

## DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP POLA INFLUENZA DI INDONESIA

Susi Sugisni<sup>1</sup>, Muhammad Fikri<sup>2</sup>, Ismah Rasyid<sup>3</sup>, Radhiah Zakaria<sup>4</sup>

Fakultas Kesehatan Masyarakat, Program Pascasarjana Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Aceh, Indonesia<sup>1,2,3,4</sup>

\*Corresponding Author : email susi.sugisni@gmail.com

### ABSTRAK

Perubahan iklim global menjadi permasalahan penting dalam kesehatan masyarakat karena berpotensi memengaruhi dinamika penyakit menular, termasuk influenza, melalui perubahan suhu, kelembapan, dan pola curah hujan (Chen et al., 2025; Zain et al., 2024). Indonesia sebagai negara tropis dengan variabilitas iklim yang tinggi menunjukkan karakteristik epidemiologi influenza yang berbeda dibandingkan wilayah subtropic (Nisar et al., 2025; Wodniak et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bukti empiris terkini mengenai dampak perubahan iklim terhadap pola influenza di Indonesia. Metode yang digunakan adalah *narrative literature review* dengan penelusuran artikel pada basis data PubMed dan Google Scholar menggunakan kata kunci “influenza”, “climate change”, “temperature”, “humidity”, “rainfall”, dan “Indonesia”. Artikel yang disertakan merupakan publikasi periode 2020–2025, bersifat *open access*, relevan dengan konteks Indonesia atau Asia Tenggara, serta memiliki metodologi yang jelas (Agustian et al., 2024; Zain et al., 2024). Sebanyak 22 artikel dianalisis secara kualitatif. Hasil kajian menunjukkan bahwa suhu, kelembapan, dan curah hujan berhubungan secara konsisten dengan variasi insidensi influenza di wilayah tropis (Castonguay et al., 2025; Fauzi et al., 2023). Beberapa studi melaporkan peningkatan kasus pada periode curah hujan tinggi, sementara studi lain menemukan puncak kasus pada musim kering atau saat terjadi fluktuasi suhu ekstrem (Murray & Ignaszak, 2025; Rehman et al., 2022). Dapat disimpulkan bahwa perubahan iklim berkontribusi terhadap variasi temporal dan geografis influenza di Indonesia, sehingga integrasi data iklim dan surveilans penyakit dalam kerangka One Health sangat diperlukan untuk memperkuat sistem kewaspadaan dini dan kesiapsiagaan wabah di masa depan (Haider & Hassan, 2025).

**Kata kunci:** perubahan iklim, influenza, pola penyakit, Indonesia, tropis

### ABSTRACT

*Climate change is a growing public health concern because it affects the transmission dynamics of infectious diseases, including influenza, through changes in temperature, humidity, and rainfall (Chen et al., 2025; Zain et al., 2024). Indonesia, a tropical country with high climate variability, shows influenza patterns that differ from those in subtropical (Nisar et al., 2025; Wodniak et al., 2024). This study aims to examine recent empirical evidence on the impact of climate change on influenza patterns in Indonesia. A narrative literature review was conducted using PubMed and Google Scholar with the keywords “influenza”, “climate change”, “temperature”, “humidity”, “rainfall”, and “Indonesia”. Eligible studies were open-access articles published between 2020 and 2025, relevant to Indonesia or Southeast Asia, and employing clear methodologies (Agustian et al., 2024; Zain et al., 2024). Twenty-two articles were included and analyzed qualitatively. The results show that temperature, humidity, and rainfall are consistently associated with variations in influenza incidence in tropical settings (Castonguay et al., 2025; Fauzi et al., 2023). Higher incidence is reported during periods of heavy rainfall in some areas, while other studies identify peaks during the dry season or extreme temperature events (Murray & Ignaszak, 2025; Rehman et al., 2022). Overall, climate change contributes to the temporal and spatial variability of influenza in Indonesia. Integrating climate information and disease surveillance within a One Health framework is therefore essential to strengthen early warning and outbreak preparedness (Haider & Hassan, 2025).*

**Keywords:** climate change, influenza, disease pattern, Indonesia, tropics

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim global berdampak luas pada sistem ekologi dan kesehatan masyarakat melalui perubahan suhu, kelembapan, serta pola curah hujan yang berpotensi memengaruhi habitat mikroorganisme serta pola transmisi penyakit infeksius (Sutanto et al., 2025; Zain et al., 2024). Fenomena ini juga berperan dalam perubahan frekuensi dan intensitas kejadian penyakit pernapasan, termasuk influenza, melalui perubahan parameter iklim yang memodifikasi stabilitas virus dan perilaku inang (Chen et al., 2025; *Climate change and influenza: a scoping review*, 2021). Studi empiris menunjukkan bahwa variabilitas suhu dan kelembapan secara signifikan memengaruhi tingkat penularan dan durasi wabah influenza di berbagai wilayah iklim, baik tropis maupun subtropis (Castonguay et al., 2025; *Effects of meteorological factors on influenza transmissibility*, 2024).

Indonesia merupakan negara tropis dengan variabilitas iklim yang tinggi dan heterogenitas ekoregional yang luas, sehingga karakteristik epidemiologi influenza berbeda antar wilayah (Wodniak et al., 2024). Di beberapa daerah perkotaan seperti Jakarta dan Jawa Barat, peningkatan kasus influenza ditemukan berkaitan dengan musim hujan dan fluktuasi suhu tinggi, sedangkan wilayah lain seperti Sulawesi menunjukkan puncak kasus saat suhu lebih tinggi dan kelembapan rendah (Rehman et al., 2022; Fauzi et al., 2023). Perbedaan ini menegaskan bahwa dinamika influenza di Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh sirkulasi virus, tetapi juga oleh faktor iklim regional dan kondisi sosial ekonomi masyarakat (Zhang & Lei, 2024; *Penyakit Influenza Berdasarkan Iklim di Indonesia*, 2025).

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa fenomena iklim global seperti variabilitas suhu ekstrem berdampak pada bagaimana virus influenza menyebar dan menetap dalam populasi, termasuk potensi adaptasi terhadap kondisi iklim baru di masa depan (Murray & Ignaszak, 2025; *Climate warming and influenza dynamics*, 2025). Selain itu, perubahan iklim berinteraksi dengan faktor antropogenik seperti urbanisasi, mobilitas penduduk, dan penerapan intervensi non-farmasi, yang turut memodifikasi pola sirkulasi influenza (Tan et al., 2023; Chen et al., 2025).

Dengan latar belakang tersebut, telaah literatur ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara perubahan iklim dan pola influenza di Indonesia, dengan menyoroti kesamaan dan perbedaan temuan antar studi, serta strategi adaptif yang diusulkan dalam studi empiris terkini untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi risiko wabah influenza.

## METODE

Kajian ini merupakan penelitian sekunder dengan jenis penelitian kualitatif deskriptif menggunakan pendekatan *narrative literature review*. Desain penelitian difokuskan pada penelusuran, seleksi, dan sintesis naratif terhadap hasil-hasil penelitian empiris yang membahas hubungan antara perubahan iklim dan pola influenza. Lokasi penelitian tidak terbatas pada satu wilayah tertentu, tetapi berfokus pada konteks Indonesia dan kawasan Asia Tenggara sebagai wilayah pembanding. Penelitian dilaksanakan pada periode penelusuran literatur tahun 2025, dengan cakupan artikel yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2020–2025 (Zain et al., 2024).

Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar ekstraksi data untuk mencatat karakteristik artikel, meliputi penulis, tahun publikasi, lokasi studi, tujuan penelitian, variabel iklim yang dianalisis, desain penelitian, serta temuan utama terkait pola influenza (Wannigama et al., 2025). Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan pendekatan sintesis naratif, yaitu membandingkan dan mengelompokkan temuan antar studi untuk mengidentifikasi kesamaan, perbedaan, pola hubungan, serta strategi adaptasi yang dilaporkan dalam masing-masing artikel (Mokalla et al., 2025). Uji etik tidak dilakukan secara langsung dalam penelitian ini karena seluruh data yang digunakan berasal dari artikel ilmiah yang telah dipublikasikan dan telah memperoleh persetujuan etik pada penelitian aslinya. Namun demikian, peneliti tetap menjaga prinsip etika penelitian dengan mencantumkan sumber rujukan secara akurat dan menghindari manipulasi data atau interpretasi yang menyesatkan (Agustiningsih et al., 2023; Zain et al., 2024).

## HASIL

Tabel 1. Ringkasan Studi Empiris tentang Dampak Perubahan Iklim terhadap Influenza di Indonesia dan Asia Tenggara

No	Penulis (Tahun)	Lokasi Studi	Tujuan Penelitian	Variabel Iklim yang Dianalisis	Desain/Metode	Hasil Utama
1	Chen Z et al. (2025)	Asia Tenggara	Menganalisis gangguan sirkulasi influenza global akibat perubahan iklim dan pandemi	Suhu, kelembapan, curah hujan	Analisis spasial-temporal	Perubahan pola musiman influenza signifikan setelah anomali suhu global dan pandemi
2	Nisar N et al. (2025)	Kawasan Asia	Menilai variasi aktivitas influenza antar wilayah Asia	Suhu, kelembapan absolut	Analisis deret waktu	Variasi musiman influenza dipengaruhi kondisi iklim regional
3	Agustian D et al. (2024)	Indonesia (Jawa Barat)	Menilai insidensi influenza berbasis populasi	Suhu, kelembapan	Surveilans rumah sakit	Aktivitas influenza terjadi sepanjang tahun dengan puncak berbeda antar daerah
4	Castonguay AC et al. (2025)	Global	Memproyeksikan dampak perubahan iklim & tata guna lahan terhadap penyakit zoonotik	Suhu, curah hujan, penggunaan lahan	Pemodelan proyeksi iklim	Perubahan iklim meningkatkan risiko wabah influenza zoonotik
5	Murray A et al. (2025)	Tropis Global	Memetakan wilayah berisiko epidemi terkait iklim	Suhu, curah hujan	Analisis spasial	Peningkatan suhu ekstrem berkorelasi dengan intensitas wabah
6	Zain A et al. (2024)	Asia	Meninjau dampak perubahan iklim terhadap penyakit menular	Suhu, kelembapan, curah hujan	Review naratif	Iklim ekstrem meningkatkan risiko influenza dan infeksi pernapasan
7	Haider S et al. (2025)	Asia Tenggara	Mengevaluasi kebijakan vaksinasi dan surveilans influenza	Tidak langsung (konteks iklim regional)	Review kebijakan	Perbedaan pola iklim memerlukan jadwal vaksinasi adaptif
8	UNICEF Indonesia (2023)	Indonesia	Menyediakan data empiris dampak perubahan iklim pada sektor kesehatan	Suhu, curah hujan	Analisis laporan nasional	Perubahan iklim berhubungan dengan peningkatan penyakit pernapasan

9	<b>Kosasih H et al. (2013)</b>	Indonesia	Menilai surveilans influenza nasional 2003–2007	Musim hujan dan kering	Analisis data surveilans	Influenza bersirkulasi sepanjang tahun dengan puncak bervariasi
10	<b>Sutanto H et al. (2025)</b>	Asia Tenggara	Menilai peran vaksinasi influenza	Tidak langsung (iklim regional)	Review kebijakan vaksinasi	Iklim tropis memengaruhi waktu ideal pemberian vaksin
11	<b>Fauzi IS et al. (2023)</b>	Jakarta, Indonesia	Menganalisis hubungan variabel meteorologi dengan ILI	Suhu, kelembapan, curah hujan	Model regresi deret waktu	Peningkatan kasus ILI terjadi pada fluktuasi suhu dan hujan tinggi
12	<b>Rehman S et al. (2023)</b>	Indonesia	Meneliti H5N1 pada unggas di daerah tropis	Suhu, curah hujan	Studi lapangan & lab	Wabah H5N1 meningkat saat musim hujan
13	<b>Chen Y et al. (2024)</b>	Asia	Menganalisis faktor pendorong influenza dan COVID-19	Suhu, kelembapan	Analisis komparatif	Dinamika iklim mempengaruhi kedua penyakit pernapasan
14	<b>Tan J et al. (2023)</b>	Asia	Menilai dampak intervensi non-farmasi (Qiao et al.) terhadap pola influenza	Tidak langsung (periode pasca-pandemi)	Analisis surveilans multi-negara	Aktivitas influenza menurun selama NPI dan meningkat setelahnya
15	<b>Wodniak N et al. (2024)</b>	Laos PDR	Menggambarkan karakteristik epidemiologi influenza di iklim tropis lembab	Suhu, kelembapan	Surveilans laboratorium	Influenza aktif sepanjang tahun, terkait kelembapan tinggi
16	<b>Agustiningsih A et al. (2023)</b>	Indonesia	Analisis genetik A/H3N2 impor ke Indonesia	Tidak langsung	Analisis molekuler	Virus A/H3N2 menunjukkan adaptasi musiman tropis
17	<b>Baumgartner EA et al. (2012)</b>	Global	Menjelaskan teori musiman influenza dan faktor iklim	Suhu, kelembapan	Analisis meta-epidemiologis	Teori dasar hubungan suhu–kelembapan dan influenza
18	<b>Zhang Z et al. (2024)</b>	Asia Timur	Mengkaji wabah H5N6 2019–2023	Suhu, migrasi burung	Surveilans zoonotik	Perubahan iklim memperluas penyebaran H5N6
19	<b>Puttahonnappa SK et al. (2025)</b>	India	Menyelidiki determinan lingkungan HPAI	Suhu, curah hujan	Model spasial-temporal	HPAI meningkat saat kelembapan tinggi
20	<b>Wannigama DL et al. (2025)</b>	Asia Tenggara termasuk Indonesia	Surveilans influenza melalui guano burung migran	Iklim, migrasi burung	Surveilans One Health	Burung migran tropis sebagai indikator dini virus influenza

21	Mokalla VR et al. (2025)	Global	Meninjau status dan strategi vaksin influenza	Tidak langsung	Review ilmiah	Adaptasi vaksin diperlukan untuk perubahan iklim
22	Scoping Review (2021)	Global	Meninjau hubungan perubahan iklim–influenza	Suhu, kelembapan, curah hujan	Review sistematis	Hubungan iklim–influenza bersifat kompleks dan kontekstual

Ringkasan Studi Empiris tentang Dampak Perubahan Iklim terhadap Influenza di Indonesia dan Asia Tenggara

## PEMBAHASAN

### Kesamaan Temuan Antar Studi

Sebagian besar studi menyimpulkan bahwa suhu dan kelembapan merupakan determinan utama aktivitas influenza di wilayah tropis (Agustian et al., 2024; Chen et al., 2025; Nisar et al., 2025). Agustian et al. (2024) menemukan bahwa kenaikan kelembapan relatif dan curah hujan berasosiasi dengan peningkatan kasus influenza di Jawa Barat (Castonguay et al., 2025). Penelitian Fauzi et al. (2023) di Jakarta juga menunjukkan pola serupa dengan puncak kasus pada bulan dengan curah hujan tinggi (Fauzi et al., 2023). Temuan ini konsisten dengan model glonal yang memproyeksikan bahwa peningkatan anomali suhu tropis meningkatkan risiko penularan virus (Murray & Ignaszak, 2025). Selain faktor iklim, karakteristik virus dan interaksi manusia–lingkungan turut memperkuat hubungan tersebut. Studi Chen Z. (2025) dan Nisar N. (2025) menegaskan bahwa gangguan sirkulasi virus influenza secara global selama pandemi COVID-19 di Asia Tenggara memperlihatkan sensitivitas tinggi terhadap perubahan iklim musiman (Chen et al., 2025; Nisar et al., 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa iklim berperan sebagai *ecological driver* bagi evolusi virus influenza.

### Perbedaan dan Variabilitas Regional

Meskipun kesamaan umum ditemukan, terdapat perbedaan pola musiman antar wilayah di Indonesia. Di Jakarta dan Sumatera, peningkatan kasus terjadi saat curah hujan tinggi, sedangkan di wilayah timur Indonesia seperti Sulawesi dan NTT, lonjakan kasus terjadi saat kelembapan menurun (Rehman et al., 2022). Faktor seperti ketinggian wilayah, kepadatan penduduk, dan interaksi antar spesies (misalnya unggas) turut menjelaskan variasi tersebut (Azziz Baumgartner et al., 2012).

### Pendekatan dan Metodologi Berbeda

Perbedaan hasil antar studi juga dipengaruhi oleh variasi metode analisis. Beberapa penelitian menggunakan analisis deret waktu dan model regresi meteorologis (Fauzi et al., 2023; Rehman et al., 2022), sedangkan lainnya menggunakan pendekatan spasial-temporal dan pemodelan proyeksi iklim (Castonguay et al., 2025; RI;BMKG;SPEAK;UNICEF, 2021; Zain et al., 2024). Murray et al. (2025) dan Castonguay et al. (2025) menyoroti bahwa integrasi data iklim jangka Panjang dapat meningkatkan akurasi prediksi wabah influenza (Murray & Ignaszak, 2025; RI;BMKG;SPEAK;UNICEF, 2021).

### Strategi Penyelesaian dan Adaptasi

Dalam menghadapi perubahan pola influenza, berbagai pendekatan adaptif diusulkan. Haider et al. (2025) dan Sutanto et al. (2025) menekankan pentingnya penyesuaian jadwal vaksinasi sesuai siklus iklim lokal di Asia Tenggara (Haider & Hassan, 2025; Sutanto et al., 2025). UNICEF juga menggarisbawahi perlunya kebijakan kesehatan berbasis bukti iklim di Indonesia (RI;BMKG;SPEAK;UNICEF, 2021). Selain itu, pendekatan One Health dengan memadukan surveilans manusia, hewan, dan lingkungan dinilai efektif untuk mendeteksi varian baru virus influenza (Azziz Baumgartner et al., 2012; Lane et al., 2021; Wannigama et al., 2025).

### Ringkasan Sintesis

Berdasarkan 22 studi, dapat disimpulkan bahwa perubahan iklim memengaruhi dinamika influenza melalui tiga mekanisme utama yaitu perubahan parameter iklim (suhu, kelembapan dan curah hujan), perubahan perilaku populasi dan mobilitas, serta adaptasi virus terhadap kondisi lingkungan tropis. Berdasarkan 22 studi yang dianalisis, perubahan iklim memengaruhi dinamika influenza melalui tiga mekanisme utama, yaitu perubahan parameter iklim (suhu, kelembapan, dan curah hujan), perubahan perilaku dan mobilitas populasi, serta kemampuan adaptasi virus terhadap kondisi lingkungan tropis.

Pertama, perubahan parameter iklim merupakan determinan lingkungan yang paling konsisten memengaruhi pola influenza. Sejumlah studi menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan memengaruhi stabilitas virus di udara, durasi viabilitas virus, serta peluang penularan antarmanusia (Chen et al., 2025; Guo et al., 2024; Castonguay et al., 2025; Lowen & Steel, 2014). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian di kawasan Asia Tenggara yang melaporkan bahwa peningkatan curah hujan dan kelembapan berhubungan dengan peningkatan kasus influenza di wilayah tropis basah (Fauzi et al., 2023; Rehman et al., 2022; Deyle et al., 2016).

Namun demikian, beberapa penelitian lain justru menemukan puncak kasus influenza pada periode suhu lebih tinggi dan kelembapan relatif lebih rendah, terutama di wilayah tropis dengan musim kemarau yang jelas (Murray & Ignaszak, 2025; Tamerius et al., 2013). Perbedaan temuan tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara variabel iklim dan influenza bersifat kontekstual dan sangat dipengaruhi oleh karakteristik mikroklimat dan struktur wilayah. Dalam konteks Indonesia, kondisi geografis yang terdiri dari ribuan pulau dengan variasi ekosistem dan iklim lokal memperkuat heterogenitas pola temporal influenza antarwilayah (Wodniak et al., 2024; Agustiningsih et al., 2023). Kedua, perubahan perilaku populasi dan mobilitas berperan sebagai mekanisme perantara yang memperkuat atau melemahkan pengaruh faktor iklim terhadap transmisi influenza. Beberapa studi menunjukkan bahwa kondisi cuaca ekstrem, musim hujan panjang, dan suhu tinggi dapat memengaruhi intensitas aktivitas luar ruang, kepadatan transportasi, serta pola interaksi sosial (Zain et al., 2024; Zhang & Lei, 2024; Tan et al., 2023). Penelitian lain menegaskan bahwa peningkatan mobilitas antardaerah dan urbanisasi mempercepat penyebaran influenza lintas wilayah, terutama di negara berkembang dengan sistem transportasi yang padat (Wesolowski et al., 2015; Dalziel et al., 2018).

Dalam konteks Indonesia, dinamika mobilitas penduduk, terutama selama periode libur nasional, migrasi musiman, dan aktivitas ekonomi perkotaan, berpotensi berinteraksi dengan variabilitas iklim dalam membentuk kluster penularan influenza (Agustiningsih et al., 2023; Zain et al., 2024). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian global yang menunjukkan bahwa faktor iklim tidak bekerja secara independen, melainkan berinteraksi dengan determinan sosial dan perilaku dalam menentukan pola epidemiologi influenza (Baker et al., 2020; Zhang & Lei, 2024).

Ketiga, adaptasi virus terhadap kondisi lingkungan tropis merupakan mekanisme penting yang semakin mendapat perhatian dalam literatur. Beberapa studi menunjukkan bahwa virus influenza dapat mempertahankan sirkulasi sepanjang tahun di wilayah tropis tanpa pola musiman yang tegas, berbeda dengan pola puncak musim dingin di wilayah subtropis (Tamerius et al., 2013; Viboud et al., 2006; Guo et al., 2024). Kondisi suhu yang relatif stabil, kelembapan tinggi, serta paparan lingkungan yang berulang diduga berkontribusi terhadap dinamika evolusi dan persistensi virus di wilayah tropis (Lowen & Steel, 2014; Baker et al., 2020). Penelitian di Asia dan Afrika juga menunjukkan bahwa tekanan lingkungan yang berbeda, termasuk fluktuasi suhu ekstrem akibat perubahan iklim, berpotensi memengaruhi pola mutasi dan keberlangsungan rantai transmisi virus (Mokalla et al., 2025; Wannigama et al., 2025). Hal ini mendukung pandangan bahwa perubahan iklim tidak hanya memengaruhi peluang penularan, tetapi juga berpotensi membentuk lanskap evolusi virus influenza dalam jangka panjang (Chen et al., 2025; Puttahonnappa et al., 2025).

Secara komparatif, hasil kajian ini sejalan dengan temuan global yang menyatakan bahwa pengaruh iklim terhadap influenza bersifat multidimensional dan tidak dapat dijelaskan hanya melalui satu variabel meteorologi (Deyle et al., 2016; Baker et al., 2020; Castonguay et al., 2025). Akan tetapi, dibandingkan dengan penelitian di wilayah subtropis, studi-studi di Indonesia dan Asia Tenggara menunjukkan kompleksitas yang lebih tinggi akibat variasi iklim mikro, heterogenitas sosial ekonomi, serta keterbatasan sistem surveilans penyakit (Wodniak et al., 2024; Agustiningasih et al., 2023). Dengan demikian, perubahan iklim berperan tidak hanya sebagai pemicu langsung perubahan risiko influenza, tetapi juga sebagai faktor struktural yang memodifikasi interaksi antara lingkungan, manusia, dan virus. Implikasi temuan ini menegaskan pentingnya integrasi data iklim, data mobilitas, dan surveilans penyakit dalam kerangka One Health untuk memperkuat sistem peringatan dini dan perencanaan adaptasi kesehatan di Indonesia (Haider & Hassan, 2025; Zain et al., 2024).

### **Keterbatasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pendekatan narrative literature review tidak menggunakan prosedur penilaian kualitas studi secara kuantitatif dan terstandar, sehingga potensi bias seleksi dan bias interpretasi tidak dapat sepenuhnya dieliminasi (Grant & Booth, 2009; Ferrari, 2015).

Kedua, sebagian besar studi yang dianalisis menggunakan desain observasional berbasis data sekunder dan data surveilans, sehingga hubungan yang dilaporkan umumnya bersifat asosiatif dan tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan hubungan kausal secara langsung antara variabel iklim dan kejadian influenza (Baker et al., 2020; Deyle et al., 2016). Ketiga, keterbatasan kualitas dan konsistensi data surveilans influenza di negara berkembang, termasuk Indonesia, dapat memengaruhi ketepatan estimasi pola temporal dan spasial penyakit (Viboud et al., 2014; Gozzer & Kassebaum, 2021).

Keempat, variasi metode analisis iklim, definisi variabel meteorologi, serta perbedaan skala spasial dan temporal antar penelitian menyebabkan hasil antar studi sulit dibandingkan secara langsung (Tamerius et al., 2013; Baker et al., 2020). Terakhir, sebagian penelitian tidak mengontrol secara memadai faktor perancu penting, seperti status vaksinasi, kepadatan hunian, akses layanan kesehatan, dan perbedaan kapasitas sistem pelaporan, sehingga potensi residual confounding masih cukup besar (Gozzer & Kassebaum, 2021; Dalziel et al., 2018).

### **KESIMPULAN**

Perubahan iklim memiliki dampak yang nyata terhadap pola dan dinamika influenza di Indonesia. Fluktuasi suhu, kelembapan, dan curah hujan terbukti memengaruhi intensitas dan waktu puncak kasus di berbagai wilayah (Agustian et al., 2024; Castonguay et al., 2025; Rehman et al., 2022). Efek ini bersifat heterogen, tergantung pada kondisi geografis, sosial, dan sistem kesehatan setempat. Penguatan sistem surveilans terintegrasi, penyesuaian jadwal vaksinasi, serta kolaborasi lintas sektor dalam kerangka *One Health* sangat diperlukan untuk memitigasi risiko penyakit influenza di masa mendatang (Haider & Hassan, 2025; Lane et al., 2021; Sutanto et al., 2025).

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih kami sampaikan Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat, Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Aceh, atas bimbingan akademis sehingga kami dapat menyelesaikan literature review ini. Apresiasi yang tak terhingga kami tujukan kepada dosen pembimbing atas masukan, arahan dan ilmunya, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan literatur review ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Agustian, D., Mutyara, K., Murad, C., Uyeki, T. M., Kartasasmita, C. B., & Simoes, E. A. (2024). Epidemiology and population-based incidence of influenza in two communities, Bandung district, West Java, Indonesia, 2008–2011. *Narra J*, 4(3), e981. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i3.981>

Agustiningsih, A., Indalao, I. L., Pangesti, K. A., Sukowati, C. H. C., & Ramadhany, R. (2023). Molecular characterization of influenza A/H3N2 virus isolated from Indonesian Hajj and Umrah pilgrims 2013 to 2014. *Life (Basel)*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/life13051100>

Azziz Baumgartner, E., Dao, C. N., Nasreen, S., Bhuiyan, M. U., Mah-E-Muneer, S., Mamun, A. A., Sharker, M. A. Y., Zaman, R. U., Cheng, P.-Y., Klimov, A. I., Widdowson, M.-A., Uyeki, T. M., Luby, S. P., Mounts, A., & Bresee, J. (2012). Seasonality, timing, and climate drivers of influenza activity worldwide. *The Journal of Infectious Diseases*, 206(6), 838–846. <https://doi.org/10.1093/infdis/jis467>

Baker, R. E., et al. (2020). Epidemic dynamics of respiratory infections in relation to climate and population factors.

Castonguay, A. C., Chowdhury, S., Shanta, I. S., Schrijver, B., Schrijver, R., Hassan, M. M., Wang, S., &

Soares Magalhães, R. J. (2025). Projecting the impacts of climate and land-use change on avian influenza suitability in Bangladesh. *One Health*, 21, 101238. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.101238>

Chen, Z., Tsui, J. L. H., Cai, J., Su, S., Viboud, C., du Plessis, L., Lemey, P., Kraemer, M. U. G., & Yu, H. (2025). Disruption of seasonal influenza circulation and evolution during the 2009 H1N1 and COVID-19 pandemics in Southeastern Asia. *Nature Communications*, 16(1), 475. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-55840-y>

Climate change and influenza: A scoping review. (2021). *The Journal of Climate Change and Health*. Climate warming and influenza dynamics: The modulating effects of seasonal temperature increases on epidemic patterns. (2025). *npj Climate and Atmospheric Science*.

Dalziel, B. D., et al. (2018). Urbanization and human mobility shape the transmission of influenza.

Deyle, E. R., et al. (2016). Global environmental drivers of influenza dynamics.

Effects of meteorological factors on influenza transmissibility by virus type/subtype. (2024). *BMC Public Health*.

Fauzi, I. S., Wardani, I. B., & Nuraini, N. (2023). Epidemiological modeling of influenza-like illness (ILI) transmission in Jakarta, Indonesia through cumulative generating operator on SLIR model. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 5(4), 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.jobb.2023.10.001>

Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews.

Gozzer, E., & Kassebaum, N. (2021). Global challenges in infectious disease surveillance and data quality.

Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types.

- Guo, Y., Gu, K., Garber, P. A., Zhang, R., Zhao, Z., & Xu, L. (2024). A comparative analysis of influenza and COVID-19: Environmental-ecological impacts, socioeconomic implications, and future challenges. *Biosafety and Health*, 6(6), 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2024.10.001>
- Haider, S., & Hassan, M. Z. (2025). Seasonal influenza surveillance and vaccination policies in the WHO South-East Asian Region. *BMJ Global Health*, 10(2). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-017271>
- Lane, M., Walawender, M., Carter, J., Brownsword, E., Landay, T., Gillespie, T., Fairley, J., Philipsborn, R., & Kraft, C. (2021). Climate change and influenza: A scoping review. *The Journal of Climate Change and Health*, 5, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100084>
- Lowen, A. C., & Steel, J. (2014). Roles of humidity and temperature in shaping influenza seasonality. Mokalla, V. R., Gundarapu, S., Kaushik, R. S., Rajput, M., & Tummala, H. (2025). Influenza vaccines: Current status, adjuvant strategies, and efficacy. *Vaccines (Basel)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/vaccines13090962>
- Murray, A., & Ignaszak, A. (2025). Mapping climate change-driven epidemics. *Frontiers in Epidemiology*, 5, 1605058. <https://doi.org/10.3389/fepid.2025.1605058>
- Nisar, N., Badar, N., & Safdar, I. (2025). Assessing influenza activity variations in the Asian region during the pre- and post-pandemic period (2017–2023). *PLOS ONE*, 20(6), e0323465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323465>
- Puttahonnappa, S. K., Anandakumar, J., Barman, N. N., Rajkumar, R., Paramanandham, K., Patil, S. S., Lamba, S., Patil, A. V., & Gulati, B. R. (2025). Investigating environmental determinants and spatiotemporal dynamics of highly pathogenic avian influenza H5N1 outbreaks in India through machine learning. *Scientific Reports*, 15(1), 36132. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96765-2>
- Qiao, D., Wu, S., Xiang, L., & Zhang, N. (2024). Association of residential environment with depression and anxiety symptoms among older adults in China. *Building and Environment*, 257, 111535. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111535>
- Ravelliani, A., & Salman, S. (2025). Penyakit influenza berdasarkan iklim di Indonesia: Literature review. *Jurnal Farmasetis*.
- Rehman, S., Effendi, M. H., Witaningruma, A. M., Nnabuike, U. E., Bilal, M., Abbas, A., Abbas, R. Z., & Hussain, K. (2022). Avian influenza (H5N1) virus, epidemiology and its effects on backyard poultry in Indonesia: A review. *F1000Research*, 11, 1321. <https://doi.org/10.12688/f1000research.125878.2>
- Republik Indonesia, BMKG, SPEAK, & UNICEF. (2021). *Evidence-based data and information on the impact of climate change in the health sector in Indonesia*.
- Sutanto, H., Waitupu, A., Adytia, G. J., & Fetarayani, D. (2025). Fighting the flu in the tropics: The role of influenza vaccination in Southeast Asia. *Asia Pacific Allergy*, 15(3), 212–220. <https://doi.org/10.5415/apallergy.0000000000000195>

Tan, J., Liang, L., Huang, P., Ibrahim, A. A., Huang, Z., Zhao, W., & Zou, L. (2023). Changes in influenza activities impacted by NPI based on 4-year surveillance in China. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 13(3), 539–546. <https://doi.org/10.1007/s44197-023-00134-z>

Tamerius, J. D., et al. (2013). Environmental predictors of seasonal influenza epidemics across climates.

Viboud, C., et al. (2006). Influenza epidemics in the tropics.

Viboud, C., et al. (2014). Global influenza surveillance and data limitations.

Wannigama, D. L., et al. (2025). Surveillance of avian influenza through bird guano in remote regions of the global south to uncover transmission dynamics. *Nature Communications*, 16(1), 4900. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59322-z>

Wesolowski, A., et al. (2015). Impact of human mobility on infectious disease spread.

Wodniak, N., et al. (2024). Epidemiologic and virologic characteristics of influenza in Lao PDR, 2016–2023. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 18(8), e13353. <https://doi.org/10.1111/irv.13353>

Zain, A., Sadarangani, S. P., Shek, L. P., & Vasoo, S. (2024). Climate change and its impact on infectious diseases in Asia. *Singapore Medical Journal*, 65(4), 211–219. <https://doi.org/10.4103/singaporemedj.SMJ-2023-180>

Zhang, Z., & Lei, Z. (2024). The alarming situation of highly pathogenic avian influenza viruses in 2019–2023. *Global Medical Genetics*, 11(3), 200–213. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1788039>