

ANALISIS SPASIAL PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN HOTSPOT ANALYSIS (GETIS-ORD GI*) BERBASIS GIS PADA KECAMATAN PAGAR MERBAU

¹Selasih Sayufi, ²Al-Khowarizmi
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
selasihsayufi@gmail.com

Submit : 10 Juni 2026 | **Diterima** : 21 Juni 2026 | **Terbit** : 21 Juli 2026

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk merupakan indikator penting dalam perencanaan pembangunan wilayah, terutama terkait kebutuhan infrastruktur dan pelayanan publik. Di Kecamatan Pagar Merbau, data kependudukan masih disajikan dalam bentuk tabel sehingga belum mampu menunjukkan pola distribusi spasial secara jelas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola spasial pertumbuhan penduduk, mengidentifikasi wilayah hotspot dan coldspot menggunakan metode Getis-Ord Gi*, serta memvisualisasikan hasilnya melalui WebGIS. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan data penduduk tingkat desa tahun 2023–2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk tidak merata, dengan pola pengelompokan terlihat pada periode 2023–2024 namun melemah pada periode berikutnya. WebGIS mampu menyajikan hasil secara interaktif dan mendukung pemahaman spasial serta pengambilan keputusan.

Kata Kunci: Pertumbuhan Penduduk, Analisis Spasial, Getis-Ord Gi*, WebGIS.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk merupakan indikator penting dalam dinamika pembangunan suatu negara. Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 mencapai 269,58 juta jiwa dan diproyeksikan meningkat menjadi 298,03 juta jiwa pada 2030 serta 337,99 juta jiwa pada 2050, dengan laju pertumbuhan sekitar 0,67–0,76% per tahun (BPS, 2023). Perubahan jumlah penduduk berdampak luas terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan (Marbun et al., 2025). Oleh karena itu, tingkat pertumbuhan penduduk sering digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan kependudukan, karena ketidakmampuan mengendalikannya dapat berdampak negatif pada perkembangan wilayah (Saputra et al., 2025).

Permasalahan kependudukan juga terjadi pada skala kecamatan, seperti di Kecamatan Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang. Wilayah seluas 63,28 km² dengan 16 desa ini mengalami peningkatan penduduk dari 41.156 jiwa (2023) menjadi 42.951 jiwa (2025), atau naik sekitar 4,36%. Peningkatan ini berpotensi menimbulkan tekanan terhadap pelayanan publik dan pembangunan wilayah.

Namun, data pertumbuhan penduduk masih disajikan dalam bentuk tabel statis sehingga belum menunjukkan pola sebaran spasial. Hal ini menyulitkan pemerintah dalam mengidentifikasi wilayah dengan pertumbuhan tinggi (hotspot) dan rendah (coldspot), yang berdampak pada kurang tepatnya penentuan prioritas pembangunan. Oleh karena itu, diperlukan analisis spasial untuk mendukung perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran.

Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi solusi karena mampu mengintegrasikan data geografis dan non-geografis dalam pengambilan keputusan (Lailia Rahmawati et al., 2024). Salah satu metode yang digunakan adalah analisis hotspot Getis-Ord Gi*, yang mampu mengidentifikasi pola pengelompokan wilayah berdasarkan hubungan spasial secara objektif (Valgunadi et al., 2023).

Penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan, seperti hanya bersifat deskriptif tanpa analisis klaster (Fajriyah & Marbun, 2025) atau berfokus pada sektor lain seperti pariwisata (Valgunadi

et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pola spasial pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau menggunakan metode Getis-Ord Gi* berbasis SIG, dengan visualisasi peta interaktif (WebGIS) agar lebih mudah diakses dan dipahami.

Penelitian ini berjudul "*Analisis Spasial Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi) Berbasis GIS pada Kecamatan Pagar Merbau*" dan diharapkan dapat mendukung perencanaan pembangunan serta kebijakan kependudukan yang lebih tepat sasaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Informasi Geografis (GIS)

SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi geografis, serta dapat dikatakan sebagai alat terkomputerisasi untuk pemetaan dan penganalisisan objek maupun peristiwa yang terjadi di permukaan bumi (Achamad et al., 2025). SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu lokasi di permukaan bumi, kemudian mengintegrasikan, menganalisis, dan memetakan hasilnya. Data yang diolah dalam SIG merupakan data spasial yang berorientasi geografis dan memiliki sistem koordinat tertentu sebagai referensi. Dengan demikian, SIG dapat digunakan untuk menjawab berbagai pertanyaan spasial seperti kondisi, lokasi, tren, pola, dan pemodelan. Sebagai teknologi informasi, SIG dimanfaatkan untuk mengintegrasikan, mengumpulkan, memeriksa, menganalisis, menyimpan, dan menampilkan informasi yang berkaitan dengan permukaan bumi, baik dalam bentuk data spasial maupun nonspasial (Priambodo et al., 2023).

Analisis Spasial

Analisis spasial merupakan salah satu metode analisis yang memiliki karakteristik khusus, yaitu memanfaatkan referensi keruangan (*spatial reference*) yang terkandung dalam data. Pendekatan ini digunakan untuk memahami berbagai fenomena yang terjadi di permukaan bumi dengan mempertimbangkan aspek lokasi dan distribusinya. Secara teoritis, analisis spasial berlandaskan pada konsep kartografi analitik, di mana peta tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi, tetapi juga sebagai alat analisis untuk mengkaji pola, hubungan, serta proses yang terjadi dalam suatu wilayah (Susilo et al., 2021).

Salah satu prinsip dasar yang mendasari analisis spasial adalah Hukum Tobler. Hukum geografi yang dikemukakan oleh Tobler dalam Schabenberger dan Gotway (2005) menyatakan bahwa "*everything is related to everything else, but near things are more related than distant things*". Prinsip ini menjelaskan bahwa setiap fenomena memiliki keterkaitan satu sama lain, namun hubungan tersebut akan lebih kuat pada objek atau lokasi yang berdekatan dibandingkan dengan yang berjauhan. Oleh karena itu, Hukum Tobler menjadi dasar penting dalam penerapan analisis spasial (Kurnianto et al., 2021).

Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi*)

Analisis hotspot dengan dasar statistik Getis-Ord Gi* merupakan alat untuk menghitung nilai Getis-Ord Gi* pada setiap fitur dataset. Z-score dan P-value yang dihasilkan memberikan gambaran kluster spasial dengan nilai tinggi atau rendah, serta menunjukkan lokasi hotspot dan coldspot. Z-score merupakan standar deviasi yang digunakan untuk menunjukkan tingkat signifikansi statistik dalam melihat intensitas kejadian, sedangkan P-value merupakan probabilitas yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi dari Z-score dalam mengidentifikasi apakah suatu area termasuk hotspot atau coldspot secara signifikan (Simanungkalit et al., 2024).

Getis-Ord Gi* mengukur tingkat pemusatan (sentralisasi) data dan klusterisasi berdasarkan konsentrasi bobot antar wilayah. Metode ini mengidentifikasi kluster lokal melalui perbandingan nilai atribut suatu wilayah dengan wilayah sekitarnya, sehingga mempertimbangkan kedekatan antar wilayah dalam perhitungannya. Hasil nilai Getis-Ord Gi* memberikan gambaran pengelompokan wilayah berdasarkan kemiripan atau kedekatan nilai terhadap tetangga (Silalahi et al., 2024).

Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS)

WebGIS merupakan integrasi antara teknologi web dan sistem informasi geografis yang memungkinkan distribusi dan sharing data spasial melalui internet. Sistem ini menyediakan kemampuan untuk memvisualisasikan, menganalisis, dan mengelola data geografis secara online dengan *interface* yang *user-friendly* (Ambiyah et al., 2025).

METODE PENELITIAN

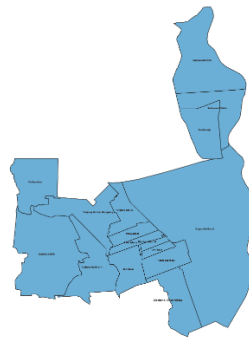
Teknik penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis spasial dalam kerangka Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis pola distribusi dan pengelompokan pertumbuhan penduduk secara geografis menggunakan metode statistik spasial Getis-Ord G_i^* .

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, dengan desa sebagai unit analisis karena pengelolaan kependudukan di tingkat kecamatan berbasis wilayah desa. Data kependudukan yang digunakan masih bersifat tabular dan belum dianalisis secara spasial, sehingga wilayah ini relevan untuk penerapan analisis SIG dalam mengidentifikasi pola sebaran serta hotspot dan coldspot pertumbuhan penduduk. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2025 menggunakan data tahunan periode 2023–2025, meliputi tahap pengumpulan data, pengolahan, analisis spasial, dan penyajian hasil dalam bentuk peta serta sistem informasi berbasis web.

Jenis dan Sumber Data

Data spasial berfungsi sebagai representasi lokasi dan batas wilayah administrasi Kecamatan Pagar Merbau dengan desa/kelurahan sebagai unit analisis terkecil.



Gambar 1. Peta Batas Administrasi Desa sebagai Data Spasial Penelitian di Kecamatan Pagar Merbau

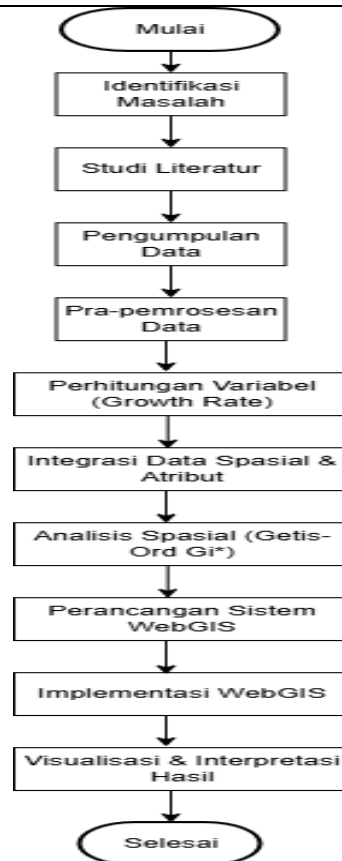
Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan memastikan keakuratan dan keterpaduan data untuk analisis spasial. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui beberapa tahapan berikut:

1. Pengambilan Data Spasial: Data spasial berupa batas administrasi desa diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Data RBI dalam format ESRI Shapefile tersebut kemudian diproses menggunakan perangkat lunak QGIS untuk memperoleh batas wilayah Kecamatan Pagar Merbau secara tepat. Pengecekan topologi dilakukan untuk menghindari kesalahan geometri serta menyesuaikan nama dan jumlah desa dengan data statistik.
2. Pengambilan Data Statistik: Data kependudukan diperoleh dari Kantor Kecamatan Pagar Merbau dan diolah ke dalam format terstruktur seperti Excel atau CSV agar mudah diintegrasikan dengan data spasial.
3. Pemeriksaan Kesesuaian Entitas: Penyeragaman identitas desa dilakukan menggunakan kode wilayah administrasi sebagai kunci utama untuk memastikan kesesuaian antara data spasial dan data statistik sebelum analisis hotspot dilakukan.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini disusun dengan langkah-langkah sistematis untuk memetakan kepadatan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau dan menampilkan hasilnya dalam WebGIS berbasis hotspot. Alur penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Penelitian

Analisis Spasial: Algoritma Getis-Ord Gi*

Pada penelitian ini, algoritma Getis-Ord Gi* digunakan untuk mengidentifikasi hotspot dan coldspot pertumbuhan penduduk pada setiap desa di Kecamatan Pagar Merbau.

Nilai atribut yang digunakan dalam perhitungan Gi* adalah nilai pertumbuhan penduduk tiap desa, sehingga hasil analisis dapat menunjukkan wilayah dengan pertumbuhan penduduk tinggi yang berkelompok (hotspot) maupun wilayah dengan pertumbuhan rendah yang berkelompok (coldspot).

Rumus Gi*:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}}$$

Dimana komponen-komponennya adalah:

1. x_j : nilai atribut berupa laju pertumbuhan penduduk pada desa j .
2. $w_{i,j}$: Bobot spasial antara fitur i dan j .
3. n : Jumlah total fitur (desa) di dataset.
4. $\bar{X}$: Rata-rata (mean) dari nilai atribut seluruh desa
5. S : Standar deviasi dari nilai atribut

Desain dan Visualisasi Sistem WebGIS

Desain antarmuka sistem WebGIS dirancang dengan pendekatan *map-centric design*, di mana peta menjadi elemen utama tampilan. Prinsip clean interface diterapkan untuk menjaga keterbacaan visual dan memudahkan pengguna dalam memahami informasi hotspot pertumbuhan penduduk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Kecamatan Pagar Merbau merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Secara geografis, wilayah ini memiliki luas sekitar 63,28 km² dan terdiri dari 16 desa sebagai unit administrasi terkecil. Kecamatan ini memiliki karakteristik pertumbuhan penduduk yang bervariasi antar desa selama periode 2023–2025.

Peta lokasi wilayah penelitian disajikan pada Gambar 4.1 yang menunjukkan batas administrasi Kecamatan Pagar Merbau beserta pembagian wilayah desanya.



Gambar 3. Peta Wilayah Penelitian Kecamatan Pagar Merbau

Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk (Growth Rate)

Rumus yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{P_t - P_0}{P_0} \times 100$$

Keterangan:

- r = Laju pertumbuhan penduduk (%)
- P_t = Jumlah penduduk tahun akhir
- P_0 = Jumlah penduduk tahun awal

Hasil perhitungan pertumbuhan penduduk pada setiap desa disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

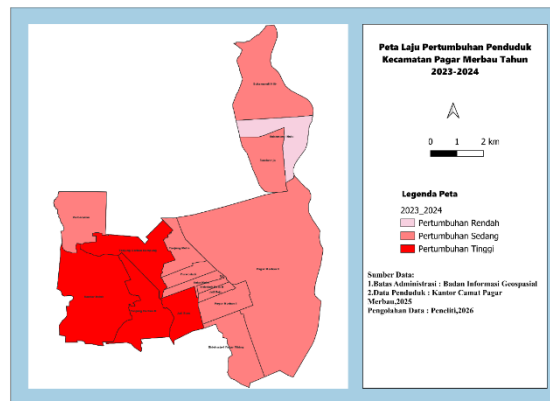
Tabel 1. Ringkasan Laju Pertumbuhan Penduduk per Desa (2023-2025)

Nama Desa	Pertumbuhan Penduduk 2023-2024	Pertumbuhan Penduduk 2024-2025	Pertumbuhan Penduduk 2023-2025
Tanjung Mulia	2.20%	8.83%	11.23%
Purwodadi	3.37%	-5.74%	-2.56%
Sidodadi Batu 8	3.15%	0.33%	3.49%
Suka Mulia	2.18%	-10.60%	-8.66%
Jati Rejo	2.62%	0.29%	2.91%
Pagar Merbau I	3.00%	2.46%	5.54%
Pagar Merbau II	3.79%	-5.69%	-2.11%
Sidoharjo-I Pasar Miring	4.02%	16.34%	21.02%
Jati Baru	7.74%	24.75%	34.41%
Bandar Dolok	5.38%	5.42%	11.09%
Tanjung Garbus II	9.96%	5.51%	16.02%
Tanjung Garbus Kampung	6.60%	-8.18%	-2.12%
Perbarakan	4.82%	-2.94%	1.74%
Sukamandi Hilir	3.32%	-18.17%	-15.45%
Sukamandi Hulu	0.06%	-1.50%	-1.44%
Sumberejo	3.21%	-6.75%	-3.76%
Total	3.60%	0.74%	4.36%

Untuk mempermudah interpretasi hasil, nilai pertumbuhan penduduk diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan rentang persentase tertentu. Klasifikasi ini bertujuan untuk membedakan tingkat pertumbuhan antar wilayah sehingga lebih mudah dianalisis secara spasial.

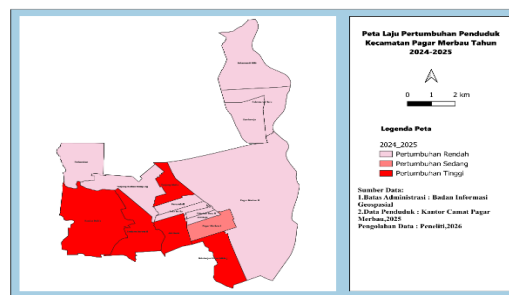
Tabel 2. Klasifikasi Pertumbuhan Penduduk

Rentang (%)	Pertumbuhan	Kategori	Warna
≤ 1 %		Pertumbuhan Rendah	Merah
1 – 5 %		Pertumbuhan Sedang	Merah Menengah
> 5 %		Pertumbuhan Tinggi	Merah Muda



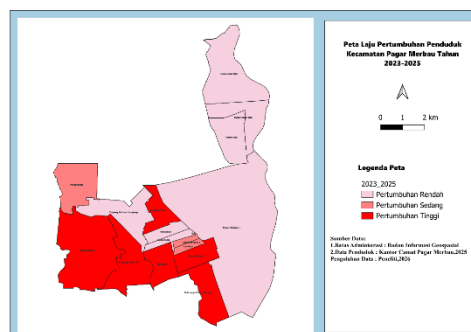
Gambar 4. Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023-2024

Berdasarkan peta tersebut, terlihat bahwa beberapa desa memiliki tingkat pertumbuhan tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah, sedangkan sebagian desa lainnya berada pada kategori sedang dan rendah.



Gambar 5. Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2024-2025

Pada periode ini, terlihat adanya perubahan distribusi pertumbuhan penduduk dibandingkan periode sebelumnya, di mana beberapa desa mengalami peningkatan atau penurunan tingkat pertumbuhan.



Gambar 6. Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023-2025

Hasil menunjukkan pola pertumbuhan jangka panjang yang lebih stabil, di mana desa dengan pertumbuhan tinggi cenderung tetap berada pada kategori yang sama.

Analisis Hotspot (Getis-Ord Gi*)

Analisis hotspot dilakukan menggunakan metode Getis-Ord Gi* untuk mengidentifikasi pola pengelompokan pertumbuhan penduduk secara spasial. Metode ini digunakan untuk mengetahui wilayah yang memiliki konsentrasi nilai tinggi (hotspot) dan nilai rendah (coldspot) berdasarkan nilai growth rate yang telah dihitung sebelumnya.

Analisis dilakukan menggunakan fitur Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi*) pada QGIS dengan input berupa nilai laju pertumbuhan penduduk.

Parameter yang digunakan meliputi:

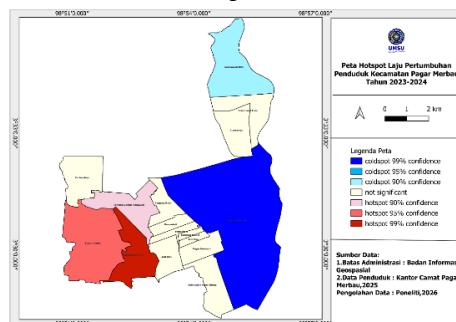
1. Field: laju pertumbuhan penduduk
2. Metode pembobotan: Queen Case Contiguity

Queen Case Contiguity menentukan hubungan antar wilayah berdasarkan kedekatan geografis, di mana suatu wilayah dianggap bertetangga jika memiliki batas yang bersinggungan baik melalui sisi maupun titik sudut.

Hubungan ini direpresentasikan dalam matriks bobot spasial dengan nilai:

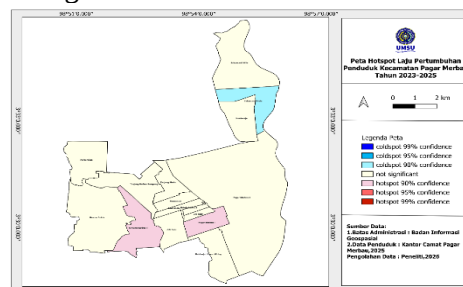
- a. 1 = bertetangga
- b. 0 = tidak bertetangga

Metode ini dipilih karena mampu menangkap hubungan spasial secara lebih luas dibandingkan metode berbasis jarak, sehingga hasil analisis lebih representatif.



Gambar 7. Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2024

Peta hotspot dan coldspot laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau tahun 2023–2024 menunjukkan pola pengelompokan (clustered). Wilayah hotspot terkonsentrasi di bagian barat hingga selatan, khususnya di Desa Bandar Dolok dan Tanjung Garbus II, sedangkan coldspot berada di bagian timur, yaitu di Desa Pagar Merbau II.



Gambar 8. Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2025

Berdasarkan Gambar 8 yang menampilkan peta hotspot laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Pagar Merbau tahun 2023–2025, terlihat bahwa sebagian besar wilayah termasuk dalam kategori tidak signifikan, yang menunjukkan bahwa pola pertumbuhan penduduk cenderung tidak membentuk klaster yang kuat. Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam periode tiga tahun tersebut, pola pertumbuhan penduduk cenderung menyebar dan tidak terkonsentrasi secara signifikan pada wilayah tertentu.

Implementasi WebGIS

Desain sistem WebGIS dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu data spasial, data atribut, dan antarmuka pengguna (user interface). Data spasial berupa batas administrasi desa dan hasil analisis hotspot disimpan dalam format GeoJSON. Selanjutnya, data tersebut diintegrasikan ke dalam aplikasi web menggunakan library pemetaan seperti Leaflet.js yang berfungsi untuk menampilkan peta secara interaktif. Sistem ini dirancang agar pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi spasial melalui browser tanpa memerlukan perangkat lunak khusus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis hotspot laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau menggunakan metode Getis-Ord G_i^* yang diimplementasikan dalam sistem WebGIS, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: Perhitungan laju pertumbuhan penduduk (growth rate) dapat digunakan untuk mengetahui persentase perubahan jumlah penduduk pada setiap desa di Kecamatan Pagar Merbau dalam periode 2023–2025. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat variasi tingkat pertumbuhan, yaitu kategori rendah, sedang, dan tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau tidak merata antar wilayah, di mana beberapa desa mengalami pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan desa lainnya. Metode Getis-Ord G_i^* mampu mengidentifikasi pola pengelompokan spasial (clustered) berdasarkan nilai pertumbuhan penduduk, sehingga dapat diketahui wilayah yang termasuk dalam kategori hotspot dan coldspot. Pada periode 2023–2024, hasil analisis menunjukkan adanya pola hotspot yang cukup jelas, di mana wilayah dengan pertumbuhan tinggi cenderung mengelompok pada bagian barat hingga selatan, sedangkan wilayah dengan pertumbuhan rendah berada pada bagian timur. Pada periode 2024–2025 dan 2023–2025, pola hotspot cenderung melemah dengan dominasi wilayah tidak signifikan, yang menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk tidak selalu membentuk pola kluster yang kuat dan cenderung berubah antar periode waktu. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat ketimpangan pertumbuhan penduduk antar wilayah, yang ditandai dengan adanya perbedaan antara wilayah hotspot, coldspot, dan wilayah tidak signifikan. Integrasi hasil analisis ke dalam sistem WebGIS memungkinkan visualisasi data spasial dilakukan secara interaktif dalam bentuk peta digital, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami distribusi pertumbuhan penduduk. WebGIS yang dibangun mampu menampilkan informasi spasial berupa peta hotspot dan coldspot yang dilengkapi dengan fitur interaktif seperti zoom, popup informasi, dan legenda, sehingga dapat digunakan sebagai media informasi yang efektif.

REFERENSI

- Achamad, A., Cita, H., & Munthakhabah, S. (2025). Sistem informasi geografis pemetaan dan prediksi pertumbuhan penduduk menggunakan regresi linear. 4(2), 171–177.
- Ambiyah, A. Al, Ode, L., Aqsan, P., & Nangi, J. (2025). Dan analisis spasial fasilitas umum di Kota Kendari menggunakan Leaflet JS. 9(5), 7682–7689.
- Arya, M. A. N., & Hasanah, S. H. (2025). Analisis regresi spasial pembobotan queen contiguity (Studi kasus: HIV Jawa Barat 2023). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SainTek)*, 2(2), 23–32. <https://conference.ut.ac.id/index.php/saintek/article/view/6446>
- BPS. (2023). *Indonesia population projection based on census 2020*. Badan Pusat Statistik.
- Deliar, A. (2023). Analisis pola perubahan tutupan lahan berdasarkan metode spatial cluster di Provinsi Jawa Barat. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 7(1), 53–62. <https://doi.org/10.29408/geodika.v7i1.7105>
- Fajriyah, N., & Marbun, S. F. (2025). Pemetaan dan analisis pola distribusi kepadatan penduduk Kabupaten Deli Serdang berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Deli Serdang tahun 2023. 9(2015), 38057–38064.
- Hamzah, S., Izzaty, A., Wijayanti, R. F., & Aprian, S. D. (2025). Pemetaan partisipatif Web-GIS pada lahan pertanian untuk mendukung pengelolaan dan perencanaan pembangunan desa. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 8(3), 526–539. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v8i3.24114>

- Kurnianto, D., Arya, M. A. N., Kharisudin, I., & Fauzi, F. (2021). Analisis regresi spasial dengan pembobot queen contiguity pada tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Tengah. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 595–601.
- Lailia Rahmawati, W., Febrian, W. D., Fachruzzaki, F., Mardiyati, S., Lengam, R., & Suarnatha, I. P. D. (2024). Pengembangan sistem informasi geografis (SIG) untuk analisis spasial dalam pengambilan keputusan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 7, 4058–4068.
- Marbun, S. F., Simanullang, S., Pronika, J., Manik, B., & Turnip, E. (2025). Analisis pemetaan pertumbuhan penduduk Indonesia tahun 2010–2020. *November*, 9810–9818.
- Priambodo, A., Nur, A. A., Sandri, D., Ahmada, N. H., & Septiandiani, F. (2023). Pelatihan penggunaan software ArcGIS dan Avenza Maps dalam pengelolaan data spasial dan peta digital bagi perangkat desa di Kabupaten Purbalingga. 5(2013), 497–506.
- Rochayati, N. (2025). Analisis dinamika penduduk dan perubahan komposisi demografi di Indonesia: Implikasi bagi perencanaan pembangunan. 1(2), 106–111.
- Salsabila, S., Sri Agustin, A., Kirana Wijayanti, S., & Kustiawati, D. (2022). Analisis penerapan deret ukur dalam perhitungan laju pertumbuhan penduduk terhadap tingkat kemiskinan. *COMSERVA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 2(8), 1297–1304. <https://doi.org/10.59141/comserva.v2i8.484>
- Saputra, O. R., Kusuma, F., Jawa, P., & Penduduk, L. P. (2025). *Jurnal statistika dan sains data*. 2, 106–120.
- Sari, A. K., Aini, D. N., Solikah, S., Karinda, Y., Ginting, E., Joy, B., Saragi, R., Irsyad, A., & Pamilih, P. (2025). Penerapan sistem informasi geografis menggunakan QGIS dalam menganalisis sebaran pemukiman di Samarinda tahun 2024. 3(1), 32–37.
- Silalahi, S. D. C., Azharuadin, M., Sihombing, R. D. M., Khasanah, W. E., & Sianipar, R. J. (2024). Analisis hotspot cluster: Tinjauan pola spasial dari ketersediaan fasilitas kesehatan dan penduduk di Kalimantan Indonesia. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 12(3), 341–351. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v12i3.83398>
- Simanungkalit, M. A., Hidayat, A., Nugroho, R. A., & Depari, A. S. (2024). Analisis hotspot (Getis-Ord Gi*) pola spasial frekuensi kecelakaan lalu lintas di Kota Balikpapan. *COMPACT: Spatial Development Journal*, 3(1), 157–166. <https://doi.org/10.35718/compact.v3i1.1156>
- Sulaiman, M. Z., Ghofur, A., & Alvianda, F. (2025). Perancangan sistem informasi geografis (SIG) untuk pemetaan objek wisata di Kabupaten Situbondo berbasis QGIS. *Journal of Computer and Electrical Engineering*, 2(3), 105–115.
- Susilo, B., Afani, M. R., & Hidayah, S. I. (2021). *Jurnal Kota P Bowo. Majalah Geografi Indonesia*, 35(2), 156–162.
- Utami, A. S., Yundari, & Imro'ah, N. (2022). Perbandingan beberapa matriks pembobot dalam spatial error model pada IPM Pulau Kalimantan tahun 2020. *Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya (Bimaster)*, 11(5), 767–776.
- Valgunadi, A. N., Zidanarta, M. B., Rahmalia, A., & Arrasyid, R. (2023). Analisis hotspot (Getis-Ord Gi*) dan average nearest neighbour (ANN) pada sebaran pariwisata di Kabupaten Wonosobo. 11(2), 204–214.