

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

**SKRIPSI**

**DISUSUN OLEH**

**SELASIH SAYUFI**

**NPM. 2209010156**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2026**

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

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
(S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer  
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

**SELASIH SAYUFI  
NPM. ISI 2209010156**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : ANALISIS SPASIAL PERTUMBUHAN PENDUDUK  
MENGUNAKAN HOTSPOT ANALYSIS (GETIS-  
ORD GI\*) BERBASIS GIS PADA KECAMATAN  
PAGAR MERBAU  
Nama Mahasiswa : SELASIH SAYUFI  
NPM : 2209010156  
Program Studi : SISTEM INFORMASI

Menyetujui  
Komisi Pembimbing



(Dr. Al-Khoarizmi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

Ketua Program Studi

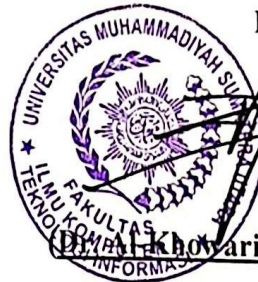


(Mahardika Abdi Prawira Tanjung,

S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0117088902

Dekan



(Dr. Al-Khoarizmi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**SKRIPSI**

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 07 April 2026

Yang membuat pernyataan



Selasih Sayufi

NPM. 2209010156

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Selasih Sayufi  
NPM : 2209010156  
Program Studi : Sistem Informasi  
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

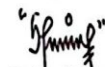
**ANALISIS SPASIAL PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN  
HOTSPOT ANALYSIS (GETIS-ORD GI\*) BERBASIS GIS PADA  
KECAMATAN PAGAR MERBAU**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 07 April 2026

Yang membuat pernyataan



Selasih Sayufi

NPM. 2209010156

## RIWAYAT HIDUP

### DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Selasih Sayufi  
Tempat dan Tanggal Lahir : Pasar Miring,24-08-2004  
Alamat Rumah : Pasar Miring,Kecamatan Pagar Merbau  
Telepon/Faks/HP : 082364688314  
E-mail : selasihsayufi@gmail.com  
Instansi Tempat Kerja : -  
Alamat Kantor : -

### DATA PENDIDIKAN

SD : 105352 Pasar Miring TAMAT: 2016  
SMP : Negeri 1 Pagar Merbau TAMAT: 2019  
SMK : Negeri 1 Lubuk Pakam TAMAT: 2022

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Spasial Pertumbuhan Penduduk menggunakan Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi\*) berbasis GIS pada Kecamatan Pagar Merbau”** dengan baik dan tepat waktu.

Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan kemajuan peradaban.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa adanya bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU. Sekaligus Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih atas kesediaan waktu, kesabaran, serta perhatian yang diberikan dalam setiap tahap penyelesaian skripsi ini, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Semoga segala ilmu dan kebaikan yang telah diberikan menjadi amal yang bernilai.
3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom sebagai Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi (FIKTI) Sistem Informasi.
4. Bapak Mhd. Basri, M.Kom sebagai Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung, M.Kom sebagai Ketua Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
6. Bapak Mulkan Azhari, S.Kom, M.Kom sebagai Sekretaris Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
7. Ibunda tercinta, Ngatiani, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala kasih

sayang, doa, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti. Terima kasih telah menjadi tempat ternyaman bagi penulis untuk berbagi cerita dan keluh kesah. Semoga Ibu senantiasa diberikan kesehatan dan umur panjang agar dapat menyaksikan setiap pencapaian penulis.

8. Cinta Pertama Penulis, Ayahanda Sugianto, yang selalu menjadi panutan dan sosok inspiratif bagi penulis. Penulis mengucapkan terima kasih atas segala kerja keras, pengorbanan, serta nilai-nilai kehidupan yang telah diajarkan, sehingga penulis mampu menjadi pribadi yang lebih berani dalam mengambil keputusan. Terima kasih atas kasih sayang dan kehadiran yang selalu memberikan rasa aman dan ketenangan. Semoga Ayah senantiasa diberikan kesehatan dan umur panjang untuk menyaksikan keberhasilan penulis.
9. Saudara kandung penulis, Siti Fajaryati dan M. Bayu Sabrangi, yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, serta menjadi tempat berbagi cerita. Penulis mengucapkan terima kasih atas segala perhatian dan motivasi yang telah diberikan, sehingga penulis terus bersemangat untuk menjadi pribadi yang lebih baik
10. Sahabat penulis, Amanda Isnaini Putri dan Helena Rayani Saragih, yang telah menemani perjalanan penulis sejak awal perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta berbagai momen berharga yang telah dilalui bersama, sehingga menjadikan masa perkuliahan penulis lebih bermakna dan menyenangkan.

Semoga persahabatan ini dapat terus terjalin dengan baik di masa yang akan datang.

11. Sahabat penulis yang tergabung dalam “*Family Squad*”, yaitu Adela Fitriani, Adewani Kusri, Nita Natalia, dan Siti Nurmaida. Penulis mengucapkan terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, serta dukungan yang telah diberikan, khususnya selama masa penyusunan skripsi ini. Semoga kebersamaan yang telah terjalin selama ini dapat terus berlanjut dan semakin erat di masa mendatang.
12. Teman-teman seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih atas segala motivasi dan kerja sama yang telah diberikan.
13. Untuk diri penulis sendiri, Selasih Sayufi. Penulis mengucapkan terima kasih atas keteguhan hati dan keberanian dalam menjalani setiap proses hingga sampai pada tahap ini. Terima kasih karena telah memilih untuk tetap bertahan di tengah berbagai kesulitan dan tidak menyerah dalam keadaan yang penuh keraguan dan kelelahan. Segala yang telah dilalui menjadi bagian berharga dalam membentuk pribadi penulis saat ini. Skripsi ini mungkin belum sempurna, namun menjadi langkah awal menuju pencapaian yang lebih besar. Semoga ke depannya penulis senantiasa diberikan kekuatan dan kesempatan untuk meraih kebahagiaan serta mewujudkan berbagai impian. Terima kasih telah bertahan hingga sejauh ini

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

**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  $G_i^*$ , 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  $G_i^*$ , WebGIS.

***SPATIAL ANALYSIS OF POPULATION GROWTH USING GETIS-ORD GI  
HOTSPOT ANALYSIS BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION  
SYSTEMS (GIS) IN PAGAR MERBAU DISTRICT***

***ABSTRACT***

*Population growth is an important indicator in regional development planning, particularly in relation to infrastructure and public service needs. In Pagar Merbau District, population data is still presented in tabular form, limiting its ability to clearly illustrate spatial distribution patterns. This study aims to analyze spatial patterns of population growth, identify hotspot and coldspot areas using the Getis-Ord  $G_i^*$  method, and visualize the results through WebGIS. The research employs a quantitative approach based on Geographic Information Systems (GIS) using village-level population data from 2023–2025. The results show that population growth is uneven, with clustering patterns evident in the 2023–2024 period but weakening in subsequent periods. WebGIS effectively presents the results interactively and supports better spatial understanding and decision-making.*

*Keywords: Population Growth, Spatial Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ , WebGIS.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
AKADEMIS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Pertumbuhan Penduduk.....	7
2.2 Sistem Informasi Geografis (GIS).....	7
2.3 Analisis Spasial .....	8
2.4 Hotspot Analysis (Getis-Ord $G_i^*$ ).....	9
2.5 Pola Sebaran Spasial .....	10
2.6 Matriks Pembobot Spasial.....	10
2.7 Perangkat Lunak QGIS.....	11
2.8 Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS).....	12
2.9 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB III .....	15
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM .....	15
3.1 Analisis Permasalahan.....	15

3.2 Metode Penelitian .....	16
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	16
3.4 Jenis dan Sumber Data .....	17
3.4.1 Data Spasial (Geospatial Data) .....	17
3.4.2 Data Atribut (Attribute Data).....	18
3.5 Teknik Pengumpulan Data .....	21
3.6 Tahapan Penelitian .....	22
3.7 Teknik Pengolahan dan Pra-Pemrosesan Data .....	24
3.8 Integrasi Data Spasial dan Atribut.....	26
3.9 Analisis Spasial: Algoritma Getis-Ord $G_i^*$ .....	28
3.9.1 Konsep Hotspot dan Coldspot .....	28
3.9.2 Metode Getis-Ord $G_i^*$ .....	29
3.10 Pemodelan UML (Unified Modeling Language) .....	30
3.10.1 Use Case Diagram .....	30
3.10.2 Activity Diagram .....	31
3.10.3 Class Diagram.....	33
3.10.4 Sequence Diagram .....	34
3.11 Desain dan Visualisasi Sistem WebGIS.....	35
3.11.1 Desain Antarmuka Sistem WebGIS .....	36
3.11.2 Visualisasi Data .....	37
3.12 Arsitektur Sistem WebGIS .....	39
<b>BAB IV .....</b>	<b>40</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
4.1    Gambaran Umum Wilayah Penelitian .....	40
4.2    Pengolahan Data.....	41
4.2.1    Pengolahan Data di QGIS .....	41
4.2.1    Penggabungan Data (Join) .....	42
4.3    Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk (Growth Rate).....	44
4.3.1    Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023–2024 .....	46
4.3.2    Peta Laju Pertumbuhan Penduduk tahun 2024–2025 .....	47
4.3.3    Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023–2025 .....	47
4.4    Analisis Hotspot (Getis-Ord $G_i^*$ ) .....	48
4.4.1    Proses Analisis Hotspot.....	48
4.4.2    Hasil Perhitungan Z-Score .....	50

4.4.3	Peta Hotspot 2023–2024 .....	55
4.4.4	Peta Hotspot Tahun 2024-2025.....	56
4.4.5	Peta Hotspot 2023-2025.....	57
4.5	Implementasi WebGIS .....	58
4.5.1	Desain Sistem WebGIS.....	58
4.5.2	Tampilan WebGIS .....	58
4.6	Pembahasan.....	61
BAB V.....		62
PENUTUP.....		62
5.1	Kesimpulan .....	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN.....		69
Lampiran A.1 Data Penduduk Tahun 2023.....		69
Lampiran A.2 Data Penduduk Tahun 2024.....		70
Lampiran A.3 Data Penduduk Tahun 2025.....		71
Lampiran C.2 Surat Balasan Izin Penelitian.....		74
Lampiran D.1 Kode HTML.....		75
Lampiran D.2 Kode JavaScript (Leaflet & GeoJSON).....		78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Tedahulu.....	13
Tabel 3.1 Jumlah Penduduk dan Luas Wiyalah Desa di Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2025 .....	19
Tabel 3.2 Identifikasi kebutuhan data penelitian .....	21
Tabel 3.3 Struktur Atribut Data GeoJSON .....	28
Tabel 3.4 Tabel Klasifikasi Hotspot dan Coldspot Berdasarkan Z-Score .....	30
Tabel 4.1 Ringkasan Laju Pertumbuhan Penduduk per Desa (2023-2025).....	44
Tabel 4.2 Klasifikasi Pertumbuhan Penduduk.....	45
Tabel 4.3 Hasil Z-score dan p-value Klasifikasi Hotspot Tahun 2023–2024 .....	51
Tabel 4.4 Hasil Z-score dan p-value Klasifikasi Hotspot Tahun 2024–2025 .....	52
Tabel 4.5 Hasil Z-score dan p-value Klasifikasi Hotspot Tahun 2023–2025 .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Batas Administrasi Desa sebagai Data Spasial Penelitian di Kecamatan Pagar Merbau .....	17
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	23
Gambar 3.3 Use Case Diagram Sistem WebGIS Analisis Hotspot Pertumbuhan Penduduk.....	31
Gambar 3.4 Activity Diagram Alur Penggunaan WebGIS Hotspot Kepadatan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau .....	32
Gambar 3.5 Class Diagram Sistem WebGIS Hotspot Pertumbuhan Penduduk ..	34
Gambar 3.6 Sequence Diagram Sistem WebGIS Hotspot Pertumbuhan Penduduk .....	35
Gambar 3.7 Mock Up Antarmuka Sistem WebGIS.....	36
Gambar 4.1 Peta Wilayah Penelitian Kecamatan Pagar Merbau.....	41
Gambar 4.2 Proses Filtering Data Menggunakan Fitur Filter di QGIS .....	42
Gambar 4.3 Peta Hasil Filtering Wilayah .....	43
Gambar 4.4 Proses Join Data di QGIS.....	44
Gambar 4.5 Data Atribut Kependudukan Hasil Join .....	44
Gambar 4.6 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023-2024.....	47
Gambar 4.7 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2024-2025.....	48
Gambar 4.8 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023-2025.....	49
Gambar 4.9 Proses Analisis Getis-Ord $G_i^*$ .....	50
Gambar 4.10 Hasil Perhitungan Z-Score dan P-Value .....	51
Gambar 4.11 Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2024 .....	56
Gambar 4.12 Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2024–2025 .....	57
Gambar 4.13 Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2025 .....	58
Gambar 4.14 Tampilan Utama WebGIS .....	60
Gambar 4.15 Tampilan Popup Informasi Desa.....	60
Gambar 4.16 Legenda Klasifikasi Hotspot dan Coldspot .....	61

Gambar A.1 Data Penduduk Tahun 2023 .....	71
Gambar A.2 Data Penduduk Tahun 2024 .....	72
Gambar A.3 Data Penduduk Tahun 2025 .....	73
Gambar B.1 Dokumentasi bersama pegawai kecamatan .....	74
Gambar C.1 Surat Izin Penelitian.....	75
Gambar C.2 Surat Balasan Izin Penelitian.....	76

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pertumbuhan penduduk merupakan indikator penting dalam memahami dinamika pembangunan suatu negara. Data menunjukkan bahwa jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 mencapai 269,58 juta jiwa. Proyeksi penduduk memperkirakan peningkatan menjadi 298,03 juta jiwa pada tahun 2030, dan akan terus meningkat hingga mencapai 337,99 juta jiwa pada tahun 2050 dengan rata-rata pertumbuhan sekitar 0,67–0,76% per tahun (BPS, 2023). Di Indonesia, perubahan jumlah penduduk selalu menjadi perhatian tersendiri karena dampaknya yang sangat luas terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat, mulai dari sosial, ekonomi, hingga lingkungan (Marbun et al., 2025).

Pertumbuhan penduduk menggambarkan keseimbangan antara faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan maupun penurunan jumlah penduduk. Dengan demikian, tingkat pertumbuhan penduduk seringkali dijadikan sebagai salah satu indikator untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan kependudukan yang perlu mendapat perhatian dan penanganan secara serius. Selain itu, ketidakmampuan mengendalikan pertumbuhan penduduk, baik di tingkat nasional maupun daerah, dapat memberikan dampak buruk terhadap perkembangan wilayah tersebut (Saputra et al., 2025).

Permasalahan kependudukan tidak hanya terjadi pada skala nasional atau provinsi, tetapi juga pada wilayah administratif yang lebih kecil seperti kecamatan. Kecamatan Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, merupakan wilayah dengan dinamika kependudukan yang perlu

dikaji lebih lanjut. Kecamatan ini terdiri dari 16 desa dengan luas sekitar 63,28 km<sup>2</sup>. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kantor Camat Pagar Merbau, jumlah penduduk meningkat dari 41.156 jiwa pada tahun 2023 menjadi 42.637 jiwa pada tahun 2024 (3,60%), dan kembali meningkat menjadi 42.951 jiwa pada tahun 2025 (0,74%), atau naik sekitar 4,36% selama periode 2023–2025. Peningkatan ini menunjukkan adanya dinamika pertumbuhan penduduk yang nyata dan berpotensi menimbulkan tekanan terhadap kebutuhan pelayanan publik dan pembangunan wilayah di masa mendatang.

Namun, informasi pertumbuhan penduduk tersebut masih disajikan dalam bentuk tabel statistik yang bersifat statis dan belum menunjukkan pola sebaran spasialnya. Hal ini menyebabkan pemerintah daerah mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi desa yang memiliki pertumbuhan penduduk tinggi (hotspot) maupun rendah (coldspot), sehingga berpotensi memengaruhi ketepatan penentuan prioritas pembangunan, khususnya pada sektor infrastruktur, pendidikan, dan kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan analisis spasial untuk mengidentifikasi lokasi pertumbuhan penduduk tertinggi dan terendah secara lebih jelas agar kebijakan pembangunan dapat dirumuskan secara lebih tepat sasaran.

Keterbatasan penyajian data kependudukan dalam bentuk tabel statistik menuntut adanya pendekatan analisis yang mampu menunjukkan dimensi keruangan secara lebih jelas. Dalam hal ini, Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi fondasi utama dalam membentuk dasar pengambilan keputusan di berbagai sektor. Keunggulan utama dari Sistem Informasi Geografis adalah kemampuannya untuk menyatukan informasi geografis dengan data non-

geografis. Hal ini menjadi kunci utama dalam merumuskan keputusan yang lebih terinformasi, tidak hanya berdasarkan pada data tetapi juga memperhitungkan dimensi spasial yang dapat memengaruhi dampak kebijakan atau strategi yang diambil (Lailia Rahmawati et al., 2024).

Untuk mempelajari pola penyebaran dan konsentrasi pertumbuhan penduduk secara lebih dalam, diperlukan metode analisis spasial yang tepat. Salah satu metode yang relevan digunakan dalam penelitian ini adalah analisis hotspot dengan pendekatan Getis-Ord  $G_i^*$ . Metode Getis-Ord  $G_i^*$  digunakan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan wilayah berdasarkan nilai atribut tertentu dengan mempertimbangkan hubungan spasial antara suatu wilayah dan wilayah di sekitarnya (Valgunadi et al., 2023). Penerapan metode ini menjadi penting karena mampu menunjukkan secara spesifik wilayah yang menjadi pusat pertumbuhan penduduk (hotspot) dan wilayah dengan pertumbuhan rendah (coldspot) secara objektif dan terukur.

Penelitian mengenai kependudukan dan analisis spasial telah dilakukan dengan berbagai pendekatan, namun masih menunjukkan keterbatasan yang menjadi celah penelitian. Studi oleh (Fajriyah & Marbun, 2025) memetakan distribusi kepadatan penduduk di Kabupaten Deli Serdang menggunakan SIG, tetapi masih bersifat deskriptif tematik dan belum menganalisis kluster spasial pertumbuhan penduduk. Sementara itu, (Valgunadi et al., 2023) telah menerapkan analisis hotspot Getis-Ord  $G_i^*$  untuk mengidentifikasi kluster spasial, namun objek kajiannya berfokus pada sebaran pariwisata, bukan fenomena kependudukan. Dengan demikian, masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan analisis hotspot berbasis SIG untuk mengkaji

pola spasial pertumbuhan penduduk hingga tingkat desa dalam rentang waktu tertentu.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola spasial pertumbuhan penduduk menggunakan metode Getis-Ord  $G_i^*$  pada wilayah Kecamatan Pagar Merbau. Hasil analisis tidak hanya disajikan dalam bentuk peta statis, tetapi juga divisualisasikan melalui peta interaktif berbasis web (WebGIS), sehingga pengguna dapat mengamati pola hotspot dan coldspot secara lebih dinamis dan mudah diakses.

Berdasarkan pemaparan di atas, penelitian ini dilakukan dengan judul "Analisis Spasial Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Hotspot Analysis (Getis-Ord  $G_i^*$ ) Berbasis GIS pada Kecamatan Pagar Merbau". Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi spasial mengenai pola pertumbuhan penduduk serta mendukung perencanaan pembangunan wilayah dan perumusan kebijakan kependudukan yang lebih tepat sasaran di Kecamatan Pagar Merbau.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola spasial pertumbuhan penduduk di tingkat desa di Kecamatan Pagar Merbau periode 2023-2025 dapat diidentifikasi menggunakan metode Getis-Ord  $G_i^*$ ?
2. Bagaimana desa-desa di Kecamatan Pagar Merbau dapat diklasifikasikan ke dalam kategori hotspot (pertumbuhan tinggi) dan coldspot (pertumbuhan rendah) berdasarkan hasil analisis Getis-Ord  $G_i^*$ ?

3. Bagaimana hasil analisis spasial pertumbuhan penduduk dapat divisualisasikan melalui peta interaktif berbasis WebGIS untuk memudahkan pemahaman pengguna?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian ini terbatas pada analisis pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang.
2. Unit analisis dalam penelitian ini mencakup wilayah-wilayah desa yang ada di Kecamatan Pagar Merbau.
3. Data yang digunakan adalah jumlah penduduk per desa dari tahun 2023 hingga 2025.
4. Data jumlah penduduk diperoleh dari Kantor Camat Pagar Merbau sebagai sumber data utama.
5. Analisis yang dilakukan menekankan pada analisis spasial pertumbuhan penduduk dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).
6. Metode analisis spasial yang diterapkan adalah analisis hotspot menggunakan pendekatan Getis-Ord  $G_i^*$ .
7. Hasil analisis spasial terbatas pada pengelompokan desa-desa ke dalam kategori hotspot dan coldspot berdasarkan pertumbuhan penduduk.
8. Kajian ini tidak mencakup pembahasan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan penduduk, seperti angka kelahiran, kematian, dan migrasi.
9. Hasil penelitian disajikan melalui peta tematik berbasis web untuk visualisasi informasi, tanpa membahas detail teknis desain dan pengembangan sistem web tersebut.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pola spasial pertumbuhan penduduk di tingkat desa di Kecamatan Pagar Merbau periode 2023-2025 menggunakan metode Getis-Ord  $G_i^*$ .
2. Mengklasifikasikan desa-desa di Kecamatan Pagar Merbau ke dalam kategori hotspot dan coldspot berdasarkan pertumbuhan penduduk.
3. Mengembangkan pemetaan interaktif berbasis WebGIS untuk menampilkan hasil analisis spasial pertumbuhan penduduk.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan dan ruang lingkup penelitian yang telah ditentukan, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi hal-hal berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik di bidang Sistem Informasi Geografis (SIG), khususnya dalam penerapan analisis hotspot Getis-Ord  $G_i^*$  untuk mengkaji pola spasial pertumbuhan penduduk pada tingkat desa.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi spasial mengenai pola pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau yang disajikan secara lebih jelas dan mudah dipahami melalui peta hotspot dan coldspot berbasis web.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam perencanaan pembangunan dan kebijakan kependudukan di Kecamatan Pagar Merbau.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pertumbuhan Penduduk**

Pertumbuhan penduduk adalah perubahan populasi selama periode tertentu yang dapat dihitung sebagai perubahan jumlah individu dalam suatu populasi, dengan menggunakan satuan waktu (per time unit) sebagai dasar pengukurannya (Salsabila et al., 2022).

Dinamika penduduk merujuk pada perubahan jumlah dan distribusi penduduk yang terjadi akibat interaksi antara tiga komponen utama, yaitu fertilitas, mortalitas, dan migrasi. Konsep ini penting karena laju pertumbuhan penduduk merupakan hasil dari keseimbangan antara kelahiran dan kematian (pertumbuhan alamiah), serta migrasi masuk dan keluar (migrasi netto). Perubahan dalam ketiga komponen tersebut dapat memengaruhi jumlah penduduk, struktur umur, serta pola spasial kependudukan, yang pada akhirnya berdampak langsung terhadap perencanaan pembangunan wilayah (Rochayati, 2025).

#### **2.2 Sistem Informasi Geografis (GIS)**

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) berkembang pesat, terutama pada sistem informasi geografis berbasis web. Masyarakat saat ini lebih memilih mencari informasi geografis suatu tempat atau objek melalui peta digital dibandingkan peta konvensional karena lebih memudahkan dalam memperoleh informasi. 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).

### **2.3 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).

#### **2.4 Hotspot Analysis (Getis-Ord $G_i^*$ )**

Analisis hotspot dengan dasar statistik Getis-Ord  $G_i^*$  merupakan alat untuk menghitung nilai Getis-Ord  $G_i^*$  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).

Pengelompokan hasil analisis didasarkan pada tingkat kepercayaan statistik, yaitu:

1. Z-score  $> 2,58$  → Hotspot sangat signifikan (99%)
2. Z-score  $> 1,96$  → Hotspot signifikan (95%)
3. Z-score  $> 1,65$  → Hotspot cukup signifikan (90%)
4. Z-score  $-1,65$  hingga  $+1,65$  → Tidak signifikan (pola acak)
5. Z-score  $< -1,65$  → Coldspot cukup signifikan (90%)
6. Z-score  $< -1,96$  → Coldspot signifikan (95%)
7. Z-score  $< -2,58$  → Coldspot sangat signifikan (99%)

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

## 2.5 Pola Sebaran Spasial

Analisis cluster spasial merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan suatu fenomena berdasarkan kedekatan lokasi kejadian. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah suatu fenomena memiliki kecenderungan membentuk pola tertentu dalam ruang. Melalui analisis cluster spasial, distribusi suatu kejadian dapat diidentifikasi menjadi beberapa pola, yaitu pola mengelompok (*clustered*), acak (*random*), dan menyebar (*dispersed*). Pola mengelompok menunjukkan bahwa kejadian cenderung berdekatan dan memiliki keterkaitan spasial yang kuat, sedangkan pola acak menunjukkan tidak adanya pola tertentu dalam distribusi kejadian. Sementara itu, pola menyebar menunjukkan bahwa kejadian tersebar secara merata dan berjauhan antar Lokasi (Deliar, 2023).

## 2.6 Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial menjelaskan kedekatan suatu area yang satu dengan area lain berdasarkan letak area yang berukuran  $n \times n$  dan disimbolkan dengan  $W$ . Terdapat beberapa macam hubungan persinggungan (contiguity) antar area

Matriks pembobot spasial adalah suatu matriks yang menjelaskan hubungan dari wilayah observasi.

Matriks pembobot persinggungan (contiguity) adalah bagian terpenting dalam pemodelan data spasial. Matriks pembobot contiguity terdiri dari beberapa tipe yaitu:

1. *Rook Contiguity* yaitu suatu unit spasial atau wilayah tertentu dikatakan tetangga dari wilayah yang lain jika wilayah bagi keduanya bersinggungan sisi.
2. *Bishop Contiguity* yaitu suatu unit spasial atau wilayah tertentu dikatakan tetangga dari wilayah yang lain jika wilayah bagi keduanya bersinggungan sudut.
3. *Queen Contiguity* yaitu suatu wilayah dikatakan tetangga dari wilayah yang lain jika wilayah bagi keduanya bersinggungan sisi dan sudut (Utami et al., 2022).

Dalam penelitian ini digunakan metode queen contiguity karena mempertimbangkan kedekatan wilayah berdasarkan sisi dan sudut secara bersamaan, sehingga memungkinkan analisis ketergantungan spasial yang lebih komprehensif (Arya & Hasanah, 2025).

## **2.7 Perangkat Lunak QGIS**

*Quantum GIS* atau lebih dikenal dengan singkatan QGIS merupakan salah satu perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang bersifat open source dan berada di bawah lisensi *GNU General Public License*. QGIS dikembangkan sebagai bagian dari proyek *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) dengan tujuan awal untuk menampilkan data spasial GIS secara efektif dan mudah digunakan oleh berbagai kalangan, baik pemula maupun profesional (Sulaiman et al., 2025).

QGIS menawarkan berbagai kemampuan untuk pengolahan data atribut dan spasial, seperti melakukan overlay layer, manipulasi data vektor dan raster, menghitung luas wilayah, menambahkan informasi tambahan berupa titik, garis, atau poligon, serta menyusun layout peta. Selain itu, QGIS mendukung integrasi dengan perangkat GPS, memungkinkan transfer data secara langsung antara GPS dan komputer. Dengan fitur dan fungsionalitas yang lengkap, QGIS menjadi alternatif yang sangat sesuai untuk digunakan dalam berbagai kebutuhan pemetaan, termasuk perencanaan tata ruang dan pembuatan peta tematik dalam berbagai penelitian (Sari et al., 2025).

## **2.8 Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS)**

WebGIS (*Web-based Geographic Information System*) adalah sistem informasi geografis yang dapat diakses melalui browser web tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak khusus di komputer pengguna, 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).

WebGIS memiliki keunggulan baik secara teknis maupun sosial dibandingkan metode pemetaan manual. Secara teknis, WebGIS mampu menghasilkan peta secara cepat dan akurat, sehingga dapat meminimalkan kesalahan pemetaan yang sering terjadi pada metode konvensional. Selain itu, dari sisi sosial, WebGIS dapat meningkatkan akses informasi spasial bagi

pemerintah maupun masyarakat karena data dapat diakses secara luas melalui media web(Hamzah et al., 2025).

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya dimanfaatkan untuk memahami kedudukan kajian yang sedang dilakukan jika dibandingkan dengan penelitian yang telah ada. Kajian ini dimaksudkan untuk menemukan persamaan serta perbedaan dalam variabel, metode, dan objek penelitian, agar bisa menunjukkan kontribusi serta inovasi dari penelitian tersebut. Melalui tinjauan literatur yang terkait dengan studi pertumbuhan penduduk, Sistem Informasi Geografis (SIG), analisis spasial, dan hotspot.

**Tabel 2.1 Penelitian Tedahulu**

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Fokus	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
1	Salsabila et al., 2022	Analisis Penerapan Deret Ukur dalam Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk Terhadap Tingkat Kemiskinan	Analisis Deskriptif	Pertumbuhan penduduk yang tinggi berdampak pada peningkatan tingkat kemiskinan.	Fokus pada korelasi ekonomi; tidak menggunakan visualisasi GIS atau analisis spasial.
2	Achamad et al., 2025	Sistem Informasi Geografis Pemetaan dan Prediksi Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Regresi Linear	GIS	Berhasil memetakan distribusi penduduk dan memprediksi kebutuhan fasilitas kesehatan.	Menggunakan metode prediksi regresi; tidak menerapkan analisis statistik hotspot (Getis-Ord Gi*).
3	Susilo et al., 2021	Integrasi Analisis	Analisis Spasial	Mengidentifikasi pola	Fokus pada perubahan

		Spasial dan Statistik untuk Identifikasi Pola dan Faktor Determinan Perkembangan Kota		perkembangan lahan terbangun berdasarkan faktor kedekatan jalan.	penggunaan lahan (land use); tidak spesifik pada pertumbuhan penduduk.
4	Simanungkalit et al., 2024	Pola Spasial Analisis Hotspot (Getis Ord Gi*) Frekuensi Kecelakaan Lalu Lintas	Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi*)	Mengidentifikasi titik panas ( <i>hotspot</i> ) kecelakaan secara signifikan di area perkotaan.	Objek penelitian adalah kecelakaan lalu lintas; pengolahan data masih bersifat <i>desktop-based</i> (ArcGIS).
5	Ambiyah et al., 2025	Pengembangan WebGIS Interaktif untuk Pemetaan dan Analisis Spasial Fasilitas Umum Menggunakan Leaflet.js	WebGIS	WebGIS mampu memvisualisasikan data fasilitas umum dan fitur <i>buffer</i> secara responsif.	Fokus pada persebaran fasilitas umum; belum menggabungkan analisis statistik hotspot pertumbuhan penduduk.

## **BAB III**

### **ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

#### **3.1 Analisis Permasalahan**

Data kependudukan berperan penting dalam perencanaan wilayah karena mencerminkan kondisi sosial dan spasial. Di Kecamatan Pagar Merbau, pertumbuhan penduduk yang berbeda antar desa memerlukan pengelolaan data yang mampu mendukung analisis spasial. Oleh karena itu, analisis permasalahan dilakukan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kebutuhan pengambilan keputusan dan sistem informasi yang digunakan sebagai dasar perancangan sistem informasi geografis. Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan yang dihadapi dapat dirangkum sebagai berikut:

1. **Pertumbuhan Penduduk dan Keterbatasan Pengolahan Data Kependudukan** : Data kependudukan di Kecamatan Pagar Merbau menunjukkan adanya variasi jumlah dan laju pertumbuhan antar desa. Namun, pengelolaan data masih terbatas pada penyajian manual dalam bentuk tabel statistik, sehingga belum mampu menampilkan pola spasial, konsentrasi, maupun kecenderungan pengelompokan pertumbuhan penduduk secara komprehensif.
2. **Permasalahan dalam Pengelolaan dan Pemanfaatan Data Kependudukan** : Pengelolaan data kependudukan masih menghadapi kendala berupa pemisahan antara data spasial dan atribut, keterlambatan pembaruan informasi, serta penentuan wilayah prioritas pembangunan yang belum berbasis analisis statistik spasial. Kondisi ini berpotensi menimbulkan

keputusan yang kurang tepat sasaran karena belum mempertimbangkan pola distribusi dan keterkaitan antarwilayah.

3. Urgensi Implementasi WebGIS dan Analisis Spasial : Diperlukan sistem WebGIS yang mampu mengintegrasikan data kependudukan dengan analisis statistik spasial untuk menghasilkan informasi yang lebih objektif, terstruktur, dan mudah diakses. Penerapan metode Getis-Ord  $G_i^*$  menjadi penting untuk mengidentifikasi hotspot dan coldspot pertumbuhan penduduk secara signifikan berdasarkan hubungan spasial antar desa. Dengan demikian, sistem yang dibangun tidak hanya menyajikan peta tematik, tetapi juga menyediakan dasar analitis yang kuat untuk mendukung pengambilan keputusan dan perencanaan pembangunan berbasis data.

### **3.2 Metode 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  $G_i^*$ .

### **3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian**

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



2. Topologi Geometri: Geometri data berupa poligon atau multipoligon dengan ketentuan:

- a. *Must Not Overlap*: Area antar desa tidak boleh saling tumpang tindih.
- b. *Must Not Have Gaps*: Tidak boleh ada ruang kosong di antara batas desa yang bersebelahan (kecuali batas luar kecamatan).

Ketepatan topologi penting karena memengaruhi analisis ketetanggaan dan hasil identifikasi hotspot.

3. Sistem Koordinat:

- a. Penyimpanan Data : WGS 84 (EPSG:4326) digunakan sebagai standar penyimpanan dan pertukaran data web karena cocok dengan pustaka pemetaan global seperti Leaflet dan OpenStreetMap.
- b. Analisis Spasial : Meskipun sistem terproyeksi (misalnya UTM Zona 47N) dapat digunakan untuk analisis berbasis jarak, penelitian ini menggunakan pendekatan ketetanggaan berbasis kontiguitas, sehingga sistem koordinat geografis sudah memadai.

### **3.4.2 Data Atribut (Attribute Data)**

Data atribut merupakan data non-spasial yang melekat pada setiap unit wilayah desa. Data ini berfungsi untuk memberikan informasi statistik yang akan dianalisis bersama dengan data spasial dalam sistem informasi geografis. Fokus utama penelitian ini adalah karakteristik demografi penduduk pada setiap desa di Kecamatan Pagar Merbau.

1. Variabel Utama:

- a. Jumlah Penduduk: Jumlah penduduk merupakan data numerik yang menunjukkan total penduduk pada setiap desa berdasarkan

tahun pengamatan. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan laju pertumbuhan penduduk pada periode penelitian.

- b. Luas Wilayah: Luas wilayah merupakan data numerik yang menunjukkan ukuran area setiap desa dalam satuan kilometer persegi (km<sup>2</sup>). Data ini digunakan sebagai informasi pendukung untuk menggambarkan kondisi wilayah administrasi desa dalam penelitian.

**Tabel 3.1 Jumlah Penduduk dan Luas Wilayah Desa di Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2025**

Kode Desa	Nama Desa	Jumlah Penduduk			Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )
		2023	2024	2025	
12.07.31.2001	Tanjung Mulia	5.915	6.045	6.579	1,67
12.07.31.2002	Purwodadi	2.968	3.068	2.892	0,94
12.07.31.2003	Sidodadi Batu 8	1.746	1.801	1.807	0,32
12.07.31.2004	Suka Mulia	2.160	2.207	1.973	0,71
12.07.31.2005	Jati Rejo	2.025	2.078	2.084	0,43
12.07.31.2006	Pagar Merbau I	1.498	1.543	1.581	1,72
12.07.31.2007	Pagar Merbau II	2.083	2.162	2.039	22,31
12.07.31.2008	Sidoharjo-I Pasar Miring	5.153	5.360	6.236	2,87
12.07.31.2009	Jati Baru	2.081	2.242	2.797	1,95
12.07.31.2010	Bandar Dolok	1.208	1.273	1.342	8,14
12.07.31.2011	Tanjung Garbus II	231	254	268	3,77
12.07.31.2012	Tanjung	1.938	2.066	1.897	3,67

	Garbus Kampung				
12.07.31.2013	Perbarakan	2.760	2.893	2.808	3,43
12.07.31.2014	Sukamandi Hilir	3.643	3.764	3.080	2,77
12.07.31.2015	Sukamandi Hulu	1.598	1.599	1.575	2,73
12.07.31.2016	Sumberejo	4.149	4.282	3.993	2,77
<b>Total</b>		<b>41.156</b>	<b>42.637</b>	<b>42.951</b>	<b>63,28 km<sup>2</sup></b>

## 2. Variabel Turunan (*Derived Variables*):

- a. Laju Pertumbuhan Penduduk (*Growth Rate*): Variabel ini dihitung untuk mengetahui persentase perubahan jumlah penduduk antar tahun pada masing-masing desa. Laju pertumbuhan penduduk digunakan sebagai indikator utama dalam analisis hotspot pertumbuhan penduduk.

Rumus perhitungan:

$$r = \frac{P_t - P_0}{P_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

- $r$  = Laju pertumbuhan penduduk (%)
  - $P_t$  = Jumlah penduduk tahun akhir
  - $P_0$  = Jumlah penduduk tahun awal
- b. Dimensi Waktu (*Temporal*): Data disusun dalam bentuk deret waktu untuk memungkinkan analisis perubahan pola hotspot dari tahun ke tahun.

Tabel 3.2 Identifikasi kebutuhan data penelitian

Kategori Data	Nama Variabel	Tipe Data	Format Input	Sumber Data	Peran dalam Algoritma
Spasial	Batas Desa	Geometri (Polygon)	.SHP /.GeoJSON	Peta RBI Badan Informasi Geospasial (BIG)	Kerangka referensi & penentu ketetapan
Atribut	Kode Desa	String (Unique)	.CSV /.XLSX	Kantor Camat Pagar Merbau	Kunci Utama ( <i>Primary Key</i> ) untuk Integrasi (Join)
Atribut	Nama Desa	String	.CSV /.XLSX	Kantor Camat Pagar Merbau	Label Visualisasi
Atribut	Jumlah Penduduk	Integer	.CSV /.XLSX	Kantor Camat Pagar Merbau	Input Numerik (x)
Atribut	Tahun Data	Integer (Year)	.CSV /.XLSX	Kantor Camat Pagar Merbau	Filter Temporal

### 3.5 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:

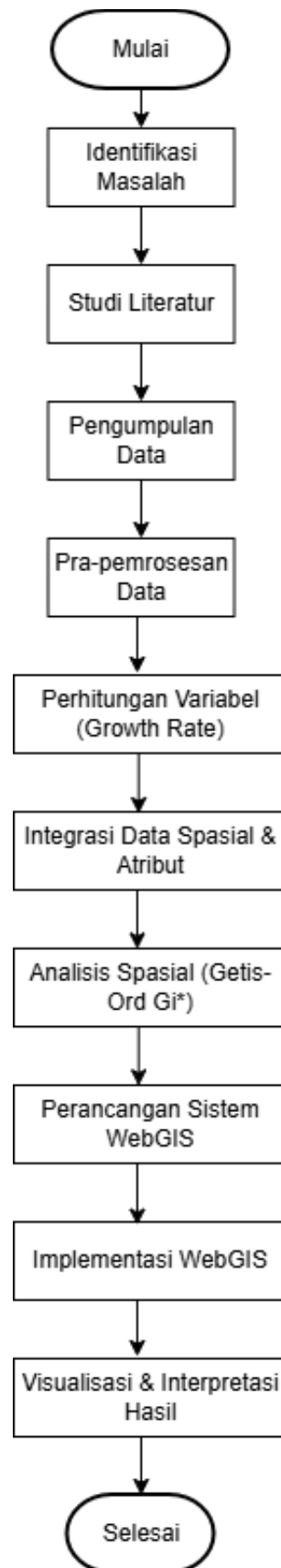
1. Pengambilan Data Spasial: Data spasial berupa batas administrasi desa diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Data RBI dalam format ESRI Shapefile tersebut kemudian diproses menggunakan perangkat lunak QGIS untuk memperoleh batas wilayah 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 Eel 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.

### **3.6 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 3.2 Alur Penelitian**

### 3.7 Teknik Pengolahan dan Pra-Pemrosesan Data

Data mentah yang diperoleh dari instansi terkait pada umumnya belum siap digunakan untuk analisis spasial. Oleh karena itu, diperlukan tahap pra-pemrosesan untuk membersihkan, menyelaraskan, dan menyiapkan data agar sesuai dengan kebutuhan analisis statistik spasial. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS dan mencakup pengecekan geometri, penyelarasan sistem koordinat, serta integrasi antara data spasial dan atribut.

Adapun tahapan pengolahan dan pra-pemrosesan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan Data Peta Dasar Kecamatan

Tahap awal dilakukan dengan menyiapkan peta batas administrasi Kecamatan Pagar Merbau dalam format shapefile menggunakan QGIS. Peta ini berfungsi sebagai peta dasar (*base map*) yang merepresentasikan wilayah penelitian pada tingkat desa. Pada tahap ini dilakukan:

- a. pengecekan kesesuaian jumlah desa,
- b. pemeriksaan kelengkapan atribut spasial, serta
- c. validasi geometri poligon untuk memastikan tidak terjadi tumpang tindih (*overlap*) maupun celah (*gap*) antar wilayah.

2. Pembersihan Data (Data Cleaning)

Tahap ini bertujuan untuk memastikan kualitas data atribut sebelum digunakan dalam analisis. Proses pembersihan data meliputi:

- a. Penanganan Nilai Hilang (*Missing Value*)

Dilakukan pemeriksaan terhadap data yang kosong pada variabel seperti jumlah penduduk atau luas wilayah, kemudian dilengkapi berdasarkan sumber data resmi.

b. Pemeriksaan Nilai Nol

Dilakukan pengecekan untuk memastikan tidak terdapat nilai nol pada variabel yang secara logika tidak mungkin, seperti jumlah penduduk dan luas wilayah.

c. Identifikasi Pencilan (*Outlier*)

Dilakukan identifikasi terhadap nilai yang tidak wajar, seperti lonjakan jumlah penduduk yang terlalu tinggi dalam waktu singkat, yang berpotensi disebabkan oleh kesalahan pencatatan data.

3. Penyelarasan Data Spasial dan Atribut

Pada tahap ini dilakukan penyelarasan awal antara data spasial dan data atribut untuk memastikan kesesuaian informasi pada setiap entitas wilayah desa. Tahapan ini merupakan bagian dari proses pra-pemrosesan data sebelum dilakukan integrasi secara menyeluruh pada tahap berikutnya.

Penyelarasan dilakukan dengan menggunakan kode wilayah administrasi sebagai field penghubung antara data spasial dan data statistik.

Proses ini meliputi:

- a. penyesuaian nama desa,
- b. pengecekan kesamaan jumlah entitas, serta
- c. penggabungan awal (*join*) data atribut ke dalam layer spasial di QGIS.

Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap objek spasial memiliki atribut yang lengkap dan sesuai, sehingga data siap digunakan pada proses integrasi dan analisis spasial selanjutnya.

#### 4. Perhitungan Variabel Turunan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan variabel turunan berupa laju pertumbuhan penduduk. Variabel ini digunakan sebagai dasar dalam analisis Getis-Ord  $G_i^*$  karena lebih representatif dalam menggambarkan dinamika perubahan penduduk dibandingkan jumlah penduduk absolut.

Dengan menggunakan variabel ini, hasil identifikasi hotspot dan coldspot menjadi lebih akurat secara spasial.

### 3.8 Integrasi Data Spasial dan Atribut

Integrasi data merupakan proses penggabungan antara data spasial dan data atribut untuk menghasilkan informasi yang utuh dalam sistem WebGIS. Pada penelitian ini, proses integrasi dilakukan menggunakan metode attribute join pada perangkat lunak QGIS, dengan memanfaatkan kesamaan field atribut sebagai penghubung antar data.

Penggabungan dilakukan sebelum data digunakan dalam sistem WebGIS, sehingga data yang ditampilkan telah dalam kondisi terintegrasi dalam satu struktur, yaitu GeoJSON yang mengandung informasi spasial dan atribut secara lengkap.

Adapun tahapan integrasi data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Logika Penggabungan

Penggabungan dilakukan dengan menyatukan atribut pada layer spasial (shapefile/GeoJSON) dengan data statistik kependudukan berdasarkan kesamaan nilai pada field tertentu. Proses ini tidak menggunakan basis data relasional, melainkan memanfaatkan kesesuaian atribut sebagai penghubung antar data.

## 2. Field Penghubung Data

Field yang digunakan sebagai penghubung adalah kode wilayah desa yang bersifat unik untuk setiap entitas. Penggunaan kode wilayah ini bertujuan untuk menghindari kesalahan akibat perbedaan penulisan nama desa serta memastikan ketepatan dalam proses penggabungan data.

## 3. Mekanisme Integrasi Data

Proses integrasi dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Memuat data spasial batas desa dalam format shapefile ke dalam QGIS.
- b. Memuat data atribut kependudukan dalam format tabel (CSV/Eel).
- c. Melakukan proses attribute join berdasarkan field kode wilayah desa.
- d. Melakukan pengecekan kesesuaian data untuk memastikan setiap desa memiliki atribut yang lengkap.
- e. Mengekspor hasil penggabungan ke dalam format GeoJSON yang telah terintegrasi.

Hasil dari proses ini adalah data GeoJSON yang telah mengandung informasi spasial dan atribut secara terpadu, sehingga siap digunakan dalam analisis hotspot maupun visualisasi pada sistem WebGIS.

Untuk memperjelas struktur data yang digunakan dalam sistem WebGIS, berikut adalah atribut yang terdapat dalam file GeoJSON hasil integrasi data:

**Tabel 3.3 Struktur Atribut Data GeoJSON**

<b>Nama Field</b>	<b>Tipe Data</b>	<b>Keterangan</b>
nama_desa	String	Nama desa
penduduk	Integer	Jumlah penduduk
growth_rate	Float	Laju pertumbuhan (%)
z_score	Float	Nilai Z-score hasil analisis $G_i^*$
kategori	String	Hotspot / Coldspot / Tidak signifikan

### **3.9 Analisis Spasial: Algoritma Getis-Ord $G_i^*$**

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

Nilai atribut yang digunakan dalam perhitungan  $G_i^*$  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).

#### **3.9.1 Konsep Hotspot dan Coldspot**

Peta choropleth hanya menunjukkan nilai tiap desa tanpa mempertimbangkan konteks tetangga.  $G_i^*$  mengukur signifikansi spasial, sehingga:

1. Desa dengan kepadatan tinggi di tengah desa berkepadatan tinggi → hotspot signifikan.
2. Desa dengan kepadatan tinggi tapi dikelilingi desa rendah → hanya outlier, bukan hotspot.
3. Coldspot adalah desa dengan kepadatan rendah yang dikelilingi desa rendah.
4. Desa yang tidak signifikan menunjukkan pola acak.

### 3.9.2 Metode Getis-Ord $G_i^*$

**Rumus  $G_i^*$ :**

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \#(3.2)$$

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

Matriks Bobot Spasial:

1. Metode Queen's Case: desa  $j$  dianggap tetangga  $i$  jika berbagi sisi atau titik sudut.
2.  $w(i, j) = 1$  jika tetangga, 0 jika tidak.

Interpretasi Z-Score:

Nilai Z-score menunjukkan Tingkat signifikansi statistik dari pengelompokan spasial.

**Tabel 3.4 Tabel Klasifikasi Hotspot dan Coldspot Berdasarkan Z-Score**

Nilai Z-Score	Kategori	Arti
$Z > 2.58$	Hotspot Sangat Signifikan	Confidence 99%, sangat kuat
$Z > 1.96$	Hotspot Signifikan	Confidence 95%
$Z > 1.65$	Hotspot Cukup Signifikan	Confidence 90%
$-1.65 \leq Z \leq 1.65$	Tidak Signifikan	Pola acak
$Z < -1.65$	Coldspot Cukup Signifikan	Confidence 90%
$Z < -1.96$	Coldspot Signifikan	Confidence 95%
$Z < -2.58$	Coldspot Sangat Signifikan	Confidence 99%, sangat kuat

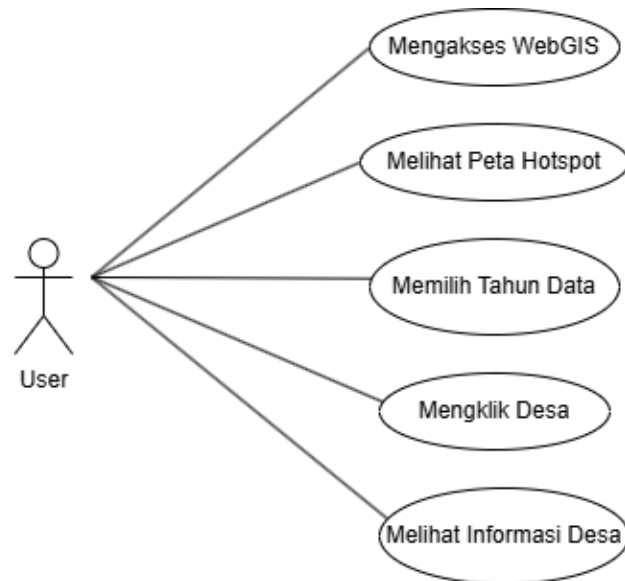
### 3.10 Pemodelan UML (Unified Modeling Language)

#### 3.10.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem serta fungsi-fungsi utama yang disediakan oleh sistem WebGIS. Pada sistem ini, pengguna berperan sebagai aktor utama yang berinteraksi langsung dengan antarmuka WebGIS melalui peramban web. Adapun fungsi utama yang dapat dilakukan oleh pengguna meliputi:

1. Mengakses WebGIS sebagai langkah awal penggunaan sistem.
2. Melihat peta hotspot pertumbuhan penduduk pada wilayah Kecamatan Pagar Merbau.

3. Memilih tahun data untuk menampilkan hasil analisis sesuai periode tertentu.
4. Mengklik wilayah desa pada peta sebagai bentuk interaksi.
5. Melihat informasi detail desa berdasarkan hasil analisis pertumbuhan penduduk.



**Gambar 3.3 Use Case Diagram Sistem WebGIS Analisis Hotspot Pertumbuhan Penduduk**

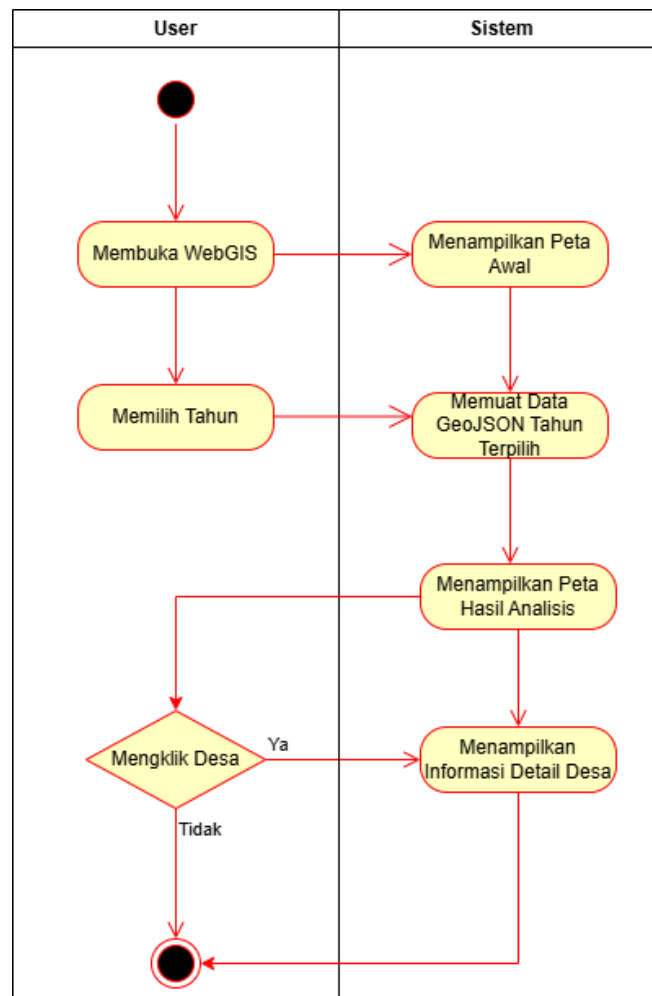
### 3.10.2 Activity Diagram

Menggambarakan alur aktivitas penggunaan sistem WebGIS sebagai berikut:

1. Pengguna memulai aktivitas dengan membuka alamat WebGIS melalui browser.
2. Sistem merespons dengan menampilkan peta awal (peta dasar) sebagai antarmuka utama bagi pengguna.
3. Pengguna memilih tahun data pertumbuhan penduduk yang ingin ditampilkan melalui panel kontrol.
4. Sistem memuat file GeoJSON statis yang sesuai dengan tahun yang

dipilih oleh pengguna.

5. Setelah data dimuat, sistem menampilkan peta hasil analisis hotspot pertumbuhan penduduk dengan pewarnaan otomatis pada wilayah desa.
6. Sistem menyediakan opsi interaksi di mana pengguna dapat memilih untuk mengklik salah satu wilayah desa pada peta.
7. Jika pengguna mengklik desa ("Ya"), sistem akan menampilkan jendela informasi detail yang berisi data atribut kependudukan desa tersebut.
8. Proses berakhir jika informasi telah ditampilkan atau jika pengguna memilih untuk tidak melakukan interaksi klik ("Tidak") pada peta.

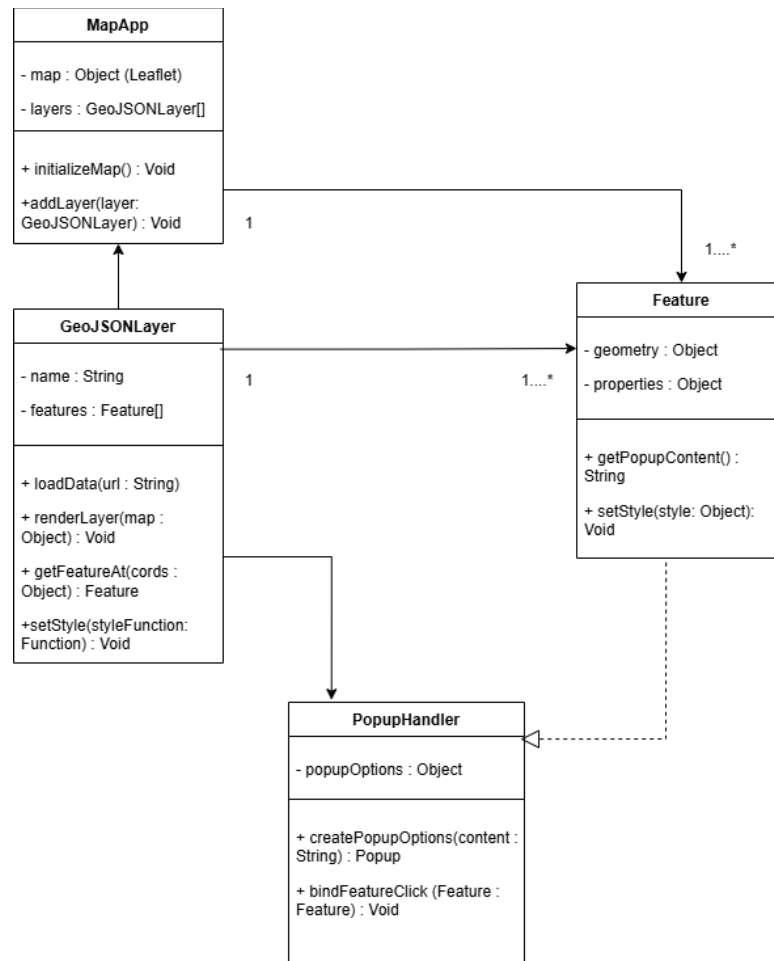


**Gambar 3.4 Activity Diagram Alur Penggunaan WebGIS Hotspot Kepadatan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau**

### 3.10.3 Class Diagram

Menggambarkan struktur kelas dan hubungan antar data dalam sistem WebGIS:

1. Class Diagram menunjukkan struktur komponen utama pada sistem WebGIS dalam menampilkan hasil analisis hotspot berbasis data GeoJSON.
2. Kelas MapApp berperan sebagai pengendali utama (controller) yang mengatur inisialisasi peta, pengelolaan layer, serta interaksi pengguna seperti pemilihan tahun.
3. Kelas GeoJSONLayer berfungsi untuk memuat dan mengelola data spasial dalam format GeoJSON yang berisi hasil analisis hotspot, serta mengatur tampilan (styling) peta berdasarkan nilai atribut seperti Z-score.
4. Kelas Feature merepresentasikan setiap objek wilayah (desa) yang terdapat dalam data GeoJSON, yang memiliki informasi geometri dan atribut seperti nama desa, nilai Z-score, dan kategori hotspot.
5. Kelas PopupHandler bertugas menangani interaksi pengguna terhadap peta, khususnya dalam menampilkan informasi detail suatu wilayah ketika dilakukan klik pada peta.
6. Relasi antar kelas menggambarkan alur kerja sistem, di mana MapApp mengelola GeoJSONLayer, GeoJSONLayer berisi kumpulan Feature, dan PopupHandler digunakan untuk menampilkan informasi dari Feature kepada pengguna dalam bentuk popup pada peta.



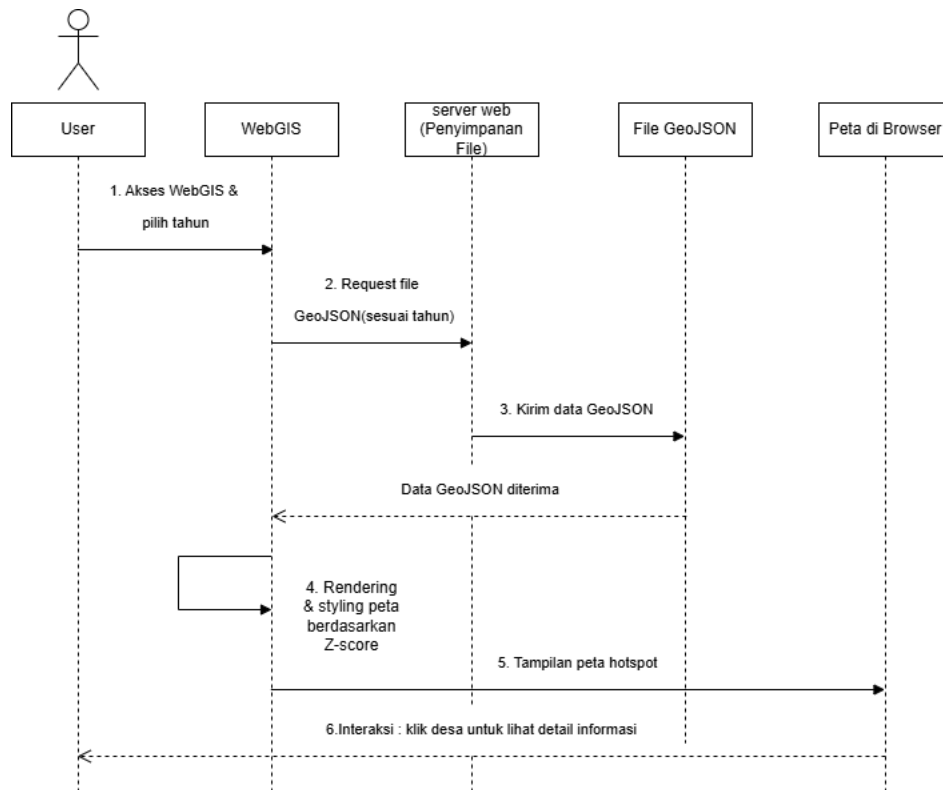
**Gambar 3.5 Class Diagram Sistem WebGIS Hotspot Pertumbuhan Penduduk**

### 3.10.4 Sequence Diagram

Menggambarkan urutan interaksi pengguna dan sistem WebGIS dalam menampilkan hasil analisis:

1. Pengguna mengakses WebGIS dan memilih tahun analisis.
2. Browser mengirim permintaan data GeoJSON sesuai tahun yang dipilih.
3. File GeoJSON yang berisi hasil analisis Getis-Ord Gi\* dikirim ke browser.
4. Browser melakukan rendering dan styling peta berdasarkan nilai Z-score.

5. Peta hotspot ditampilkan, dan pengguna dapat mengklik wilayah untuk melihat informasi detail.

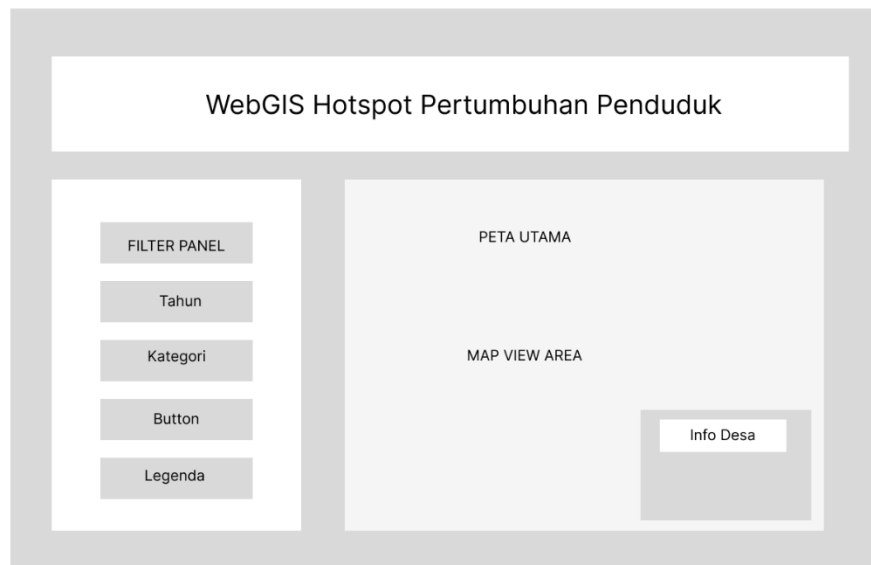


**Gambar 3.6 Sequence Diagram Sistem WebGIS Hotspot Pertumbuhan Penduduk**

### 3.11 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.

### 3.11.1 Desain Antarmuka Sistem WebGIS



**Gambar 3.7 Mock Up Antarmuka Sistem WebGIS**

#### 1. Tata Letak Halaman Utama (Dashboard GIS)

Antarmuka WebGIS dirancang dengan pendekatan map-centric design untuk memaksimalkan keterbacaan peta. Halaman utama dibagi menjadi tiga bagian:

##### a. Header

Menampilkan logo instansi, judul sistem WebGIS Hotspot PertumbuhanPenduduk Kecamatan Pagar Merbau, serta menu navigasi Beranda dan Peta.

##### b. Sidebar (Panel Kontrol)

Berfungsi sebagai pengaturan analisis, meliputi filter tahun data, kategori analisis (hotspot dan coldspot), legenda warna dinamis yang menjelaskan hasil analisis  $G_i^*$ , serta fitur unduh data analisis.

### c. Map Canvas

Merupakan area utama ( $\pm 70\text{--}80\%$  layar) yang menampilkan peta interaktif batas desa dan hasil hotspot–coldspot, dilengkapi kontrol navigasi peta. Informasi ringkas desa terpilih ditampilkan pada panel kanan bawah peta.

### 2. Desain Interaksi

Interaksi sistem dibuat sederhana dan intuitif. Saat kursor diarahkan ke desa, muncul tooltip nama wilayah. Ketika desa diklik, sistem menampilkan informasi detail berupa data kependudukan dan status hasil analisis  $G_i^*$ .

## 3.11.2 Visualisasi Data

Visualisasi berfungsi menerjemahkan hasil statistik matematis (Z-score) menjadi persepsi visual yang intuitif bagi pengguna. Prinsip kartografi yang digunakan adalah *Peta Choropleth Divergen*.

1. Skema Warna (Color Ramp): Visualisasi menggunakan skema warna divergen cold-to-hot untuk membedakan kategori hasil analisis berdasarkan tingkat signifikansi statistik, yaitu:
  - a. Merah tua menunjukkan area hotspot dengan tingkat kepercayaan 99% ( $Z\text{-score} > 2,58$ ).
  - b. Merah menengah menunjukkan area hotspot dengan tingkat kepercayaan 95% ( $Z\text{-score} > 1,96$ ).
  - c. Merah muda menunjukkan area hotspot dengan tingkat kepercayaan 90% ( $Z\text{-score} > 1,65$ ).

- d. Biru tua menunjukkan area coldspot dengan tingkat kepercayaan 99% (Z-score < -2,58).
- e. Biru menengah menunjukkan area coldspot dengan tingkat kepercayaan 95% (Z-score < -1,96).
- f. Biru muda menunjukkan area coldspot dengan tingkat kepercayaan 90% (Z-score < -1,65).
- g. Krem atau putih menunjukkan area yang tidak signifikan (random), yaitu nilai Z-score berada di antara -1,65 hingga 1,65.

Penggunaan skema warna ini bertujuan untuk memudahkan interpretasi visual, di mana warna merah merepresentasikan konsentrasi tinggi (hotspot), sedangkan warna biru merepresentasikan konsentrasi rendah (coldspot).

2. Klasifikasi Data: Klasifikasi data pada peta didasarkan pada nilai ambang Z-score hasil analisis Getis-Ord  $G_i^*$ , yaitu 1,65; 1,96; dan 2,58. Metode ini dipilih karena lebih merepresentasikan signifikansi statistik dibandingkan metode klasifikasi umum seperti *equal interval* atau *quantile*.
3. Interaktivitas: Visualisasi di WebGIS diperkaya dengan fitur interaktif:
  - a. *Tooltips*: Menampilkan nama desa saat kursor melayang di atas peta.
  - b. *Pop-ups*: Menampilkan tabel ringkas (Jumlah Penduduk, Pertumbuhan Penduduk, Nilai  $G_i^*$ , Status) saat desa diklik.
  - c. *Dynamic Legend*: Legenda peta yang menjelaskan arti warna.

- d. Download Data: Pengguna dapat mengunduh data hasil analisis dalam format CSV sesuai tahun analisis yang dipilih. Fitur ini memudahkan proses dokumentasi, pelaporan, dan analisis lanjutan di luar sistem WebGIS.

### 3.12 Arsitektur Sistem WebGIS

Arsitektur sistem WebGIS pada penelitian ini menggunakan pendekatan *client-side (frontend only)*, di mana seluruh proses visualisasi dan interaksi dilakukan langsung pada browser tanpa melibatkan server backend maupun basis data.

Sistem dibangun menggunakan teknologi web standar yaitu HTML5, CSS3, dan JavaScript, dengan memanfaatkan library pemetaan Leaflet untuk menampilkan peta interaktif. Data spasial yang digunakan berupa file GeoJSON yang telah diproses sebelumnya menggunakan QGIS dan sudah mengandung atribut hasil analisis hotspot (Z-score dan kategori).

Pada saat pengguna membuka halaman WebGIS, sistem akan langsung memuat file GeoJSON melalui JavaScript, kemudian menampilkannya ke dalam peta menggunakan Leaflet. Seluruh proses rendering peta, pewarnaan berdasarkan kategori hotspot–coldspot, serta interaksi pengguna seperti klik dan hover dilakukan di sisi klien tanpa komunikasi ke server.

Sistem dijalankan secara lokal (*localhost*) hanya sebagai media untuk membuka file web melalui browser, bukan sebagai server pemrosesan data. Dengan demikian, arsitektur sistem ini bersifat ringan (*lightweight WebGIS*) dan tidak memerlukan konfigurasi backend maupun database.

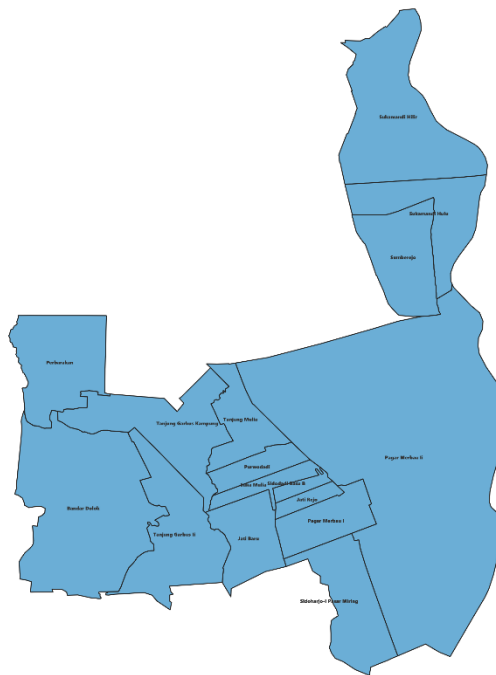
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 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 km<sup>2</sup> 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 4.1 Peta Wilayah Penelitian Kecamatan Pagar Merbau**

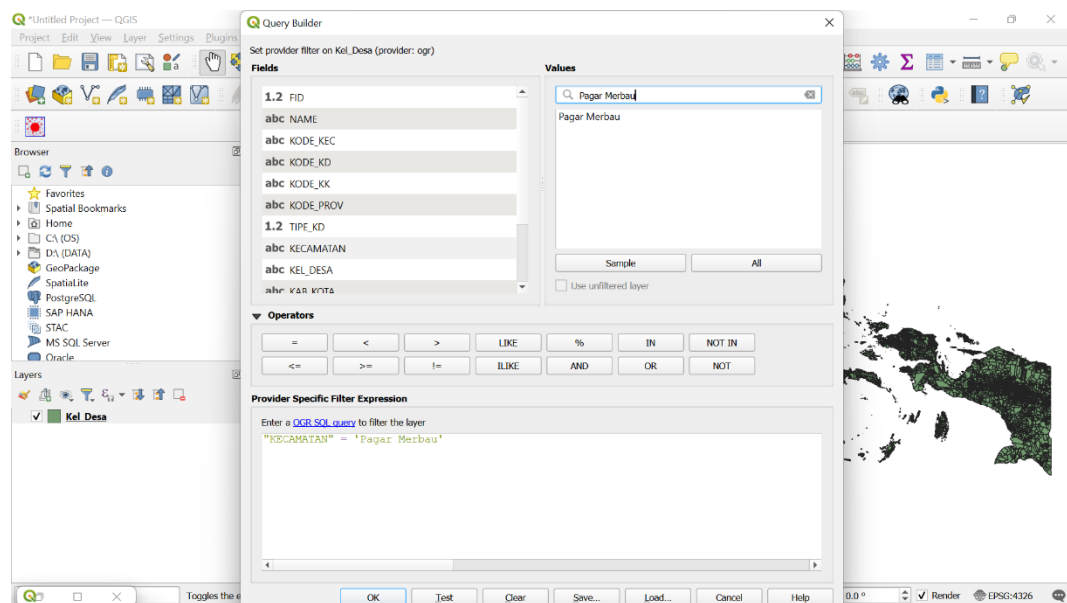
## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Pengolahan Data di QGIS

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS. Data spasial berupa peta batas administrasi desa diperoleh dari Badan Informasi Geospasial dalam format shapefile.

Tahap awal yang dilakukan adalah proses filtering data spasial untuk menyesuaikan wilayah penelitian, yaitu Kecamatan Pagar Merbau. Proses filtering dilakukan menggunakan fitur Query Builder pada layer di QGIS dengan menentukan ekspresi berdasarkan atribut wilayah.

#### 1. Proses Filter

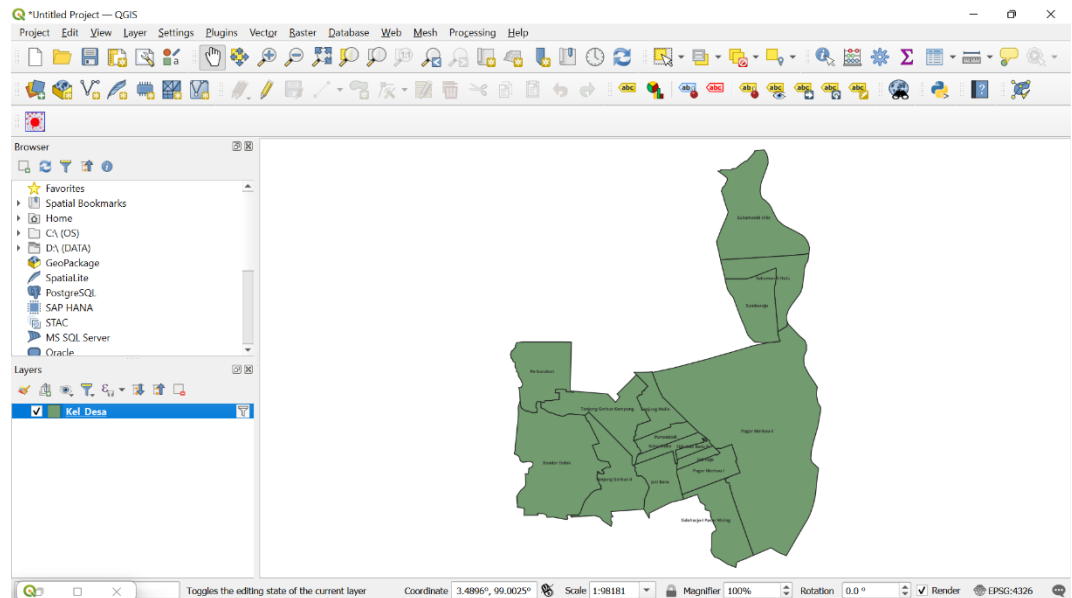


**Gambar 4.2** Proses Filtering Data Menggunakan Fitur Filter di QGIS

Gambar tersebut menunjukkan proses penyaringan data dengan menggunakan ekspresi tertentu sehingga hanya wilayah yang sesuai dengan kriteria penelitian yang ditampilkan.

## 2. Hasil Filter

Setelah proses filtering dilakukan, diperoleh peta yang hanya mencakup wilayah Kecamatan Pagar Merbau.



**Gambar 4.3 Peta Hasil Filtering Wilayah**

Peta hasil filtering ini digunakan sebagai dasar dalam proses pengolahan data selanjutnya.

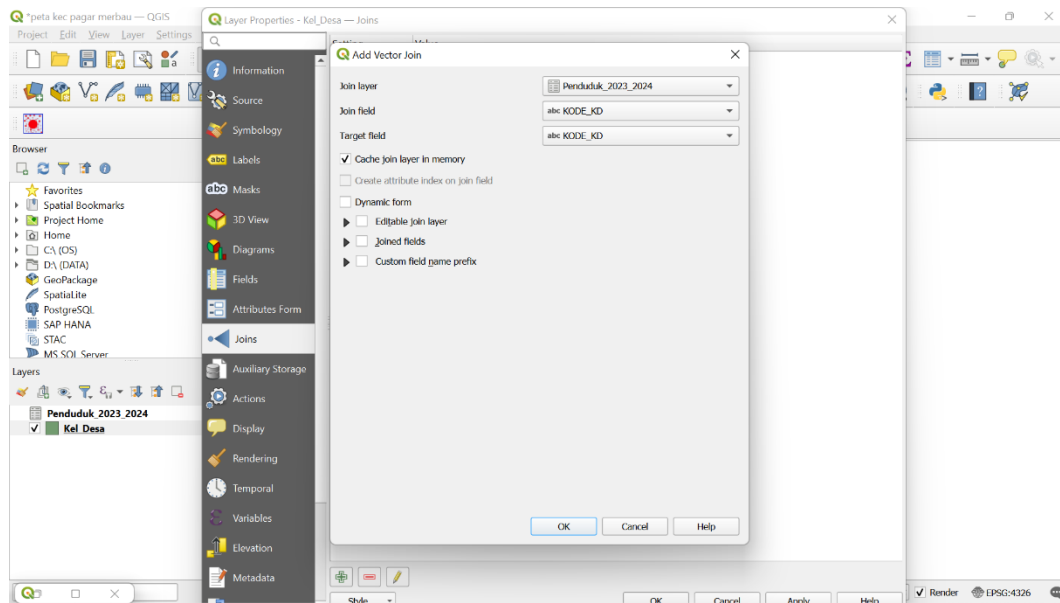
### 4.2.2 Penggabungan Data (*Join*)

Setelah proses filtering data spasial dilakukan, tahap selanjutnya adalah penggabungan data atribut dengan data spasial. Data atribut yang digunakan berupa data jumlah penduduk yang disimpan dalam format Microsoft Eel.

Data atribut tersebut kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak QGIS untuk selanjutnya digabungkan dengan data spasial berupa peta batas administrasi desa.

Proses penggabungan data (*join*) dilakukan menggunakan field yang sama, yaitu kode desa, sebagai kunci utama. Hal ini bertujuan agar setiap data

atribut dapat terhubung dengan objek spasial yang sesuai.



**Gambar 4.4 Proses Join Data di QGIS**

Setelah proses join dilakukan, diperoleh data spasial yang telah dilengkapi dengan informasi atribut kependudukan. Hasil penggabungan ini ditampilkan dalam bentuk tabel atribut (*attribute table*) yang berisi informasi lengkap untuk setiap desa.

FID	NAME	KODE_KEC	KODE_KD	KODE_KK	KODE_PROV	TIBE_ID	KECAMATAN	KEL_DESA	KAB_KOTA	PROVINSI	JENIS_ID	growth_num	Pend_2023	Pend_2024
70376	Bandar Dolok	12.07.31	12.07.31.2010	12.07	12	1	Pagar Merbau	Bandar Dolok	Deli Serdang	Sumatera Utara	Desa	0.05381	1.208	1.273

**Gambar 4.5 Data Atribut Kependudukan Hasil Join**

Data yang telah terintegrasi ini selanjutnya digunakan dalam proses perhitungan laju pertumbuhan penduduk dan analisis hotspot.

#### 4.2 Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk (Growth Rate)

Rumus yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{P_t - P_0}{P_0} \times 100\% \quad (4.1)$$

Keterangan:

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

Perhitungan laju pertumbuhan penduduk (growth rate) dilakukan untuk mengetahui persentase perubahan jumlah penduduk dalam periode waktu tertentu. Perhitungan ini menggunakan data jumlah penduduk tahun awal dan tahun akhir.

**Tabel 4.1 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%
Sidoarjo-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.

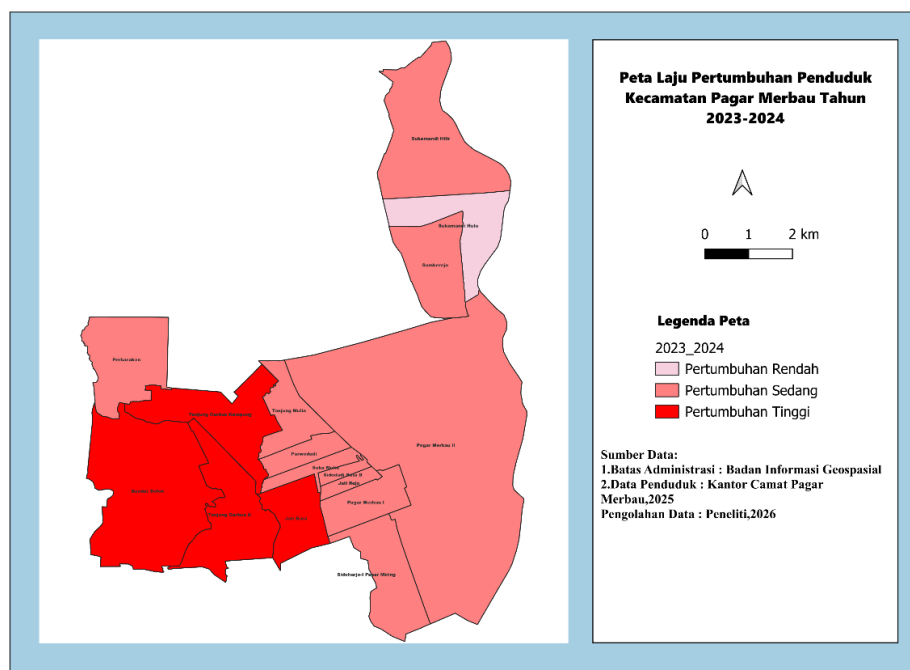
**Tabel 4.2 Klasifikasi Pertumbuhan Penduduk**

<b>Rentang Pertumbuhan (%)</b>	<b>Kategori</b>	<b>Warna</b>
$\leq 1\%$	Pertumbuhan Rendah	Merah

1 – 5 %	Pertumbuhan Sedang	Merah Menengah
> 5 %	Pertumbuhan Tinggi	Merah Muda

#### 4.2.1 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023–2024

Perhitungan growth rate tahun 2023–2024 dilakukan dengan membandingkan jumlah penduduk tahun 2023 sebagai tahun awal dan tahun 2024 sebagai tahun akhir. Hasil perhitungan kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu pertumbuhan rendah, sedang, dan tinggi.

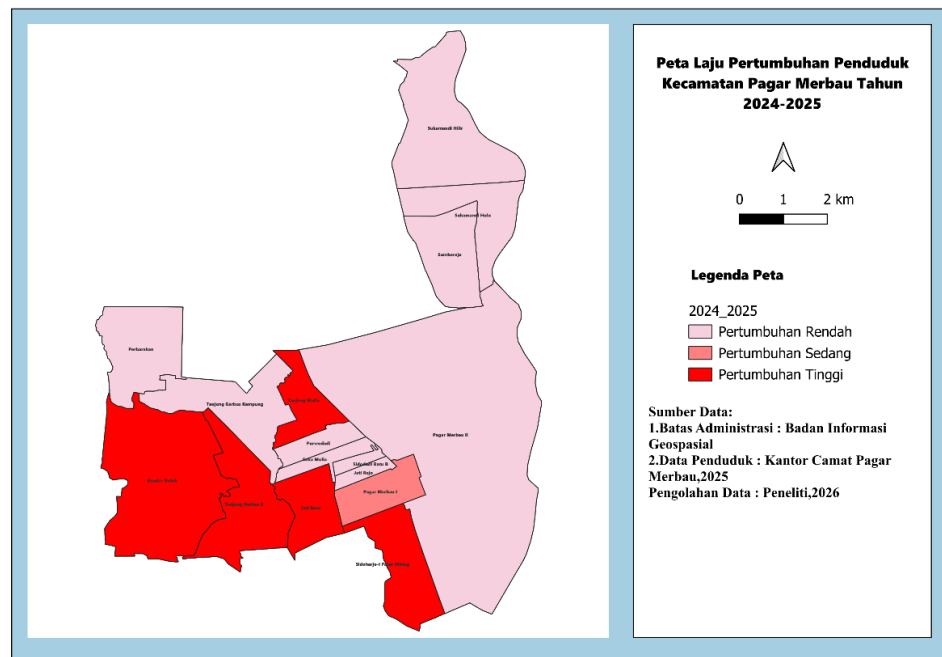


**Gambar 4.6 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023-2024**

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.

#### 4.2.2 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk tahun 2024–2025

Perhitungan growth rate tahun 2024–2025 dilakukan dengan menggunakan data jumlah penduduk tahun 2024 dan 2025. Proses perhitungan dilakukan dengan metode yang sama menggunakan QGIS.

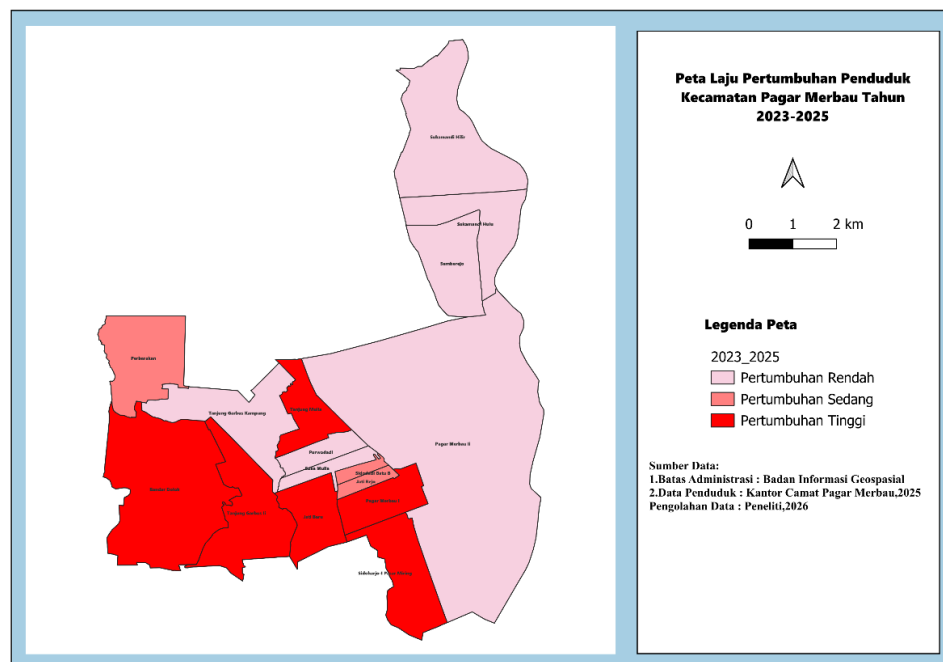


**Gambar 4.7 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2024-2025**

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

#### 4.2.3 Peta Laju Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023–2025

Perhitungan growth rate tahun 2023–2025 dilakukan untuk melihat pertumbuhan dalam jangka waktu lebih panjang. Data tahun 2023 digunakan sebagai tahun awal dan tahun 2025 sebagai tahun akhir.



**Gambar 4.8 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.

### 4.3 Analisis Hotspot (Getis-Ord $G_i^*$ )

Analisis hotspot dilakukan menggunakan metode Getis-Ord  $G_i^*$  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.

#### 4.3.1 Proses Analisis Hotspot

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

Parameter yang digunakan meliputi:

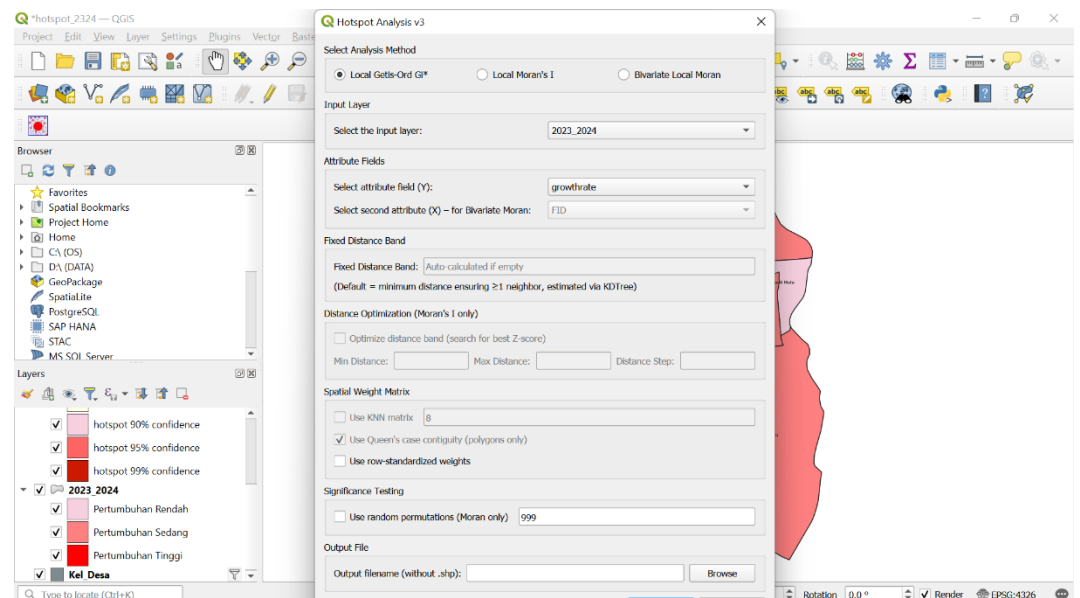
1. Field: laju pertumbuhan penduduk
2. Metode pembobotan: Queen Case Contiguity

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.



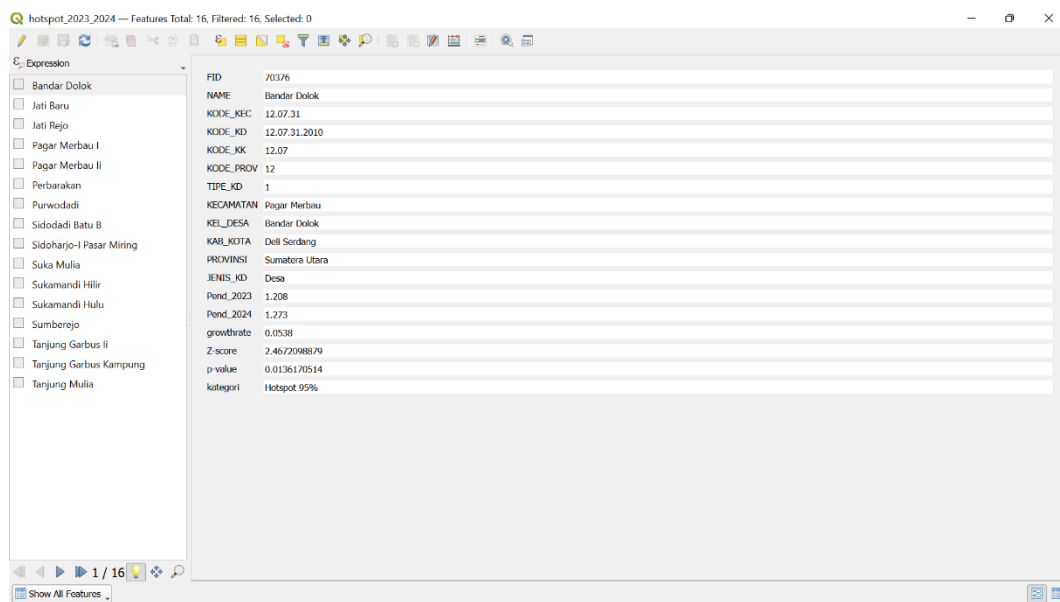
**Gambar 4.9 Proses Analisis Getis-Ord Gi\***

### 4.3.2 Hasil Perhitungan Z-Score

Hasil analisis hotspot menghasilkan beberapa nilai statistik, yaitu Z-score dan P-value. Nilai Z-score digunakan untuk mengetahui tingkat signifikansi suatu wilayah dalam membentuk pola spasial.

Semakin tinggi nilai Z-score, maka semakin besar kemungkinan wilayah tersebut termasuk dalam kategori hotspot. Sebaliknya, nilai Z-score yang rendah menunjukkan bahwa wilayah tersebut termasuk dalam kategori coldspot.

P-value digunakan untuk mengukur tingkat kepercayaan hasil analisis, di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan tingkat signifikansi yang lebih tinggi.



**Gambar 4.10 Hasil Perhitungan Z-Score dan P-Value**

**Tabel 4.3 Hasil Z-score dan p-value Klasifikasi Hotspot Tahun 2023–2024**

<b>Nama Desa</b>	<b>Z-score</b>	<b>p-value</b>	<b>Kategori</b>	<b>Tingkat Kepercayaan</b>
Tanjung Mulia	0.29	0.766	Tidak Signifikan	
Purwodadi	-0.42	0.674	Tidak Signifikan	
Sidodadi Batu 8	-1.01	0.311	Tidak Signifikan	
Suka Mulia	0.42	0.667	Tidak Signifikan	
Jati Rejo	-0.24	0.809	Tidak Signifikan	
Pagar Merbau I	0.36	0.717	Tidak Signifikan	
Pagar Merbau II	-2.80	0.005	Coldspot	99%
Sidoarjo-I Pasar Miring	0.58	0.557	Tidak Signifikan	
Jati Baru	1.23	0.216	Tidak Signifikan	
Bandar Dolok	2.46	0.013	Hotspot	95%
Tanjung Garbus II	2.97	0.002	Hotspot	99%
Tanjung Garbus Kampung	1.78	0.074	Hotspot	90%
Perbarakan	1.19	0.230	Tidak Signifikan	
Sukamandi Hilir	-1.71	0.087	Coldspot	90%
Sukamandi Hulu	-0.80	0.422	Tidak Signifikan	
Sumberejo	-1.36	0.170	Tidak Signifikan	

Berdasarkan Tabel 4.3, pada periode 2023–2024 terdapat dua desa yang termasuk

kategori hotspot, yaitu Tanjung Garbus II dan Bandar Dolok, yang menunjukkan pertumbuhan penduduk tinggi. Sementara itu, Desa Pagar Merbau II dan Sukamandi Hilir termasuk kategori coldspot yang menunjukkan pertumbuhan penduduk rendah. Hal ini menunjukkan adanya pengelompokan spasial antara wilayah dengan pertumbuhan tinggi dan rendah di Kecamatan Pagar Merbau.

**Tabel 4.4 Hasil Z-score dan p-value Klasifikasi Hotspot Tahun 2024–2025**

<b>Nama Desa</b>	<b>Z-score</b>	<b>p-value</b>	<b>Kategori</b>	<b>Tingkat Kepercayaan</b>
Tanjung Mulia	1.13	0.254	Tidak Signifikan	
Purwodadi	-0.99	0.317	Tidak Signifikan	
Sidodadi Batu 8	-0.99	0.317	Tidak Signifikan	
Suka Mulia	-0.01	0.991	Tidak Signifikan	
Jati Rejo	0.50	0.616	Tidak Signifikan	
Pagar Merbau I	1.89	0.058	Hotspot	90%
Pagar Merbau II	-0.11	0.907	Tidak Signifikan	
Sidoharjo-I Pasar Miring	-1.55	0.119	Tidak Signifikan	
Jati Baru	-0.86	0.386	Tidak Signifikan	
Bandar Dolok	0.32	0.746	Tidak Signifikan	
Tanjung Garbus II	-1.33	0.183	Tidak Signifikan	
Tanjung Garbus Kampung	0.94	0.343	Tidak Signifikan	
Perbarakan	-0.26	0.791	Tidak Signifikan	
Sukamandi Hilir	-0.32	0.745	Tidak Signifikan	

Sukamandi Hulu	-1.88	0.058	Coldspot	90%
Sumberejo	-0.61	0.537	Tidak Signifikan	

Berdasarkan tabel tersebut, pada periode 2024–2025 hanya terdapat dua desa yang menunjukkan nilai signifikan, yaitu Desa Pagar Merbau I sebagai hotspot dan Desa Sukamandi Hulu sebagai coldspot. Hal ini menunjukkan bahwa pola pengelompokan pertumbuhan penduduk hanya terjadi pada wilayah tertentu, sementara sebagian besar desa lainnya termasuk kategori tidak signifikan.

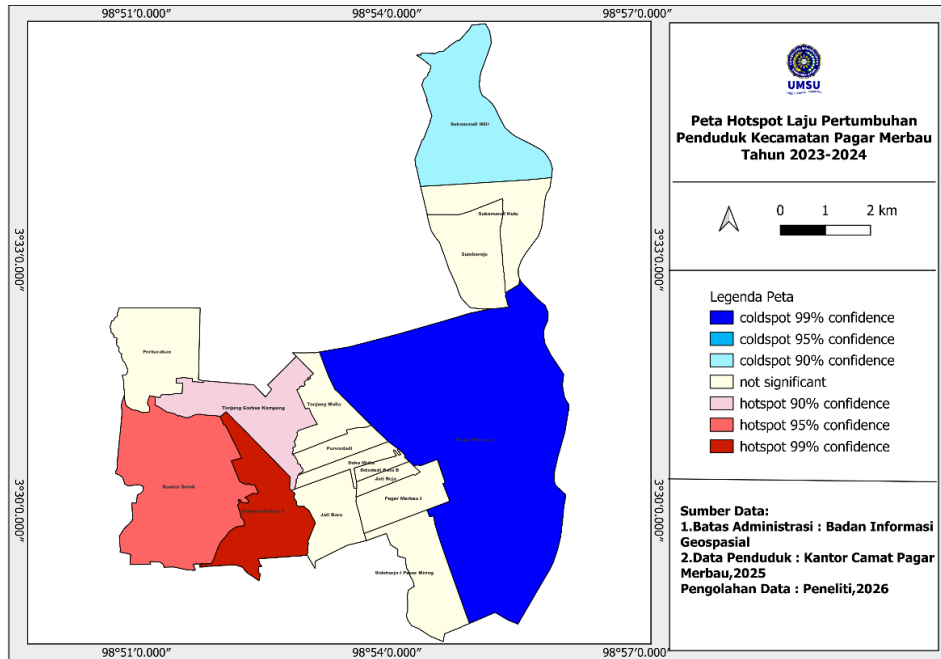
**Tabel 4.5 Hasil Z-score dan p-value Klasifikasi Hotspot Tahun 2023–2025**

<b>Nama Desa</b>	<b>Z-score</b>	<b>p-value</b>	<b>Kategori</b>	<b>Tingkat Kepercayaan</b>
Tanjung Mulia	-0.97	0.329	Tidak Signifikan	
Purwodadi	-1.00	0.315	Tidak Signifikan	
Sidodadi Batu 8	-1.09	0.271	Tidak Signifikan	
Suka Mulia	0.09	0.927	Tidak Signifikan	
Jati Rejo	0.42	0.667	Tidak Signifikan	
Pagar Merbau I	1.79	0.072	Hotspot	90%
Pagar Merbau II	-0.69	0.489	Tidak Signifikan	
Sidoharjo-I Pasar Miring	1.53	0.125	Tidak Signifikan	
Jati Baru	1.10	0.267	Tidak Signifikan	
Bandar Dolok	0.18	0.851	Tidak Signifikan	
Tanjung Garbus II	1.71	0.085	Hotspot	90%
Tanjung Garbus Kampung	1.20	0.228	Tidak Signifikan	

Perbarakan	-0.01	0.987	Tidak Signifikan	
Sukamandi Hilir	-0.65	0.511	Tidak Signifikan	
Sukamandi Hulu	-1.85	0.063	Coldspot	90%
Sumberejo	-0.82	0.407	Tidak Signifikan	

Berdasarkan Tabel 4.5, pada periode 2023–2025 terdapat dua desa yang termasuk kategori hotspot, yaitu Tanjung Garbus II dan Pagar Merbau I, serta satu desa yang termasuk kategori coldspot, yaitu Sukamandi Hulu. Hal ini menunjukkan bahwa pola pengelompokan pertumbuhan penduduk hanya terjadi pada beberapa wilayah tertentu, sementara sebagian besar desa lainnya termasuk dalam kategori tidak signifikan.

### 4.3.3 Peta Hotspot 2023–2024

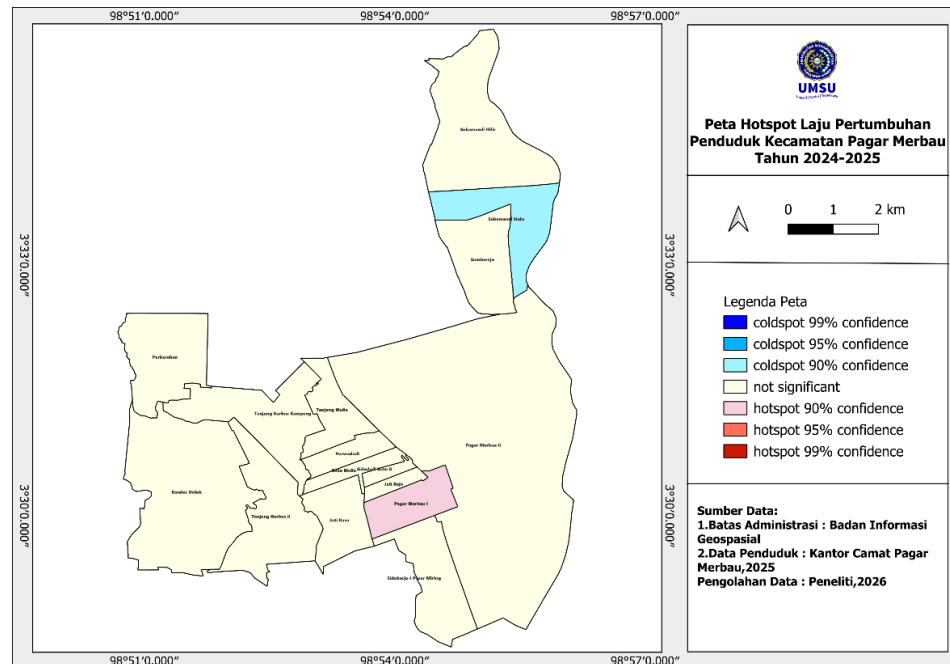


**Gambar 4.11 Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2024**

Berdasarkan Gambar 4.11, 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.

Sebagian wilayah lainnya termasuk kategori tidak signifikan dengan pola yang cenderung acak. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan adanya ketimpangan pertumbuhan penduduk antar wilayah yang dapat menjadi dasar dalam perencanaan pembangunan yang lebih merata.

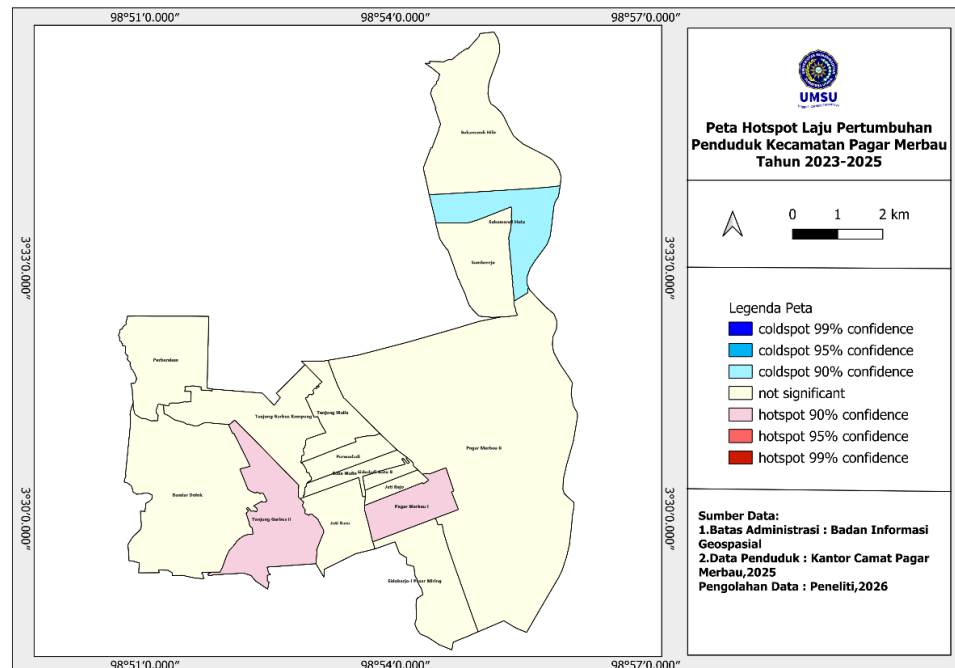
#### 4.3.4 Peta Hotspot Tahun 2024-2025



**Gambar 4.12 Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2024–2025**

Berdasarkan Gambar 4.12, pola pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau tahun 2024–2025 menunjukkan kecenderungan tidak merata dengan dominasi wilayah tidak signifikan. Hotspot hanya terdapat secara terbatas di Desa Pagar Merbau I dengan tingkat kepercayaan 90%, sedangkan coldspot terkonsentrasi di bagian utara, yaitu Desa Sukamandi Hulu dan Sumberejo. Kondisi ini menunjukkan bahwa pola pertumbuhan penduduk tidak lagi membentuk klaster yang kuat seperti periode sebelumnya, melainkan cenderung lebih menyebar dengan beberapa wilayah mengalami pertumbuhan rendah maupun tinggi secara terbatas.

#### 4.3.5 Peta Hotspot 2023-2025



**Gambar 4.13 Peta Hotspot dan Coldspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau Tahun 2023–2025**

Berdasarkan Gambar 4.13 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. Wilayah hotspot dengan tingkat kepercayaan 90% terlihat terbatas di bagian barat hingga selatan, yaitu di Desa Tanjung Garbus II dan sebagian wilayah sekitarnya, serta di Desa Pagar Merbau I, sedangkan wilayah coldspot berada di bagian utara, yaitu Desa Sukamandi Hulu dan Sumberejo. Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam periode tiga tahun tersebut, pola pertumbuhan penduduk cenderung menyebar dan tidak terkonsentrasi secara signifikan pada wilayah tertentu.

## **4.5 Implementasi WebGIS**

Implementasi WebGIS pada penelitian ini bertujuan untuk menyajikan hasil analisis hotspot laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau dalam bentuk peta digital yang interaktif dan mudah diakses oleh pengguna. WebGIS dibangun dengan memanfaatkan data spasial hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak QGIS yang kemudian dikonversi ke dalam format GeoJSONL untuk ditampilkan pada platform berbasis web.

### **4.5.1 Desain Sistem WebGIS**

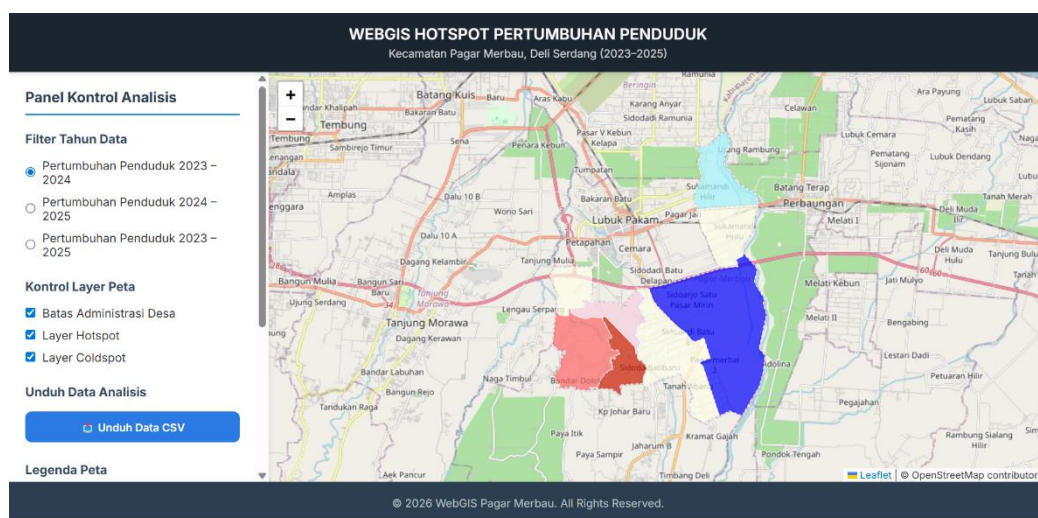
Desain sistem WebGIS dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu data spasial, data atribut, dan antarmuka pengguna (user interface). Data spasial berupa batas administrasi desa dan hasil analisis hotspot disimpan dalam format GeoJSON. Selanjutnya, data tersebut diintegrasikan ke 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.

### **4.5.2 Tampilan WebGIS**

Tampilan WebGIS pada penelitian ini menyajikan peta wilayah Kecamatan Pagar Merbau yang dilengkapi dengan visualisasi hasil analisis hotspot dan coldspot berdasarkan metode Getis-Ord  $G_i^*$ . Setiap desa divisualisasikan menggunakan warna yang berbeda sesuai dengan klasifikasinya, yaitu warna merah untuk menunjukkan hotspot

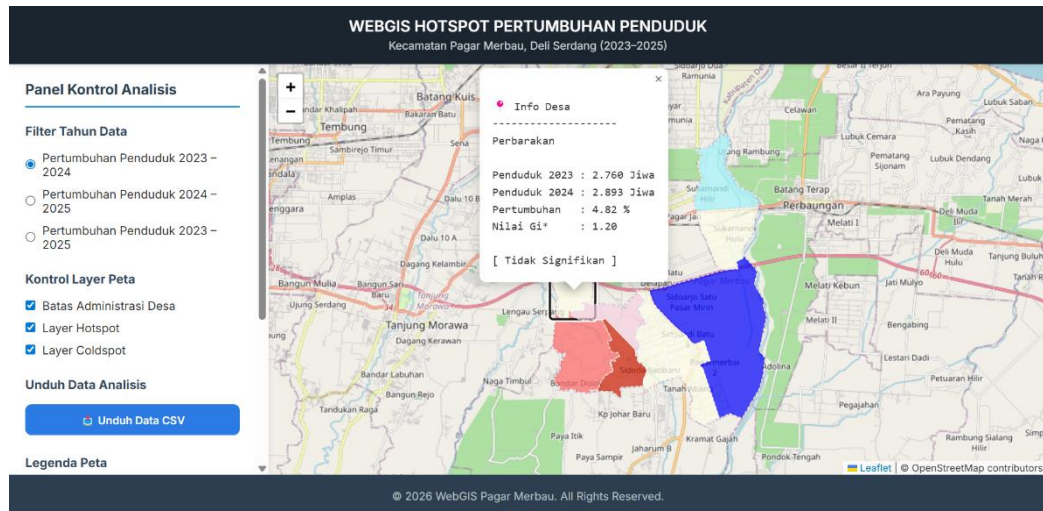
(pertumbuhan tinggi), warna biru untuk coldspot (pertumbuhan rendah), serta warna netral untuk wilayah yang tidak signifikan.

Selain peta utama, tampilan WebGIS juga dilengkapi dengan beberapa elemen pendukung seperti legenda peta, skala peta, serta kontrol navigasi berupa fitur *zoom in* dan *zoom out*. Elemen-elemen tersebut bertujuan untuk meningkatkan kemudahan pengguna dalam membaca dan memahami informasi spasial yang disajikan.



**Gambar 4.14 Tampilan Utama WebGIS**

Tampilan utama WebGIS memperlihatkan distribusi spasial hotspot dan coldspot pada wilayah penelitian serta panel kontrol yang digunakan untuk mengatur tampilan data.



**Gambar 4.15 Tampilan Popup Informasi Desa**

Popup informasi akan muncul ketika pengguna mengklik suatu wilayah desa pada peta. Informasi yang ditampilkan meliputi nama desa, jumlah penduduk, laju pertumbuhan, serta nilai  $G_i^*$  yang menjadi dasar dalam klasifikasi hotspot dan coldspot.

#### Legenda Peta

##### Hotspot (Pertumbuhan Tinggi)

- Merah Tua: Sangat Signifikan ( $Z > 2.58$ )
- Merah Sedang: Signifikan ( $Z > 1.96$ )
- Merah Muda: Cukup Signifikan ( $Z > 1.65$ )

##### Coldspot (Pertumbuhan Rendah)

- Biru Tua: Sangat Signifikan ( $Z < -2.58$ )
- Biru Sedang: Signifikan ( $Z < -1.96$ )
- Biru Muda: Cukup Signifikan ( $Z < -1.65$ )

##### Tidak Signifikan

- Krem/Putih: Acak ( $-1.65 \leq Z \leq 1.65$ )

**Gambar 4.16 Legenda Klasifikasi Hotspot dan Coldspot**

Legenda peta berfungsi sebagai panduan dalam memahami arti warna yang digunakan pada peta, sehingga pengguna dapat dengan mudah menginterpretasikan hasil analisis.

#### 4.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagar Merbau menunjukkan variasi antar desa pada periode 2023–2025. Pada periode 2023–2024 terlihat adanya pola pengelompokan (*clustered*), di mana desa dengan pertumbuhan tinggi membentuk hotspot. Namun, pada periode 2024–2025 pola tersebut cenderung melemah dan didominasi oleh wilayah yang tidak signifikan. Pada periode 2023–2025, pola pengelompokan masih terlihat, tetapi tidak terlalu kuat, sehingga menunjukkan adanya perubahan dinamika pertumbuhan penduduk dari waktu ke waktu.

Hasil analisis hotspot menunjukkan bahwa wilayah dengan pertumbuhan tinggi (hotspot) dan rendah (coldspot) tidak tersebar secara merata, melainkan terkonsentrasi pada lokasi tertentu. Pola pengelompokan (*clustered*) yang terbentuk menunjukkan adanya keterkaitan spasial antar wilayah, di mana desa yang berdekatan cenderung memiliki karakteristik pertumbuhan penduduk yang serupa. Wilayah yang termasuk hotspot umumnya memiliki aksesibilitas yang lebih baik serta didukung oleh fasilitas yang memadai, sehingga mendorong pertumbuhan penduduk yang lebih tinggi. Sebaliknya, wilayah coldspot cenderung memiliki keterbatasan akses dan fasilitas, sehingga pertumbuhan penduduk relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa faktor geografis dan kedekatan antar wilayah berperan dalam membentuk pola spasial pertumbuhan penduduk.

Penggunaan metode Queen Case Contiguity dalam analisis ini

memungkinkan hubungan antar wilayah dapat dianalisis secara lebih menyeluruh karena mempertimbangkan kedekatan sisi dan titik sudut antar wilayah. Dengan demikian, pola spasial yang terbentuk dapat menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya ketimpangan pertumbuhan penduduk antar wilayah di Kecamatan Pagar Merbau. Oleh karena itu, hasil ini dapat menjadi dasar dalam perencanaan pembangunan, khususnya dalam pemerataan fasilitas dan pengelolaan wilayah dengan pertumbuhan tinggi. Selain itu, WebGIS yang dibangun mampu menyajikan hasil analisis secara interaktif sehingga memudahkan pengguna dalam memahami pola spasial yang terjadi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 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:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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 klaster yang kuat dan cenderung berubah antar periode waktu.

6. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat ketimpangan pertumbuhan penduduk antar wilayah, yang ditandai dengan adanya perbedaan antara wilayah hotspot, coldspot, dan wilayah tidak signifikan.
7. 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.
8. 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.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data kependudukan dengan periode waktu yang lebih panjang agar dapat memberikan gambaran pola pertumbuhan penduduk yang lebih stabil dan akurat.
2. Pada penelitian selanjutnya, analisis tidak hanya menggunakan variabel jumlah penduduk, tetapi juga dapat menambahkan variabel lain seperti faktor ekonomi, fasilitas umum, dan penggunaan lahan untuk memperoleh hasil analisis yang lebih komprehensif.

3. Penggunaan metode analisis spasial pada penelitian ini masih terbatas pada metode Getis-Ord  $G_i^*$ . Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain seperti Local Moran's I (LISA), Global Moran's I, atau Kernel Density Estimation (KDE) sebagai pembanding untuk memperoleh hasil analisis yang lebih komprehensif.
4. Sistem WebGIS yang telah dibangun masih bersifat sederhana, sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur seperti filter berdasarkan tahun, grafik pertumbuhan, serta analisis interaktif lainnya.
5. Pengembangan tampilan antarmuka (*user interface*) pada WebGIS perlu ditingkatkan agar lebih menarik dan mudah digunakan oleh pengguna.
6. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu referensi bagi pemerintah daerah dalam perencanaan pembangunan, khususnya dalam upaya pemerataan pertumbuhan penduduk antar wilayah.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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. In *Badan Pusat Statistik*.  
<https://webapi.bps.go.id/download.php?f=D/qqDyqOikWjGBHgQ+e2asZYx83/z3N4GXHPtfhAc7AMoBc/bw/UHfQDg3gSYVfYmQ9gQ5ID5cAwe0D84TkG+/O7tRJbsZDV/DDfppqDKRhd7zrtLis0RCa/wymwvxDdTVWY4HhzwYyuXiTLR0mMt7VUX9HTEZ0IjXtCP49BxBxpIs7SNBYbPqSi2Ns66mXJMLLVk9qHJErBnzwEejZA0EX>
- 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 Povinsi Jawa Tengah Tahun. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 595–601.  
<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- Lailia Rahmawati, Wenny Desty Febrian, Fachruzzaki, Sri Mardiyati, Rino Lengam, & I Putu Dody Suarnatha. (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  $G_i^*$ ) 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). 60526-235319-1-PB Jurnal Kota P Bowo. In *Majalah Geografi Indonesia* (Vol. 35, Issue 2, pp. 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 Math. Stat. 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.*

## LAMPIRAN

### Lampiran A Data Kependudukan dari Kantor Kecamatan

#### Lampiran A.1 Data Penduduk Tahun 2023

Desa/Kelurahan <i>Village/Kelurahan</i>	Penduduk/ <i>Population</i>		
	Laki-Laki/ <i>Male</i>	Perempuan/ <i>Female</i>	Jumlah/ <i>Total</i>
(1)	(2)	(3)	(4)
Bandar Dolok	604	604	1 208
Tanjung Garbus II	117	114	231
Perbarakan	1 378	1 382	2 760
Tanjung Garbus Kp.	961	977	1 938
Tanjung Mulia	2 971	2 944	5 915
Purwodadi	1 495	1 473	2 968
Sukamulia	1 115	1 045	2 160
Sidodadi Batu Delapan	855	891	1 746
Jati Rejo	1 016	1 009	2 025
Sidoarjo Satu Jatibaru	1 038	1 043	2 081
Sidoarjo I Psr. Miring	2 608	2 545	5 153
Pagar Merbau I	746	752	1 498
Pagar Merbau II	1 035	1 048	2 083
Sumberejo	2 061	2 088	4 149
Sukamandi Hulu	797	801	1 598
Sukamandi Hilir	1 829	1 814	3 643
<b>Pagar Merbau</b>	<b>20 626</b>	<b>20 530</b>	<b>41 156</b>

**Gambar A.1 Data Penduduk Tahun 2023**

**Lampiran A.2 Data Penduduk Tahun 2024**

<b>Desa Village</b>	<b>Penduduk Population</b>	<b>Persentase Penduduk Percentage of Total Population</b>
<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>
Bandar Dolok	1 273	2,99
Tanjung Garbus II	254	0,60
Perbarakan	2 893	6,79
Tanjung Garbus Kp.	2 066	4,85
Tanjung Mulia	6 045	14,18
Purwodadi	3 068	7,20
Sukamulia	2 207	5,18
Sidodadi Batu Delapan	1 801	4,22
Jati Rejo	2 078	4,87
Sidoarjo Satu Jatibaru	2 242	5,26
Sidoarjo I Psr. Miring	5360	12,57
Pagar Merbau I	1 543	3,62
Pagar Merbau II	2 162	5,07
Sumberejo	4 282	10,04
Sukamandi Hulu	1 599	3,75
Sukamandi Hilir	3 764	8,83
<b>Pagar Merbau</b>	<b>42 637</b>	<b>100,00</b>

**Gambar A.2 Data Penduduk Tahun 2024**



## Lampiran B Dokumentasi Pengambilan Data



**Gambar B.1 Dokumentasi bersama pegawai kecamatan**

## Lampiran C Surat Pengambilan Data

### Lampiran C.1 Surat Izin Penelitian



Nomor : 549/11.3-AU/UMSU-09/F/2026 Medan, 23 Syawwal 1447 H  
 Lampiran : - 11 April 2026 M  
 Perihal : **IZIN PENELITIAN**

Kepada Yth.  
**Bapak/Ibu Pimpinan**  
**Kantor Camat Pagar Merbau**  
**Jl. Besar Galang, Dusun II, Desa Pagar Merbau I, Kecamatan Pagar Merbau, Kabupaten**  
**Deli Serdang, Sumatera Utara**

Di Tempat

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Dengan hormat, sehubungan mahasiswa kami akan menyelesaikan studi, untuk itu kami memohon kesediaan Bapak / Ibu untuk memberikan kesempatan pada mahasiswa kami melakukan riset di **Perusahaan / Instansi** yang Bapak / Ibu pimpin, guna untuk penyusunan skripsi yang merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S-1)

Adapun Mahasiswa/i di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tersebut adalah:

**Nama** : Selasih Sayufi  
**Npm** : 2209010156  
**Jurusan** : Sistem Informasi  
**Semester** : VIII (Delapan)  
**Judul** : Analisis Spasial Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi\*) Berbasis GIS pada Kecamatan Pagar Merbau  
**Email** : selasihsayufi024@gmail.com  
**Hp/Wa** : 0823-6468-8314

Demikianlah surat kami ini, atas perhatian dan kerjasama yang Bapak / Ibu berikan kami ucapkan terimakasih

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*



Cc.File

**Gambar C.1 Surat Izin Penelitian**

## Lampiran C.2 Surat Balasan Izin Penelitian



**PEMERINTAH KABUPATEN DELI SERDANG**  
**KECAMATAN PAGAR MERBAU**

Jl. Galang Desa Pagar Merbau I Kode Pos – 20551  
 Pos-el:kecpagarmerbau@deliserdangkab.go.id  
 Laman:pagarmerbau.deliserdangkab.go.id

Pagar Merbau, 24 Februari 2026

Nomor : 070/326  
 Sifat : Penting  
 Lamp :  
 Perihal : Balasan Izin Penelitian  
 untuk melaksanakan tugas skripsi

Kepada Yth:  
 Sdr.Dekan Fakultas Ilmu Komputer & Teknologi  
 Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera  
 Utara

Di-  
 Tempat

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan Surat dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Ilmu Komputer & Teknologi Informasi dengan nomor surat 424/II.3-AU/JMSU-09/F/2026 Tanggal 9 Februari 2026 perihal Izin Penelitian untuk tugas skripsi atas nama :

No	Nama	NPM	Judul Skripsi
1.	Selasih Sayufi	2209010156	Analisis Spasial Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi*) Berbasis GIS pada Kecamatan Pagar Merbau

Selanjutnya kami menerangkan bahwasanya mahasiswa tersebut benar telah melakukan Penelitian untuk melaksanakan tugas skripsi di Kecamatan Pagar Merbau.

Demikianlah surat keterangan ini kami sampaikan, atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

a.n. Camat Pagar Merbau  
 Sekretaris Kecamatan

**RONI EKO WISUDA RAMBE, SH, MH**  
 NIP. 19860621 201505 1 001

**Gambar C.2 Surat Balasan Izin Penelitian**

## Lampiran D Script WebGIS

### Lampiran D.1 Kode HTML

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="id">

<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>WebGIS Analisis Hotspot Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Pagar Merbau</title>

  <link rel="stylesheet"
    href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css"
    integrity="sha256-p4NxAoJBhIIN+hmNHzRCf9tD/miZyoHS5obTRR9BMY="
    crossorigin="" />

  <link
href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Inter:wght@400;500;600;700&display=swap"
rel="stylesheet">

  <link rel="stylesheet" href="style.css">

</head>
<body>
  <header class="header" style="justify-content: center; text-align: center;">
    <div class="logo-title">
      <h1>WEBGIS HOTSPOT PERTUMBUHAN PENDUDUK</h1>
      <p style="font-size: 0.85rem; opacity: 0.8; margin-top: 4px;">
        Kecamatan Pagar Merbau, Deli Serdang (2023–2025)
      </p>
    </div>
  </header>

  <main class="main-container">
    <aside class="sidebar">
      <div class="panel">
        <h2>Panel Kontrol Analisis</h2>

        <!-- FILTER TAHUN -->
        <div class="control-group">
          <h3>Filter Tahun Data</h3>
          <div class="radio-wrap">
            <label>
              <input type="radio"
                name="year_filter"
                value="2023-2024"
                checked>
              Pertumbuhan Penduduk 2023 – 2024
            </label>
            <label>
              <input type="radio"
                name="year_filter"
                value="2024-2025">
              Pertumbuhan Penduduk 2024 – 2025
            </label>
            <label>

```

```

        <input type="radio"
            name="year_filter"
            value="2023-2025">
        Pertumbuhan Penduduk 2023 – 2025
    </label>
</div>
</div>

<!-- KONTROL LAYER -->
<div class="control-group">
    <h3>Kontrol Layer Peta</h3>
    <div class="checkbox-wrap">
        <label>
            <input type="checkbox"
                id="layer_batas"
                checked>
            Batas Administrasi Desa
        </label>
        <label>
            <input type="checkbox"
                id="layer_hotspot"
                checked>
            Layer Hotspot
        </label>
        <label>
            <input type="checkbox"
                id="layer_coldspot"
                checked>
            Layer Coldspot
        </label>
    </div>
</div>

<!-- FITUR UNDUH -->
<div class="control-group">
    <h3>Unduh Data Analisis</h3>
    <button
        onclick="downloadCurrentData()"
        style="
            width: 100%;
            padding: 10px;
            border: none;
            border-radius: 8px;
            background: #2c7be5;
            color: white;
            font-weight: 600;
            cursor: pointer;
            font-family: 'Inter', sans-serif;
            transition: 0.3s;
        "
        onmouseover="this.style.background='#1a68d1'"
        onmouseout="this.style.background='#2c7be5'">
        📄 Unduh Data CSV
    </button>
</div>

<!-- LEGENDA -->
<div class="control-group legend">

```

```

<h3>Legenda Peta</h3>
<h4>Hotspot (Pertumbuhan Tinggi)</h4>
<ul>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="background-color: #cb1a00;">
    </span>
    Merah Tua: Sangat Signifikan
  </li>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="background-color: #fd6565;">
    </span>
    Merah Sedang: Signifikan
  </li>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="background-color: #f7d0e0;">
    </span>

    Merah Muda: Cukup Signifikan
  </li>
</ul>

<h4>Coldspot (Pertumbuhan Rendah)</h4>
<ul>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="background-color: #0000ff;">
    </span>
    Biru Tua: Sangat Signifikan
  </li>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="background-color: #00b4f4;">
    </span>
    Biru Sedang: Signifikan
  </li>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="background-color: #a1f3ff;">
    </span>
    Biru Muda: Cukup Signifikan
  </li>
</ul>

<h4>Tidak Signifikan</h4>
<ul>
  <li>
    <span class="color-box"
      style="
        background-color: #ffffe8;
        border: 1px solid #ccc;
      ">
    </span>
    Krem: Tidak Signifikan
  </li>
</ul>
</div>

```

```

    </div>
  </aside>

  <!-- PETA -->
  <section class="map-canvas" id="map"></section>
</main>

<!-- FOOTER -->
<footer class="footer">
  <div class="footer-content">
    <p>
      &copy; 2026 WebGIS Pagar Merbau.
      All Rights Reserved.
    </p>
  </div>
</footer>

<!-- LEAFLET -->
<script
  src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"
  integrity="sha256-20nQCchB9co0qIjJZRGuk2/Z9VM+kNiyxNV1lvTlZBo="
  crossorigin="">
</script>

<!-- SCRIPT -->
<script src="script.js"></script>
</body>
</html>

```

## Lampiran D.2 Kode JavaScript (Leaflet & GeoJSON)

```

// Inisialisasi Peta Leaflet
const map = L.map('map').setView([3.54, 98.88], 13);

// Tambahkan Basemap OpenStreetMap
L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  attribution: '&copy; OpenStreetMap contributors'
}).addTo(map);

// Variabel global
let currentGeoJSONLayer = null;
let populationData = {};

// Preload data penduduk
const filesToPreload = [
  'hotspot_2023_2024.geojson',
  'hotspot_2024_2025.geojson',
  'hotspot_2023_2025.geojson'
];

filesToPreload.forEach(file => {
  fetch(`data/${file}`)
    .then(r => r.json())
    .then(data => {
      data.features.forEach(f => {
        const p = f.properties;

```

```

const name =
  p.nama_desa ||
  p.NAME ||
  p.KEL_DESA;
if (name) {
  if (!populationData[name]) {
    populationData[name] = {};
  }

  if (p.Pend_2023)
    populationData[name].pend2023 =
      parseInt(String(p.Pend_2023).replace(/./g, ""));
  if (p.Pend_2024)
    populationData[name].pend2024 =
      parseInt(String(p.Pend_2024).replace(/./g, ""));
  if (p.Pend_2025)
    populationData[name].pend2025 =
      parseInt(String(p.Pend_2025).replace(/./g, ""));
  }
});
})
.catch(console.error);
});

// Fungsi warna
function getColor(zScore) {
  if (zScore > 2.58) return '#cb1a00';
  if (zScore > 1.96) return '#fd6565';
  if (zScore > 1.65) return '#f7d0e0';
  if (zScore < -2.58) return '#0000ff';
  if (zScore < -1.96) return '#00b4f4';
  if (zScore < -1.65) return '#a1f3ff';
  return '#ffffe8';
}

// Styling layer
function style(feature) {
  const z =
    feature.properties.z_score ??
    feature.properties['Z-score'] ??
    0;

  return {
    fillColor: getColor(z),
    weight: 1,
    opacity: 1,
    color: 'white',
    dashArray: '3',
    fillOpacity: 0.7
  };
}

// Interaksi fitur
function onEachFeature(feature, layer) {
  const props = feature.properties;
  const namaDesa =
    props.nama_desa ||
    props.NAME ||

```

```

    props.KEL_DESA ||
    'Tidak Diketahui';

layer.bindTooltip(`Nama Desa : ${namaDesa}`, {
  direction: 'center',
  className: 'custom-tooltip'
});

const activeFilter =
  document.querySelector('input[name="year_filter"]:checked')?.value
  || '2023-2024';
const pop = populationData[namaDesa];
let pA_num = 0;
let pB_num = 0;
let pendA_label = "";
let pendB_label = "";
let pendA_val = "-";
let pendB_val = "-";

// FILTER TAHUN
if (activeFilter === '2023-2024') {
  pendA_label = "Penduduk 2023";
  pendB_label = "Penduduk 2024";
  if (pop) {
    pA_num = pop.pend2023 || 0;
    pB_num = pop.pend2024 || 0;
  }
}

else if (activeFilter === '2024-2025') {

  pendA_label = "Penduduk 2024";
  pendB_label = "Penduduk 2025";
  if (pop) {
    pA_num = pop.pend2024 || 0;
    pB_num = pop.pend2025 || 0;
  }
}
else if (activeFilter === '2023-2025') {
  pendA_label = "Penduduk 2023";
  pendB_label = "Penduduk 2025";
  if (pop) {
    pA_num = pop.pend2023 || 0;
    pB_num = pop.pend2025 || 0;
  }
}

// FORMAT ANGKA PENDUDUK
if (pA_num)
  pendA_val = pA_num.toLocaleString('id-ID');
if (pB_num)
  pendB_val = pB_num.toLocaleString('id-ID');

// PERTUMBUHAN
const pertumbuhan = Number(
  pA_num > 0
  ? ((pB_num - pA_num) / pA_num) * 100
  : 0

```

```

).toFixed(2);

// Z-SCORE
const zFloat = Number(
  props.z_score ??
  props['Z-score'] ??
  0
);
const formatZScore = zFloat.toFixed(2);

// KATEGORI
let customCat = "";
if (zFloat > 2.58)
  customCat = '[ Hotspot 99% ]';
else if (zFloat > 1.96)
  customCat = '[ Hotspot 95% ]';
else if (zFloat > 1.65)
  customCat = '[ Hotspot 90% ]';
else if (zFloat < -2.58)
  customCat = '[ Coldspot 99% ]';

else if (zFloat < -1.96)
  customCat = '[ Coldspot 95% ]';
else if (zFloat < -1.65)
  customCat = '[ Coldspot 90% ]';
else
  customCat = '[ Tidak Signifikan ]';

// POPUP
const popupContent = `
<div class="popup-custom-text">
📍 Info Desa
-----
${namaDesa}
${pendA_label} : ${pendA_val} Jiwa
${pendB_label} : ${pendB_val} Jiwa
Pertumbuhan : ${pertumbuhan} %
Nilai Gi* : ${formatZScore}
${customCat}
</div>`;
layer.bindPopup(popupContent);

// HOVER EFFECT
layer.on({

  mouseover: function (e) {
    e.target.setStyle({
      weight: 3,
      color: '#666',
      fillOpacity: 0.9
    });
  },
  mouseout: function (e) {
    currentGeoJSONLayer.resetStyle(e.target);
  }
});
}

```

```

// Kontrol layer
function updateLayerVisibility() {
  if (!currentGeoJSONLayer) return;
  const showBatas =
    document.getElementById('layer_batas').checked;
  const showHotspot =
    document.getElementById('layer_hotspot').checked;
  const showColdspot =
    document.getElementById('layer_coldspot').checked;
  currentGeoJSONLayer.eachLayer(layer => {

    const p = layer.feature.properties;
    const z =
      p.z_score ??
      p["Z-score"] ??
      0;
    let visible = true;
    if (z > 1.65 && !showHotspot)
      visible = false;
    if (z < -1.65 && !showColdspot)
      visible = false;

    layer.setStyle({
      fillOpacity: visible ? 0.7 : 0,
      opacity: showBatas ? 1 : 0,
      color: showBatas ? 'white' : 'transparent'
    });
  });
}

// Load GeoJSON
function loadGeoJSONData(filename) {
  if (currentGeoJSONLayer) {
    map.removeLayer(currentGeoJSONLayer);
  }

  fetch(`data/${filename}`)
    .then(res => res.json())
    .then(data => {
      data.features.forEach(f => {
        const p = f.properties;
        if (
          p['Z-score'] !== undefined &&
          p.z_score === undefined
        ) {
          p.z_score = p['Z-score'];
        }
        if (!p.nama_desa) {
          p.nama_desa =
            p.KEL_DESA ||
            p.NAME ||
            p.KELURAHAN;
        }
      });
    });

  currentGeoJSONLayer = L.geoJSON(data, {
    style: style,
    onEachFeature: onEachFeature
  });
}

```

```

    }).addTo(map);

    updateLayerVisibility();
    const bounds =
      currentGeoJSONLayer.getBounds();
    if (bounds.isValid()) {
      map.fitBounds(bounds, {
        padding: [30, 30],
        maxZoom: 12
      });
    }
  }
})
.catch(err => console.warn(err));
}

// Event filter tahun
document.querySelectorAll('input[name="year_filter"]')
  .forEach(radio => {
    radio.addEventListener('change', e => {
      const file =
        e.target.value === '2023-2024'
          ? 'hotspot_2023_2024.geojson'
          : e.target.value === '2024-2025'
            ? 'hotspot_2024_2025.geojson'
            : 'hotspot_2023_2025.geojson';

      loadGeoJSONData(file);
    });
  });

// Checkbox layer
document.querySelectorAll(
  '#layer_batas, #layer_hotspot, #layer_coldspot'
).forEach(el =>
  el.addEventListener('change', updateLayerVisibility)
);

// Load awal
loadGeoJSONData('hotspot_2023_2024.geojson');

// FITUR UNDUH DATA CSV
function downloadCurrentData() {
  const activeFilter =
    document.querySelector('input[name="year_filter"]:checked')?.value
    || '2023-2024';
  const filename =
    activeFilter === '2023-2024'
      ? 'hotspot_2023_2024.geojson'
      : activeFilter === '2024-2025'
        ? 'hotspot_2024_2025.geojson'
        : 'hotspot_2023_2025.geojson';
  fetch(`data/${filename}`)
    .then(res => res.json())
    .then(data => {
      let csv =
        "Nama Desa,Jumlah Penduduk Awal,Jumlah Penduduk Akhir,Pertumbuhan (%),Nilai  

        Gi*,Kategori\n";
      data.features.forEach(feature => {

```

```

const props = feature.properties;
const namaDesa =
  props.nama_desa ||
  props.NAME ||
  props.KEL_DESA ||
  'Tidak Diketahui';
const pop = populationData[namaDesa];
let pA_num = 0;
let pB_num = 0;

// FILTER TAHUN
if (activeFilter === '2023-2024') {
  if (pop) {
    pA_num = pop.pend2023 || 0;
    pB_num = pop.pend2024 || 0;
  }
}

else if (activeFilter === '2024-2025') {
  if (pop) {
    pA_num = pop.pend2024 || 0;
    pB_num = pop.pend2025 || 0;
  }
}

else if (activeFilter === '2023-2025') {
  if (pop) {
    pA_num = pop.pend2023 || 0;
    pB_num = pop.pend2025 || 0;
  }
}

// PERTUMBUHAN
const pertumbuhan = Number(
  pA_num > 0
    ? ((pB_num - pA_num) / pA_num) * 100
    : 0
).toFixed(2);

// NILAI GI*
const zFloat = Number(
  props.z_score ??
  props['Z-score'] ??
  0
);
const zScore = zFloat.toFixed(2);

// KATEGORI
let kategori = "";
if (zFloat > 2.58)
  kategori = 'Hotspot 99%';
else if (zFloat > 1.96)
  kategori = 'Hotspot 95%';
else if (zFloat > 1.65)
  kategori = 'Hotspot 90%';
else if (zFloat < -2.58)
  kategori = 'Coldspot 99%';
else if (zFloat < -1.96)
  kategori = 'Coldspot 95%';

```

```

else if (zFloat < -1.65)
    kategori = 'Coldspot 90%';
else
    kategori = 'Tidak Signifikan';

// TAMBAH DATA CSV
// AGAR EXCEL TETAP MENAMPILKAN 2 DESIMAL
csv +=
`${namaDesa},${pA_num},${pB_num},=${${pertumbuhan}},=${${zScore}},{kategori}\n`;
});

// BUAT FILE CSV
const blob = new Blob(
    [csv],
    {
        type: 'text/csv;charset=utf-8;'
    }
);

// DOWNLOAD FILE
const url = URL.createObjectURL(blob);
const link = document.createElement("a");
link.setAttribute("href", url);
link.setAttribute(
    "download",
    `Data_Penduduk_${activeFilter}.csv`
);

link.style.visibility = 'hidden';
document.body.appendChild(link);
link.click();
document.body.removeChild(link);
})
.catch(err => console.error(err));
}

```



## SPATIAL ANALYSIS OF POPULATION GROWTH USING GETIS- ORD GI HOTSPOT ANALYSIS BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN PAGAR MERBAU DISTRICT

### ORIGINALITY REPORT

<b>12%</b> SIMILARITY INDEX	<b>11%</b> INTERNET SOURCES	<b>3%</b> PUBLICATIONS	<b>7%</b> STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="https://repository.umsu.ac.id">repository.umsu.ac.id</a> Internet Source	<b>3%</b>
<b>2</b>	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	<b>1%</b>
<b>3</b>	<a href="https://pastebin.com">pastebin.com</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<a href="https://etd.repository.ugm.ac.id">etd.repository.ugm.ac.id</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<a href="https://ejournal.undiksha.ac.id">ejournal.undiksha.ac.id</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<a href="https://whoisyourvpn.com">whoisyourvpn.com</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	Submitted to UPN Veteran Yogyakarta Student Paper	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<a href="https://repo.undiksha.ac.id">repo.undiksha.ac.id</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<a href="https://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>10</b>	<a href="https://etheses.iainkediri.ac.id">etheses.iainkediri.ac.id</a> Internet Source	<b>&lt;1%</b>

11	johagis.com Internet Source	<1 %
12	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
13	123dok.com Internet Source	<1 %
14	repository.ulb.ac.id Internet Source	<1 %
15	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
16	www.preline.co Internet Source	<1 %
17	Submitted to University of Trinidad and Tobago Student Paper	<1 %
18	repository.karyailmiah.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %
19	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
20	www.journal.stiemb.ac.id Internet Source	<1 %
21	Submitted to Middle East College Student Paper	<1 %
22	Submitted to University of Salford Student Paper	<1 %
23	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %

---

24	Submitted to Johns Hopkins University Student Paper	<1 %
25	Peter Himschoot. "Full Stack Development with Microsoft Blazor", Springer Science and Business Media LLC, 2024 Publication	<1 %
26	Submitted to Universitas Terbuka Student Paper	<1 %
27	repository.syekhnurjati.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
29	Mehmet Doğruluk, Alper Ateş. "Evaluating the Accessibility of Geographically Indicated Food Products in Restaurants From a Geospatial Perspective", Transactions in GIS, 2025 Publication	<1 %
30	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
31	repository.unand.ac.id Internet Source	<1 %
32	tajdid.id Internet Source	<1 %
33	conference.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
34	eprints.amikom.ac.id Internet Source	<1 %
35	repository.unpar.ac.id Internet Source	<1 %

36	Submitted to University of Essex Student Paper	<1%
37	Andhy Sulisty, Resmiaini Resmiaini. "Analisis Spasial Kejadian Stunting Berbasis Rekam Medis Elektronik dan Data Geospasial di Kecamatan Piyungan, Bantul", MASALIQ, 2026 Publication	<1%
38	eprints.pknstan.ac.id Internet Source	<1%
39	siff.eaconsultores.com.co Internet Source	<1%
40	Martina Mogan, Ruth Yogi, Endang Trisnawati, Yanti Rengil. "Pemberdayaan Kader Posyandu Dalam Deteksi Dini Stunting dan Stimulasi Tumbuh Kembang Pada Anak Balita", Ahmar Metakarya: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2026 Publication	<1%
41	Submitted to Universitas Islam Majapahit Student Paper	<1%
42	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	<1%
43	repository.iainpare.ac.id Internet Source	<1%
44	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
45	id.123dok.com Internet Source	<1%
repository.its.ac.id		

---

46	Internet Source	<1 %
47	www.loreal.co.id Internet Source	<1 %
48	Submitted to Islington College, Nepal Student Paper	<1 %
49	aimac.ai Internet Source	<1 %
50	www.cahayabentengmas.co.id Internet Source	<1 %
51	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
52	digilib.uns.ac.id Internet Source	<1 %
53	ostradecraft.com Internet Source	<1 %
54	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
55	www.3engine.net Internet Source	<1 %
56	"Sborník z 29. ročníku semináře Moderní matematické metody v inženýrství", VSB - Technical University of Ostrava, 2024 Publication	<1 %
57	Arthur M. Glenberg, Matthew E. Andrzejewski. "Learning From Data - An Introduction to Statistical Reasoning", Psychology Press, 2007 Publication	<1 %

---

58	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
59	khusnulhotimah94.wordpress.com Internet Source	<1 %
60	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
61	repository.atmaluhur.ac.id Internet Source	<1 %
62	repository.upi.edu Internet Source	<1 %
63	rnsaffn.com Internet Source	<1 %
64	www.subframe.com Internet Source	<1 %
65	N A A B Juarimi, N R M Nasir. "Digital map of zoo negara using geospatial information system (GIS) approach", Journal of Physics: Conference Series, 2021 Publication	<1 %
66	Patrick Marie. "Modern Web Cartography", Springer Science and Business Media LLC, 2026 Publication	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

## CAHAYA ILMU BANGSA INSTITUTE

Biro Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
KEMENKUMHAM AHU-0018912-AH-0114  
Perum Puri Kartika Asri Blok 2 A2 Malang  
e-mail: admin@cahayailmubangsa.institute



# LETTER OF ACCEPTANCE

NO: 2026/CIB013/LOA562

**Assalamualaikum Wr. Wb.**

Bersama surat ini, kami menerangkan bahwa artikel dengan keterangan naskah berikut

Judul	ANALISIS SPASIAL PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN HOTSPOT ANALYSIS (GETIS-ORD GI*) BERBASIS GIS PADA KECAMATAN PAGAR MERBAU
Author	Selasih Sayufi, Al-Khowarizmi
Instansi	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Korespondensi	selasihsayufi@gmail.com
Jurnal	Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi
Volume	Vol. 10 No. 12 (2026)
Link Terbitan	<a href="https://cibangsa.com/index.php/kohesi/article/view/9712">https://cibangsa.com/index.php/kohesi/article/view/9712</a>

Berstatus ACCEPTED untuk dipublish. Keputusan ini dibuat sebagai tanda bahwa naskah yang bersangkutan telah lolos plagiarism checker. Dan LoA ini dibuat sebagai bukti bahwa author telah menyelesaikan APC yang telah ditetapkan oleh pengelola jurnal. LOA Berlaku jika dilengkapi link dan pdf publish. Hubungi kami di [admin\\_jurnal@cahayailmubangsa.institute](mailto:admin_jurnal@cahayailmubangsa.institute) jika ada pertanyaan lebih lanjut, terima kasih.

Malang, 08 May 2026



Dr. Umam Rofiq, M.Pd., Ph.D  
Director

**Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi** 🔔 👤

[← Back to Submissions](#)

9712 / **Selasih Sayufi et al.** / ANALISIS SPASIAL PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN HOTSPOT ANALYSIS(GETIS-ORD GI\*) BEF Library

Workflow **Publication**

Submission **Review** Copyediting Production

**Submission Files** 🔍 Search

▶	📄 27713	080526_ANALISIS SPASIAL PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN HOTSPOT ANALYSIS.pdf	May 8, 2026	Article Text
---	---------	---	-------------	--------------

[Download All Files](#)

**Pre-Review Discussions** [Add discussion](#)

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
No Items				



MAJLIS PENDIDIKAN TINGGI PEMULUTAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI**

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 81/SK.BAN-PT/Akred/PT/2019  
 Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
 Email: info@umsu.ac.id | info@umsu.ac.id | @umsu | @umsu | @umsu | @umsu

### Berita Acara Pembimbingan Skripsi

Nama Mahasiswa : Selasih Sayufi  
 Program Studi : Sistem Informasi  
 NPM : 2209010156  
 Judul Penelitian : Analisis Spasial Pertumbuhan Penduduk Menggunakan  
 Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi\*) Berbasis GIS pada Kecamatan Pagar Merbau  
 Nama Dosen Pembimbing : Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.

Tanggal Bimbingan	Hasil Evaluasi	Paraf Dosen
13 Januari 2026	Revisi Bab I	
21 Januari 2026	Revisi Bab II & III	
23 Januari 2026	Revisi Alur Penelitian & UML	
26 Januari 2026	ACC Sempro	
13 Maret 2026	Revisi bab IV	
30 Maret 2026	Revisi rata kanan dan rata kiri	
02 April 2026	Abstrak dan Daftar pustaka	
06 April 2026	ACC Sidang	

Medan,

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi

Mahardika Abdi Prawira Tanjung, M.Kom

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom

