services*, 33, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100433>

Xu, R., Yu, P., Abramson, M. J., Johnston, F. H., Samet, J. M., Bell, M. L., Haines, A., Ebi, K. L., Li, S., & Guo, Y. (2020). Wildfires, global climate change, and human health. *New England Journal of Medicine*, 383(22), 2173–2181. <https://doi.org/10.1056/NEJMr2028985>