



AUTOKORELASI SPASIAL AIR MINUM LAYAK DI INDONESIA PADA TINGKAT PROVINSI TAHUN 2023

Ahmad Khumaidi Annaja¹, Martya Rahmaniati Makful², Zainul Khaqiqi Nantabah³

^{1,2}Departemen Biostatistika dan Ilmu Kependudukan,
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

³Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains dan Teknologi (DPLFRKST),
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
ahmad.khumaidi@ui.ac.id

Abstrak

Akses air minum layak merupakan indikator penting dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). Kesenjangan akses antarwilayah di Indonesia masih signifikan, sehingga analisis spasial diperlukan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan yang membutuhkan intervensi terarah. Penelitian studi ekologi ini menggunakan data agregat proporsi rumah tangga untuk tujuh jenis sumber air minum layak dari 38 provinsi (SKI 2023). Analisis spasial menggunakan Indeks Moran's I global dan LISA, dengan matriks pembobot K-Nearest Neighbors ($k=4$). Analisis Moran's I menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif yang signifikan untuk mayoritas jenis sumber air layak ($p \leq 0,05$), mengindikasikan bahwa pola penggunaannya cenderung mengelompok. Klusterisasi terkuat teridentifikasi pada Sumur Terlindungi ($I=0,4103$) dan Air Kemasan ($I=0,3942$). Lebih lanjut, analisis LISA mengungkap ketergantungan regional yang spesifik: Hotspot ketergantungan tinggi pada Air Kemasan dan Sumur Bor terkonsentrasi di Pulau Jawa dan Bali, sementara Coldspot kekurangan sumber air tanah terlindungi (Sumur) dominan di Kawasan Papua, dengan anomali keberhasilan Hotspot Ledeng/Perpipaan di NTT dan NTB. Klusterisasi ini mengidentifikasi ketergantungan regional spesifik yang menuntut penyesuaian dan intervensi kebijakan berbasis bukti spasial untuk menjamin akses air minum yang adil.

Kata Kunci: *Air Minum layak, Analisis Autokorelasi Spasial, Indeks Moran's I, Sumber Air.*

Abstract

Access to improved drinking water is a key indicator for achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). Significant disparities in access persist across Indonesian regions, making spatial analysis crucial for identifying clustering patterns that demand targeted interventions. This ecological study utilized aggregated data on the proportion of households using seven types of improved drinking water sources across 38 provinces (SKI 2023). Spatial analysis was performed using the global Moran's I Index and LISA, with a K-Nearest Neighbors ($k=4$) spatial weights matrix. The Moran's I analysis revealed a significant positive spatial autocorrelation for the majority of improved water source types ($p \leq 0.05$), indicating that their usage patterns tend to cluster. The strongest clustering was identified in Protected Wells ($I=0.4103$) and Packaged Water ($I=0.3942$). Furthermore, LISA analysis revealed specific regional dependencies: Hotspots of high reliance on Packaged Water and Boreholes are concentrated in Java and Bali, while Coldspots of insufficient protected groundwater sources (Wells) are dominant in the Papua region, with an anomaly of successful Piped/Tapped Water Hotspots in NTT and NTB. This clustering reveals specific regional dependencies that necessitate evidence-based spatial policy adjustments and interventions to ensure equitable access to drinking water.

Keywords: *Improved Drinking Water, Spatial Autocorrelation Analysis, Moran's I Index, Water Sources.*

@Jurnal Ners Prodi Sarjana Keperawatan & Profesi Ners FIK UP 2026

* Corresponding author :

Address : Universitas Indonesia, Depok

Email : ahmad.khumaidi@ui.ac.id

Phone : 0816-1551-4565

PENDAHULUAN

Akses terhadap air minum yang aman dan berkualitas merupakan kebutuhan esensial bagi kehidupan manusia (WHO and UNICEF, 2023). Ketersediaan air yang berkualitas dan bersih merupakan isu penting yang tidak hanya berdampak pada aspek ekonomi, melainkan juga menjadi masalah kesehatan masyarakat yang utama (Opoku and Acheampong, 2025). Secara global, komitmen untuk mengatasi isu ini tertuang dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), di mana SDG 6 secara spesifik menargetkan terjaminnya ketersediaan serta pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua (World Health Organization, n.d.). Indonesia memiliki potensi besar dalam sumber daya air untuk mendukung berbagai sektor kehidupan, namun penyebaran potensi sumber daya air masih belum merata baik secara musim maupun geografis (Kementerian PPN/Bappenas, 2025). Meskipun terdapat peningkatan air minum yang bersih di Indonesia, kesenjangan terhadap akses air bersih dan sanitasi masih besar (Tobing and Wisana, 2024). Kesenjangan dalam akses air bersih seringkali diperparah oleh berbagai faktor seperti pertumbuhan penduduk yang cepat, urbanisasi yang tidak terencana, serta masalah lingkungan dan perubahan iklim (Kementerian PPN/Bappenas, 2024).

Akses terhadap air minum yang layak tidak hanya berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup, tetapi juga berperan krusial dalam pencegahan berbagai penyakit, seperti penyakit diare dan infeksi saluran pernapasan (Wolf et al., 2022). Meskipun demikian, di banyak negara berkembang termasuk Indonesia, tantangan dalam memastikan akses universal terhadap air minum layak masih sangat besar, bahkan UNICEF menyebutkan bahwa Indonesia tengah menghadapi krisis iklim yang berdampak buruk pada layanan air, sanitasi, dan kebersihan (WASH), sehingga memperburuk tantangan kesehatan masyarakat, terutama bagi anak-anak (UNICEF, 2025a). Konsekuensi krisis ini termanifestasi dalam bentuk cuaca ekstrem, peristiwa terkait kondisi cuaca ekstrim seperti banjir, kekeringan, dan hujan lebat sering terjadi dengan intensitas yang semakin mengkhawatirkan. Dampak dari kejadian tersebut meluas ke berbagai layanan publik, termasuk ke layanan air minum dan layanan sanitasi (Kementerian PPN/Bappenas, 2024).

Secara global, proporsi dan jumlah orang yang memiliki akses ke layanan air bersih meskipun terdapat kemajuan yang stabil antara tahun 2015 dan 2024, miliaran orang masih belum terlayani. Pada tahun 2024, 2,2 miliar orang kekurangan air minum yang dikelola dengan aman (United Nations, 2025). Bahkan di abad ke-21, sekitar 1,4 juta kematian tahunan sebenarnya dapat dicegah dengan layanan WASH yang dikelola

dengan aman termasuk ketersediaan akses terhadap air bersih. (Ando et al., 2025). Di Indonesia, meskipun telah ada kemajuan dalam peningkatan akses terhadap sumber air minum yang layak, disparitas antarwilayah masih sangat terlihat (Tobing and Wisana, 2024). Pada tahun 2024, data dari BPS menunjukkan bahwa 92,64% populasi Indonesia memiliki akses terhadap sumber air yang layak (Badan Pusat Statistik, 2024), namun hanya 20,49% yang memiliki akses terhadap air minum yang dikelola secara aman per tahun 2023 (UNICEF, 2025b). Kesenjangan antara akses "layak" dan "aman" ini mengindikasikan bahwa ketersediaan sumber air yang secara teknis dianggap baik belum tentu menjamin kualitas air yang bebas kontaminasi dan aman untuk dikonsumsi (Pakpahan, Picauly and Mahayasa, 2015).

Akses air minum dikatakan layak apabila sumber air minum utama dalam rumah tangga menggunakan sumber air minum yang terlindung, meliputi: ledeng perpipaan; ledeng eceran; keran umum/hydrant umum; terminal air; penjual eceran; penampungan air hujan (PAH); mata air terlindungi; sumur terlindungi; dan sumur bor atau sumur pompa. Apabila sumber air minum menggunakan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) atau air isi ulang, maka sumber air rumah tangga untuk memasak dan MCK harus menggunakan sumber air minum terlindung. Sedangkan yang dimaksud dengan akses air minum yang aman adalah akses air yang layak, lokasi sumber air minum berada di dalam atau di halaman rumah, tersedia setiap saat ketika dibutuhkan, dan memenuhi syarat kualitas air minum sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010. Pengukuran akses aman diprioritaskan dilakukan untuk parameter fisika (Bau, Warna, Total Zat Padar Terlarut (TDS), Kekeruhan, Rasa dan Suhu), biologi (bakteri *E.coli* dan total Coliform), dan kimia (Nitrat, Nitrit, dan Arsen) (Kementerian PPN/Bappenas, POKJA PPAS, and USAID, 2025).

Pemerintah Indonesia melalui Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) telah berupaya untuk meningkatkan akses terhadap air minum. RPJMN 2020-2024 misalnya, menargetkan perluasan cakupan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) atau *Water Safety Plan* (WSP) hingga 190 kabupaten/kota pada tahun 2024 (UNICEF, 2024, 2025b). RPAM adalah pendekatan proaktif untuk penilaian dan pengelolaan risiko yang mencakup semua tahapan dalam pasokan air dari penangkapan hingga konsumen (UNICEF, 2025b). Meskipun fokus utama RPJMN 2025-2029 bergeser pada air aman dengan target 30% pada tahun 2030, pentingnya air minum layak tetap menjadi prasyarat untuk mendukung capaian tersebut dan memastikan kesehatan masyarakat

secara keseluruhan (Kementerian PPN/Bappenas, 2025).

Analisis spasial menawarkan pendekatan yang kuat untuk memahami distribusi geografis akses air minum layak, mengidentifikasi pola pengelompokan (klaster) atau daerah terpencil yang kekurangan layanan (Azanaw, Melese and Melaku, 2025). Metode ini telah berhasil diterapkan dalam studi kesehatan masyarakat lainnya di Indonesia, seperti analisis prevalensi stunting (Riznawati et al., 2022), dan tuberkulosis yang menunjukkan pola klasterisasi kuat yang dipengaruhi oleh faktor geografis dan sosiodemografi (Dhamayanti et al., 2020; Pamadi et al., 2023). Dengan demikian, pemetaan spasial dapat memberikan gambaran visual yang jelas mengenai area-area yang paling rentan dan membutuhkan intervensi prioritas.

Dengan memanfaatkan data dari hasil Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 di tingkat provinsi, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis autokorelasi spasial terhadap berbagai jenis sumber air minum layak di tingkat provinsi dengan menggunakan pendekatan Indeks Moran's I untuk mengidentifikasi adanya autokorelasi spasial dan pola klaster untuk setiap sumber air minum layak yang dianalisis, seperti ledeng perpipaan, sumur bor terlindung, hingga air kemasan/galon. Dengan menggunakan analisis autokorelasi spasial, maka dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai distribusi ketidaksetaraan akses air minum di Indonesia, sekaligus menyoroti sumber-sumber air dominan yang menunjukkan pola klasterisasi kuat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih terarah dan efisien dalam upaya peningkatan akses air minum layak di seluruh wilayah Indonesia, mendukung tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan dan peningkatan kualitas kesehatan masyarakat.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi dengan pendekatan spasial. Unit analisis dalam penelitian ini adalah 38 provinsi di Indonesia. Data utama yang digunakan adalah data agregat persentase penggunaan setiap jenis sumber air minum layak di tingkat provinsi dari Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023. Sumber-sumber air minum yang dianalisis meliputi air ledeng/perpipaan, sumur bor/pompa, sumur gali terlindung, mata air terlindung, penampungan air hujan (pah), air kemasan dan air isi ulang. Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 memiliki ijin etik penelitian dengan nomor LB.02.01.I/KE/L/287/2023 tanggal 10 Mei 2023 dari KEPK Poltekkes Jakarta II. Sedangkan data spasial provinsi diperoleh dari lapakgis.com.

Untuk mengidentifikasi hubungan spasial antar provinsi di Indonesia yang terdapat provinsi-provinsi kepulauan, maka digunakan matriks

pembobot spasial jenis K-Nearest Neighbors (KNN) dengan $k=4$ (Anselin, 1995; Grekousis, 2020). Pembobotan KNN akan mengidentifikasi 4 tetangga terdekat untuk setiap provinsi, membentuk hubungan spasial berdasarkan kedekatan geografis. Pemilihan nilai k (dalam hal ini 4) didasarkan pada prinsip untuk memastikan setiap unit spasial memiliki jumlah tetangga yang cukup untuk analisis, sekaligus menjaga relevansi hubungan kedekatan. Nilai k yang terlalu kecil (misalnya $k=1$) mungkin tidak menangkap pola spasial yang lebih luas dan rentan terhadap noise data, sementara nilai k yang terlalu besar dapat menyebabkan pembobotan menjadi terlalu umum dan mengaburkan heterogenitas lokal. Pemilihan $k=4$ bertujuan untuk menyeimbangkan kebutuhan akan konektivitas yang memadai dengan mempertahankan fokus pada tetangga terdekat yang paling relevan secara geografis (Anselin, 1995).

Indeks Moran's I global akan digunakan untuk menguji keberadaan autokorelasi spasial secara keseluruhan pada setiap variabel sumber air minum layak di seluruh provinsi di Indonesia. Nilai Indeks Moran's I berkisar antara -1 hingga +1 (Dhamayanti et al., 2020). Nilai mendekati +1 menunjukkan autokorelasi spasial positif (pola mengelompok/clustering), nilai mendekati -1 menunjukkan autokorelasi spasial negatif (pola menyebar/dispersed), dan nilai mendekati 0 menunjukkan pola spasial acak (Grekousis, 2020). Uji signifikansi statistik (p -value dan Z -score) akan dilakukan untuk menentukan apakah pola yang teramati signifikan secara statistik.

Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA), termasuk Moran's Scatterplot dan Cluster Map, akan digunakan untuk mengidentifikasi klaster spasial spesifik atau anomali (hotspot dan coldspot) untuk setiap jenis sumber air minum layak yang dianalisis pada tingkat provinsi (Azanaw, Melese and Melaku, 2025). Moran's Scatterplot akan memvisualisasikan hubungan antara nilai prevalensi air minum layak suatu provinsi dengan nilai rata-rata tetangganya, terbagi dalam empat kuadran: High-High (HH), Low-Low (LL), Low-High (LH), dan High-Low (HL) (Riznawati et al., 2022).

High-High (HH): Provinsi dengan prevalensi tinggi yang dikelilingi oleh provinsi dengan prevalensi tinggi. Ini mengindikasikan hotspot.

Low-Low (LL): Provinsi dengan prevalensi rendah yang dikelilingi oleh provinsi dengan prevalensi rendah. Ini mengindikasikan coldspot.

Low-High (LH): Provinsi dengan prevalensi rendah yang dikelilingi oleh provinsi dengan prevalensi tinggi. Ini mengindikasikan outlier.

High-Low (HL): Provinsi dengan prevalensi tinggi yang dikelilingi oleh provinsi dengan prevalensi rendah. Ini mengindikasikan outlier.

Cluster Map akan memvisualisasikan klaster-klaster ini secara geografis, menyoroti

wilayah-wilayah yang memerlukan perhatian khusus. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik GeoDa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan gambaran komprehensif mengenai distribusi spasial berbagai jenis sumber air minum layak di Indonesia, mengidentifikasi pola pengelompokan geografis, dan menguraikan implikasi kebijakan untuk peningkatan akses air minum.

Secara global, akses terhadap air minum yang aman dan layak masih menjadi tantangan signifikan, terutama di negara berkembang. Meskipun progres telah dicapai dalam peningkatan akses sumber air yang ditingkatkan, kesenjangan antara akses yang layak dan aman masih sangat besar (UNICEF, 2025b). Sebagai contoh, di Ethiopia, distribusi sumber air yang tidak ditingkatkan masih menunjukkan klusterisasi geografis yang signifikan (Kassegne and Leta, 2020; Azanaw, Melese and Melaku, 2025). Di Sudan, meskipun sumber utama air adalah sumur bor, tingkat kontaminasi mikroba di tingkat rumah tangga sangat tinggi, dan lebih dari separuh penduduk tidak puas dengan layanan air mereka (Asmally et al., 2025). Kualitas air yang buruk dapat memperburuk penyebaran penyakit dan membebani keluarga secara sosial dan ekonomi (Ginting, 2006).

Deskripsi Proporsi Akses Air Minum Layak

Di Indonesia, data deskriptif berdasarkan hasil Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 menunjukkan bahwa capaian akses air minum layak bervariasi antarprovinsi. Akses air minum layak tertinggi berada di DKI Jakarta (98,0%), sementara yang terendah di Papua Pegunungan (63,8%) (Kementerian Kesehatan, 2024). Peta sebaran proporsi (Gambar 1) memvisualisasikan disparitas geografis ini. Ketidakmerataan ini menggarisbawahi perlunya analisis spasial untuk mengidentifikasi area-area dengan kebutuhan paling mendesak.



I) Analisis Indeks Moran's I global dilakukan untuk menguji keberadaan autokorelasi spasial pada setiap jenis sumber air minum layak di 38 provinsi di Indonesia. Hasil pengujian menunjukkan adanya klusterisasi yang bervariasi antarjenis sumber, seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Indeks Moran's I Global

Sumber Air Minum	Indeks Moran's I (I)	ZScore	P-value	Pola Spasial
Air Ledeng/Perpipaan	0.165	1.9693	0.04	Mengelompok (clustered)
Sumur Bor	0.2678	2.9717	0.005	Mengelompok (clustered)
Sumur Gali Terlindungi	0.4103	4.4979	0.002	Mengelompok (clustered)
Mata Air Terlindungi	0.1426	1.6995	0.062	Tidak ada pola/Acak (Random)
Penampungan Air Hujan (PAH)	0.3426	3.7738	0.004	Mengelompok (clustered)
Air Kemasan	0.3942	4.3391	0.002	Mengelompok (clustered)
Air Isi Ulang	0.2132	2.3668	0.016	Mengelompok (clustered)

Hasil menunjukkan bahwa enam dari tujuh jenis sumber air minum layak memiliki autokorelasi spasial positif yang signifikan ($p \leq 0,05$), mengindikasikan adanya kecenderungan pengelompokan (clustering) penggunaan sumber air yang serupa di antara provinsi-provinsi yang berdekatan. Sumber air dengan klusterisasi paling kuat adalah Sumur Terlindung ($I = 0,4103$) dan Air Kemasan ($I = 0,3942$). Sebaliknya, penggunaan Mata Air Terlindungi menunjukkan pola spasial yang acak dan tidak signifikan secara statistik ($p = 0,062$).

Temuan ini berarti bahwa penggunaan jenis sumber air layak yang serupa cenderung berkelompok di antara provinsi yang berdekatan. Pola ini sejalan dengan temuan dalam penelitian spasial lain di Indonesia yang menunjukkan klusterisasi pada indikator kesehatan seperti *stunting* di Jawa Barat (Riznawati et al., 2022) dan

tuberkulosis di Pulau Jawa (Pamadi et al., 2023). Pola pengelompokan ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor geografis (misalnya, topografi, ketersediaan sumber air), sosio-ekonomi (misalnya, tingkat pendapatan, pendidikan, kepadatan penduduk), dan juga kebijakan atau program pembangunan lokal yang telah berjalan (Tobing and Wisana, 2024).

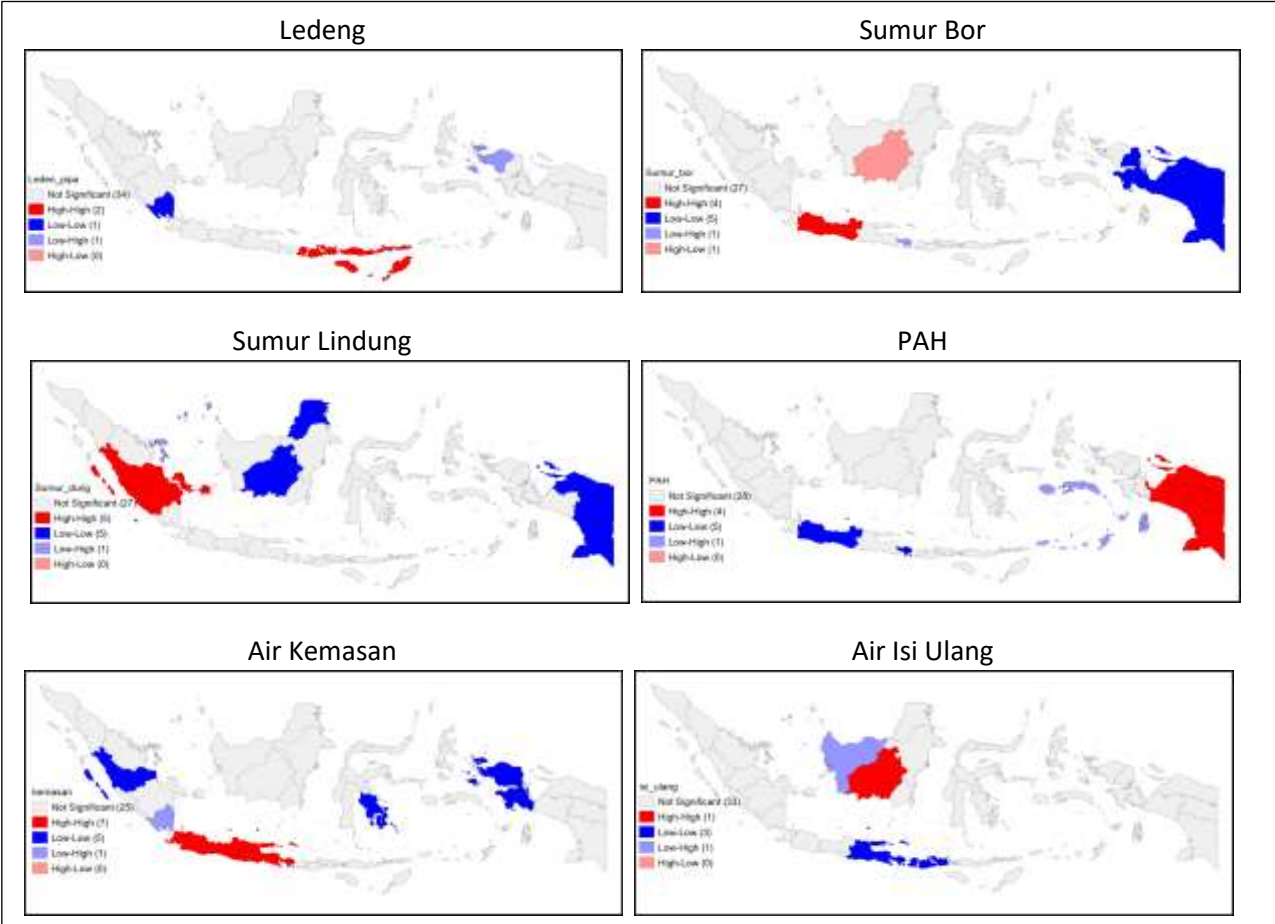
Analisis ini juga menyoroti perbedaan pola dimana sumber air dengan Sumur Terlindung ($I = 0,4103$) dan Air Kemasan ($I = 0,3942$) menunjukkan klusterisasi paling kuat, sedangkan sumber air dari Mata Air Terlindung menunjukkan pola yang acak (random) dan tidak signifikan secara statistik ($p = 0,062$). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa faktor yang memengaruhi pilihan dan ketersediaan sumber air sangat bersifat lokal dan spesifik per jenis sumber.

Analisis LISA

Analisis *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (LISA) digunakan untuk mengidentifikasi lokasi klaster spesifik (Hotspot/HH dan Coldspot/LL) serta anomali (outlier/LH dan HL) untuk setiap jenis sumber air yang memiliki autokorelasi spasial signifikan.

Klasterisasi disajikan secara detail dalam peta klaster pada Gambar 2 dan dirinci pada Tabel

2. Hasil pemetaan menunjukkan adanya polarisasi geografis yang kuat, di mana Hotspot dan Coldspot bervariasi secara signifikan tergantung pada jenis sumber air yang dianalisis. Temuan klasterisasi ini selanjutnya dibahas secara terperinci untuk mengidentifikasi implikasi kebijakan strategis berbasis regional.



Gambar 2. Peta Klaster LISA Sumber Air Minum Layak
Tabel 2. Tabel Klaster LISA Sumber Air Minum Layak

Klaster	Ledeng	Sumur Bor	Sumur Lindung	PAH	Air Kemasan	Air Isi Ulang
High-High (HH)	NTT, NTB	Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, DIY	Sumatera Barat, Papua, Jawa Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Kep. Bangka Belitung	Papua, Papua Barat, Papua Tengah, Papua Pegunungan	Papua, Jakarta, Jawa Barat, Papua Tengah, Banten, Bali	Jawa Kalimantan Barat, Jawa Tengah, DIY, Jawa Timur, NTB
Low-Low (LL)	Lampung	Papua Barat, Papua Selatan, Papua Tengah, Papua Pegunungan	Kalimantan Tengah, Kalimantan Utara, Papua Pegunungan	Jakarta Barat, Jawa Tengah, Papua Bali, Papua	Jawa Sumatera Barat, Jawa Tengah, Jawa Barat, Jawa Barat Daya	Jawa Timur, Jawa Bali, NTB, Papua
Low-High (LH)	Papua Barat Daya	Bali	Kep. Riau	Maluku	Lampung	Kalimantan Barat
High-Low (HL)	-	Kalimantan Tengah	-	-	-	-

Pulau Sumatera dan Sekitarnya

Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, dan Kep. Bangka Belitung menunjukkan klaster HH (Hotspot) yang kuat untuk penggunaan Sumur Terlindung. Ini

mencerminkan ketergantungan historis yang tinggi pada air tanah terlindungi sebagai sumber air layak utama di wilayah ini.

Kebijakan di Sumatera harus fokus pada perlindungan sumber air tanah. Program Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) dan pengawasan ketat terhadap jarak antara sumur dan

fasilitas sanitasi (septic tank) adalah kunci untuk mencegah kontaminasi. Selain itu, untuk Untuk mengurangi beban pada air tanah, perlu ada percepatan investasi dan perluasan jaringan SPAM Perpipaan di pusat-pusat pertumbuhan untuk menyediakan air minum yang dikelola secara aman (*safely managed*), seiring dengan upaya konservasi air tanah.

Pulau Jawa dan Bali

Di wilayah pulau Jawa dan Bali, klaster HH terpusat pada Air Kemasan dan Sumur Bor/Pompa. Kombinasi ini menunjukkan dua hal: (a) daya beli yang tinggi untuk air kemasan, dan (b) tingginya ketergantungan pada air tanah sumur bor. Hal ini mengindikasikan bahwa jaringan PDAM belum sepenuhnya dipercaya/memadai, atau air tanah adalah pilihan yang lebih murah di beberapa wilayah.

Wilayah ini menghadapi risiko ganda: yaitu lingkungan (penurunan muka air tanah karena Sumur Bor) dan kesehatan (risiko kualitas Air Kemasan). Kebijakan harus memberlakukan regulasi ketat pada izin air tanah dan memperkuat pengawasan kualitas Air Kemasan, serta promosi *Water Safety Plan* (WSP) di rumah tangga. Selain itu, diperlukan investasi besar-besaran untuk menjadikan SPAM perpipaan sebagai sumber primer yang paling andal dan terpercaya agar masyarakat mampu beralih dari Sumur Bor dan mengurangi ketergantungan pada Air Kemasan.

Kawasan Timur (Papua dan Nusa Tenggara)

Di kawasan Papua, klaster HH sumber air minum ditemukan pada Penampungan Air Hujan (PAH), sedangkan untuk sumber-sumber air tanah terlindungi (Sumur Bor dan Sumur Terlindungi) masuk ke dalam klaster LL. Mengingat tingginya ketergantungan pada PAH, kebijakan harus difokuskan pada dua pilar: pertama, investasi pada pembangunan Sistem Air Bersih Adaptif dan Dasar; dan kedua, implementasi program edukasi dan subsidi untuk memastikan desain, pemeliharaan, serta praktik penyimpanan air PAH memenuhi standar higienis dan kesehatan. Selain itu, rendahnya akses terhadap sumber-sumber air tanah terlindungi menunjukkan tantangan geografis dan logistik yang parah. Intervensi harus diarahkan untuk membangun sistem suplai air berbasis teknologi lokal dan mencari sumber air baku alternatif yang layak.

Pada daerah NTT dan NTB, terdapat Hotspot (HH) yang signifikan untuk Ledeng/Perpipaan. Temuan ini merupakan temuan yang kontras dan positif, menunjukkan bahwa pembangunan SPAM Perpipaan skala regional di wilayah kepulauan adalah mungkin. Kebijakan dapat mengidentifikasi praktik terbaik (*best practice*) tata kelola air dan pembiayaan di NTT/NTB untuk replikasi model pembangunan SPAM Perpipaan regional di provinsi kepulauan

lain di Timur Indonesia (misalnya, Maluku dan Kawasan Papua).

Penting untuk diingat bahwa "air minum layak" tidak selalu berarti "air minum aman". Kontaminasi mikrobiologi, seperti *Escherichia coli* dan koliform total, masih menjadi masalah serius pada air minum, termasuk air minum isi ulang, bahkan jika sumbernya dianggap layak (Ginting, 2006; Pakpahan, Picauly and Mahayasa, 2015). Ini menunjukkan bahwa meskipun suatu rumah tangga memiliki akses ke sumber air yang "ditingkatkan" atau "layak," kualitas air tersebut masih bisa terganggu oleh kontaminasi dari sumber, transmisi, atau penyimpanan di tingkat rumah tangga (Pakpahan, Picauly and Mahayasa, 2015; Asmally et al., 2025).

Juga perlu untuk memastikan bahwa program air minum terintegrasi dengan program kesehatan, sanitasi, dan gizi, terutama di daerah dengan tantangan multidimensional (UNICEF, 2025a). Temuan ini memperkuat perlunya mengintegrasikan analisis spasial dalam perencanaan pembangunan sektor air minum. Mengingat target global di mana miliaran orang masih kekurangan akses air minum aman, Indonesia perlu memastikan bahwa peningkatan akses layak juga diikuti dengan jaminan akses aman.

SIMPULAN

Penelitian ini mengonfirmasi adanya autokorelasi spasial positif yang signifikan pada mayoritas jenis sumber air minum layak di Indonesia. Temuan ini menunjukkan bahwa pola penggunaan sumber air layak tidak menyebar secara acak, melainkan cenderung mengelompok (klasterisasi) berdasarkan jenis sumber air dominan di suatu wilayah (Moran's I positif untuk enam dari tujuh sumber, dengan p-value yang signifikan). Klasterisasi ini mengungkap ketergantungan regional yang spesifik pada jenis sumber air tertentu, yang memerlukan penyesuaian kebijakan strategis berbasis regional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ando, Hiroki, Kitajima, Masaaki, Oki, Taikan and Murakami, Michio (2025). Advancements in global water and sanitation access (2000–2020). *Scientific Reports*, 15(1), p. 6399, doi:10.1038/s41598-025-90980-7.
- Anselin, Luc (1995). Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), p. 93–115, doi:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Asmally, Rofida, Imam, Abdelmalik A., Eissa, Abdullatif, Saeed, Abubakr, Mohamed, Ahmed, Abdalla, Eahaa, Esmaeel, Mariam Alazraa M., Elbashir, Mariam, Elbadawi, Mohamed H., Omer, Mohammed, Eltayeb, Raghad, Mohammed, Ranya, Abdalhamed, Tibyan and Merghani, Tina

- (2025). Water, Sanitation and Hygiene in a Conflict Area: A Cross-Sectional Study in South Kordofan, Sudan. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 15(1), p. 4, doi:10.1007/s44197-025-00347-4.
- Azanaw, Jember, Melese, Mihret and Melaku, Mequannent Sharew (2025). Geospatial distribution of unimproved water source and sanitation facilities in Ethiopia: evidence from the latest demographic and health survey (2019). *Scientific Reports*, 15(1), p. 255, doi:10.1038/s41598-024-82688-x.
- Badan Pusat Statistik (2024). *Tabel Statistik Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi, Tipe Daerah, dan Sumber Air Minum Layak 2024. Indonesia*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODQ1IzI=/persentase-rumah-tangga-yang-memiliki-akses-terhadap-sumber-air-minum-layak-menurut-provinsi--persen-.html> [Accessed: 2025-10-05].
- Dhamayanti, Grahyta, Yanti, Ari Rahma, Nurdani, Hanifah and Suningsih, Rijkianias (2020). Analisis Spasial Penyakit Tuberkulosis Paru di Kalimantan Tengah Tahun 2017. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan*, 1(1), doi:10.7454/bikfokes.v1i1.1000.
- Ginting, Limin (2006). Infestasi Kecacingan pada Anak SD di Kecamatan Sei Bingai Langkat, Sumut, 2005. *Kesmas: National Public Health Journal*, 1(1), p. 18, doi:10.21109/kesmas.v1i1.322.
- Grekousis, George (2020). *Spatial Analysis Methods and Practice: Describe - Explore - Explain Through GIS*. 1st ed. GB: Cambridge University Press.
- Kassegne, Alemnew Berhanu and Leta, Seyoum (2020). Assessment of physicochemical and bacteriological water quality of drinking water in Ankober district, Amhara region, Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 6(1), p. 1791461, doi:10.1080/23311843.2020.1791461.
- Kementerian Kesehatan (2024). *SKI 2023 Dalam Angka*. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Kementerian PPN/Bappenas (2024). *Kerangka Penguatan Ketahanan Iklim Air Minum, Sanitasi, dan Kebersihan*. Jakarta: UNICEF Indonesia.
- Kementerian PPN/Bappenas (2025). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2025-2029.
- Kementerian PPN/Bappenas, POKJA PPAS, and USAID (2025). Meta Data Target Indikator Air Minum: Kupas Tuntas SDGs 6.1 Air Minum.
- Opoku, Eric Evans Osei and Acheampong, Alex O. (2025). Women's political participation and disease prevention: Evidence from access to water and sanitation services. *Social Science & Medicine*, 365, p. 117585, doi:10.1016/j.socscimed.2024.117585.
- Pakpahan, Rolan Sudirman, Picauly, Intje and Mahayasa, I. Nyoman W. (2015). Cemaran Mikroba Escherichia coli dan Total Bakteri Koliform pada Air Minum Isi Ulang. *Kesmas: National Public Health Journal*, 9(4), p. 300, doi:10.21109/kesmas.v9i4.733.
- Pamadi, Nayaka Nayottama, Siregar, Kemal N., Rahmaniati Makful, Martya and Atmiroseva (2023). Analisis Spasial Autokorelasi Tuberkulosis di Pulau Jawa Tahun 2021. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan*, 4(1), doi:10.7454/bikfokes.v4i1.1051.
- Riznawati, Aldila, Yudhistira, Deny, Rahmaniati Makful, Martya, Sipahutar, Tiopan and Eryando, Tris (2022). Autokorelasi Spasial Prevalensi Stunting di Jawa Barat Tahun 2021. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan*, 3(1), doi:10.7454/bikfokes.v3i1.1035.
- Tobing, Putri I. Lumban and Wisana, I. Dewa Gede Karma (2024). Kondisi Rumah Tidak Layak Huni (RTLH) di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Ekonomi*, 19(1), doi:10.7454/jke.v19i1.1144.
- UNICEF (2024). Rencana Teknokratik Peta Jalan Induk Air Minum Aman Indonesia.
- UNICEF (2025a). *WASHActs, Volume XVIII*.
- UNICEF (2025b). Accelerating Water Safety Planning: A Cost-Effective Model for Scaling Up in Indonesia.
- United Nations (2025). *The Sustainable Development Goals Report 2025*. New York: United Nations.
- WHO and UNICEF (2023). *Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2022: Special Focus on Gender*. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO).
- Wolf, Jennyfer, Hubbard, Sydney, Brauer, Michael, Ambelu, Argaw, Arnold, Benjamin F., Bain, Robert, Bauza, Valerie, Brown, Joe, Caruso, Bethany A., Clasen, Thomas, Colford, John M., Freeman, Matthew C., Gordon, Bruce, Johnston, Richard B., Mertens, Andrew, Prüss-Ustün, Annette, Ross, Ian, Stanaway, Jeffrey, Zhao, Jeff T., Cumming, Oliver and Boisson, Sophie (2022). Effectiveness of interventions to improve drinking water, sanitation, and handwashing with soap on risk of diarrhoeal disease in children in low-income and middle-

income settings: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 400(10345), p. 48–59, doi:10.1016/S0140-6736(22)00937-0.

World Health Organization (n.d.). *SDG Targets 6.1/6.2/6.3/6.a Drinking water, sanitation, wastewater and related official development assistance*. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/sdg-target-6-ensure-availability-and-sustainable-management-of-water-and-sanitation-for-all> [Accessed: 2025-10-06].