

Digital Epidemiologi Pencarian Informasi, Penyakit, Gejala, Lingkungan, Perawatan dan Gaya Hidup sebagai Indikator Peringatan Dini Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut

Iqbal Ardiansyah^{1*}, Tri Cahyono¹, Ratih Lukmitarani¹, Saumi Anggit Musofi¹, Hari Rudijanto Indro Wardono¹, Teguh Budi Prijanto², Rusyda Ihwani Tantia Nova³

¹ Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

² Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung, Indonesia

³ Jurusan Promosi Kesehatan, Poltekkes Kemenkes Bandung, Indonesia

*Corresponding author: sayhalotoiqbal@gmail.com



©2026. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Info Artikel: Diterima 19 April 2026 ; Direvisi 19 Oktober 2026 ; Disetujui 19 Oktober 2026

Tersedia online : 26 Oktober 2026 ; Diterbitkan secara teratur : Oktober 2026



Cara sitasi: Ardiansyah I, Cahyono T, Lukmitarani R, Musofi SA, Wardono HRI, Prijanto TB, Nova RIT. Digital Epidemiologi Pencarian Informasi, Penyakit, Gejala, Lingkungan, Perawatan dan Gaya Hidup sebagai Indikator Peringatan Dini Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2026 Okt;25(3):361-373. <https://doi.org/10.14710/jkli.83899>.

ABSTRAK

Latar belakang: Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) tetap menjadi tantangan morbiditas utama di kawasan urban padat seperti DKI Jakarta, yang diperburuk oleh polusi udara. Studi epidemiologi digital ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan data Google Trends dari berbagai domain kueri sebagai instrumen peringatan dini (early warning system) komplementer untuk memprediksi insiden ISPA, sekaligus menganalisis kekuatan korelasi dan jeda waktu (temporal lag) antara perilaku pencarian informasi spesifik dengan insiden yang terjadi.

Metode: Penelitian observasional retrospektif ini membandingkan data mingguan rawat jalan ISPA di Jakarta 2023–2024 dengan Volume Pencarian Relatif (RSV) Google Trends. Kueri diklasifikasikan ke dalam lima domain, di antaranya adalah penyakit, gejala, lingkungan, perawatan dan gaya hidup. Analisis dilakukan menggunakan regresi linier sederhana dan uji korelasi *Spearman* dengan jeda waktu (*time-lag*) -3 hingga +3 minggu.

Hasil: Kueri spesifik gejala (Batuk) dan pengobatan (Obat Batuk) terbukti bersifat reaktif, memuncak satu minggu setelah lonjakan kasus aktual (Lag +1). Sebaliknya, kueri lingkungan (*Air Quality Index*, Lag -3) dan proteksi (*Air Purifier*, Lag -2) bersifat prediktif. Anomali ditemukan pada kueri (PM2.5, Lag 0) dan (Kabut Asap, Lag +3) yang secara signifikan terdistorsi oleh keriuhan media (*media clamor*) berskala nasional.

Simpulan: Pemantauan kueri internet pada domain lingkungan dan proteksi efektif berfungsi sebagai indikator peringatan dini ISPA hingga 2-3 minggu sebelum kasus klinis terjadi. Kendati demikian, data digital rentan terhadap bias media, sehingga integrasinya dengan data klinis konvensional tetap harus dilakukan.

Kata kunci: Epidemiologi; Digital; ISPA; Kueri; Tren Google.

ABSTRACT

Title: Digital Epidemiology of Information Seeking, Diseases, Symptoms, Environment, Treatment, and Lifestyle as Early Warning Indicators for Acute Respiratory Infections

Background: Acute Respiratory Infection (ARI) remains a major morbidity challenge in densely populated urban areas like Jakarta, exacerbated by air pollution. This digital epidemiology study aims to evaluate the feasibility of

Google Trends data across various query domains as a complementary early warning system to predict ARI incidence.

Method: This retrospective observational time-series study compared weekly outpatient ARI data in Jakarta (2023–2024) with Google Trends Relative Search Volume (RSV). Queries were classified into five domains: disease, symptoms, causes, treatment, and protection. Data were analyzed using simple linear regression and Spearman's rank correlation with a time-lag of -3 to +3 weeks.

Result: Symptom-specific queries (e.g., Batuk) and treatments (Obat Batuk) were reactive, peaking one week after the actual surge in cases (Lag +1). Conversely, environmental (Air Quality Index, Lag -3) and protection queries (Air Purifier, Lag -2) were predictive. Anomalies were found in (PM2.5, Lag 0) and (Kabut Asap, Lag +3) queries, which were significantly distorted by national-scale media clamor.

Conclusion: Monitoring internet queries in the environmental and protection domains effectively serves as an early warning indicator for ARI up to 2-3 weeks prior to clinical manifestations. However, digital data are susceptible to media bias, making their integration with conventional clinical data essential.

Keywords: Epidemiology; Digital; ARI; Query; Google Trends.

PENDAHULUAN

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) masih menjadi salah satu kontributor utama terhadap angka morbiditas dan mortalitas dunia, khususnya pada populasi rentan di kawasan aglomerasi urban yang padat.¹ Di Indonesia, Daerah Khusus Ibu Kota (DKI) Jakarta menghadapi beban epidemiologis yang substansial terkait penyakit pernapasan. Data dari dinas kesehatan DKI Jakarta mencatat bahwa rata-rata insiden ISPA di Jakarta mencapai sekitar 146.000 kasus per bulan sepanjang tahun 2023.² Tingginya prevalensi ini secara langsung diperburuk oleh penurunan kualitas udara ambien, di mana konsentrasi partikulat halus PM2.5 sering kali melampaui ambang batas aman tahunan yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO).³ Kondisi endemik ini menegaskan urgensi implementasi sistem pemantauan epidemiologis yang sangat ketat dan responsif.⁴

Pajanan jangka pendek maupun jangka panjang terhadap polusi udara, khususnya partikulat, telah secara empiris dihubungkan dengan induksi stres oksidatif, peradangan, dan disfungsi saluran pernapasan, yang dapat meningkatkan kerentanan individu.⁵ DKI Jakarta, sebagai wilayah metropolitan yang dinamis, fluktuasi kualitas udara yang ekstrem dapat memicu lonjakan kasus ISPA secara seketika.^{4,6} Oleh karena itu, kemampuan untuk mendeteksi dan mengantisipasi lintasan kasus klinis pada tahap awal sangatlah penting untuk mencegah fasilitas layanan kesehatan dari kelebihan beban kapasitas (*overcrowding*) serta untuk memitigasi dampak sosioekonomi yang merugikan bagi masyarakat.⁷

Secara historis, sistem surveilans kesehatan masyarakat konvensional saat ini masih bertumpu pada pelaporan data infeksi klinis dari fasilitas layanan kesehatan secara berjenjang.^{8,9} Meskipun sistem pelaporan ini bertindak sebagai standar emas (*gold standard*), pendekatan yang murni berbasis fasilitas kesehatan memiliki sejumlah keterbatasan.¹⁰ Keterbatasan paling utama adalah penundaan pelaporan (*time-lag*) yang memakan waktu berminggu-minggu antara timbulnya gejala klinis pada pasien dan agregasi data akhir di tingkat pusat.¹¹ Selain itu, sistem tradisional umumnya hanya menangkap sebagian kecil dari beban penyakit sesungguhnya akibat fenomena *underreporting*, sebagian besar individu dengan gejala pernapasan ringan hingga sedang cenderung melakukan swamedikasi yang diakselerasi secara masif oleh penetrasi teknologi informasi dan internet.^{12,13} Demokratisasi akses informasi medis di internet telah mentransformasikan posisi pasien menjadi agen aktif yang mandiri dalam mengelola kesehatannya (*empowered patient*), yang didorong oleh motif efisiensi biaya, kepraktisan waktu, serta keinginan untuk memegang otonomi penuh atas keputusan terapeutik personal. Sehingga masyarakat tidak segera mencari perawatan medis profesional di rumah sakit atau puskesmas.¹⁴

Untuk menjembatani celah pelaporan sistem surveilans kesehatan konvensional tersebut, epidemiologi digital (*digital epidemiology*) telah muncul sebagai paradigma mutakhir dalam surveilans kesehatan masyarakat.⁷ Pendekatan ini mendayagunakan *big data* yang dihasilkan di luar sistem kesehatan formal seperti rekam jejak penelusuran internet untuk memantau dinamika penyebaran penyakit populasi secara waktu nyata (*near real-time*).¹⁵ Strategi epidemiologi digital ini dikonstruksi berdasarkan premis bahwa pada era konektivitas digital, masyarakat modern secara proaktif mencari informasi kesehatan daring (seperti gejala atau metode pengobatan) tepat saat mereka merasa sakit, jauh sebelum memutuskan untuk mendatangi fasilitas pelayanan kesehatan.^{16,17}

Di antara ragam instrumen epidemiologi digital yang ada, *Google Trends* telah diakui secara luas sebagai salah satu perangkat surveilans yang menjanjikan.^{18,19} Berbagai studi terdahulu telah mendemonstrasikan kelayakan data *Google Trends* dalam melacak lintasan transmisi penyakit menular secara akurat melalui

pembuktian statistik.^{20,21} Sebagai contoh, penelitian terkait demam berdarah (*dengue*) di Indonesia menunjukkan korelasi yang sangat tinggi antara volume kueri pencarian dan data surveilans klinis resmi, dengan koefisien korelasi yang berkisar antara $r = 0,921 - 0,937$.¹⁹ Pada pemantauan patologi saluran pernapasan seperti *Respiratory Syncytial Virus* (RSV) di Amerika Serikat, pemodelan kueri penelusuran web mampu menghasilkan korelasi mencapai $r = 0,84$ terhadap data konfirmasi uji laboratorium.²² Lebih lanjut, pada fase awal pandemi COVID-19, penelusuran daring untuk gejala klinis terbukti mampu mendahului laporan kasus aktual dengan jeda waktu (*lag*) antisipatif antara 12 hingga 21 hari, serta menghasilkan tingkat akurasi prediksi dengan nilai *Area Under Curve* (AUC) sebesar $r = 0,82$.^{14,23} Evaluasi model prediktif di Eropa untuk kasus *Influenza-Like Illness* (ILI) juga terbukti berhasil mengidentifikasi puncak epidemi 1 hingga 3 minggu lebih awal dari laporan otoritas kesehatan, dengan rata-rata koefisien korelasi sebesar 0,69.²⁴

Meskipun Google Trends memiliki potensi utilitas yang menjanjikan, pendekatan pemodelan untuk memprediksi penyakit pernapasan, khususnya sindrom nonspesifik seperti Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) masih memerlukan pengembangan metodologis. Mayoritas studi epidemiologi digital saat ini cenderung menganalisis penyakit yang spesifik dan mengekstraksi data berbasis kata kunci yang hanya merujuk langsung pada nama penyakit atau gejala klinis. Pendekatan konvensional tersebut kerap mengabaikan spektrum perilaku penelusuran preventif, sehingga berisiko menghasilkan bias estimasi.^{17,25} Sebagai contoh empiris, kegagalan sistem *Google Flu Trends* pada awal tahun 2013 menunjukkan adanya overestimasi puncak epidemi influenza hingga lebih dari 140% dibandingkan dengan insiden aktual di lapangan.²⁴ Keterbatasan penelitian sebelumnya memperlihatkan sebuah celah (*knowledge gap*), terutama terkait ketergantungan model pada kueri yang bersifat reaktif seperti kata "gejala" (*symptomen*). Hingga saat ini, eksplorasi metodologis yang mengevaluasi secara kuantitatif keterkaitan antara kueri penyebab lingkungan, proteksi, dan gaya hidup masih sangat minim dilakukan. Padahal, pemahaman mengenai hubungan temporal antara kueri lingkungan yang berpotensi bersifat antisipatif dan kueri gejala klinis yang bersifat reaktif krusial untuk dikaji, khususnya dalam konteks kawasan metropolitan dengan tingkat polusi tinggi seperti DKI Jakarta.^{16,17}

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan data *Google Trends* dari berbagai domain kueri (meliputi kelompok penyakit, gejala, penyebab lingkungan, pengobatan, serta proteksi dan gaya hidup) sebagai instrumen peringatan dini (*early warning system*) komplementer untuk memprediksi insiden ISPA. Studi ini juga bertujuan untuk menganalisis secara empiris kekuatan korelasi serta jeda waktu (*temporal lag*) antara perilaku pencarian informasi spesifik populasi dengan data rawat jalan ISPA mingguan di DKI Jakarta pada periode 2023–2024. Dengan membedah sifat prediktif dari masing-masing kueri.

MATERI DAN METODE

Desain Studi

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif menggunakan pendekatan epidemiologi digital (*digital epidemiology*) dengan desain observasional retrospektif berbasis deret waktu (*time-series*). Pendekatan ini memanfaatkan data rekam jejak digital yang dihasilkan di luar sistem kesehatan formal untuk melengkapi surveilans epidemiologi konvensional.⁷ Studi ini difokuskan pada analisis dinamika pencarian informasi kesehatan di internet untuk memprediksi dan memantau pola insiden penyakit di masyarakat.¹⁹

Pengumpulan Data dan Kueri Penelusuran

Populasi pada penelitian ini adalah data mingguan angka rawat jalan pasien Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) di Provinsi DKI Jakarta dan data kueri berdasarkan metrik Volume Pencarian Relatif (*Relative Search Volume* / RSV) dari Google Trends. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, kami mengekstraksi seluruh data agregat mingguan selama periode pengamatan 2 tahun penuh (2023–2024).

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah data mingguan angka rawat jalan pasien Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) Puskesmas di Provinsi DKI Jakarta selama periode 2023–2024 sebagai sampel data pada variabel dependen. Data insiden ini diakses secara terbuka melalui dasbor resmi Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta (<https://dashboard-dinkes.jakarta.go.id/>).²⁶

Variabel independen yang dianalisis adalah metrik Volume Pencarian Relatif (*Relative Search Volume* / RSV) dari Google Trends (<https://trends.google.com/>).¹⁸ Berdasarkan kerangka perilaku pencarian informasi kesehatan masyarakat di internet (*health information-seeking behavior*), parameter pencarian diidentifikasi dan diklasifikasikan ke dalam lima kategori kueri sebagai sampel data pada variabel independen.^{16,17,27,28}

Tabel 1. Kelompok Variabel Dependen dan Kueri Google Trends

Kelompok Variabel Dependen	Kueri Google Trends
Kelompok Penyakit	ISPA
Kelompok Gejala	Batuk, Batuk Kering, Batuk Berdahak, Pilek, Demam, Sakit Tenggorokan
Kelompok Penyebab dan Lingkungan	Rumah Sehat, Polusi Udara, Air Pollution, Air Quality Index, Kualitas Udara, Perubahan Iklim, Kabut Asap, PM2.5
Kelompok Perawatan/Pengobatan	Obat Batuk
Kelompok Proteksi dan Gaya Hidup	Air Purifier, HEPA Filter, Air Conditioner, Lidah Mertua, Sri Rejeki, Lidah Buaya, Lili, Palem Kuning, Sirih Gading.

Pemilihan istilah-istilah ini juga divalidasi berdasarkan relevansi penelusuran yang direkomendasikan oleh algoritma Google untuk menangkap kueri sekunder yang secara organik sering digunakan pengguna saat merasa sakit. Rentang waktu pengambilan data RSV diselaraskan dengan data klinis, yakni secara mingguan sepanjang tahun 2023 hingga 2024.¹⁸

Pengolahan Data

Prosedur pembersihan data (*data cleaning*) dilakukan secara sistematis untuk memastikan integritas dan konsistensi data sebelum proses analisis. Data yang diekstraksi dari Google Trends secara inheren telah dinormalisasi oleh algoritma Google ke dalam rentang rasio 0 hingga 100, dimana nilai 100 merepresentasikan puncak popularitas pencarian tertinggi pada rentang waktu dan wilayah geografis yang ditentukan.¹⁴ Agar dapat dievaluasi dan dibandingkan dalam satu ruang visual grafis yang presisi, data kasus aktual ISPA juga ditransformasi ke dalam interval skala 0–100. Sesuai dengan metode normalisasi epidemiologi, transformasi ini dihitung dengan membagi jumlah kasus ISPA pada spesifik minggu tertentu dengan angka kasus tertinggi yang tercatat selama periode studi, kemudian dikalikan dengan 100.¹⁹

$$X_{norm} = \frac{X_i}{X_{max}} \times 100$$

Keterangan

- X_{norm} : Nilai hasil normalisasi (dalam skala 0-100).
 X : Jumlah kasus pada minggu tertentu.
 X_{max} : Jumlah kasus tertinggi (maksimum) yang ditemukan dalam satu periode pengamatan tersebut.

Analisis Data

Strategi analisis data dilakukan secara bertahap. Pertama, uji regresi linier sederhana diterapkan sebagai langkah penapisan (*screening*) untuk mengidentifikasi kueri penelusuran yang memiliki hubungan signifikan secara statistik ($P\text{-value} < 0,05$) terhadap fluktuasi angka rawat jalan ISPA.²⁹

Kedua, variabel independen yang terbukti signifikan dievaluasi secara mendalam melalui uji korelasi peringkat *Spearman* dengan jeda waktu (*time-lag correlation*). Penggeseran deret waktu dievaluasi pada rentang waktu *lag* mulai dari -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 minggu. Penetapan ini didasarkan pada karakteristik durasi simptomatik ISPA yang secara klinis berkisar antara 1 hingga 2 minggu. Penambahan kompensasi waktu (satu minggu ekstra) diintegrasikan ke dalam model untuk mengakomodasi faktor penundaan mencari pengobatan (*delay in seeking prompt treatment*) yang kerap terjadi pada dinamika populasi.²⁹

Output korelasi *time-lag* divisualisasikan dalam bentuk matriks *heat map* untuk memudahkan identifikasi kekuatan dan arah asosiasi temporal.^{11,30} Selanjutnya, kueri dengan nilai koefisien korelasi absolut tertinggi dari masing-masing kategori diplot ke dalam grafik *Time-Series Overlay Plot with Lagged Variable* yang dibuat bulanan untuk mempermudah pembacaan grafik. Teknik visual ini memungkinkan pemantauan secara nyata terhadap koherensi trajektori antara volume kueri pencarian dan kurva kasus ISPA aktual.^{11,31} Seluruh prosesing data, uji statistik, dan visualisasi data dilakukan menggunakan Google Spreadsheet dan bahasa pemrograman Python versi 3.12.13 dalam ruang kerja komputasi Google Colab.

HASIL PEMBAHASAN

Penapisan Kueri Web terhadap Insiden ISPA

Untuk melakukan studi dengan pendekatan epidemiologi digital, kami memerlukan jejak aktivitas pencarian informasi kesehatan di internet untuk mengisi celah keterlambatan pelaporan yang biasa ditemui pada sistem surveilans kesehatan masyarakat konvensional.⁷ Dalam studi ini, kueri dari platform *Google Trends* diklasifikasikan ke dalam berbagai domain, meliputi kelompok penyakit, gejala klinis, penyebab lingkungan, perawatan, serta proteksi dan gaya hidup. Langkah metodologis pertama yang krusial adalah melakukan penapisan

(*screening*) menggunakan analisis regresi linier sederhana. Proses ini bertujuan untuk menapis signifikansi statistik antara metrik volume pencarian internet dan angka kejadian rawat jalan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) di Provinsi DKI Jakarta.³²

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Data dan Hasil Uji Regresi Sederhana Kueri Web terhadap Insiden ISPA mingguan DKI Jakarta 2023-2024

Variabel	mean	min	max	std	variance	Coefficient	P-value
Variabel Dependen							
ISPA Real DKI***	6415	2632	11772	1832.04	3356361.00	NA	NA
ISPA Real Normal**	55	22	100	15.56	242.12	NA	NA
Variabel Independen							
ISPA	18	7	100	16.21	262.66	0.48	0.01*
Batuk	75	50	100	12.80	163.87	0.69	0.01*
Batuk Berdahak	70	40	100	15.59	243.09	0.39	0.01*
Batuk Kering	64	34	100	14.43	208.33	0.40	0.01*
Pilek	73	49	100	12.29	151.11	0.49	0.01*
Demam	63	47	100	11.19	125.18	0.66	0.01*
Sakit Tenggorokan	70	46	100	11.82	139.64	0.28	0.03*
Obat batuk	72	47	100	13.20	174.13	0.52	0.01*
Rumah Sehat	56	25	100	14.61	213.60	0.09	0.38
Polusi Udara	9	0	100	15.53	241.32	0.31	0.01*
Air Pollution	12	0	100	18.58	345.14	0.24	0.01*
Air Quality Index	9	0	100	18.97	359.88	0.23	0.01*
Kualitas Udara	13	0	100	17.33	300.44	0.25	0.01*
Perubahan Iklim	6	0	100	11.24	126.32	-0.15	0.27
Kabut Asap	4	0	100	14.60	213.27	0.31	0.01*
PM2.5	6	0	100	22.90	524.27	0.15	0.03*
Air Purifier	21	10	100	15.27	233.24	0.38	0.01*
HEPA Filter	8	0	100	19.62	384.92	0.13	0.10
Air Conditioner	63	0	100	16.08	258.47	-0.12	0.20
Lidah Mertua	24	0	100	16.47	271.34	0.21	0.02*
Sri Rejeki	36	0	100	31.63	1000.31	-0.01	0.78
Lili	71	43	100	11.67	136.08	0.01	0.94
Palem Kuning	7	0	100	23.34	544.61	-0.09	0.18
Sirih Gading	24	0	100	27.68	766.06	-0.03	0.63

Keterangan: * Variabel signifikan

** Variabel dependen yang diujikan secara statistik (Regresi & Korelasi)

*** Variabel dependen yang digunakan untuk visualisasi data (*Time-Series Overlay Plot*)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kueri pada kelompok penyakit (ISPA) dan seluruh variabel pada kelompok gejala termasuk (Batuk, Batuk Berdahak, Batuk Kering, Pilek, Demam, dan Sakit Tenggorokan) memiliki hubungan signifikan terhadap kasus ISPA aktual. Signifikansi yang merata pada rumpun gejala ini membuktikan bahwa intensitas keluhan pernapasan yang dialami di tingkat rumah tangga secara organik terekam melalui mesin pencari *Google*.^{14,24} Fenomena ini didukung oleh korelasi yang bermakna pada kueri domain perawatan, yakni (Obat Batuk) yang merepresentasikan tingginya kecenderungan praktik swamedikasi di kalangan masyarakat DKI Jakarta.^{10,33}

Pada spektrum kueri penyebab dan lingkungan, mayoritas istilah penelusuran menunjukkan asosiasi yang bermakna secara statistik, meliputi (Polusi Udara, Air Pollution, Air Quality Index, Kualitas Udara, Kabut Asap, dan PM2.5). Namun, kueri (Rumah Sehat dan Perubahan Iklim) tidak menghasilkan signifikansi statistik. Eksklusi variabel paling banyak terjadi pada kelompok proteksi dan gaya hidup selain kueri (Air Purifier dan Lidah Mertua),

variabel protektif lainnya (HEPA Filter, Air Conditioner, Sri Rejeki, Lili, Palem Kuning, dan Sirih Gading) terbukti tidak signifikan secara empiris dan karenanya dikeluarkan dari pemodelan tahap selanjutnya.

Ketiadaan korelasi pada mayoritas instrumen proteksi domestik ini secara fundamental memperlihatkan kendala utama dalam paradigma epidemiologi digital, yakni lemahnya spesifisitas data kueri berskala besar (*poor specificity*).³⁴ Meskipun literatur keilmuan kesehatan lingkungan telah mengonfirmasi efektivitas tanaman hias dalam meminimalisir karbon dioksida dan memfiltrasi polutan organik dalam ruangan, fluktuasi volume penelusuran publik untuk kueri tersebut ternyata tidak bergerak selaras dengan kurva morbiditas ISPA. Disparitas ini didorong secara kuat oleh tumpang tindihnya spektrum niat pencarian (*search intent*) di kalangan pengguna internet.^{35,36}

Sebagai ilustrasi, masyarakat lebih cenderung mencari istilah "Air Conditioner" atau "Sri Rejeki" untuk mengakomodasi kebutuhan manajemen kenyamanan termal ruangan sehari-hari atau sekadar menyalurkan hobi hortikultura musiman, daripada merespons ancaman polusi secara klinis.^{20,37} Secara definisi, epidemiologi digital beroperasi menggunakan data sekunder yang diproduksi di luar sistem kesehatan formal dan tidak dirancang untuk tujuan surveilans (*non-epidemiological purposes*).⁷ Akibatnya, rekam jejak digital sangat rentan disusupi oleh informasi lain (*noise*). Kueri yang konseptual dan bermakna ganda (*multi-purpose queries*) seperti "Perubahan Iklim" lebih mencerminkan wacana akademis atau isu yang tengah diangkat oleh media massa, daripada menggambarkan kepanikan dan respons pencegahan patogenik secara riil di level rumah tangga.^{19,20} Temuan non-signifikan ini menegaskan kembali prinsip bahwa keberhasilan instrumen surveilans epidemiologi digital sangat bergantung pada tingkat presisi pemilihan kata kunci.³⁴

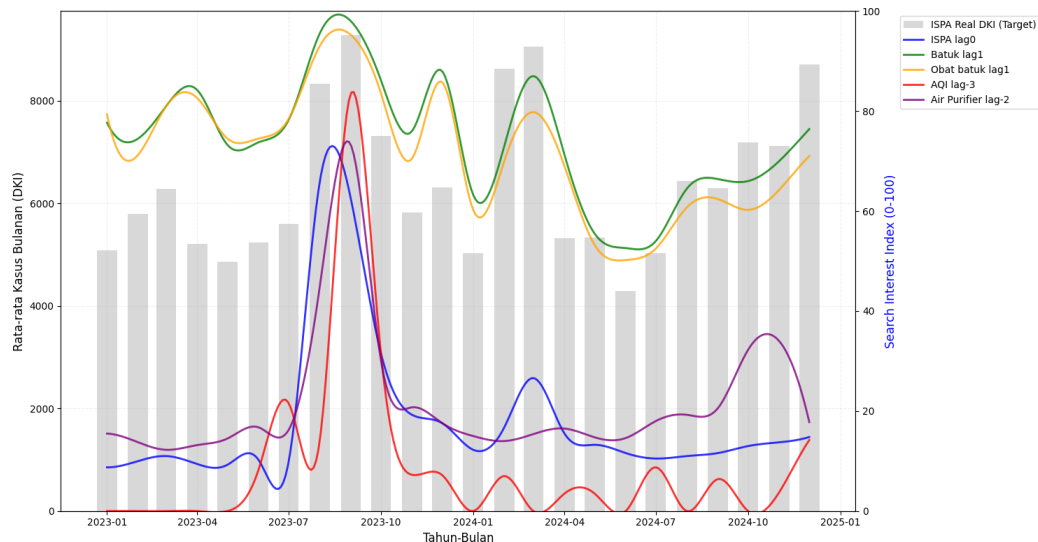
Dinamika Temporal dan Analisis Korelasi Jeda Waktu (*Time-Lag*)

Evaluasi lebih lanjut dilakukan untuk memahami dinamika pergerakan data secara lebih komprehensif. Evaluasi dilanjutkan menggunakan uji korelasi Spearman dengan jeda waktu (*time-lag correlation*) pada jendela waktu -3 hingga +3 minggu. Pendekatan ini mengekspos disparitas profil temporal yang sangat tegas di antara berbagai domain kueri. Pemisahan domain pencarian berdasarkan jeda waktu ini menghadirkan wawasan yang berharga tentang mekanisme masyarakat di DKI Jakarta dalam merespons informasi kesehatan di era modern.^{14,38}

	Lag -3	Lag -2	Lag -1	Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3
ISPA	0.38	0.45	0.46	0.50	0.49	0.44	0.39
Batuk	0.26	0.39	0.50	0.57	0.59	0.50	0.40
Batuk Berdahak	0.11	0.23	0.32	0.39	0.46	0.40	0.32
Batuk Kering	0.13	0.23	0.32	0.37	0.42	0.36	0.31
Pilek	0.21	0.29	0.35	0.39	0.37	0.27	0.16
Demam	0.06	0.26	0.38	0.47	0.50	0.49	0.46
Sakit Tenggorokan	-0.07	0.03	0.12	0.21	0.11	0.16	0.10
Obat batuk	0.19	0.31	0.40	0.44	0.48	0.41	0.33
Polusi Udara	0.36	0.39	0.37	0.31	0.27	0.24	0.17
Air Pollution	0.32	0.33	0.29	0.28	0.19	0.13	0.08
Air Quality Index	0.39	0.37	0.34	0.28	0.25	0.21	0.13
Kualitas Udara	0.35	0.35	0.33	0.28	0.22	0.20	0.14
Kabut Asap	0.09	0.16	0.21	0.29	0.28	0.32	0.33
PM2.5	0.19	0.18	0.19	0.22	0.16	0.16	0.15
Air Purifier	0.39	0.42	0.41	0.37	0.29	0.22	0.18
Lidah Mertua	0.32	0.24	0.30	0.23	0.15	0.12	0.13

Gambar 1. Heat Map Analisis Korelasi Jeda Waktu (*Time-Lag Correlation*) Kueri Web terhadap Insiden ISPA mingguan DKI Jakarta 2023-2024

Untuk memperjelas hasil analisis data yang dilakukan kami melakukan visualisasi kepada kueri yang memiliki nilai korelasi tertinggi pada setiap kelompok kueri yang dianalisis menggunakan teknik *Time-Series Overlay Plot with Lagged Variable*. Kami juga menyediakan grafik yang disederhanakan dan memfokuskan pada kueri dengan korelasi tertinggi.^{39,40}



Gambar2. Time-Series Overlay Plot with Lagged Variable pada variabel dan lag dengan korelasi terkuat Kueri Web terhadap Insiden ISPA bulanan DKI Jakarta 2023-2024

Setelah divisualisasikan, grafik ini menunjukkan bahwa volume pencarian Google (Google Trends) memiliki korelasi kuat dan hubungan temporal yang jelas dengan insiden nyata ISPA di DKI Jakarta pada periode 2023–2024. Kueri terkait penyebab lingkungan seperti “AQI” dan alat proteksi “Air Purifier” berfungsi sebagai indikator pendahulu (leading indicators), sementara kueri gejala “Batuk” dan pengobatan “Obat Batuk” cenderung menjadi indikator penyerta (lagging indicators). Hubungan waktu nyata (Lag 0) dengan insiden penyakit terpantau secara konsisten pada kueri nama penyakit seperti “ISPA”.

Analisis Kueri Lagging Indikator, Realtime Indikator Dan Leading Indikator Untuk Memprediksikan Lonjakan Kasus Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA)

Hasil analisis menunjukkan adanya dikotomi pola temporal antara kueri penelusuran umum dan kueri terkait keluhan klinis. Hubungan waktu nyata (Lag 0) dengan insiden penyakit terpantau secara konsisten pada kueri umum, seperti “ISPA”, “Pilek”, dan “PM2.5”.⁴¹ Sebaliknya, seluruh kueri pada kelompok gejala spesifik dan perawatan terbukti bersifat reaktif, sehingga bertindak sebagai indikator penyerta (*lagging indicators*). Korelasi positif sedang dengan nilai absolut tertinggi dalam seluruh rentang lag ditemukan pada kueri “Batuk” pada kondisi Lag +1 ($r = 0,590$). Pola pergeseran satu minggu pasca insiden nyata ini juga ditunjukkan oleh kueri “Demam” ($r = 0,496$), “Obat Batuk” ($r = 0,478$), “Batuk Berdahak” ($r = 0,457$), dan “Batuk Kering” ($r = 0,416$).¹² Temuan ini mengindikasikan bahwa volume pencarian keluhan spesifik baru mencapai puncaknya satu minggu setelah jumlah kasus rawat jalan ISPA dilaporkan ke Puskesmas.^{42,43}

Pola reaktif ini menunjukkan perbedaan fundamental dengan studi terdahulu yang menggunakan data berbasis *Google Flu Trends*, yang umumnya melaporkan bahwa kueri gejala selalu bersifat prediktif.²⁴ Disparitas tersebut dapat dijustifikasi melalui dua kerangka mekanisme utama yaitu, patologis dan perilaku. Pertama, karakteristik patologis ISPA akibat iritasi partikulat polusi cenderung mengakibatkan persistensi gejala yang berkepanjangan (*prolonged symptoms*).³⁵ Kedua, terdapat intervensi faktor perilaku sosial yang bermanifestasi pada penundaan akses ke fasilitas medis (*delay in seeking healthcare*).^{29,44}

Mengingat ISPA umumnya dipersepsikan sebagai penyakit non-gawat darurat, masyarakat cenderung melakukan pengobatan mandiri (*swamedikasi*) pada awal munculnya gejala. Ketika upaya mandiri tersebut tidak memberikan perbaikan klinis, pasien mendatangi pusat layanan kesehatan (seperti Puskesmas), sehingga mereka secara resmi tercatat dalam sistem surveilans epidemiologi pada minggu ke 0. Pasca kunjungan medis, persistensi gejala sisa seperti batuk mendorong pasien untuk kembali menelusuri internet mencari alternatif pengobatan, seperti “Obat Batuk”. Secara statistik, perilaku penelusuran lanjutan inilah yang mengakibatkan puncak Relative Search Volume (RSV) bergeser mundur ke minggu berikutnya (Lag +1).¹⁴

Kueri yang tentang infrastruktur pemantauan lingkungan dan mitigasi memperlihatkan pola korelasi Lag negatif, yang menjadikannya sebagai penanda peringatan dini (*early warning indicator*) sebelum kasus klinis mengalami peningkatan.^{21,45} Volume penelusuran untuk “Air Quality Index” ($r = 0,394$), “Kualitas Udara” ($r = 0,352$), dan tanaman “Lidah Mertua” ($r = 0,323$) tercatat mencapai korelasi puncak tiga minggu (Lag -3) sebelum kasus ISPA aktual memuncak. Trajektori prediktif serupa juga terkonfirmasi pada kata kunci “Air Purifier” ($r = 0,424$) dan “Polusi Udara” ($r = 0,387$), yang menunjukkan jeda waktu antisipatif selama dua minggu (Lag -2). Karakteristik temporal ini mengindikasikan fenomena kesadaran preventif (*preventive awareness*). Ketika kualitas udara secara visual memburuk atau indeks polusi dilaporkan pada tingkat yang tidak sehat, penduduk DKI Jakarta

secara proaktif mengeksplorasi langkah mitigasi jauh sebelum patologi infeksi bermanifestasi secara klinis. Temuan tersebut mengekspansi studi epidemiologi digital sebelumnya yang dilakukan pada kasus COVID-19 dan demam berdarah.^{14,46} dengan memvalidasi bahwa kueri lingkungan proaktif dapat mendahului kurva epidemiologis hingga lebih dari satu minggu.

Sebaliknya, anomali temporal terlihat pada kueri yang bersifat umum seperti "ISPA" ($r = 0,495$), "Pilek" ($r = 0,388$), dan polutan spesifik "PM2.5" ($r = 0,219$), yang menunjukkan korelasi puncak secara waktu-nyata atau real-time (Lag 0) dengan insiden penyakit ISPA di DKI Jakarta. Karakteristik hubungan seketika ini kemungkinan besar didorong oleh amplifikasi media yang masif dalam merespons krisis ekologis.⁴¹ Pada pertengahan hingga akhir tahun 2023, fenomena iklim El Nino membawa musim kemarau yang secara drastis memperburuk kualitas udara di seluruh wilayah Indonesia. Di Provinsi DKI Jakarta, konsentrasi partikulat PM2.5 rata-rata menembus 8 hingga 11,6 kali lipat di atas baku mutu yang ditetapkan oleh WHO.⁴⁷ Secara patologis, partikulat PM2.5 memicu respons inflamasi langsung karena kemampuannya menembus ke alveoli paru-paru dan memasuki aliran darah.^{48,49} Dampak paparan ekstrem ini melahirkan krisis kesehatan masyarakat, terutama pada kelompok anak. Berdasarkan riset sebelumnya, 1 dari 20 balita di Jakarta didiagnosis menderita penyakit penafasan akibat polusi selama tahun 2023, di mana setiap kenaikan $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 berasosiasi dengan peningkatan risiko penyakit pernapasan hingga dua kali lipat. Pemberitaan media yang intensif mengenai status krisis udara di Jakarta memicu eskalasi kepanikan publik.⁶ Kepanikan ini bermanifestasi dalam penelusuran informasi secara serentak untuk istilah "PM2.5" dan "ISPA", yang terjadi persis bersamaan dengan momentum di mana masyarakat jatuh sakit akibat paparan emisi gas buang aktual (Adilasari et al., 2025). Sinkronisasi kurva digital dan rekam medis pada krisis ini menegaskan bahwa kueri penyakit dapat muncul serentak dengan lonjakan kasus apabila isu tersebut mendapatkan sorotan publik yang sangat luas.¹⁴

Implikasi Kebijakan Kesehatan Masyarakat dan Tata Kelola Lingkungan Urban

Temuan disparitas temporal antara perilaku antisipatif dan reaktif publik memberikan wawasan yang berharga bagi pemangku kebijakan. Dari perspektif regulasi lingkungan, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah menerbitkan instrumen Keputusan Gubernur Nomor 576 Tahun 2023 tentang Strategi Pengendalian Pencemaran Udara (SPPU), yang memberikan mandat kepada Tim Kerja Pengendalian Pencemaran Udara untuk melaksanakan rencana aksi holistik yang mencakup pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan dampak Rencana ini mensyaratkan pemantauan ketat terhadap sumber titik bergerak seperti emisi transportasi darat, dan sumber titik tidak bergerak seperti fasilitas industri manufaktur.⁵¹

Namun, implementasi regulasi ini berhadapan dengan realitas geografis yang kompleks. Kritik dari organisasi nirlaba WALHI Jakarta menyoroti bahwa target pengawasan sumber emisi tidak bergerak dalam regulasi tersebut sangat minim hanya menyasar 300 entitas hingga tahun 2030, padahal ribuan industri aktif beroperasi setiap tahunnya. Terlebih lagi, polusi udara tidak mengenal batas yurisdiksi administratif.⁵² Laporan dari *Centre for Research on Energy and Clean Air* (CREA) mendemonstrasikan bahwa emisi pencemar dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batu bara berskala masif yang berlokasi dalam radius 100 kilometer di provinsi Banten dan Jawa Barat, terbawa oleh angin dan berdampak sangat signifikan terhadap penurunan kualitas udara di Jakarta.⁵³ Fakta *transboundary air pollution* ini mensyaratkan bahwa penyelesaian krisis polusi tidak dapat dilakukan secara eksklusif oleh Pemprov DKI, melainkan membutuhkan ketegasan intervensi pemerintah pusat (Kementerian Lingkungan Hidup) untuk memberlakukan penerapan Baku Mutu Udara Ambien Nasional secara absolut sesuai PP No. 22 Tahun 2021 lintas provinsi.^{52,54}

Pada aspek tata kelola kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia telah mendistribusikan Surat Edaran Direktur Jenderal P2P Nomor: PM.03.01/C/28/2025 guna meningkatkan kewaspadaan dini dan pelaporan rutin sistem SKDR dari level Puskesmas hingga ke tahap *Public Health Emergency Operation Centre* (PHEOC) ketika terjadi sinyal peningkatan patogen pernapasan.⁵⁵ Di sinilah kapabilitas instrumen epidemiologi digital berpadu dengan kebijakan birokrasi. Dengan mengintegrasikan kueri indikator pendahulu seperti "Air Quality Index" atau "Air Purifier" ke dalam dasbor PHEOC, otoritas kesehatan memiliki kemewahan jendela waktu antisipatif selama 2 hingga 3 minggu (Lag -3). Selama jeda ini, Dinas Kesehatan dapat memobilisasi distribusi stok obat-obatan penyakit pernapasan, salah satunya ISPA, menyebarluaskan edukasi mitigasi polusi penggunaan masker N95, dan mengaktifasi kapasitas maksimal layanan fasilitas pelayanan kesehatan sebelum fase di mana masyarakat reaktif berbondong-bondong datang untuk berobat.

Bias Keriuhan Media (*Media Clamor*) pada "Kabut Asap"

Studi ini juga menemukan deviasi ekstrem pada kueri "Kabut Asap" yang mencapai puncak korelasi pada Lag +3. Artinya, lonjakan pencarian internet untuk istilah ini terjadi tiga minggu *setelah* kasus ISPA di Jakarta meningkat. Penundaan ini dapat dijelaskan melalui lensa bias keriuhan media berskala nasional. Pada paruh kedua tahun 2023, fenomena El Niño memicu kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) masif yang menyelimuti wilayah Sumatera (seperti Jambi dan Palembang) serta Kalimantan dengan kabut asap tebal.^{6,56} Kueri "Kabut Asap" melonjak tajam bukan karena kondisi lokal di Jakarta yang mendahului ISPA, melainkan sebagai respons keingintahuan masyarakat Jakarta terhadap bencana lingkungan di pulau lain yang mendominasi tajuk berita nasional. Temuan ini mengonfirmasi literatur epidemiologi digital sebelumnya bahwa rekam jejak penelusuran

web sangat rentan terdistorsi oleh *media clamor* atau *infodemic*, sehingga validitasnya membutuhkan penyingkapan konteks geografis dan temporal yang ketat.¹⁹

Temuan ini secara kuat didukung oleh penelitian digital epidemiologi penyakit ebola dan asthma di Italia dan Amerika, yang menyimpulkan bahwa *Google Trends* sering kali lebih dipengaruhi oleh keriuhan media (berita kematian tokoh publik atau bencana nasional) dibandingkan dengan beban epidemiologis yang sesungguhnya.^{20,57} Di sisi lain, temuan ini sangat kontradiktif dengan penelitian tentang demam berdarah di Indonesia dimana pencarian informasi terkait demam berdarah (*dengue*) terbukti kurang dipengaruhi oleh liputan media dan sangat berkorelasi dengan insiden nyata.¹⁹ Perbedaan ini terjadi karena faktor spesifisitas peristiwa. Penyakit endemik lokal seperti *dengue* memicu pencarian berbasis kebutuhan personal, sementara istilah "Kabut Asap" pada periode tersebut merupakan tajuk berita bencana nasional, sehingga memicu "infodemi" atau pencarian berbasis keingintahuan (*curiosity*) dari masyarakat Jakarta meskipun paparan asap tidak terjadi secara langsung di ibu kota.²⁰

Lemahnya Spesifisitas Kueri dan Spektrum Niat Pencarian (*Search Intent*)

Penelitian ini menemukan bahwa sejumlah variabel independen pada domain penyebab lingkungan seperti (Rumah Sehat dan Perubahan Iklim) serta domain proteksi dan gaya hidup seperti (HEPA Filter, Air Conditioner, dan tanaman hias seperti (Sri Rejeki, Lili, Palem Kuning, dan Sirih Gading) tidak memiliki hubungan yang bermakna secara statistik terhadap insiden ISPA. Ketidadaan korelasi empiris ini secara fundamental menyoroti salah satu kendala utama dalam pendekatan epidemiologi digital, yakni rendahnya spesifisitas data kueri berskala besar (*poor specificity*).³⁴

Meskipun literatur kesehatan lingkungan secara ekstensif telah membuktikan bahwa tanaman hias dalam ruangan mampu mengasimilasi karbon dioksida dan memfiltrasi polutan organik, serta perangkat filtrasi HEPA dapat secara efektif mengurangi paparan aerosol dan partikulat, volume penelusuran publik terhadap entitas tersebut tidak bergerak selaras dengan kurva morbiditas ISPA. Disparitas ini kemungkinan besar didorong oleh spektrum niat pencarian (*search intent*) yang tumpang tindih.^{35,36} Pengguna internet cenderung mencari istilah seperti (Air Conditioner, Lili, atau Sri Rejeki) untuk mengakomodasi kebutuhan domestik umum seperti manajemen kenyamanan termal ruangan atau sekadar hobi hortikultura daripada menjadikannya sebagai upaya mitigasi klinis terhadap ancaman polusi dan ISPA.^{20,34}

Lebih lanjut, secara definisi, epidemiologi digital mendayagunakan data sekunder yang pada dasarnya tidak dikumpulkan secara primer untuk tujuan surveilans kesehatan (*non-epidemiological purposes*).⁷ Sebagai konsekuensinya, rekam jejak digital sangat rentan terhadap derau analitis (*noise*). Pencarian kata kunci yang konseptual dan tidak spesifik, seperti (Perubahan Iklim atau Rumah Sehat), kemungkinan lebih mencerminkan ketertarikan akademis publik atau wacana yang sedang ramai di media massa, dibandingkan merepresentasikan kepanikan atau respons pencegahan penyakit secara nyata di tingkat rumah tangga.^{19,20} Temuan non-signifikan ini menegaskan kembali bahwa keberhasilan surveilans epidemiologi digital sangat bergantung pada presisi pemilihan kata kunci, kueri yang ambigu atau memiliki kegunaan ganda (*multi-purpose queries*) akan gagal menangkap sinyal penyebaran penyakit di masyarakat.³⁴

Batasan Penelitian

Meskipun pemanfaatan data rekam jejak digital memiliki batasan inheren terkait rendahnya spesifisitas kueri dan potensi distorsi akibat keriuhan media (*media clamor*), penelitian ini telah mengimplementasikan serangkaian strategi mitigasi yang ketat untuk menjaga validitas inferensi. *Pertama*, untuk mengatasi masalah asimetri distribusi data yang lazim ditemukan pada data epidemiologi dan penelusuran web, studi ini menggunakan uji korelasi peringkat nonparametrik *Spearman* (*Spearman's rho*), sehingga menghindari asumsi keliru dari uji parametrik.

Kedua, untuk mengendalikan bias spesifisitas kueri, analisis tidak dilakukan secara acak pada semua istilah, melainkan melalui proses penapisan (*screening*) menggunakan analisis bivariat (regresi linier sederhana). Pendekatan ini secara efektif bertindak sebagai filter untuk mengeksklusi variabel *noise* atau kueri yang ambigu seperti tanaman hias (Lili atau Sri Rejeki) sebelum dimasukkan ke dalam pemodelan temporal lanjutan.^{19,58}

Ketiga, perbedaan skala pengukuran absolut antara data klinis dan volume penelusuran diatasi dengan melakukan normalisasi data insiden ISPA aktual ke dalam rasio 0–100, sehingga ekuivalen secara matematis dengan metrik *Relative Search Volume* (RSV) dari *Google Trends*. *Keempat*, distorsi data akibat kepanikan publik atau *infodemic* seperti yang teridentifikasi pada anomali kueri (Kabut Asap) dikendalikan melalui triangulasi kontekstual dengan data peristiwa lingkungan nasional (seperti kebakaran hutan dan lahan di luar Pulau Jawa).⁴⁶

Hal ini memastikan bahwa interpretasi akhir tidak hanya bertumpu secara buta pada tren pencarian algoritma, melainkan divalidasi terhadap realitas epidemiologis dan sosiologis di lapangan. Kendati demikian, hasil studi ini tetap harus diinterpretasikan dengan kehati-hatian; *Google Trends* tidak dirancang untuk membuktikan kausalitas atau menggantikan sistem rekam medis konvensional, melainkan berfungsi murni sebagai instrumen surveilans komplementer.

SIMPULAN

Google Trends layak menjadi instrumen peringatan dini komplementer untuk surveilans ISPA di DKI Jakarta, dengan syarat memperhatikan spesifisitas domain kueri. Kueri terkait penyebab lingkungan berfungsi sebagai indikator pendahulu (leading indicators), sementara kueri gejala menjadi indikator penyerta (lagging indicators). Kueri nama penyakit merupakan kueri yang dapat menggambarkan lonjakan kasus real ISPA DKI Jakarta Paling kuat sesuai dengan waktu kejadian.

Berdasarkan temuan studi ini, disarankan agar otoritas kesehatan masyarakat mulai mengintegrasikan pemantauan metrik penelusuran web secara seketika (*real-time*) khususnya pada domain kueri lingkungan kedalam sistem peringatan dini epidemiologi formal. Integrasi ini berpotensi memfasilitasi alokasi sumber daya medis dan kampanye preventif yang lebih proaktif sebelum puncak wabah terjadi. Untuk studi mendatang, peneliti disarankan untuk melakukan triangulasi data *Google Trends* dengan variabel lingkungan stasioner (seperti data sensor kualitas udara fisik dan iklim meteorologis), serta mengeksplorasi penggunaan agregasi platform media digital lainnya guna mereduksi *noise* dan meningkatkan akurasi pemodelan prediktif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sirota SB, Bender RG, Dominguez R-MV, et al. Global burden of lower respiratory infections and aetiologies, 1990-2023: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *Lancet Infect Dis* 2025;26(4):343-361; [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(25\)00689-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(25)00689-9)
2. Dinas Kesehatan DKI Jakarta. Profil Kesehatan DKI Jakarta 2023. Dinas Kesehatan DKI Jakarta: Jakarta; 2024.
3. WHO. Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. World Health Organization: Geneva; 2016.
4. Lestari M. The Impact of Urbanization on Public Health in Jakarta Focusing on Air Quality and Respiratory Disorders. *Magenta Journal De Healthymedi* 2024;1(4):188-201; <https://doi.org/10.37899/mjdh.v1i4.118>
5. Shakerkhatibi M, Seifipour H, Sabeti Z, et al. Correlation of ambient particulate matters (PM10, PM2.5) with respiratory hospital admissions: a case-crossover study in Urmia, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 2021;27(8):2184-2201. <https://doi.org/10.1080/10807039.2021.1964064>
6. News Of Indonesia. Air Pollution Crisis in Jakarta: 1 in 20 Toddlers Diagnosed with Pneumonia. 2025. Available from: <https://noi.pikiran-rakyat.com/news/pr-4049488158/air-pollution-crisis-in-jakarta-1-in-20-toddlers-diagnosed-with-pneumonia> [Last accessed: 7/19/2025].
7. Salathé M. Digital epidemiology: what is it, and where is it going? *Life Sci Soc Policy* 2018;14(1); <https://doi.org/10.1186/s40504-017-0065-7>
8. Seidu A-A, Dickson KS, Ahinkorah BO, et al. Prevalence and determinants of Acute Lower Respiratory Infections among children under-five years in sub-Saharan Africa: Evidence from demographic and health surveys. *SSM Popul Health* 2019;8:100443; <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2019.100443>
9. Jutant E-M, Zysman M, Gille T, et al. International use of objective structured clinical examinations in respiratory training: a European Respiratory Society early career member survey. *ERJ Open Res* 2023;9(3); <https://doi.org/10.1183/23120541.00706-2022>
10. Kaveh-Yazdy F, Zareh-Bidoki AM. Search engines, news wires and digital epidemiology: Presumptions and facts. *Int J Med Inform* 2018;115:53-63; <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.03.017>
11. Viall NM, Klimchuk JA. Signatures of Steady Heating in Time Lag Analysis of Coronal Emission. *Astrophys J* 2016;828(2):76; <https://doi.org/10.3847/0004-637X/828/2/76>
12. Polgreen PM, Chen Y, Pennock DM, et al. Using Internet Searches for Influenza Surveillance. *Clinical Infectious Diseases* 2008;47(11):1443-1448; <https://doi.org/10.1086/593098>
13. Wong DKK, Cheung MK. Online health information seeking and ehealth literacy among patients attending a primary care clinic in Hong Kong: A cross-sectional survey. *J Med Internet Res* 2019;21(3):e10831; <https://doi.org/10.2196/10831>
14. Higgins TS, Wu AW, Sharma D, et al. Correlations of Online Search Engine Trends With Coronavirus Disease (COVID-19) Incidence: Infodemiology Study. *JMIR Public Health Surveill* 2020;6(2); <https://doi.org/10.2196/19702>
15. Shakeri Hossein Abad Z, Kline A, Sultana M, et al. Digital public health surveillance: a systematic scoping review. *NPJ Digit Med* 2021;4(1):41; <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00407-6>

16. Cutilli CC. Seeking health information: What sources do your patients use? *Orthopaedic Nursing* 2010;29(3):214-219; <https://doi.org/10.1097/NOR.0b013e3181db5471>
17. Yang Q, Van Stee SK. Health Information Seeking. *The International Encyclopedia of Health Communication* 2022;1-5; <https://doi.org/10.1002/9781119678816.ieh0949>
18. Google. Jelajahi Google Trends. 2025. Available from: <https://trends.google.com/explore?geo=ID> [Last accessed: 4/18/2025].
19. Husnayain A, Fuad A, Lazuardi L. Correlation between Google Trends on dengue fever and national surveillance report in Indonesia. *Glob Health Action* 2019;12(1); <https://doi.org/10.1080/16549716.2018.1552652>
20. Cervellin G, Comelli I, Lippi G. Is Google Trends a reliable tool for digital epidemiology? Insights from different clinical settings. *J Epidemiol Glob Health* 2017;7(3):185-189;. <https://doi.org/10.1016/j.jegh.2017.06.001>
21. Misra P, Takeuchi W. Assessing Population Sensitivity to Urban Air Pollution Using Google Trends and Remote Sensing Datasets. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2020;XLII-3-W11(3/W11):93-100; <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W11-93-2020>
22. Oren E, Frere J, Yom-Tov E, et al. Respiratory syncytial virus tracking using internet search engine data. *BMC Public Health* 2018;18(1); <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5367-z>
23. Yom-Tov E, Lamos V, Inns T, et al. Providing early indication of regional anomalies in COVID-19 case counts in England using search engine queries. *Scientific Reports* 2022 12:1 2022;12(1):2373-; <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06340-2>
24. Schneider PP, van Gool CJAW, Spreeuwenberg P, et al. Using web search queries to monitor influenza-like illness: an exploratory retrospective analysis, Netherlands, 2017/18 influenza season. *Euro Surveill* 2020;25(21); <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.21.1900221>
25. Mbuthia GW, Olungah x Charles Owour, Ondicho TG. Health-seeking pathway and factors leading to delays in tuberculosis diagnosis in West Pokot County, Kenya: A grounded theory study. *PLoS One* 2018;13(11); <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207995>
26. Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta. Data Kunjungan Dan Diagnosa Puskesmas. 2025. Available from: <https://dashboard-dinkes.jakarta.go.id/puskesmas> [Last accessed: 4/18/2025].
27. Schäfer M, Stark B, Werner AM, et al. Health Information Seeking Among University Students Before and During the Corona Crisis-Findings From Germany. *Front Public Health* 2021;8:616603; <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.616603>
28. Fisse T, Link E, Schrimpf C, et al. Health Information Repertoires of Implant Patients: Toward a Deeper Understanding of Multiple Source Use and the Role of Health-Related Motives. *Health Commun* 2024;39(12):2443-2457; <https://doi.org/10.1080/10410236.2023.2258597>
29. Chisha Y, Feleke T, Zeleke EA, et al. Predictors of delayed health seeking for febrile children: multi-level analysis of cross-sectional study data from southern Ethiopia. *Front Public Health* 2024;12:1417638; <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1417638>
30. Wu S, Lin H, Wang W, et al. RLC: ranking lag correlations with flexible sliding windows in data streams. *Pattern Analysis and Applications* 2017;20(2):601-611; <https://doi.org/10.1007/s10044-016-0577-4>
31. Suematsu H, Yagi S, Itoh T, et al. A heatmap-based time-varying multi-variate data visualization unifying numeric and categorical variables. *Proceedings of the International Conference on Information Visualisation* 2014;84-87; <https://doi.org/10.1109/IV.2014.25>
32. Wang Y, Van Aelst S. Robust variable screening for regression using factor profiling. *Stat Anal Data Min* 2019;12(2):70-87; <https://doi.org/10.1002/sam.11397>
33. Cross S, Mourad A, Zuccon G, et al. Search engines vs. symptom checkers: A comparison of their effectiveness for online health advice. *The Web Conference 2021 - Proceedings of the World Wide Web Conference, WWW 2021* 2021;206-216; <https://doi.org/10.1145/3442381.3450140>
34. Kim ES. The Birth of Digital Epidemiology in South Korea. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 2024;18(1):22-46; <https://doi.org/10.1080/18752160.2023.2177405>
35. Brainard J, Jones NR, Swindells IC, et al. Effectiveness of filtering or decontaminating air to reduce or prevent respiratory infections: A systematic review. *Prev Med (Baltim)* 2023;177; <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107774>

36. Weerasinghe NH, Silva PK, Jayasinghe RR, et al. Reducing CO₂ level in the indoor urban built environment: Analysing indoor plants under different light levels. *Clean Eng Technol* 2023;14:100645; <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100645>
37. Kim JY, Kim JJ. PM_{2.5} Removal Effect of *Racomitrium Canascens* under Flow and Relative Humidity Conditions. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, B* 2023;47(11):567-573; <https://doi.org/10.3795/KSME-B.2023.47.11.567>
38. Orellano PW, Reynoso JI, Antman J, et al. Using Google Trends to estimate the incidence of influenza-like illness in Argentina. *Cad Saude Publica* 2015;31(4):691-700; doi: 10.1590/0102-311X00072814. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00072814>
39. Gasparrini A. Modelling lagged associations in environmental time series data: A simulation study. *Epidemiology* 2016;27(6):835-842; <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000533>
40. Scheufele B. Time-Series Analysis. *The International Encyclopedia of Communication Research Methods* 2017;1-5; <https://doi.org/10.1002/9781118901731.iecrm0254>
41. Larson PS, Espira L, Glenn BE, et al. Long-Term PM_{2.5} Exposure Is Associated with Symptoms of Acute Respiratory Infections among Children under Five Years of Age in Kenya, 2014. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022, Vol 19, Page 2525 2022;19(5):2525; <https://doi.org/10.3390/ijerph19052525>
42. Soreni N, Cameron DH, Streiner DL, et al. Seasonality Patterns of Internet Searches on Mental Health: Exploratory Infodemiology Study. *JMIR Ment Health* 2019;6(4):e12974; <https://doi.org/10.2196/12974>
43. Wang J, Tan C, Zhong W, et al. Tracking Public Attention to Influenza in China: Lagged and Directional Trends from Baidu Search Index (January 2019-March 2025). *Proceedings - 2025 IEEE International Conference on Medical Artificial Intelligence, MedAI 2025* 2025;23-30; <https://doi.org/10.1109/MedAI67139.2025.00011>
44. Hunde GA, Zeben KF, Demeke T. Delayed healthcare seeking and associated factors for common childhood illnesses among caregivers with under-five children who visited Yem special woreda public health facilities, Southwest Ethiopia, 2023. *PLoS One* 2024;19(10):e0297707; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297707>
45. Nazar W, Niekoszko M. Changes in Air-Pollution-Related Information-Seeking Behaviour during the COVID-19 Pandemic in Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022, Vol 19, Page 5613 2022;19(9):5613; <https://doi.org/10.3390/ijerph19095613>
46. Husnayain A, Fuad A, Su EY. Applications of Google Search Trends for risk communication in infectious disease management: A case study of the COVID-19 outbreak in Taiwan. *International Journal of Infectious Diseases* 2020;95:221-223; <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.021>
47. Katherine Hasan. Indonesia's Air Quality: Decline in 2023 Due to Lack of Intervention and El Nino. What About 2024? 1st ed. Centre for Research on Energy and Clean Air; 2024.
48. WHO. Urgent Efforts Needed to Prevent Deaths from Diarrhoea and Pneumonia: WHO. 2010. Available from: <https://www.who.int/southeastasia/news/detail/08-09-2010-urgent-efforts-needed-to-prevent-deaths-from-diarrhoea-and-pneumonia-who> [Last accessed: 12/25/2019].
49. WHO. Air Pollution. 2023. Available from: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 [Last accessed: 3/21/2024].
50. Adilasari PL, Setiani O, Raharjo M. Association between PM_{2.5} and PM₁₀ with Acute Respiratory Infection in North and East Jakarta. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 2025;11(3):699-706; <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10531>
51. Gubernur DKI Jakrta. Keputusan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 576 Tahun 2023 Tentang Strategi Pengendalian Pencemaran Udara. 2023.
52. Hidayatullah M, Nurikah N, Cahyani FA. Upaya Pemerintah Provinsi DKI Jakarta Terhadap Pengendalian Pencemaran Udara. *JAPHTN-HAN* 2025;4(1):29-44; <https://doi.org/10.55292/japhtnhan.v4i1.168>
53. Lauri Myllyvirta, Isabella Suarez, Erika Uusivuori, et al. Pencemaran Udara Lintas Batas Di Provinsi Jakarta, Banten, Dan Jawa Barat. Jakarta; 2020.
54. Presiden RI. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>: Indonesia; 2021.

55. Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. Surat Edaran Nomor : PM.03.01/C/28/2025 Tentang Kewaspadaan Dan Kesiapan Terhadap Flu Burung Dan Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA). Kemenkes RI 2025.
56. Rachmawati. Kabut Asap Di Palembang Dan Jambi, Warga: Tenggorokan Kering, Mata Pedih, Hidung Tersumbat . 2023. Available from: <https://regional.kompas.com/read/2023/09/12/120500078/kabut-asap-di-palembang-dan-jambi-warga--tenggorokan-kering-mata-pedih?page=all> [Last accessed: 4/19/2025].
57. Ferdi Almunanda. 5 Hal Diketahui Soal Kabut Asap Jambi 2023 . 2023. Available from: <https://news.detik.com/berita/d-6916743/5-hal-diketahui-soal-kabut-asap-jambi-2023> [Last accessed: 4/19/2025].
58. Sousa-Pinto B, Heffler E, Antó A, et al. Anomalous asthma and chronic obstructive pulmonary disease Google Trends patterns during the COVID-19 pandemic. Clin Transl Allergy 2020;10(1); <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00352-9>
59. Han Y, Lee J, Haiping G, et al. Plant-based remediation of air pollution: A review. J Environ Manage 2022;301:113860; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113860>
60. Gidarjati M, Matsumoto T. Correlation between meteorological variables, air quality, and the Coronavirus-19 pandemic events. Global Journal of Environmental Science and Management 2024;10(4):1961-1976; doi: [10.22034/GJESM.2024.04.28](https://doi.org/10.22034/GJESM.2024.04.28).