

Analisis Temporal dan Spasial Banjir dan Tanah Longsor di Kota Bogor Tahun 2021 – 2023

M Syahmi Syihabuddin ¹, Shafira Himayah ², Silmi Alfina Aliyan ³

^{1, 2, 3} Universitas Pendidikan Indonesia, Jl Gegerkalong, Kec. Isola, Kota Bandung, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Received: June 24, 2025

Reviewed: December 24, 2025

Available online: December 31, 2025

KORESPONDEN

E-mail: musamiss@upi.edu

ABSTRACT

The city of Bogor is an area with a high vulnerability to floods and landslides, influenced by its hilly morphology and high annual rainfall. According to data from the Regional Disaster Management Agency (BPBD), more than 150 flood and landslide incidents occurred between 2021 and 2023. This study aims to analyze the spatial and temporal patterns of these disasters using a hotspot analysis approach and the Moran Index. The results show that the 2021 floods exhibited a highly clustered spatial pattern, with affected areas recurring repeatedly. In 2022, the coverage decreased, but the clusters became denser, while 2023 showed an increase in flood frequency, particularly in the northern region. For landslides, 2021 was concentrated in the southern and southeastern parts of the city, while 2022 had minimal occurrences, and 2023 showed a more evenly distributed spatial pattern. These findings confirm the spatial correlation between disaster events and environmental characteristics, which is crucial for spatial and sustainable risk mitigation planning.

KEYWORD:

Morans Indeks, Kmeans, Landslide, Flood

ABSTRAK

Kota Bogor merupakan wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana banjir dan tanah longsor, yang dipengaruhi oleh morfologi perbukitan dan curah hujan tahunan yang tinggi. Berdasarkan data BPBD, tercatat lebih dari 150 kejadian banjir dan longsor terjadi pada periode 2021–2023. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola spasial dan temporal bencana tersebut menggunakan pendekatan analisis hotspot dan Indeks Moran. Hasil menunjukkan bahwa banjir tahun 2021 memiliki pola spasial yang sangat terklaster, dengan wilayah terdampak secara berulang. Tahun 2022 mengalami penurunan cakupan, namun klaster menjadi lebih padat, sedangkan tahun 2023 menunjukkan peningkatan frekuensi banjir terutama di wilayah utara. Untuk tanah longsor, tahun 2021 terkonsentrasi di bagian selatan dan tenggara kota, sedangkan tahun 2022 minim kejadian, dan tahun 2023 menunjukkan pola spasial yang merata. Temuan ini menegaskan adanya keterkaitan spasial antara kejadian bencana dengan karakteristik lingkungan, yang penting untuk perencanaan mitigasi risiko secara spasial dan berkelanjutan.

KATA KUNCI:

Indeks Moran, Kmeans, Longsor, Banjir

PENDAHULUAN

Kota Bogor adalah salah satu wilayah dengan tingkat risiko bencana alam yang tinggi di Indonesia, terutama terhadap banjir dan longsor. Wilayah dengan perbukitan yang

mendominasi dan curah hujan tahunan yang tinggi rata-rata 3.500 - 4.500 mm per tahun merupakan faktor utama penyebab bencana hidrometeorologi di kota ini (BMKG, 2023). Berdasarkan informasi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bogor, antara tahun 2021 hingga 2023 tercatat lebih dari 150 insiden banjir dan

longsor dengan distribusi yang tidak merata di setiap kecamatan.

Bencana ini menimbulkan konsekuensi berat, seperti kerusakan sarana, hilangnya tempat tinggal, dan gangguan kegiatan ekonomi warga. Peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian menandakan perlunya penelitian yang lebih mendalam untuk memahami pola waktu dan lokasi kedua bencana ini demi mendukung kebijakan mitigasi dan adaptasi yang lebih efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji aspek spasial dan temporal dari bencana banjir serta tanah longsor di berbagai daerah Indonesia. Penelitian Pratama et al. (2022) mengindikasikan bahwa analisis spasial yang menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) berhasil dalam menentukan wilayah rentan longsor di Kabupaten Bogor. Di sisi lain, studi oleh Lestari & Nugroho (2021) menggambarkan pola waktu kejadian banjir di area Jabodetabek dengan menghubungkan data hujan dan perubahan penggunaan lahan. Namun, penelitian serupa yang secara khusus menggabungkan analisis spasial dan temporal secara bersamaan untuk daerah Kota Bogor masih jarang. Masih sedikit penelitian yang menggunakan data tiga tahun terakhir (2021–2023) secara menyeluruh untuk menganalisis dinamika bencana dalam konteks waktu dan ruang secara bersamaan. Ini mengindikasikan adanya kekurangan dalam penelitian yang perlu dilengkapi.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola spasial dan temporal kejadian banjir serta tanah longsor di Kota Bogor selama periode 2021–2023. Studi ini, merancang metode integratif dengan menggunakan data sejarah tentang bencana banjir dan bencana longsor untuk menentukan area rentan serta waktu yang paling penting. Perbedaan utama dari penelitian ini dengan studi sebelumnya terletak pada integrasi pendekatan spasial dan temporal dalam satu kerangka analisis, serta penekanan pada daerah spesifik Kota Bogor dalam periode waktu terbaru. Oleh karena itu, studi ini diharapkan mampu mengisi kekurangan dalam literatur serta memberikan data strategis untuk pemerintah daerah dalam usaha penanggulangan risiko bencana dan perencanaan ruang yang berkelanjutan.

METHOD

Studi ini menerapkan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode analisis spasial dan temporal. Tujuannya ialah untuk mengenali pola penyebaran kejadian banjir dan longsor tanah di Kota Bogor sepanjang tahun 2021 - 2023, baik dalam aspek ruang maupun waktu. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan non-eksperimental menggunakan data sekunder dan analisis yang berbasis

pada sistem informasi geografis (SIG) serta statistik spasial.

Objek penelitian ini adalah seluruh kecamatan di Kota Bogor yang menjadi kawasan terdampak banjir dan bencana longsor. Data dikumpulkan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Badan Pusat Statistik Kota Bogor, dan Badan Informasi Geospasial. Data dikumpulkan dari tahun 2021 – 2023.

Pengolahan dan Integrasi Data

Data spasial kejadian bencana diolah menjadi shapefile (.shp) menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Klasifikasi data temporal dilakukan berdasarkan tahun. Selanjutnya, atribut kepadatan penduduk ditambahkan ke dalam attribute tabel batas administrasi.

Analisis Hotspot (Getis-Ord Gi)*

Analisis ini memberikan visualisasi untuk mengidentifikasi area dengan konsentrasi tertinggi dari kejadian bencana (hotspot) maupun rendah (coldspot). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$G_i^* = [\sum_j w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_j w_{ij}] / [S \sqrt{\{n \sum_j w_{ij}^2 - (\sum_j w_{ij})^2\} / (n - 1)}] \quad (1)$$

Keterangan:

x_j : jumlah kejadian di lokasi j

w_{ij} : bobot spasial antara lokasi i dan j

\bar{X} : rata-rata jumlah kejadian

S : standar deviasi

n : jumlah total lokasi

Analisis KMeans

Klasifikasi Kmeans digunakan untuk mengelompokkan beberapa unit spasial berdasarkan kemiripan atributnya. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Arg min } \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad (2)$$

Keterangan:

- S_i : kluster ke- i

- μ_i : centroid dari kluster ke- i

- x : vektor atribut

Analisis Indeks Moran I

Analisis ini digunakan untuk melihat pengaruh suatu variabel terhadap wilayah sekitarnya. Dalam penelitian ini digunakan untuk melihat keterkaitan antar bencana. Rumusnya adalah sebagai berikut :

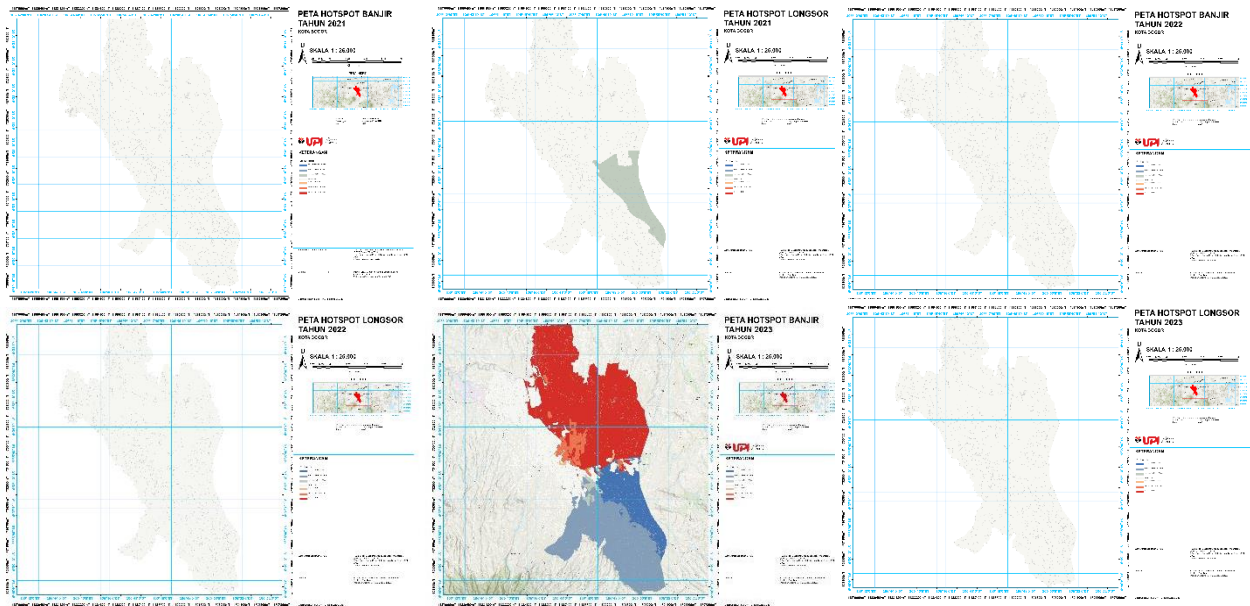
$$I = (n / W) * [\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})] / \sum_i (x_i - \bar{X})^2 \quad (3)$$

Keterangan:

- x_i, x_j : nilai kejadian di lokasi i dan j

- \bar{X} : rata-rata kejadian

- w_{ij} : bobot spasial antara i dan j
- n : jumlah unit spasial
- W : total bobot



Gambar 1. Peta Hotspot Banjir dan Longsor Tahun 2021 - 2023

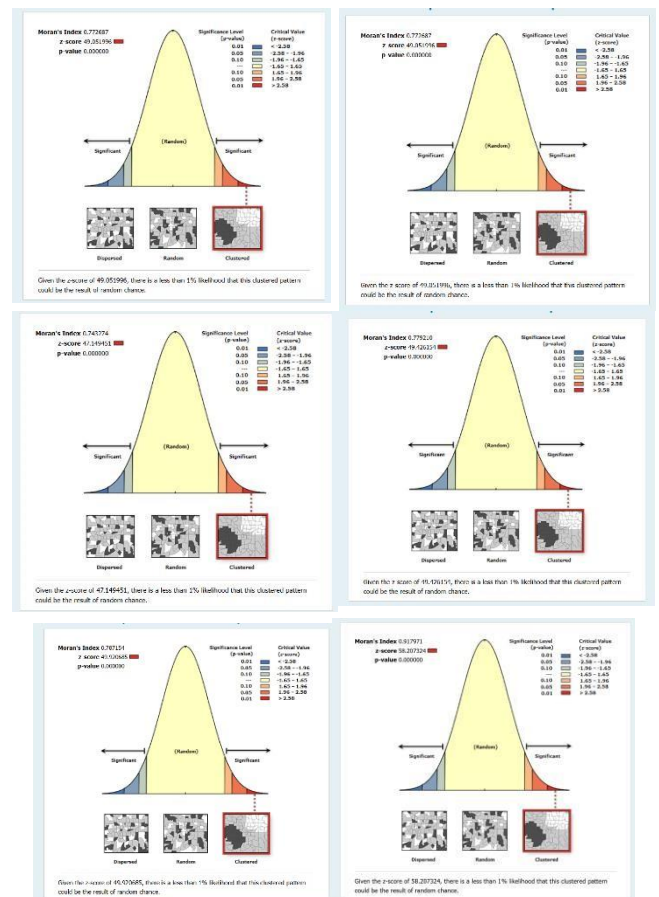
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hotspot

Hasil analisis dari peta di atas menunjukkan bahwa

1. Hotspot Banjir 2021 : Hampir tidak ada kejadian yang terjadi secara signifikan dalam satu waktu, namun tetap adanya sebuah bencana yang terjadi.
2. Hotspot Banjir 2022: Cakupan daerah terdampak menurun drastis dibandingkan 2021, menunjukkan kemungkinan adanya intervensi mitigasi atau kondisi curah hujan yang berbeda.
3. Hotspot Banjir 2023 : Frekuensi yang terjadi sepertinya meningkat dibandingkan tahun 2021 dan 2022, terlihat bahwa beberapa wilayah di utara terlihat sering terjadi banjir sedangkan di bagian selatan menunjukkan frekuensi bencana yang rendah.
4. Hotspot Longsor 2021: Didominasi oleh wilayah selatan dan tenggara kota, menunjukkan korelasi kuat dengan morfologi lereng dan struktur geologis.
5. Hotspot Longsor 2022: Hampir tidak teridentifikasi pada peta yang ada, mengindikasikan penurunan kejadian atau keterbatasan dalam pelaporan.
6. Hotspot Longsor 2023: Wilayah tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar wilayah semuanya memiliki frekuensi kejadian yang sama sehingga tidak berbeda pada tahun 2021 dan 2022.

Hasil Indeks Moran



a. Hasil Analisis Moran

Nilai positif tinggi dan z-score jauh di atas 1,96 (batas signifikansi 95%) menunjukkan bahwa kejadian banjir di

Kota Bogor tahun 2021 memiliki pola spasial yang sangat terklaster, bukan terjadi secara acak. Terdapat wilayah yang secara konsisten mengalami kejadian berulang.

Tabel 1. Hasil Indeks Moran

No	Moran	z-score	p-value	Interpretasi
1	0.729287	6.005908	<0.00001	Clustered (significant)
2	0.519708	4.310199	<0.00001	Clustered (significant)
3	0.742478	6.147165	<0.00001	Clustered (significant)
4	0.774382	6.414761	<0.00001	Clustered (significant)
5	0.679251	5.471967	<0.00001	Clustered (significant)
6	0.517921	4.302774	<0.00001	Clustered (significant)

Pola spasial banjir pada 2022 memperlihatkan kluster yang lebih padat dibandingkan tahun sebelumnya, meskipun secara visual cakupannya menurun. Ini menunjukkan bahwa wilayah yang terkena banjir semakin terkonsentrasi. Kejadian tanah longsor juga menunjukkan pola spasial yang sangat terklaster pada 2022, dengan pengaruh spasial yang kuat. Lokasi longsor cenderung berdekatan satu sama lain, menandakan adanya faktor geofisik atau tata guna lahan yang konsisten di wilayah terdampak.

KESIMPULAN

Hasil analisis Indeks Moran dan hotspot mengindikasikan adanya keterkaitan spasial antara kejadian banjir dan tanah longsor dengan variabel spasial lainnya, salah satunya adalah penggunaan lahan berupa kawasan permukiman. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mempertimbangkan pengembangan variabel tambahan, seperti curah hujan dan kemiringan lereng, guna memperoleh pemahaman spasial yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

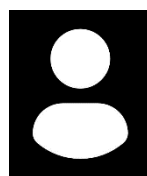
Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Statistika Spasial atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan, khususnya melalui pelaksanaan praktikum secara langsung yang disertai dengan penjelasan teoritis yang mendalam. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan yang selalu memberikan bantuan dan dukungan, terutama saat menghadapi berbagai kesulitan selama proses pembelajaran.

REFERENSI

- [1] BMKG, *Data Curah Hujan Tahunan Kota Bogor Tahun 2021–2023*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2023. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id>. [Accessed: Jun. 14, 2025].

- [2] R. Lestari and S. P. Nugroho, "Analisis tren temporal kejadian banjir di wilayah Jabodetabek berdasarkan data curah hujan dan perubahan <https://doi.org/10.21009/jsl.092.04>. [Accessed: Jun. 14, 2025].
- [3] A. D. Pratama, H. Wibowo, and R. Susanti, "Pemetaan zona rawan tanah longsor berbasis SIG di Kabupaten Bogor," *Jurnal Geografi dan Lingkungan*, vol. 14, no. 1, pp. 45–56, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24843/jgl.14.1.05>. [Accessed: Jun. 14, 2025].
- [4] BPBD Kota Bogor, *Laporan Data Kejadian Banjir dan Longsor Tahun 2021–2023*. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Bogor, 2023.

BIOGRAFI PENULIS



M Syahmi Syihabuddin

Saya merupakan mahasiswa Sains Informasi Geografi yang memiliki ketertarikan dalam dunia Sistem Informasi Geografi digabungkan oleh konsep dasar geografi.