



ANALISIS SPASIAL MODERN DALAM KAJIAN PERTUMBUHAN PENDUDUK: STUDI GWLR DI PULAU JAWA

Okky Rizky Saputra*, Politeknik Statistika STIS

Ferdy Kusuma, Politeknik Statistika STIS

Rezky Aditya Ar'razak, Politeknik Statistika STIS

*e-mail: 212112279@stis.ac.id

Abstrak. Laju pertumbuhan penduduk mengacu pada tingkat faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan jumlah penduduk. Perkembangan jumlah penduduk di pemerintahan daerah menyebabkan laju pertumbuhan penduduk menjadi tidak terkendali. Di Pulau Jawa, laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2020 hingga 2021 meningkat signifikan sebesar 3,125%. Peningkatan jumlah penduduk ini menimbulkan berbagai masalah ekonomi dan sosial. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan pemodelan spasial yang efektif dan komprehensif, yaitu *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR) dengan pembobot *Fixed Gaussian* dan *Adaptive Gaussian*. Pemodelan GWLR bertujuan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk di setiap kabupaten/kota di Pulau Jawa. Berdasarkan hasil pemodelan GWLR dengan AICc, fungsi kernel *Fixed Bi Square* memiliki nilai 137,545. Ini menunjukkan bahwa pemodelan laju pertumbuhan penduduk di setiap kabupaten/kota berbeda-beda. Hasil pemodelan GWLR di Pulau Jawa menunjukkan bahwa ada 29 kabupaten/kota dengan laju pertumbuhan penduduk yang signifikan pada variabel pasangan usia subur peserta KB dan angka kematian bayi, sedangkan 71 kabupaten/kota memiliki laju pertumbuhan penduduk yang signifikan pada variabel pasangan usia subur peserta KB.

Kata kunci: AICc, GWLR, Laju Pertumbuhan Penduduk, Kernel Fixed BiSquare.

Abstract. Population growth rate refers to the level of factors that influence the increase and decrease in population. The development of population in local governments causes the population growth rate to become uncontrolled. In Java, the population growth rate from 2020 to 2021 increased significantly by 3.125%. This increase in population causes various economic and social problems. To overcome this problem, effective and comprehensive spatial modeling is needed, namely *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR) with *Fixed Gaussian* and *Adaptive Gaussian* weights. GWLR modeling aims to understand the factors that influence the population growth rate in each district/city in Java. Based on the results of GWLR modeling with AICc, the *Fixed Bi Square* kernel function has a value of 137.545. This shows that the modeling of the population growth rate in each district/city is different. The results of GWLR modeling in Java show that there are 29 districts/cities with a significant population growth rate in the variables of fertile couples participating in KB and infant mortality rates, while 71 districts/cities have a significant population growth rate in the variables of fertile couples participating in KB.

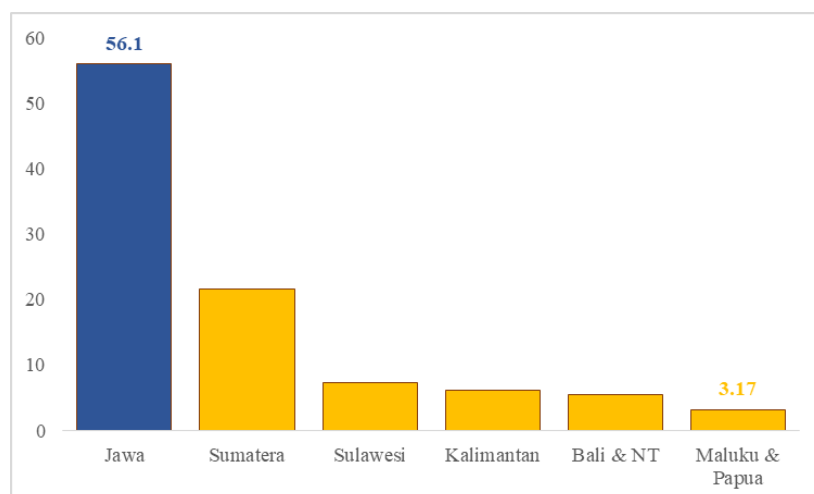
Keywords: AICc, GWLR, Population Growth Rate, Fixed BiSquare Kernel.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk mencerminkan keseimbangan berbagai faktor yang mempengaruhi kenaikan dan penurunan jumlah penduduk (Fuadi, 2021). Laju pertumbuhan penduduk adalah salah satu indikator masalah yang perlu ditangani (Faizin & Kartini, 2021). Di Indonesia, angka pertumbuhan penduduk yang terlalu rendah dapat menghambat perkembangan daerah (Suartha, 2016). Ketidakmampuan mengendalikan pertumbuhan penduduk di tingkat pusat dan daerah dapat berdampak negatif pada perkembangan daerah tersebut (Putri & Nurwati, 2021). Kondisi ini bisa diatasi dengan mengontrol keseimbangan laju pertumbuhan penduduk (Faizin & Kartini, 2021). Peningkatan jumlah penduduk juga bisa memberikan dampak positif jika dianggap sebagai indikator pembangunan, terutama jika ada banyak tenaga kerja yang tersedia (Praja dkk., 2023).

Hasil sensus penduduk menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk Pulau Jawa mengalami peningkatan yang cukup besar. Pada tahun 2020, jumlah penduduk Pulau Jawa mencapai 160 juta jiwa, yang meningkat menjadi 165 juta jiwa pada tahun 2021. Ini mengindikasikan penambahan sebanyak 5 juta jiwa dalam satu tahun, dengan laju pertumbuhan penduduk sekitar 3,125% (BPS, 2021). Selain itu, Pulau Jawa merupakan pulau dengan distribusi jumlah penduduk terbanyak yaitu sebesar 56,1% proporsi penduduk tahun 2021 berada di Pulau Jawa sesuai di Gambar 1. Distribusi Jumlah Penduduk Menurut Pulau di Indonesia, 2021 (BPS, 2021). Pertumbuhan penduduk di daerah tersebut dipengaruhi oleh angka kelahiran, kematian, dan migrasi penduduk (Eko, 2017). Pemerintah telah memberikan solusi untuk mengendalikan pertumbuhan penduduk dengan menerapkan program dua anak cukup (Ainy dkk., 2019). Selain itu, program Keluarga Berencana diatur dalam UU No. 52 Tahun 2009 dan UU Kependudukan No. 23 Tahun 2006 (Fathurahman dkk., 2016).

Namun, peningkatan jumlah penduduk di lain sisi dapat berdampak pada masalah kriminalitas, kepadatan penduduk, dan penurunan kesejahteraan (Safitri dkk., 2019). Permasalahan tersebut juga termasuk dalam salah satu tujuan SDGs ke-8 mengenai pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, penelitian yang efektif diperlukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi kestabilan laju pertumbuhan penduduk di Pulau Jawa menuju Indonesia Emas 2045. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada kebijakan pemerintah mendatang dengan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan kesejahteraan dan mengurangi angka kriminalitas di Pulau Jawa.



Gambar 1. Distribusi jumlah penduduk menurut pulau di Indonesia, 2021
Sumber: Badan Pusat Statistik

Penelitian terkait pertumbuhan penduduk telah dilakukan dengan berbagai pendekatan dan metode analisis. Faizin dan Kartini (2021) menganalisis pertumbuhan penduduk di Kabupaten Bojonegoro menggunakan metode *Confirmatory Factor Analysis* (CFA). Hasilnya menunjukkan bahwa mortalitas dan migrasi merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi pertumbuhan penduduk. Sementara itu, Praja dkk. (2023) meneliti pengaruh Indeks Pembangunan Manusia (IPM), laju pertumbuhan penduduk, dan tingkat pengangguran terhadap kemiskinan di DKI Jakarta dengan metode Regresi Ekonometrika. Penelitian ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan penduduk berdampak langsung pada tingkat kemiskinan. Penelitian lain oleh Basri dkk. (2023) menggunakan Sistem Informasi Geografis dan metode Regresi Linear untuk memetakan dan memprediksi laju pertumbuhan penduduk, dengan hasil bahwa pembangunan fasilitas berpengaruh terhadap prediksi pertumbuhan penduduk.

Beberapa penelitian sebelumnya mengabaikan efek spasial dalam analisisnya (Kemp, 2014 dalam Mahmudah & Anggraeni, 2021). Untuk mengatasi keterbatasan ini, Mahmudah dan Anggraeni (2021) menerapkan *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR), yang menggunakan fungsi kernel untuk mempertimbangkan pengaruh spasial. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan model yang lebih akurat terkait jumlah kasus di setiap wilayah di Pulau Jawa. Sebelumnya, metode GWLR juga telah diterapkan oleh Solekha dan Qudratullah (2022) dalam analisis pemodelan kemiskinan serta oleh Aji dkk. (2014) dalam mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk di Kota Semarang, di mana jumlah pasangan usia subur ditemukan sebagai variabel signifikan. Penelitian terbaru oleh Salsabila dkk. (2023) mengaplikasikan metode GWLR untuk menganalisis pertumbuhan penduduk di Sumatera Barat, menemukan bahwa kelahiran bayi hidup, migrasi masuk, dan migrasi keluar adalah faktor signifikan.

Metode GWLR merupakan pengembangan dari *Geographically Weighted Regression* (GWR) yang menggabungkan regresi logistik untuk data kategorikal. GWLR mampu mempertimbangkan efek spasial yang tidak stasioner, sehingga menjadi pilihan yang lebih baik untuk data dengan karakteristik lokasi geografis tertentu (Ulhaq, 2020). Hal ini sejalan dengan teori-teori demografi spasial seperti *The Growth Pole Theory* (Perroux, 1955), *The Central Place Theory* (Christaller & Baskin, 1966), dan *Spatial Diffusion Theory* (Hudson, 1972). Teori-teori ini menekankan pentingnya aspek geografis dalam memahami dinamika pertumbuhan penduduk. Sebagai contoh, *Growth Pole Theory* menjelaskan hubungan saling ketergantungan antar wilayah dalam pertumbuhan ekonomi yang dapat mempengaruhi perubahan populasi, sedangkan *Spatial Diffusion Theory* menyatakan bahwa pertumbuhan populasi di suatu wilayah cenderung menyebar ke area sekitarnya.

Dalam konteks demografi, teori transisi demografi (Landry, 1934 dalam Kirk, 1996) juga relevan. Teori ini menguraikan tiga tahapan perkembangan populasi: primitif, menengah, dan kontemporer. Pada tahap primitif, tingkat kelahiran dan kematian tinggi sehingga pertumbuhan penduduk stabil. Pada tahap menengah, tingkat kematian menurun akibat perbaikan kesehatan dan sanitasi, sementara tingkat kelahiran tetap tinggi sehingga pertumbuhan penduduk meningkat pesat. Pada tahap kontemporer, tingkat kelahiran dan kematian menurun secara signifikan karena kemajuan dalam pendidikan, kesehatan, dan kesejahteraan sosial, yang menyebabkan pertumbuhan penduduk menjadi lebih stabil. Faktor fertilitas dalam transisi ini juga dapat ditekan melalui kebijakan pembatasan kelahiran, seperti penggunaan alat kontrasepsi (Landry, 1934; Setiawati dkk., 2017).

Masalah kependudukan akibat tingginya laju pertumbuhan penduduk memerlukan perhatian serius. Faktor demografi utama yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk meliputi Natalitas/Fertilitas (kelahiran) dan Mortalitas (kematian) (Suartha, 2016). Pemerintah Indonesia telah menerapkan program Keluarga Berencana Nasional (KB) untuk mengendalikan

laju pertumbuhan penduduk, dengan fokus pada penggunaan Metode Kontrasepsi Jangka Panjang (MKJP) (Rotinsulu dkk., 2021). Berdasarkan Sensus Penduduk 2020 oleh BPS, 56,10% penduduk Indonesia tinggal di Pulau Jawa, meskipun luasnya hanya sekitar 7% dari total wilayah Indonesia. Tingginya populasi di Pulau Jawa ini juga diikuti oleh variasi penggunaan alat kontrasepsi yang mempengaruhi angka fertilitas (Laksmi, 2017).

Penelitian ini menggunakan metode GWLR untuk mengevaluasi laju pertumbuhan penduduk di Pulau Jawa dengan mempertimbangkan fungsi pembobot yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi laju pertumbuhan penduduk sekaligus mengidentifikasi faktor-faktor yang berdampak signifikan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi berharga dalam perencanaan dan perumusan kebijakan untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat serta mengatasi tantangan pertumbuhan penduduk di Pulau Jawa.

METODE

Penelitian ini menggunakan data dari 119 kabupaten/kota di Pulau Jawa pada tahun 2021. Semua variabel yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang dikumpulkan mencakup berbagai aspek demografi dan kesehatan, seperti laju pertumbuhan penduduk, pasangan usia subur, peserta KB, angka kelahiran total, dan angka kematian bayi sesuai pada Tabel 1. Definisi operasional pada variabel Penelitian. Data koordinat yang digunakan adalah titik dari ibu kota tiap kabupaten/kota di Pulau Jawa.

Tabel 1. Definisi operasional pada variabel penelitian

Variabel	Satuan	Definisi
Laju Pertumbuhan Penduduk	Nominal 0: LPP < 1 1: LPP > 1	Laju pertumbuhan penduduk per tahun adalah angka yang menunjukkan rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk per tahun.
Pasangan Usia Subur	Pasangan	Pasangan Usia Subur (PUS) adalah pasangan suami istri yang istrinya berumur antara 15 sampai dengan 49 tahun atau pasangan suami istri yang istri berumur kurang dari 15 tahun dan sudah haid atau istri berumur lebih dari 50 tahun, tetapi masih haid (datang bulan).
Pasangan Usia Subur yang menjadi peserta KB	Pasangan	PUS yang menjadi peserta KB adalah pasangan usia subur yang suami/istrinya sedang memakai atau menggunakan salah satu alat atau cara kontrasepsi modern pada tahun pelaksanaan pendataan keluarga.
Tingkat Kelahiran Total	Persen	Tingkat kelahiran total merupakan penjumlahan dari perhitungan jumlah kelahiran hidup pada kelompok usia tertentu dibagi dengan jumlah populasi wanita pada kelompok usia tertentu dikali 1000.
Tingkat Kematian Bayi	Persen	Tingkat kematian bayi merupakan pengukuran jumlah kematian bayi di bawah usia satu tahun dalam sebuah populasi dibagi dengan jumlah kelahiran hidup dari catatan kesehatan.

Laju pertumbuhan penduduk dikategorikan menjadi dua kategori, yaitu kurang dari 1 dan lebih dari 1, didasarkan pada perbedaan tingkat pertumbuhan yang signifikan antara dua kelompok tersebut. Ketika laju pertumbuhan penduduk kurang dari 1, hal ini menunjukkan

bahwa pertumbuhan penduduk relatif lambat atau bahkan mungkin mengalami penurunan. Situasi ini sering kali terkait dengan berbagai faktor seperti tingkat kelahiran yang rendah, peningkatan mortalitas, atau migrasi keluar yang tinggi. Sebaliknya, ketika laju pertumbuhan penduduk lebih dari 1, hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan penduduk relatif cepat atau bahkan mungkin mengalami lonjakan yang signifikan.

Dalam penelitian ini digunakan model *Generalized Linear Regression* yaitu Regresi Logistik Biner dan *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR). Variabel dependen yang digunakan adalah laju pertumbuhan penduduk, yang kami bagi menjadi dua kategori: 0 untuk Laju Pertumbuhan Penduduk (LPP) < 1 dan 1 untuk Laju Pertumbuhan Penduduk (LPP) > 1 . Oleh karena variabel dependen memiliki dua kategori maka regresi logistik biner digunakan sebagai GLR untuk pemodelan dalam penelitian ini.

Regresi Logistik Biner

Regresi logistik Biner adalah teknik pemodelan yang memperkirakan hubungan antara variabel dependen berjenis biner dengan beberapa variabel independen (Wilson & Lorenz, 2015). Regresi logistik menggunakan fungsi sigmoid untuk mengubah keluaran linear kontinu menjadi nilai probabilitas antara 0 dan 1. Adapun untuk variabel prediktornya dapat bersifat kuantitatif (kontinu), kualitatif (diskrit) ataupun keduanya (Azen & Walker, 2011). Persamaan model regresi logistik dengan p variabel prediktor dapat dituliskan dalam Persamaan 1.

$$g(\mathbf{x}) = \text{logit}(\pi(\mathbf{x})) = \ln\left(\frac{\pi(\mathbf{x})}{1-\pi(\mathbf{x})}\right) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} \quad (1)$$

dengan $\pi(\mathbf{x})$ adalah probabilitas wilayah termasuk dalam kategori 0 atau 1, intersep dinyatakan oleh β_0 dan β_k adalah koefisien dari variabel independen. Model regresi logistik menghasilkan probabilitas. Sampel dengan probabilitas di atas 0,5 diklasifikasikan sebagai kelas 1 ($Y = 1$), dan yang pada atau di bawah 0,5 diklasifikasikan sebagai kelas 0 ($Y = 0$). Oleh karena itu, regresi logistik sangat berguna untuk masalah klasifikasi biner. Model regresi logistik dapat dituliskan dalam notasi peluang seperti pada Persamaan 2.

$$\pi(\mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i)}{1 + \exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_i)} \quad (2)$$

Geographically Weighted Logistic Regression

Tingkat pertumbuhan penduduk dapat berbeda antar wilayah karena perbedaan karakteristik sosial dan demografinya (Chi & Zhu, 2008). Oleh karena itu, penggunaan model regresi global untuk menangkap informasi heterogenitas spasial terkait pertumbuhan penduduk akan menjadi kurang relevan. Model Regresi Logistik Biner tidak dapat mengeksplorasi variasi spasial dalam hubungan dan memperkirakan koefisien tunggal untuk masing-masing variabel independen untuk seluruh area studi (Harrell, 2015). Di sisi lain, metode GWLR dapat mengeksplorasi variasi spasial dalam hubungan antara variabel dependen dan independen dengan mengembangkan model lokal untuk setiap pengamatan (Mishra dkk., 2021). Model GWLR adalah variasi dari regresi berbobot geografis (GWR) dengan membangun model regresi lokal untuk setiap wilayah geografis berdasarkan pengamatan wilayah target itu sendiri dan tetangganya (Nkeki & Asikhia, 2019), di mana yang disebut tetangga membawa bobot yang lebih tinggi jika mereka lebih dekat dengan target.

Model GWR pertama kali diperkenalkan oleh Brunson pada tahun 1996. Model ini mencerminkan regresi dengan memperhitungkan bobot pada setiap data dalam suatu set data, yang bergantung pada letak geografisnya. Tujuan utama model ini adalah untuk menyelidiki heterogenitas dalam proses, seperti yang disebutkan oleh Nkeki (2019). Sementara itu, GWLR adalah metode yang menggabungkan regresi logistik dengan GWR. Metode ini digunakan khususnya untuk memodelkan data kategorikal dengan mempertimbangkan efek spasial. Formulasi model GWLR dituliskan pada Persamaan 3.

$$\pi(x_i) = \frac{\exp(\beta_k(u_i, v_i)x_{ik})}{1 + \exp(\beta_k(u_i, v_i)x_{ik})} \quad (3)$$

dengan $\pi(x_i)$ adalah peluang sukses untuk kabupaten/kota ke- i , u_i, v_i adalah koordinat (longitude, latitude) untuk kabupaten/kota ke- i , $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah koefisien regresi untuk variabel prediktor ke- k untuk kabupaten/kota ke- i .

Fungsi pembobot memiliki signifikansi yang besar dalam estimasi parameter. Estimasi parameter pada suatu lokasi tertentu akan dipengaruhi oleh sifat-sifat dari titik lokasi yang berdekatan (Leung dkk., 2000). Matriks pembobot dapat dibuat menggunakan empat jenis fungsi kernel, yakni *kernel Gaussian Adaptif*, *Bisquare Adaptif*, *Fixed Gaussian*, dan *Fixed Bi-Square*. Dari keempat jenis fungsi tersebut, akan dipilih jenis pembobot yang memberikan bandwidth terbaik. Pemilihan bandwidth yang optimal sangat krusial karena akan memengaruhi akurasi hasil regresi (Lu dkk., 2014). Pemilihan bandwidth didasarkan pada nilai terkecil dari *Akaike Information Criterion corrected* (AICc) dengan rumus disajikan pada Persamaan 4.

$$AICc = AIC + \frac{2k^2 + 2k}{n - k - 1} \quad (4)$$

Pengujian kecocokan dilaksanakan dengan membandingkan *deviance* model regresi logistik dan GWLR. Tujuan pengujian ini adalah untuk menilai apakah ada pengaruh dari faktor geografis pada model GWLR. Pasangan hipotesis adalah $H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$ (tidak ada perbedaan yang signifikan antara model) lawan $H_1: \text{Minimal terdapat satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$ (terdapat perbedaan yang signifikan antara model). Statistik uji yang digunakan adalah

$$F = \frac{\left(\frac{D(\hat{\beta})}{df_1} \right)}{\left(\frac{D(\hat{\beta})}{df_2} \right)} \quad (5)$$

Kriteria keputusan adalah tolak H_0 apabila $|W_{hitung}| > t_{((n-k-1), \alpha)}$.

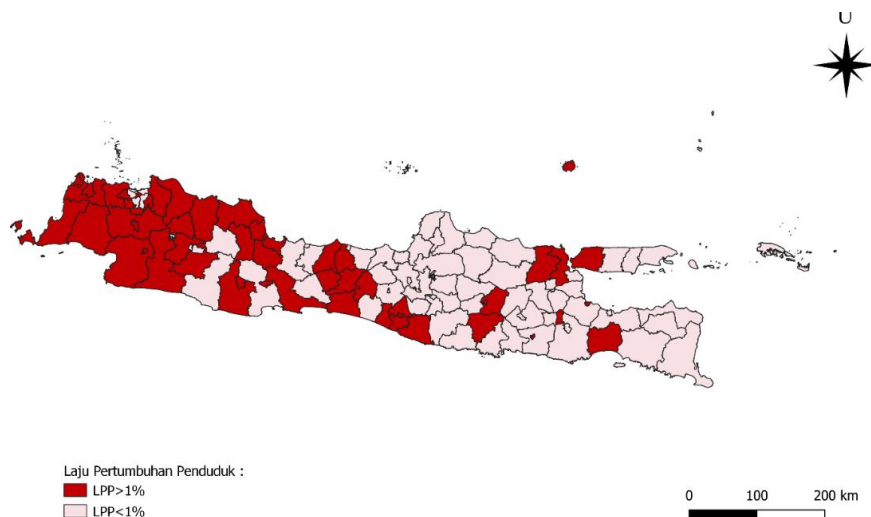
Variance Inflation Factor

Dasar dari pembentukan model regresi adalah bahwa setiap variabel penjelas independen dari yang lain (Zhang dkk., 2016). Analisis ini memerlukan pertimbangan terhadap kemungkinan adanya korelasi linear yang kuat antara variabel, yang kemudian dapat menyebabkan masalah multikolinearitas. Masalah ini menyebabkan ketidakstabilan dalam perhitungan variabel yang menghasilkan hasil yang tidak relevan (Chowdhuri dkk., 2021). Oleh karena itu, multikolinearitas antara variabel-variabel independen ini dipertimbangkan menggunakan Faktor Inflasi Varians (VIF). Jika $VIF > 5$, hasilnya akan menunjukkan adanya multikolinearitas yang kuat di antara faktor-faktor tersebut (Cao dkk., 2019). VIF

diformulasikan sebagai $VIF = 1/(1 - R_j^2)$ dengan R^2 menunjukkan seberapa baik variabel independen j dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen lainnya dalam model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif



Gambar 2. Peta persebaran klasifikasi laju pertumbuhan penduduk di Jawa, 2021
Sumber: Badan Pusat Statistik

Berdasarkan Gambar 2, Pulau Jawa dapat terbagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan laju pertumbuhan penduduknya. Kelompok pertama menunjukkan karakteristik laju pertumbuhan tinggi dengan nilai lebih dari 1%. Sedangkan, kelompok kedua menunjukkan karakteristik laju pertumbuhan tinggi dengan nilai kurang dari 1%. Kelompok satu terdiri dari 54 kabupaten/kota yang didominasi oleh wilayah bagian barat Pulau Jawa. Kelompok 2 terdiri dari 65 kabupaten/kota yang didominasi oleh wilayah bagian timur Pulau Jawa. Kesenjangan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya perbedaan kondisi ekonomi dan ketersediaan infrastruktur. Apabila suatu kab/kota memiliki potensi ekonomi dan infrastruktur yang lebih baik, maka akan menjadi daya tarik masyarakat untuk tinggal di wilayah tersebut sehingga mengakibatkan laju pertumbuhan penduduk meningkat. Kebijakan pemerintah juga dapat menjadi faktor lain yang mempengaruhi perbedaan kondisi antar wilayah tersebut.

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata jumlah Pasangan Usia Subur (PUS) adalah 236,82 ribu jiwa dengan variasi yang besar, mulai dari 6,47 ribu jiwa di Kepulauan Seribu hingga 1087,61 ribu jiwa di Bogor. Jumlah pasangan yang menjadi peserta KB rata-rata adalah 119,362 ribu jiwa PUS, dengan variasi yang cukup besar antara 2,61 ribu jiwa di Kota Cirebon dan 435,27 ribu jiwa di Jakarta Barat. Variasi ini mencerminkan perbedaan dalam populasi usia subur dan cakupan program KB di berbagai daerah, yang mungkin dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti aksesibilitas dan kesadaran masyarakat terhadap program KB. Tingkat kelahiran rata-rata adalah 2,034%; dengan Jakarta Pusat memiliki tingkat kelahiran terendah (1,540%) dan Garut tertinggi (2,450%). Tingkat kematian bayi rata-rata adalah 15,60% dengan nilai terendah di Jakarta Pusat (10,67%) dan tertinggi di Bondowoso (23,20%). Meskipun ada variasi, standar deviasi yang relatif kecil untuk kedua variabel ini menunjukkan keseragaman yang cukup baik di berbagai daerah. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa pelayanan kesehatan ibu dan anak

relatif merata di seluruh wilayah, meskipun ada beberapa daerah dengan angka yang lebih ekstrem.

Tabel 2. Statistik ringkasan setiap variabel

Variabel	Mean	Min	Max	Standar Deviasi
Jumlah PUS (Ribu Jiwa)	236,82	6,47 (Kep Seribu)	1087,61(Bogor)	173,7156
Jumlah KB (Ribu Jiwa PUS)	119,362	2,61 (Kota Cirebon)	435,27 (Jakarta Barat)	94,953
Tingkat Kelahiran (Persen)	2,034	1,540 (Jakarta Pusat)	2,450 (Garut)	0,467
Tingkat Kematian Bayi (Persen)	15,60	10,67 (Jakarta Pusat)	23,20 (Bondowoso)	0,166
Laju Pertumbuhan Penduduk (Persen)	1,025	0,090 (Magelang dan Surakarta)	2,420 (Kota Serang)	2,731

Sumber: Hasil olahan R-studio

Laju pertumbuhan penduduk rata-rata adalah 1,025%, dengan variasi yang sangat tinggi dari 0,090% di Magelang dan Surakarta hingga 2,420% di Kota Serang. Tingginya variasi ini bisa dikaitkan dengan perbedaan jumlah PUS, tingkat penggunaan KB, dan tingkat kelahiran di setiap daerah. Daerah dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi mungkin memiliki jumlah PUS yang lebih besar dan cakupan KB yang kurang efektif. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa program KB dan upaya pengendalian kelahiran masih perlu ditingkatkan di beberapa daerah untuk mencapai laju pertumbuhan penduduk yang lebih seimbang dan stabil.

Model Regresi Logistik Global

Hasil estimasi parameter model regresi logistik biner secara global ditunjukkan oleh tabel 4. Pemodelan regresi logistik global ini tidak memperhitungkan faktor geografis dalam proses estimasi parameter sehingga hasil estimasinya hanya menunjukkan rata-rata yang berlaku secara umum di seluruh wilayah kabupaten/kota di Pulau Jawa. Sebelum pemodelan dilakukan, salah satu syarat yang perlu dipenuhi adalah kondisi Non-multikolinieritas. Hasil pengecekan syarat tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Evaluasi multikolinearitas pada model

Variabel	VIF
PUS	1,376
Tingkat Kelahiran	1,536
Jumlah KB	1,552
Jumlah Kematian Bayi	1,673

Sumber: Hasil olahan R

Untuk melihat apakah terjadi multikolinearitas pada variabel-variabel yang digunakan, peneliti menggunakan VIF pada model regresi logistik biner. Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai VIF dari semua variabel independen dalam model bernilai kurang dari 10. Hal ini mengindikasikan tidak ditemukannya gejala multikolinieritas antar variabel sehingga dapat dilakukan analisis lebih lanjut pada model.

Tabel 4. Estimasi model regresi logistik global

Variabel	Estimasi Parameter	Standar Error	Z(Est/SE)	Eksponen (Parameter)
Intersep	-1,373	2,748	-0,499	0,253
Jumlah PUS (Ribuan Jiwa)	0,004	0,002	2,1768*	1,004
Jumlah KB (Ribuan Jiwa PUS)	-0,0136	0,003	-3,857*	0,986
Tingkat Kelahiran	0,4762	1,605	0,297	1,610
Tingkat Kematian Bayi	0,0526	0,091	0,575	1,054

Sumber: Hasil olahan R-studio

*Signifikan pada $Z_{0,05/2} = 1,96$

Adapun hasil estimasi model dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut

$$\ln \left(\frac{\hat{\pi}(x)}{1-\hat{\pi}(x)} \right) = -1,373 + 0,004\text{PUS} - 0,0136\text{KB} + 0,4762\text{Kelahiran} + 0,0526\text{Kematian} \quad (6)$$

Persamaan (6) dapat dituliskan dalam bentuk probabilitas pada Persamaan 7.

$$\hat{\pi}(x) = \frac{e^{-1,373+0,004\text{PUS}-0,0136\text{KB}+0,4762\text{Kelahiran}+0,0526\text{Kematian}}}{1+e^{-1,373+0,004\text{PUS}-0,0136\text{KB}+0,4762\text{Kelahiran}+0,0526\text{Kematian}}} \quad (7)$$

Berdasarkan Tabel 4 dapat diinterpretasikan bahwa setiap kenaikan PUS sebesar seribu pasangan, maka akan meningkatkan kecenderungan laju pertumbuhan penduduk untuk berstatus cepat sebesar 1,004 kali dengan asumsi variabel lain konstan. Setiap kenaikan PUS yang menjadi peserta KB sebesar seribu pasangan, maka akan menurunkan kecenderungan laju pertumbuhan penduduk untuk berstatus cepat sebesar 0,986 kali dengan asumsi variabel lain konstan. Setiap kenaikan tingkat kelahiran sebesar satu satuan, maka akan meningkatkan kecenderungan laju pertumbuhan penduduk untuk berstatus cepat sebesar 1,610 kali dengan asumsi variabel lain konstan. Setiap kenaikan tingkat kematian bayi sebesar satu satuan, maka akan meningkatkan kecenderungan laju pertumbuhan penduduk untuk berstatus cepat sebesar 1,054 kali dengan asumsi variabel lain konstan.

Pembobotan

Sebelum membentuk model GWLR, terlebih dahulu menentukan matriks pembobot spasial untuk setiap kabupaten/kota. Dalam penelitian ini penentuan pembobot dilihat berdasarkan kriteria evaluasi pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan kriteria evaluasi kebaikan model berdasarkan kernel

Kriteria	Adaptive Bi-Square	Adaptive Gaussian	Fixed Bi-Square	Fixed Gaussian
Deviance	118,251365	127,072032	118,403420	117,326698
AIC	137,884788	142,160148	135,971037	136,114994
AICc	139,847837	143,327253	137,544780	137,913132
BIC	165,166642	163,126016	160,382327	162,222491

Sumber: Hasil olahan GWR 4

Berdasarkan kriteria evaluasi kebaikan model pada Tabel 5 dapat diketahui model terbaik adalah model GWR dengan **Kernel Fixed Bi-Square**. Hal tersebut dikarenakan model GWR dengan Kernel *Fixed Bi-Square* memenuhi 3 dari 4 kriteria model terbaik, yaitu memiliki nilai AIC, AICc, dan BIC terkecil.

Evaluasi Model GWLR

Tabel 6. Perbandingan kriteria evaluasi kebaikan model lokal dan global

Kriteria	AICc	Percent Deviance Explained
Regresi Logistik	148,431	1,214
GWLR	137,545	1,171

Sumber: Hasil olahan GWR 4

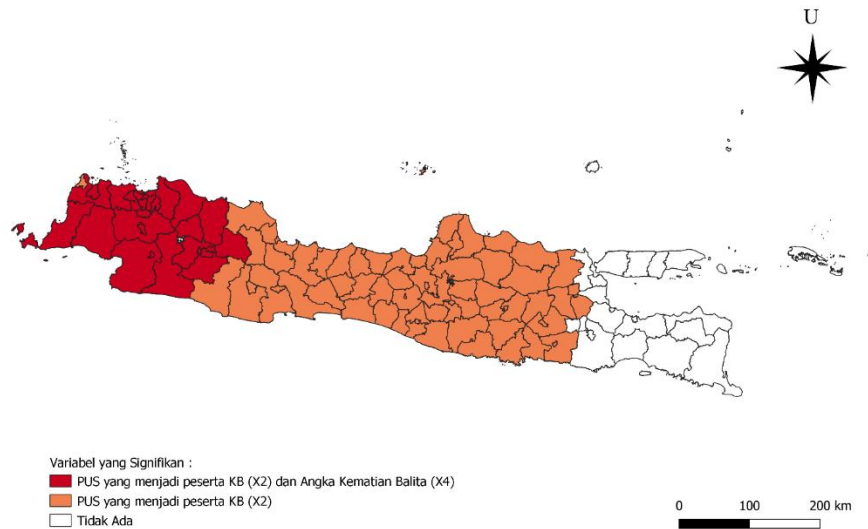
Setelah menentukan kernel terbaik untuk model GWLR, dilakukan pengecekan kriteria AICc dan *Percent Deviance* untuk melihat apakah model GWLR lebih tepat digunakan atau tidak dibandingkan dengan regresi logistik global pada Tabel 6. Perbandingan Kriteria Evaluasi Kebaikan Model Lokal dan Global. Berdasarkan hasilnya GWLR memiliki AICc lebih rendah daripada regresi logistik global dan memiliki beda percent deviance square dengan regresi logistik global sebesar 0,03 sehingga berdasarkan kriteria tersebut dapat disimpulkan model GWLR lebih tepat digunakan untuk klasifikasi laju pertumbuhan penduduk di Jawa pada tahun 2021.

Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter GWLR

Dari hasil pengujian signifikansi dibentuk kelompok berdasarkan kesamaan karakteristik pada Tabel 7. Berdasarkan pengelompokan kabupaten/kota di Pulau Jawa menurut variabel Pasangan Usia Subur, Pasangan Usia Subur yang menjadi peserta KB, Angka Kelahiran Total, dan Angka Kematian Total pada Gambar 3 dan Tabel 8 didapatkan tiga kelompok dengan karakteristik yang berbeda. Kelompok pertama merupakan kabupaten/kota dengan variabel Pasangan Usia Subur yang menjadi peserta KB dan Angka Kematian Total yang signifikan. Kelompok kedua merupakan kabupaten/kota dengan variabel Pasangan Usia Subur saja yang signifikan. Sedangkan kelompok ketiga merupakan kabupaten/kota yang tidak terdapat satupun variabel yang signifikan.

Tabel 7. Ringkasan estimasi parameter model GWLR yang dihasilkan

Kriteria	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
Mean	3,723	0,0031	-0,0134	-1,1947	0,2312
Standard Error	0,068	0,0002	0,0003	0,2170	0,0168
Standard Deviation	0,749	0,0024	0,0040	2,3676	0,1842
Minimum	2,899	-0,0002	-0,0404	-6,7891	0,0607
Maximum	6,969	0,0212	-0,0099	1,2647	0,6881



Gambar 3. Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan variabel yang signifikan

Tabel 8. Penggolongan tiap kabupaten/kota di dalam variabel signifikan

Variabel Signifikasi	Provinsi	
Jumlah KB	Jawa Barat	Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, Cirebon, Majalengka, Indramayu, Pangandaran, Kota Cirebon, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar
	Jawa Tengah	Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Kebumen, Purworejo, Wonosobo, Magelang, Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Karanganyar, Sragen, Grobogan, Blora, Rembang, Pati, Kudus, Jepara, Demak, Semarang, Temanggung, Kendal, Batang, Pekalongan, Pemalang, Tegal, Brebes, Kota Magelang, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan, Kota Tegal
	DIY	Kulon Progo, Bantul, Gunung Kidul, Sleman, Kota Yogyakarta
	Jawa Timur	Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Mojokerto, Kota Madiun
	Banten	Kota Cilegon
Jumlah KB dan Kematian Bayi	DKI Jakarta	Kepulauan Seribu, Kota Jakarta Selatan, Kota Jakarta Timur, Kota Jakarta Pusat, Kota Jakarta Barat, Kota Jakarta Utara
	Jawa Barat	Bogor, Sukabumi, Cianjur, Bandung, Sumedang, Subang, Purwakarta, Karawang, Bekasi, Bandung Barat, Kota Bogor, Kota Sukabumi, Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi
	Banten	Pandeglang, Lebak, Tangerang, Serang, Kota Tangerang, Kota Serang, Kota Tangerang Selatan
Tidak Ada	Jawa Timur	Malang, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Malang, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Surabaya, Kota Batu

Secara garis besar, menunjukkan bahwa tingkat kematian bayi dan jumlah peserta program Keluarga Berencana (KB) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap klasifikasi laju pertumbuhan penduduk. Hasil ini menandakan pentingnya faktor-faktor tersebut dalam membentuk dinamika pertumbuhan populasi di suatu wilayah. Tingkat kematian bayi yang tinggi menyebabkan laju pertumbuhan penduduk naik dikarenakan Faktor Penggantian (*Replacement Factor*). Pada daerah dengan angka kematian bayi yang tinggi, keluarga cenderung memiliki lebih banyak anak untuk memastikan bahwa beberapa di antaranya akan bertahan hidup hingga dewasa. Hal ini dikenal sebagai "*fertility response to mortality*" di mana tingkat fertilitas meningkat sebagai respons terhadap tingkat mortalitas yang tinggi. sementara program KB yang efektif dapat membantu mengendalikan laju pertumbuhan populasi dengan mengatur jumlah kelahiran. Dengan demikian, variabel-variabel ini mungkin menjadi fokus utama dalam perencanaan kebijakan untuk mengelola pertumbuhan penduduk di tingkat provinsi atau wilayah yang relevan.

Tabel 9. Interpretasi estimasi persamaan dari tiap kelompok

Kriteria	Kategori LPP 0	Kategori LPP 1			
	Magelang	Kota Surakarta	Garut	Ponorogo	Serang
C	-3,364	-3,521	0,199	-3,173	5,542
PUS	0,003	0,002	0,002	0,002	0,00009
Jumlah KB	-0,012*	-0,013*	-0,010*	-0,013*	-0,103*
Tingkat Kelahiran	0,782	1,052	-2,119	1,088	-6,270
Tingkat Kematian Bayi	0,136	0,110	0,329	0,084	0,630*

Keterangan: Magelang dan Surakarta LPP terendah dan Garut LPP tertinggi pada kelompok 0, Ponorogo LPP terendah dan Serang tertinggi pada kelompok 1.

Sumber: Hasil olahan GWR 4

*Signifikan pada alpha 5%

Untuk mempermudah interpretasi, nilai eksponensial digunakan pada hasil estimasi koefisien sehingga nilai yang diinterpretasikan pada pembahasan ini adalah nilai eksponensial dari estimasi koefisien. Sebagai contoh interpretasi peneliti menggunakan nilai tertinggi dan terendah dari laju pertumbuhan penduduk dari masing-masing kelompok pada Tabel 9. Dalam model logistik Magelang dan Kota Surakarta yang diterapkan, pernikahan usia subur dengan KB signifikan berpengaruh dan negatif dengan koefisien sebesar -0,012 dan -0,013 mengindikasikan bahwa setiap kenaikan seribu jiwa pernikahan usia subur dengan KB cenderung menurunkan laju pertumbuhan penduduk tinggi sebesar 0,988 dengan asumsi variabel lain tetap konstan. Ini menunjukkan bahwa program Keluarga Berencana (KB) yang efektif dalam pernikahan usia subur dapat berkontribusi pada penurunan laju pertumbuhan penduduk. Hal yang sama juga terjadi pada Garut dimana koefisien jumlah PUS dengan KB sebesar -0,010 artinya setiap kenaikan seribu jiwa pernikahan usia subur dengan KB cenderung menurunkan untuk laju pertumbuhan penduduk tinggi sebesar 0,99 dengan asumsi variabel lain tetap konstan

Di sisi lain pada kelompok 1, Variabel yang mempengaruhi klasifikasi laju pertumbuhan penduduk di Ponorogo adalah jumlah KB (berpengaruh negatif) sedangkan di Serang variabel jumlah KB (negatif) dan Tingkat Kematian Bayi (positif). Di Serang menunjukkan koefisien

Jumlah KB -0,013 dan tingkat kematian bayi sebesar 0,630 artinya bahwa setiap kenaikan seribu jiwa pernikahan usia subur dengan KB cenderung menurunkan untuk laju pertumbuhan penduduk tinggi sebesar 0,988 dengan asumsi variabel lain tetap konstan dan tiap kenaikan 1 tingkat kematian bayi cenderung meningkatkan laju pertumbuhan penduduk. Meskipun tampak berlawanan dengan intuisi pada awalnya, dalam beberapa konteks sosial-ekonomi, tingginya angka kematian bayi dapat mencerminkan kondisi kesehatan yang buruk atau rendahnya akses terhadap layanan kesehatan. Hal ini dapat mempengaruhi perilaku fertilitas masyarakat, seperti peningkatan angka kelahiran sebagai kompensasi terhadap tingginya angka kematian bayi yang disebut dengan Faktor Penggantian (*Replacement Factor*).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil statistik deskriptif menunjukkan sebagian besar nilai jumlah angka kelahiran di Pulau Jawa adalah di atas 2%. Sebagian besar jumlah pasangan usia subur peserta KB di Pulau Jawa adalah lebih dari 500 ribu pasang. Sebagian besar jumlah pasangan usia subur di Pulau Jawa adalah 4 Juta pasang. Hasil pengujian parsial dengan pemodelan GWLR menggunakan fungsi kernel *Fixed Gaussian* menunjukkan bahwa ada 71 kabupaten/kota yang memiliki pengaruh signifikan dari jumlah pernikahan dengan program keluarga berencana terhadap laju pertumbuhan penduduk. Selain itu, terdapat 29 kabupaten/kota yang memiliki pengaruh signifikan dari variabel jumlah pasangan usia subur peserta KB dan tingkat kematian bayi terhadap laju pertumbuhan penduduk. Tetapi masih ada kabupaten/kota yang tidak memiliki variabel yang signifikan yaitu berjumlah 19 kabupaten/kota.

Sesuai dengan hasil estimasi di atas, pemerintah harus berfokus terhadap beberapa indikator yang memengaruhi laju pertumbuhan penduduk itu sendiri. Contohnya, di Pulau Jawa bagian barat, pemerintah harus berfokus terhadap angka pasangan usia subur KB dan angka kematian bayi dalam menekan laju pertumbuhan penduduk. Selain itu, Pulau Jawa bagian tengah berfokus terhadap pasangan usia subur KB saja, sehingga pemerintah harus melihat angka tersebut dalam perbaikan laju pertumbuhan penduduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, C. A. W., Mukid, M. A., & Yasin, H. (2014). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk kota Semarang tahun 2011 menggunakan Geographically Weighted Logistic Regression. *Gaussian*, 3(23), 161–171.
- Cao, J., Zhang, Z., Wang, C., Liu, J., & Zhang, L. (2019). Susceptibility assessment of landslides triggered by earthquakes in the Western Sichuan Plateau. *CATENA*, 175, 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.013>
- Chi, G., & Zhu, J. (2008). Spatial regression models for demographic analysis. *Population Research and Policy Review*, 27, 17–42.
- Chowdhuri, I., Pal, S. C., Chakraborty, R., Malik, S., Das, B., & Roy, P. (2021). Torrential rainfall-induced landslide susceptibility assessment using machine learning and statistical methods of Eastern Himalaya. *Natural Hazards*, 107(1), 697–722. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04601-3>
- Christaller, W., & Baskin, C. W. (1966). Central places in southern Germany. (No Title).

- Fuadi, H. (2021). Analisis dampak peningkatan laju pertumbuhan penduduk (data sp2020) terhadap pengendalian kuantitas penduduk di Nusa Tenggara Barat. *Elastisitas - Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 3(2), 148–155. <https://doi.org/10.29303/e-jep.v3i2.45>
- Harrell, F. E. (2015). Binary Logistic Regression BT - Regression modeling strategies: With applications to Linear Models, Logistic and Ordinal Regression, and Survival Analysis (J. Harrell Frank E. (ed.); pp. 219–274). *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19425-7_10
- Hudson, J. C. (1972). Geographical diffusion theory. (No Title).
- Kirk, D. (1996). Demographic transition theory. *Population Studies*, 50(3), 361–387. <https://doi.org/10.1080/0032472031000149536>
- Krugman, P. (1992). *Geography and trade*. MIT press.
- Laksmi, P. (2017). Faktor-faktor yang berhubungan dengan penggunaan metode kontrasepsi jangka panjang (MKJP) di pulau Jawa (analisis data SDKI 2012). *Jurnal Persada Husada Indonesia*, 4(12).
- Mishra, V. N., Kumar, V., Prasad, R., & Punia, M. (2021). Geographically Weighted method integrated with Logistic Regression for analyzing spatially varying accuracy measures of remote sensing image classification. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(5), 1189–1199. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01286-2>
- Nkeki, F. N., & Asikhia, M. O. (2019). Geographically weighted logistic regression approach to explore the spatial variability in travel behaviour and built environment interactions: Accounting simultaneously for demographic and socioeconomic characteristics. *Applied Geography*, 108, 47–63. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.05.008>
- Perroux, F. (1955). Note sur la notion de "pôle de croissance". *Economie Appliquée*, 8(1), 307–320.
- Rotinsulu, F. G. F., Wagey, F. W., & Tendean, H. M. M. (2021). Gambaran penggunaan alat kontrasepsi pada wanita di Indonesia. *E-Clinic*, 9(1).
- Safitri, A., Sudarmin, S., & Nusrang, M. (2019). Model Regresi Logistik Biner pada tingkat pengangguran terbuka di provinsi Sulawesi Barat tahun 2017. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.35580/variansiunm9354>
- Salsabila, R., Atus Amadi Putra, Nonong Amalita, & Fadhilah Fitri. (2023). Analysis of factors influencing the population growth rate in West Sumatra using Geographically Weighted Logistic Regression. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, 1(3), 196–202. <https://doi.org/10.24036/ujsds/vol1-iss3/59>
- Setiawati, E., Handayani, O. W. K., & Kuswardinah, A. (2017). Pemilihan kontrasepsi berdasarkan efek samping pada dua kelompok usia reproduksi. *Unnes Journal of Public Health*, 6(3), 167–173.
- Solekha, N. A., & Qudratullah, M. F. (2022). Pemodelan Geographically Weighted Logistic Regression dengan fungsi Adaptive Gaussian Kernel terhadap kemiskinan di provinsi NTT. *Jambura Journal of Mathematics*, 4(1), 17–32. <https://doi.org/10.34312/jjom.v4i1.11452>

- Suartha, N. (2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi tingginya laju pertumbuhan dan implementasi kebijakan penduduk di provinsi Bali. *Piramida*, 12(1), 1–7.
- Ulhaq, H. (2020). Geographically Weighted Logistic Regression (GWLR) with Gaussian Adaptive Kernel Weighting function, Bisquare, and Tricube in case of malnutrition of toddlers in Indonesia. *Jurnal Litbang Edusaintech*, 1(1), 5–13.
<https://doi.org/10.51402/jle.v1i1.2>